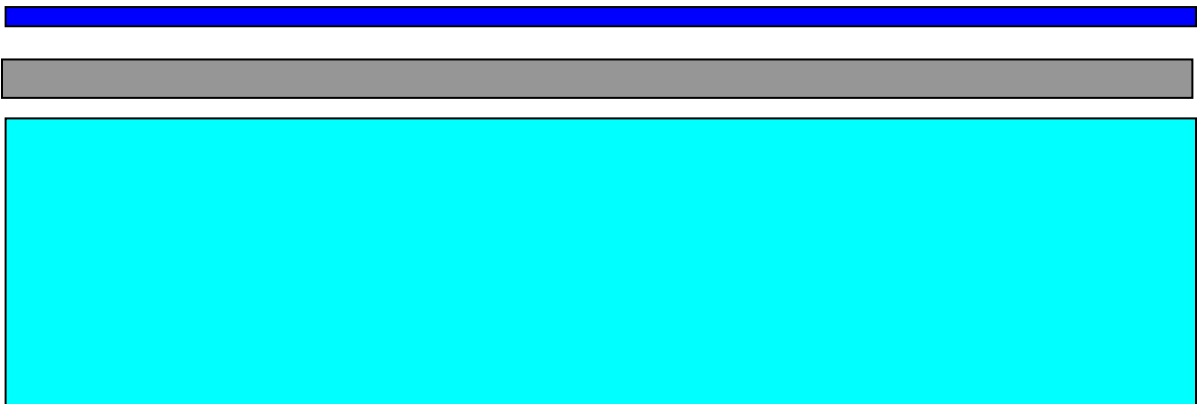




**DIRECCIÓN LOCAL COAHUILA**

**PLAN DE MANEJO INTEGRADO DEL  
ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA.**

**(TOMO III. PLAN DE MANEJO)**



## Contenido

1.	GENERALIDADES .....	1
1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Problemática.....	5
1.3.	Justificación (legal, técnica y socioeconómica).....	7
1.3.1.	Justificación Técnica.....	7
1.3.2.	Justificación socioeconómica .....	8
1.3.3.	Justificación Legal .....	9
1.4.	Nombre del estudio .....	11
1.5.	Estudios previos.....	11
1.6.	Política Nacional sobre el manejo del agua .....	13
1.7.	Metodología.....	14
1.8.	Localización del área de estudio .....	16
1.8.1.	Extensión.....	17
1.8.2.	Vías de comunicación.....	18
2.	OBJETIVO.....	19
3.	MARCO JURÍDICO .....	21
4.	PRINCIPIOS PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL AGUA .....	23
5.	DIAGNÓSTICO .....	24
5.1.	Población y desarrollo socioeconómico .....	24
5.1.1.	Población.....	24
5.1.2.	Actividad económica.....	24
5.2.	Evaluación de programas relativos al manejo del agua.....	25
5.2.2.	Programas de agua potable, alcantarillado y saneamiento .....	38
5.3.	Climatología .....	40
5.3.1.	Clima.....	40
5.3.2.	Precipitación pluvial.....	41
5.3.3.	Evaporación .....	42
5.3.4.	Temperatura .....	43
5.4.	Disponibilidad de los recursos hidráulicos y su distribución territorial .....	44
5.4.1.	Aguas subterráneas.....	44
5.4.2.	Geología.....	46
5.4.3.	Geología del subsuelo .....	55
5.4.4.	Funcionamiento del sistema acuífero .....	56
5.4.5.	Caracterización de los aprovechamientos e hidrometría .....	58
5.4.6.	Uso del agua subterránea.....	62
5.4.7.	Comportamiento piezométrico .....	65
5.4.8.	Calidad del agua subterránea.....	72
5.4.9.	Características básicas de disponibilidad y uso de agua superficial .....	72
5.5.	Agua superficial.....	73
5.6.	Agua residual.....	73
5.6.1.	Características básicas de la disponibilidad y uso del agua residual tratada y sin tratar .....	75
5.7.	Fuentes potenciales y existente de contaminación.....	75
5.8.	Costos del agua.....	76
6.	PROYECCIÓN DE LA OFERTA Y DE LA DISPONIBILIDAD .....	77
6.1.	Proyección del volumen de agua utilizable.....	77
6.1.1.	Situación administrativa y volumen concesionado del acuífero.....	77
6.1.2.	Oferta de agua subterránea .....	79
6.1.3.	Oferta de aguas tratadas .....	79
6.1.4.	Oferta de las aguas residuales .....	80
6.1.5.	Oferta de agua superficial .....	80
6.2.	Proyección de la demanda .....	80
6.2.1.	Demanda por usos .....	81

6. 2. 2.	Uso potable .....	82
6. 2. 3.	Uso agrícola .....	84
6. 2. 4.	Uso pecuario .....	90
6. 2. 5.	Uso industrial y servicios .....	92
6. 2. 6.	Otros usos.....	92
6. 2. 7.	Proyección de la demanda.....	92
6. 3.	<i>Descripción de escenarios</i> .....	93
6. 3. 1.	Escenario 0. Condiciones iniciales .....	96
6. 3. 2.	Escenario 1. Extracción cero .....	97
6. 3. 3.	Escenario 2. Condición inercial.....	99
6. 3. 4.	Escenario 3. Básico .....	100
6. 3. 5.	Escenario 4. Status Quo .....	101
6. 3. 6.	Escenario 5. Equilibrio .....	102
6. 3. 7.	Escenario 6. REPDA .....	103
6. 3. 8.	Escenario 6. REPDA .....	104
6. 3. 9.	Análisis de los escenarios.....	104
7.	PLAN DE MANEJO.....	109
7. 1.	<i>Descripción de objetivos estratégicos</i> .....	109
7. 2.	<i>Descripción de las líneas de acción</i> .....	109
7. 3.	<i>Estructura general del Plan de manejo integral</i> .....	112
7. 3. 1.	Acciones básicas .....	113
7. 3. 2.	Acciones para reducir la demanda e incrementar la productividad .....	123
7. 3. 3.	Acciones de apoyo .....	124
7. 3. 4.	Protección de la calidad del agua y de áreas de recarga .....	124
7. 4.	<i>Descripción de acciones por zona</i> .....	125
7. 4. 1.	Zona 1 .....	125
7. 4. 2.	Zona 2 .....	125
7. 4. 3.	Zona 3 .....	126
7. 4. 4.	Zona 4 .....	126
7. 4. 5.	Zona 5 .....	126
8.	COSTOS Y FINANCIAMIENTO .....	127
8. 1.	<i>Costos y financiamiento</i> .....	127
9.	BENEFICIOS E IMPACTOS DEL PLAN .....	128
10.	IMPLEMENTACIÓN .....	128
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	129
	<i>Recomendaciones</i> .....	129

## Tablas

TABLA 1.	VÉRTICES PARA EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	17
TABLA 2.	MONTO DE INVERSIONES ANUALES EN EL ESTADO EN PROYECTOS HIDROAGRÍCOLAS	32
TABLA 3.	EQUIPAMIENTO RURAL (MILES DE PESOS) 1999-2004	33
TABLA 4.	AVANCE EN CONSERVACIÓN DEL SUELO Y AGUA 2000-2004	33
TABLA 5.	DESARROLLO DE ÁREAS DE RIEGO 1999-2004.	34
TABLA 6.	IMPULSO Y DESARROLLO DE ÁREAS DE RIEGO 1999-2004.	37
TABLA 7.	SISTEMAS DE RIEGO 2000-2003	38
TABLA 8.	APOYOS RECIBIDOS EN SISTEMAS DE RIEGO	39
TABLA 9.	RESUMEN DEL CENSO DE APROVECHAMIENTOS DEL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	59
TABLA 10.	COMPOSICIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE (USO PÚBLICO URBANO)	60
TABLA 11.	PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS.	63
TABLA 12.	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS.	67
TABLA 13.	EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS.	70
TABLA 14.	DATOS BÁSICOS DE LOS CULTIVOS DE RIEGO CON AGUA SUBTERRÁNEA	75
TABLA 15.	CLASIFICACIÓN DE CULTIVOS POR TIPO DE TRATAMIENTO.	77
TABLA 16.	VOLÚMENES ANUALES DEMANDADOS EN LAS LOCALIDADES URBANAS Y RURALES EN LA ZONA DE ESTUDIO.	79
TABLA 17.	COMPOSICIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA POTABLE (USO PUBLICO-URBANO).	87
TABLA 18.	DATOS BÁSICOS DE LOS CULTIVOS DE RIEGO CON AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO	89
TABLA 19.	DEMANDA POR USOS (HM <sup>3</sup> /AÑO)	89
TABLA 20.	LAMINAS EMPLEADAS POR CULTIVO EN DIFERENTES SISTEMAS DE RIEGO	91
TABLA 21.	COSTOS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO	94
TABLA 22.	PARÁMETROS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS DE LAS OPCIONES DE TECNIFICACIÓN.	95
TABLA 23.	ESTIMACIÓN DE EXTRACCIONES HISTÓRICAS POR GRUPOS DE CULTIVOS, CON EFECTO DE LA TECNIFICACIÓN.	97
TABLA 24.	POBLACIÓN PECUARIA Y AVÍCOLA QUE EXISTE (2005), EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	97
TABLA 25.	VALOR DE LA PRODUCCIÓN POBLACIÓN PECUARIA Y AVÍCOLA EN EL AÑO 2005, EN LA ZONA DE ESTUDIO (MILES DE PESOS).	98
TABLA 26.	CALCULO DE LA DEMANDA DE AGUA PARA CONSUMO DE LA POBLACIÓN PECUARIA Y AVÍCOLA QUE EXISTE EN LA ZONA DE ESTUDIO.	99
TABLA 27.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA EL USO AGRÍCOLA EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	101
TABLA 28.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA EL USO PÚBLICO-URBANO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	103
TABLA 29.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA EL USO PECUARIO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	104
TABLA 30.	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA PARA EL USO “OTROS” EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	106

## Figuras

FIGURA 1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ACUÍFERO	2
FIGURA 2.	EVOLUCIÓN DE LA ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO POR ZONAS	3
FIGURA 3.	SECCIÓN LONGITUDINAL DEL NIVEL ESTÁTICO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	4
FIGURA 4.	APROVECHAMIENTO DE LAS EXTRACCIONES	5
FIGURA 5.	FUNCIONES DE ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE PLANEACIÓN EN EL MODELO HIDROECONÓMICO	15
FIGURA 6.	EXTENSIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	19
FIGURA 7.	VÍAS DE COMUNICACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO	20
FIGURA 8.	ORIGEN DE LOS PROGRAMAS DE APOYO, DE DIVERSAS INSTITUCIONES	42
FIGURA 9.	CLIMA EN LA ZONA DE ESTUDIO (LESSER, 2003)	43
FIGURA 10.	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN LA ZONA DE ESTUDIO.	44
FIGURA 11.	TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN LA ZONA DE ESTUDIO.	45
FIGURA 12.	BALANCE DE AGUA SUBTERRÁNEA CALCULADO PARA EL PERÍODO 2001-2003-2008.	46
FIGURA 13.	PLANO GEOLÓGICO	54
FIGURA 14.	SIMBOLOGÍA DEL PLANO GEOLÓGICO	55
FIGURA 15.	PORCENTAJES DE EXTRACCIÓN ANUAL PARA USO Y CONSUMO HUMANO POR TIPO DE LOCALIDAD	59
FIGURA 16.	EXTRACCIÓN POR USO DE AGUA	60
FIGURA 17.	SUPERFICIE REGISTRADA EN EL AÑO 2003 DE SAGARPA	61
FIGURA 18.	CONFIGURACIÓN DE LA PROFUNDIDAD AL NIVEL ESTÁTICO.	66
FIGURA 19.	ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	69
FIGURA 20.	EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS	73
FIGURA 21.	SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DEL ACUÍFERO (HM <sup>3</sup> /AÑO).	80
FIGURA 22.	VOLUMENES CONCESIONADOS POR TIPO DE USO EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS EN HM <sup>3</sup> /AÑO (REPDA, 2008).	81
FIGURA 23.	DEMANDA POR USO (HM <sup>3</sup> )	83
FIGURA 24.	PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO, EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA Y SOBREEXPLOTACIÓN ANUAL (HM <sup>3</sup> )	83
FIGURA 25.	RECARGA VERTICAL Y EXTRACCIÓN EN EL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS (HM <sup>3</sup> )	85
FIGURA 26.	PROYECCIÓN DE LAS EXTRACCIONES AGRÍCOLAS, COMO FUNCIÓN DEL AGOTAMIENTO, CON TARIFAS ELÉCTRICAS CONSTANTES.	86
FIGURA 27.	PORCENTAJES DE EXTRACCIÓN ANUAL PARA USO Y CONSUMO HUMANO	88
FIGURA 28.	EJEMPLO DE RIEGO EFICIENTE.	90
FIGURA 29.	SUPERFICIE SEMBRADA EN LA ZONA DEL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS.	90
FIGURA 30.	DEMANDA POR USO (HM <sup>3</sup> /AÑO).	92
FIGURA 31.	EFICIENCIA EN LA APLICACIÓN DEL AGUA PARA RIEGO.	94
FIGURA 32.	PORCENTAJE DE LA DEMANDA DE AGUA UTILIZADA PARA EL CONSUMO DE LA POBLACIÓN PECUARIA Y AVÍCOLA QUE EXISTE EN EL ACUÍFERO.	98
FIGURA 33.	EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN PARA USO AGRÍCOLA.	101
FIGURA 34.	EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN PARA USO PÚBLICO-URBANO.	102
FIGURA 35.	EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN PARA USO PECUARIO.	104
FIGURA 36.	EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN PARA LOS USOS MÚLTIPLE, DOMÉSTICO Y SERVICIOS (OTROS).	105
FIGURA 37.	EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA PARA LOS ESCENARIOS PARAMÉTRICOS.	108
FIGURA 38.	CONFIGURACIÓN PIEZOMETRICA 2008 (CONDICIÓN INICIAL).	108
FIGURA 39.	CONFIGURACIÓN PIEZOMETRICA INICIAL (1958).	109
FIGURA 40.	ESCENARIO 1 “EXTRACCIÓN CERO”, HACIA EL AÑO 2030.	110
FIGURA 41.	ESCENARIO INERCIAL, AÑO 2030.	112
FIGURA 42.	ESCENARIO BÁSICO, AÑO 2030.	113
FIGURA 43.	ESCENARIO STATUS QUO, AÑO 2030.	114
FIGURA 44.	ESCENARIO DE EQUILIBRIO, AÑO 2030	115

FIGURA 45.	CONFIGURACIÓN PIEZOMETRICA CALCULADA AÑO 2008 (LINEA DE SECCIÓN).	116
FIGURA 46.	COMPORTAMIENTO PIEZOMETRICO DE LOS ESCENARIOS SIMULADOS.	117
FIGURA 48.	BENEFICIO NETO DE CADA ALTERNATIVA PARA EL AÑO 2030 (M\$/AÑO)	118
FIGURA 49.	BENEFICIO NETO DE CADA ALTERNATIVA (B-C), PARA EL AÑO 2030 EN M\$/AÑO	119
FIGURA 50.	ZONAS DE MANEJO EN EL ACUÍFERO CUATROCIENEGAS	121
FIGURA 51.	EXTRACCIÓN POR ZONASDE MANEJO	122
FIGURA 52.	DENSIDAD DE EXTRACCIÓN POR ZONAS DE MANEJO (HM3/AÑO)	122
FIGURA 53.	ABATIMIENTO PROMEDIO POR ZONA (M/AÑO)	123
FIGURA 54.	ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN DE MANEJO	124

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Antecedentes

El acuífero Cuatrociénegas, se ubica en la porción central del Estado de Coahuila. Queda comprendido entre las coordenadas geográficas 26° 59´ y 28° 04´ de latitud norte, y 101° 51´ y 102° 51´ de longitud oeste.

Cabe señalar que Cuatrociénegas, presenta una gran diversidad biótica, ya que se encuentran distintos tipos de vegetación como: bosque de yuca, bosque espinoso perennifolio, matorral desértico, matorral alto subinmerme, matorral espinoso de hojas pequeñas, matorral inmerme perennifolio, dunas de yeso, chaparral; así como distintas asociaciones florísticas. Que de las especies faunísticas presentes en el valle, la mayoría son endémicas, presentándose los valores más altos de endemismo entre los moluscos, crustáceos y peces. Dado lo anterior, la Secretaria de Desarrollo Social en coordinación con el Gobierno del Estado de Coahuila y con la colaboración de la Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Autónoma agraria Antonio Narro y la Asociación Civil Protección de la Fauna Mexicana, han realizado estudios técnicos en la región, de los que se desprende la necesidad de establecer el área natural protegida con carácter de Área de Protección de Flora y fauna denominada "Cuatrociénegas" a fin de preservar los hábitat naturales de la región y los ecosistemas más frágiles; asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos evolutivos ecológicos; aprovechar racional y sostenidamente sus recursos naturales; salvaguardar la diversidad genética de las especies, particularmente de las endémicas, amenazadas y en peligro de extinción; y proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio del ecosistema y su equilibrio. Por lo anterior se publicó en el Diario Oficial el DECRETO por el que se declara como área natural protegida, con el carácter de protección de flora y fauna, la región conocida como Cuatrociénegas, con una superficie de 84,347-47-00 hectáreas, el 7 de noviembre de 1994.

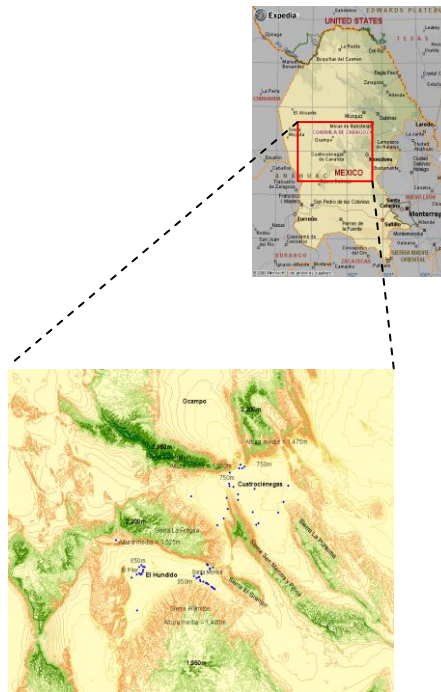
Este acuífero permite el desarrollo de diversas actividades económicas, que dependen principalmente del agua subterránea. Por lo que es necesario promover un plan manejo del acuífero que permita realizar una explotación sustentable del recurso hídrico.

La problemática principal en la región se enmarca en los siguientes puntos:

- Incremento en la construcción de nuevos pozos para extraer agua subterránea.
- Sobreexplotación local del acuífero Cuatrociénegas, evidenciada por el descenso progresivo en los niveles del agua en determinados sitios.
- Frecuentes solicitudes para registro de pozos, principalmente para uso agrícola.
- Disminución del caudal principalmente en época de secas.
- Escasa medición de los volúmenes extraídos y falta de legislación en la zona del acuífero.

- Marcada disminución de la disponibilidad de aguas subterráneas, con tendencia al déficit.

Uno de los retos que se presentan en la región para solucionar los efectos de la explotación del acuífero es adecuar el desarrollo sustentable a la disponibilidad del agua. Por ello, se pretende estabilizar los acuíferos de Cuatrociénegas y Cuatrociénegas-Ocampo, a través de la elaboración e implementación de un Plan de Manejo Integral del Agua (considerando una amplia participación de los representantes de los usuarios y las instituciones involucradas) que permita frenar la sobreexplotación del acuífero, reducirla hasta alcanzar su estabilización y garantizar el uso sustentable; integrando acciones que consideren aspectos técnicos (hidrogeológicos e hidrológicos), financieros, sociales, institucionales, legales y ambientales.



**Figura 1. Ubicación geográfica del acuífero**

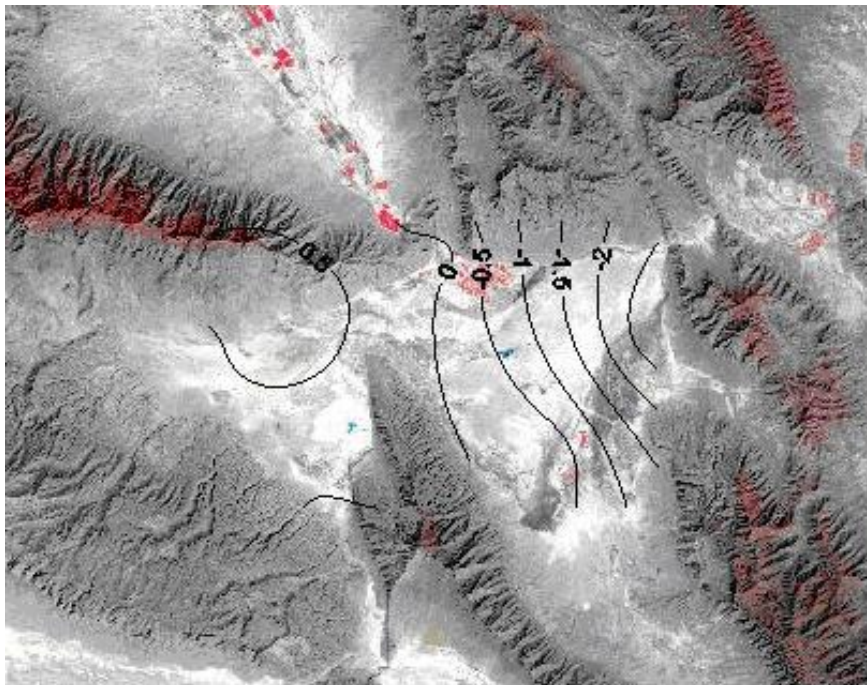
El acuífero Cuatrociénegas está ubicado en una zona de libre alumbramiento de aguas del subsuelo. Estudios previos realizados por Lesser (2001), reflejaban que la profundidad al nivel estático en el valle de Cuatrociénegas fluctuaba entre los 5 y 20 metros, excepto en los lugares topográficos más elevados donde se tienen profundidades mayores que los 40 metros; los caudales de extracción fluctúan entre 0.5 y 64 lps por pozo.



En el 2001, Lesser publicó que el área de Ocampo es la que presenta mayor explotación, lo cual se refleja en la evolución negativa o abatimiento de 20 cm. a 3 metros/año en la porción central del mismo.

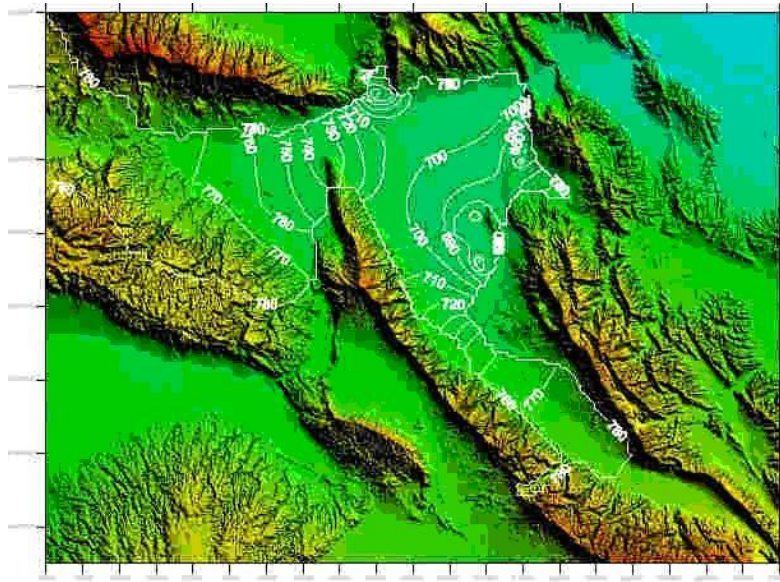
En 2008, el IMTA encontró que la profundidad al nivel estático fluctúa entre los 3.18 y 45.12 metros para el valle. La evolución calculada para el periodo comprendido entre 2006 al 2008, es de -0.05 y -3.00 m/año, así como recuperaciones entre +0.29 y +3.42 m/año.

En la figura 2, se muestra la evolución de la elevación del nivel estático en el acuífero durante el periodo 2006-2008.



**Figura 2. Evolución de la elevación del nivel estático.**

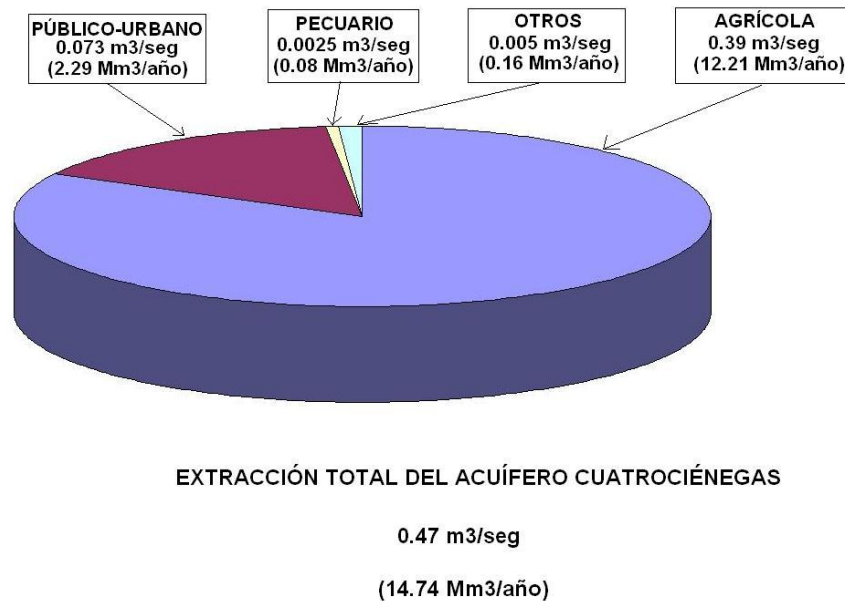
De acuerdo con las simulaciones mediante el modelo de flujo, existen dos zonas en donde se tiene una alta concentración de pozos, que originan conos de abatimiento, hacia el norte del acuífero próximo al cañón y hacia la porción oriente del acuífero (figura 3). La importancia de estos puntos radica en que las extracciones en estas porciones del acuífero están afectando por un lado a la parte norte del acuífero Cuatrociénegas, ya que en la frontera opuesta dentro del acuífero Cuatrociénegas-Ocampo se está presentando el mismo efecto y en la porción oriente la extracción pudiera poner en riesgo a algunas pozas importantes.



**Figura 3. Sección longitudinal del Nivel estático en el acuífero Cuatrociénegas-Ocampo.**

La recarga del acuífero Cuatrociénegas, es del orden de 152.60 Hm<sup>3</sup> anuales, la extracción es superior a los 154.80 Hm<sup>3</sup> y no existen fuentes alternas que permitan reducir la extracción y satisfacer la demanda de los distintos usos.

En el 2008, la extracción estimada dentro del acuífero es de 154.80 Hm<sup>3</sup>, de los cuales 110.03 Hm<sup>3</sup> corresponden a descargas naturales de pozas. Del total del volumen extraído el 82.83% es destinado al riego agrícola, el 15.54 al uso público-urbano y el 1.63% restante corresponde a los demás usos (Pecuario, múltiple, domestico, servicios e industrial).



**Figura 4. Usos del agua subterránea**

Recientemente, se dio lugar a la fundación del COTAS, institución que representa a los usuarios y a las autoridades implicadas con el uso del acuífero y que llevan a cabo acciones dirigidas a proteger dicha fuente en términos de su calidad y cantidad.

## 1. 2. Problemática

La problemática observada en el acuífero Cuatrociénegas se describe a continuación:

a). Escasez natural de agua. Por alta temperatura e intensa radiación solar, la escasa lluvia (221 mm/año) se evapora en su mayor parte y muy poca escurre o se infiltra. La riqueza hídrica local y la existencia de los ecosistemas es producto de una combinación muy afortunada de factores hidrogeológicos y biológicos.

b). Calidad del agua. Por disolución de minerales y evapotranspiración el agua subterránea es salobre. El acuífero es vulnerable a la contaminación por desarrollos o actividades humanas no controladas. Las actividades recreativas, instalaciones turísticas, desarrollo agrícola, instalaciones industriales, explotación minera o asentamientos humanos pueden deteriorar la calidad del agua subterránea. Las zonas receptoras de recarga requieren especial protección, porque las rocas calizas no tienen capacidad para retener contaminantes.

c). Vulnerabilidad ecológica. Los ecosistemas son muy vulnerables a la extracción y a la contaminación del agua, el bombeo de los pozos en su vecindad pueden agotar manantiales, humedales, lagos y vegetación nativa.

El descenso de los niveles freáticos puede eliminar definitivamente el “tapete” microbiano. Es importante regular la magnitud y distribución espacial de la extracción del agua subterránea. Otro aspecto importante, lo constituye la afluencia no controlada de visitantes ya que puede deteriorar o destruir los ecosistemas.

d). Manejo del agua. Otro aspecto importante es el intercambio de agua entre pozas, canales, acuífero y humedales, ya que la recuperación de agua en canales dentro del valle de Cuatrociénegas puede ser en contra de su acuífero y el medio ambiente, por lo que la liberación de agua en zonas adyacentes sería a favor de los ecosistemas y del desarrollo local. El manejo descuidado de las pozas puede afectar a los ecosistemas, por lo que el acuífero Cuatrociénegas y zonas adyacentes requieren de un manejo que concilie la protección ambiental con el desarrollo de las actividades productivas.

De acuerdo con la información disponible y la evolución observada del acuífero, se presentan abatimientos en la porción oriente, así como la exportación del agua de algunas “Pozas” hacia la cuenca vecina que afecta la conservación de los humedales.

Aunado a la problemática de la región, El Comité Técnico de Agua Subterránea en el taller de planeación identificó cinco problemas centrales:

### ***Inobservancia de la ley***

Durante los Talleres se hizo mención de: i) Desconocimiento de la Ley de Aguas Nacionales; ii) Falta de aplicación de la ley; iii) Corrupción y iv) la falta de inspección y vigilancia.

Debido a que el acuífero Cuatrociénegas se encuentra emplazado en una zona clasificada como de libre alumbramiento, existen numerosas irregularidades que van desde la perforación creciente de pozos, la falta de medidores volumétricos que establece como requisito el título de concesión y la extracción de volúmenes superiores a los concesionados.

### ***Contaminación del acuífero***

En el Taller se argumentó lo siguiente: i) No se cuenta con un sitio de disposición de residuos que cumpla con las condiciones técnicas; ii) Falta infraestructura para la conducción del agua residual y para el tratamiento de aguas residuales; iii) Desconocimiento en la aplicación de plaguicidas y agroquímicos y iv) Corrupción.

Durante los Talleres de Planeación Participativa, el COTAS y demás involucrados en el uso del agua, manifestaron su preocupación por la creciente contaminación del acuífero debido al uso desmedido de agroquímicos por parte de los agricultores del valle, así como por la ubicación del relleno sanitario cuya operación está próxima.

### ***Uso Ineficiente del agua***

Durante los Talleres, se argumentó en este problema: i) Falta de tecnología; ii) Cultivos que demandan grandes volúmenes de agua; iii) Ineficiente infraestructura en el uso público-urbano y iv) Falta de capacitación en el uso ineficiente del agua.

El hecho de que no se otorguen los recursos federales necesarios, aunado a la baja capacidad de inversión de los usuarios agrícolas y a la baja disposición del sector privado en inversiones para obras, ocasiona que no se tengan recursos económicos suficientes para conservar, rehabilitar y modernizar la infraestructura hidroagrícola y la de agua potable.

### ***Ineficiente administración y Planeación del aprovechamiento del agua***

Durante los Talleres se argumentó, lo siguiente: i) Falta de regulación en el uso del agua; ii) Falta de medición en el agua extraída y iii) No se cuenta con un Padrón actualizado de usuarios

- La información geohidrológica existente no está actualizada y es insuficiente para tener un conocimiento preciso del acuífero. No existe medición de los volúmenes extraídos por los usos agrícola y demás, por lo que no se tiene control sobre los mismos y por lo tanto los balances actuales son estimados.
- El marco jurídico es inadecuado y no se aplica eficientemente por lo que existen irregularidades en cuanto a los volúmenes de extracción y a la medición de los mismos.

Complementariamente, existen aspectos que deben hallar solución durante el horizonte de planeación, para facilitar la gestión de las soluciones, mismos que se citan a continuación:

### ***Cultura del agua inadecuada***

- Los usuarios desconocen el valor real del agua.
- La falta de conocimiento de los usuarios de la disponibilidad del agua y la falta de conocimiento del calendario óptimo de riego.
- La falta de difusión del manejo del agua y la falta de educación y concientización para el ahorro de agua.

## 1. 3. Justificación (legal, técnica y socioeconómica)

### 1. 3. 1. Justificación Técnica

Los sectores básicos consumidores de agua del acuífero son: el sector agrícola, el pecuario y el uso público urbano. Todos los demás usos (Servicios, industrial y doméstico) suman el 3% restante.

En el ejido Cuatrociénegas, la superficie de riego asciende a aproximadamente 500 Ha (IMTA, 2007), las cuales son regadas con agua subterránea proveniente de la Poza la Becerra y cuya dos terceras partes corresponden a forrajes (alfalfa) y el resto a granos, frutales y hortalizas. El caudal aforado en el inicio de la zona de riego del mencionado Ejido durante el periodo comprendido de enero de 2003 a septiembre del 2007 asciende a 599.24 lps equivalentes a 18.9 Mm<sup>3</sup>/año.

Existen otras superficies de riego que se ubican al oriente del acuífero como Las Carpas y Antiguos Mineros donde cultivan forrajes (alfalfa), al poniente en la zona del Ejido 6 de enero (San Lorenzo) donde siembran forrajes y al norte en las inmediaciones de la ciudad de Cuatrociénegas donde se tienen frutales y papa cuyas extracciones en total ascienden a 14.7 Mm<sup>3</sup>/año.

Otro fenómeno que se observa en esta cuenca consiste en que todos los volúmenes que afloran como manantiales son conducidos hacia la cuenca vecina y cuyo volumen asciende a 109.7 Mm<sup>3</sup>/año.

Los resultados del balance hidrológico subterráneo, muestran que las entradas al sistema son de 152.60, las salidas de 154.80 y el cambio de almacenamiento de -2.2 Mm<sup>3</sup>/año, respectivamente, por lo que el acuífero de Cuatrociénegas se encuentra sobreexplotado.

La solución de la sobreexplotación depende de reducir las extracciones subterráneas, así como en el caso del acuífero de Cuatrociénegas reducir las salidas de los manantiales hacia la cuenca vecina.

El aprovechamiento del agua subterránea de acuerdo con el Plan de Manejo permite el apego a una estrategia donde se procure:

- Una buena calidad del agua subterránea. Para lo cual es necesario evitar el agotamiento de la reserva, dado que en la medida que este se acentúa, se aprovecha agua de mayor antigüedad y de menor calidad, lo que pone en riesgo la salud de los habitantes y el rendimiento de la actividad agrícola, además de representar una potencial necesidad de tratamiento del agua.
- Un esquema de aprovechamiento de largo plazo sin deterioro de la fuente de abastecimiento.

### 1. 3. 2. Justificación socioeconómica

El acuífero de Cuatrociénegas es de gran importancia para el Estado de Coahuila, debido a que se tiene establecida un área natural protegida, así como aproximadamente más de 300 pozas, las cuales constituyen importantes centros de recreación que promueven el turismo generando entradas económicas.

El índice de Población Económicamente Activa (PEA) por kilómetro cuadrado en el municipio de Cuatrociénegas es de 0.71; mientras que en el Estado de Coahuila es

de 5.64 y en el ámbito nacional es de 18.03. El Producto Interno Bruto (PIB) en el municipio representa apenas el 5.2% del indicador estatal y el 0.2% del indicador nacional.

La escasez natural y el aprovechamiento inadecuado de los recursos agua y suelo, implica presión y competencia por su uso, con el consiguiente impacto negativo sobre la población. Como consecuencia de lo anterior, la población del municipio presenta un grado creciente de desintegración social, que se refleja en los cambios en el equilibrio de los grupos de género y edad que la conforman.

A su vez, estos cambios se derivan de la emigración hacia las ciudades fronterizas y hacia Estados Unidos, así como de la crisis de la industria siderúrgica y de las maquiladoras, especialmente las del área de Monclova.

En cuanto a las ramas de actividad, la producción agrícola de algunos cultivos, como los forrajes, se ha intensificado para cubrir la demanda de insumos de la industria lechera de la Comarca Lagunera, destacando la producción de alfalfa, sorgo, maíz, trigo y hortalizas. Se aprovechan al menos 33 especies de plantas, entre las cuales destacan mezquite, candelilla, orégano y lechuguilla, que generan beneficios de carácter precario y estacional; a pesar de esto, en algunos casos representan la única fuente del ingreso familiar. Hay una modesta actividad ganadera para autoconsumo y venta.

No hay desarrollo industrial y los servicios disponibles se relacionan con la compraventa de productos agropecuarios. Respecto a los servicios básicos existentes, en el municipio de Cuatrociénegas se considera de bajo índice de marginalidad.

Comparado con otros acuíferos, en el acuífero Cuatrociénegas los costos de extracción realmente no van en aumento por el consumo de energía eléctrica, por lo que todavía existe la rentabilidad de los cultivos. Con respecto a la calidad del agua, el acuífero es muy vulnerable a la contaminación, especialmente en el área donde afloran las calizas acuíferas que alimentan las pozas, por lo que para la protección de los ecosistemas y de la calidad del agua del acuífero, deberá tener cuidado en el uso del suelo/agua y de las actividades humanas.

La población total en el año 2000 fue de 12,235 mil habitantes, adicional se prevé que para el año 2030 la población total sea de 12,730 habitantes, esta proyección obedece a la escasa oferta de empleos y a la migración observada por lo que es importante garantizar una reserva estratégica para el uso público-urbano.

### 1. 3. 3. Justificación Legal

La Misión de CONAGUA es que el país cuente con seguridad en el suministro del agua que requiere para su desarrollo, que la utilice de manera eficiente, reconozca

su valor estratégico y económico, proteja los cuerpos de agua y preserve el medio ambiente para las futuras generaciones.

La necesidad de desarrollar nuevos esquemas para proteger la sustentabilidad de los recursos naturales y evitar continuar con la sobreexplotación de los acuíferos, es el principal justificante legal para el estudio del acuífero, buscando alternativas a través de estrategias de operación logrando un equilibrio sustentable en las mismas. Para lograr lo anterior es necesaria la organización de los usuarios y como principales instancias están: el Consejo de Cuenca y el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

Las acciones para proteger al acuífero y los derechos de los usuarios, dependen de las estrategias definidas en un Plan de Manejo, de su ejecución, evaluación y seguimiento.

El Plan de Manejo es un instrumento de compromiso entre los usuarios, las autoridades y permite:

1. Definir acciones que podrán formar parte del reglamento del acuífero, acorde con las necesidades integrales en términos de sustentabilidad.
2. La zonificación del acuífero para una caracterización de las estrategias acorde a la situación de las distintas áreas geográficas circunscritas.
3. Las prioridades en términos de ordenamiento, parámetros por medir y criterios de cuantificación de las extracciones.
4. Proponer los criterios para llevar a cabo un banco de derechos a favor del acuífero fundamentado en un ordenamiento y control estadístico de las extracciones, que proteja la prioridad y prelación del agua.

La CONAGUA en su calidad de representante del ejecutivo federal en materia de aguas nacionales, es la responsable de salvaguardar los preceptos constitucionales y legales. En primer lugar se tiene el concepto del agua como un bien público propiedad de la nación. La CONAGUA debe salvaguardar el interés público en su acción de administración del recurso y asegurar su preservación y manejo sostenible.

Al mismo tiempo la CONAGUA esta facultada para asignar o concesionar el recurso a los usuarios conforme al marco jurídico establecido y, eventualmente, modificar los términos de dichas asignaciones y concesiones en los casos en que la renovación del recurso y su aprovechamiento sostenible se vean amenazados por la sobreexplotación.

El agua se convierte así en un factor de bienestar y en un factor de la producción. En estos términos la economía de la región abastecida por el acuífero y el bienestar de sus habitantes depende de los volúmenes extraídos de la fuente.



En cada ámbito usuario se dan a su vez distintos niveles de productividad y elasticidad en las demandas. Mientras en el caso del uso público-urbano el margen de maniobra para el uso eficiente lo determinan las normas de salud pública (dotaciones mínimas) y las pérdidas físicas, en otros usos como la agricultura es posible intensificar considerablemente el aprovechamiento, por ejemplo, con invernaderos en las empresas agrícolas.

La ley establece que en casos de escasez debe asignarse prioridad al uso potable del agua. Los demás usos dependen entonces de los costos de producción, precios en el mercado y otros.

La agricultura, en su mayor parte de corte tradicional y orientada a cultivos poco rentables, carece de los recursos necesarios para invertir en una mayor tecnificación. Finalmente, las zonas urbanas y los organismos operadores de los servicios de agua potable y saneamiento, carecen de suficientes recursos para todas las inversiones necesarias, debido a que se mantienen en el círculo perverso de la ineficiencia: servicios deficientes –tarifas y recaudación insuficiente – instalaciones inadecuadas – operación ineficiente.

En síntesis el ámbito de los usuarios se rige con el criterio de lograr la máxima productividad al menor costo para la satisfacción de sus demandas en tanto que el ámbito de la autoridad esta regido por la ley, la utilidad y el interés público. Es evidente el conflicto que se establece entre los dos ámbitos principales en términos del manejo sustentable del acuífero. También existe un conflicto de intereses entre los diversos usos y usuarios. Este conflicto se polariza principalmente entre los usos productivos y el uso doméstico que por principio es administrado por organismos públicos que pretenden proporcionar un servicio sin perseguir fines lucrativos. En este sentido el uso doméstico corresponde más bien con el ámbito del interés público, responsabilidad de la autoridad del agua que actúa en correspondencia con las atribuciones de la autoridad municipal en torno a la prestación de los servicios públicos.

#### 1. 4. Nombre del estudio

En correspondencia con las soluciones derivadas del proceso de planeación y de las actividades realizadas como fundamento analítico del acuífero, se propone este documento, denominado **PLAN DE MANEJO INTEGRADO DEL ACUÍFERO CUATROCIÉNEGAS, COAHUILA**, en lo sucesivo llamado “Plan de Manejo”.

#### 1. 5. Estudios previos

Se consulto, reviso y recopilo la información hidrogeológica relacionada con el Proyecto “Plan de manejo integrado de los acuíferos Cuatrocíénegas y Cuatrocíénegas-Ocampo, Coahuila”. Con el objeto de definir la situación actual de

conocimiento geológico, geohidrológico, geoquímico, económico, social, ambiental y cultural del área de estudio.

Los estudios consultados y recopilados se analizan y se emiten algunos comentarios a continuación:

**A) SARH, 1980. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Cuatrociénegas-Ocampo, Coahuila. Por ININSA, para la Subdirección de Geohidrología y Zonas Áridas.**

En este proyecto se presentan las características geohidrológicas del Valle de Ocampo y del norte del poblado de Cuatrociénegas. Incluye Censo de aprovechamientos, pruebas de bombeo, nivelación de brocales, sondeos eléctricos verticales y calidad del agua.

**B) CONAGUA, 2001. Estudio de evaluación hidrogeológica e isotópica en el Valle del Hundido, Coahuila.**

En este proyecto se presentan las actividades geológicas y geohidrológicas con el objeto de determinar la conexión hidráulica entre los valles del Hundido, Cuatrociénegas y Ocampo. Así como para definir el origen del agua de las pozas de Cuatrociénegas y el posible impacto que pudieran recibir los manantiales de Cuatrociénegas ante la extracción del agua subterránea en el valle del Hundido. Se censaron los aprovechamientos de agua subterránea existentes en los tres valles antes mencionados, se llevaron a cabo pruebas de bombeo y se elaboró un balance de aguas subterráneas.

**C) IMTA, 2007. Estimación del balance y disponibilidad del acuífero de Cuatrociénegas, Coahuila.**

Este proyecto es resultado de las recomendaciones hechas por el IMTA (2004), donde se recomendó instrumentar la cuenca del valle de Cuatrociénegas para determinar con mayor precisión las variables involucradas en el cálculo del balance hidrológico y la disponibilidad del agua subterránea. El objetivo general consiste en instrumentar la porción poniente del valle de Cuatrociénegas para medir las variables involucradas en el balance hidrológico subterráneo y realizar un análisis del sistema de pozas-lagunas-acuífero. Los resultados del proyecto consisten en la perforación y habilitamiento de 11 pozos en la porción poniente del acuífero a 30 metros de profundidad, diámetro de perforación de 10", ademe de acero liso y ranurado de 6". El hincado de dos piezómetros Drive Point entre la Poza y laguna Churince. Se realizó la actualización del censo de aprovechamientos de agua subterráneos contabilizando 109 aprovechamientos y 303 pozas. Con respecto a los pozos se registraron 55 operando, 40 pozos sin equipo, fuera de servicio o operación, así como 14 pozos de monitoreo y calidad del agua, 11 habilitados por el IMTA y 3 por el municipio en la vecindad del basurero. Los resultados del balance hidrológico subterráneo muestran que las entradas al sistema

**D) Lesser, 2005. Estudio técnico del impacto por la explotación del agua subterránea en el acuífero (0504) Cuatrociénegas-Ocampo, Coahuila.**

En el estudio se realiza una caracterización socioeconómica de la zona de Ocampo y en el capítulo de hidrogeología hace referencia al trabajo presentado por Lesser y As.

**E) Rubriselva, 1998. Estudio de reactivación de redes de monitoreo de los acuíferos Cuatrociénegas – Ocampo.**

**F) Lesser, 2003. Estudio geohidrológico para la localización de nuevas fuentes subterráneas susceptibles de ser explotadas para el desarrollo agrícola de la zona La Merced-Las Ánimas, municipio de Ocampo, Coahuila.**

El estudio tiene como objetivo principal localizar nuevas fuentes de agua subterránea para el desarrollo agrícola.

Se realizan actividades concernientes a un censo de aprovechamientos a partir de Ocampo hacia el norte, geología, análisis químicos e isotópicos y se emiten conclusiones que reflejan las características geohidrológicas por zonas.

#### 1. 6. Política Nacional sobre el manejo del agua

El Plan Nacional Hidráulico, apegado a las políticas de sustentabilidad del Plan Nacional de Desarrollo propone el cumplimiento de los siguientes seis objetivos en el país:

Objetivo 1. Fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola.

Objetivo 2. Fomentar la ampliación de la cobertura y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Objetivo 3. Lograr el manejo integrado y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.

Objetivo 4. Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico.

Objetivo 5. Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.

Objetivo 6. Prevenir los riesgos y atender los efectos de inundaciones y sequías.

El uso sustentable del acuífero, contribuye en sí a los seis objetivos anteriores. El uso irracional del agua directa o indirectamente atenta contra los mismos.

### 1. 7. Metodología

La metodología de trabajo puede clasificarse en dos etapas:

1. **Etapa perceptiva.** En ésta, se recopiló la información básica y fue analizada, para sentar las bases de los análisis requeridos para la obtención de los resultados del Estudio.
2. **Etapa propositiva.** En principio se conformó la metodología para desarrollar este estudio; en segundo término, se constituye el Plan de Manejo del Acuífero, que representa por sí mismo, un camino para confrontar las distintas alternativas de desarrollo futuro del acuífero, con énfasis en el desarrollo sustentable.

La etapa perceptiva se describió con mayor detalle en el subcapítulo de recopilación y análisis de información.

La etapa prepositiva incluye la ejecución de los productos y se relaciona en gran medida con la conformación y aplicación de un modelo *hidroeconómico* para evaluar los efectos pasados de la sobreexplotación del acuífero, así como para identificar las alternativas futuras de manejo y para evaluar la alternativa óptima.

El modelo hidroeconómico representa un instrumento de evaluación que considera la totalidad de la información depurada. Su punto de partida es la información estadística de la zona de estudio, así como la información de los estudios geohidrológicos previos y del Proyecto de Uso Sustentable del Acuífero.

El tratamiento de la información en conjunto, permite evaluar el efecto de cada una de las acciones del Proyecto, así como otros aspectos de importancia, como son la evaluación de los costos económicos y ambientales para cada política de operación propuesta.

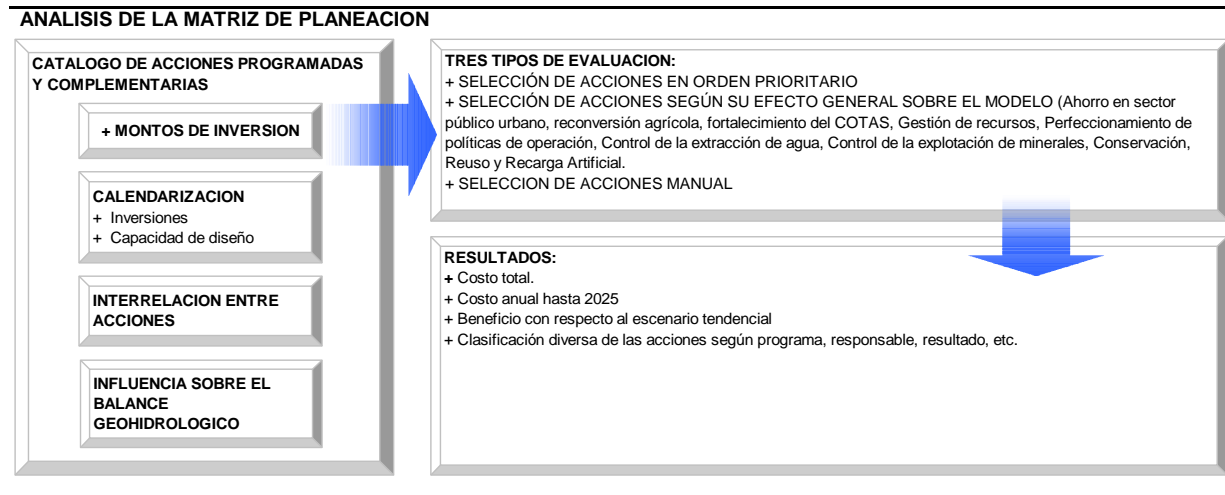
Asimismo, el modelo cuenta con los insumos para la modelación hidrodinámica en la plataforma *VISUAL MODFLOW 2. 8. 1*, a partir de la cual se obtienen parámetros que contribuyen a determinar de manera más precisa el efecto de las acciones del proyecto.

Ya que el modelo involucra información de diversa índole, el tratamiento de cada tema se describe en forma separada en las siguientes figuras.

Destacan entre estos análisis: el del sector agrícola, los escenarios de planeación, los rasgos generales del modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico.

Una síntesis de los datos estadísticos y experimentales recopilados para los cultivos de la zona de estudio, se presenta en los Anexos (Tomo II); sin embargo, la información en conjunto fue considerada en el Modelo Hidroeconómico.

El análisis de la matriz de planeación tiene funciones diversas, algunos de sus resultados se presentan en los primeros gráficos del presente capítulo. La matriz de planeación cuenta con diversos criterios de clasificación y en sí, el modelo presenta la opción de evaluar el efecto marginal de anular o realizar cualquiera de las acciones. Por medio de funciones algebraicas de interrelación, se consideró el efecto conjunto de las acciones.



**Figura 5. Funciones de análisis de la matriz de planeación en el Modelo Hidroeconómico**

Resulta de importancia fundamental la comprensión del modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico, así como el papel de sus componentes geométricas y físicas en el acuífero. Diversas conclusiones de estudios previos se incluyen en el análisis matemático de funcionamiento hidrogeológico. Se considera la ecuación de balance de agua subterránea.

Por último, el algoritmo para la priorización de las acciones es relativamente simple y consiste en un código, que mediante prueba y error identifica a partir de un escenario que incluye el total de acciones, cuáles son las acciones menos relevantes para recuperar volumen de agua en el acuífero.

En conjunto, la información previamente descrita y los criterios de análisis, permiten llevar a su término la evaluación del efecto de las acciones sobre la oferta y la demanda.

Como fase definitiva de la etapa prepositiva, se encuentra la integración del Plan de Manejo Integral del Acuífero (PMI).

El PMI se concibe como un documento de carácter ejecutivo, concreto y resumido, donde se describen la situación actual, las acciones en proceso, las metas y los mecanismos para asegurar el seguimiento del plan.

En correspondencia con el proceso de planeación instituido por el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS), el PMI se fundamenta en la siguiente secuencia de actividades:

- a) Análisis de la problemática.
- b) Revisión de los objetivos establecidos en taller de planeación antes con el método ZOPP.
- c) Definición de acciones con interacción del COTAS y del Consejo de Cuenca (alternativas) - Precisado a más detalle en el PMI –
- d) Evaluación de alternativas. -Realizado en carácter de planeación durante PMI-
- e) Costo de las acciones. Factibilidad - recursos – responsables
- f) Impacto en el acuífero y en la sobreexplotación.
- g) Diagnóstico de los proyectos.
- h) Matriz de congruencia.
- i) Priorización de acciones para cada estado de operación del acuífero.
- j) Identificación de alternativas óptimas y propuesta de su seguimiento.

Además de la integración del Plan de Manejo, se procedió a preparar un anteproyecto del reglamento del acuífero, para lo que se consultaron aquellos documentos legales fundamentales y precedentes, para posteriormente integrar una versión actualizada de acuerdo con el marco legal actual.

#### 1. 8. Localización del área de estudio

La zona de estudio se localiza en la parte centro del estado de Coahuila entre los paralelos 26° 59' y 28° 04' de latitud norte y entre los meridianos 101° 51' y 102° 51' de longitud oeste con una superficie aproximada de 9,185 km<sup>2</sup> (figura 1).

La zona geohidrológica Cuatrociénegas, se encuentra delimitada por la poligonal cuyos vértices se muestran en la siguiente tabla:

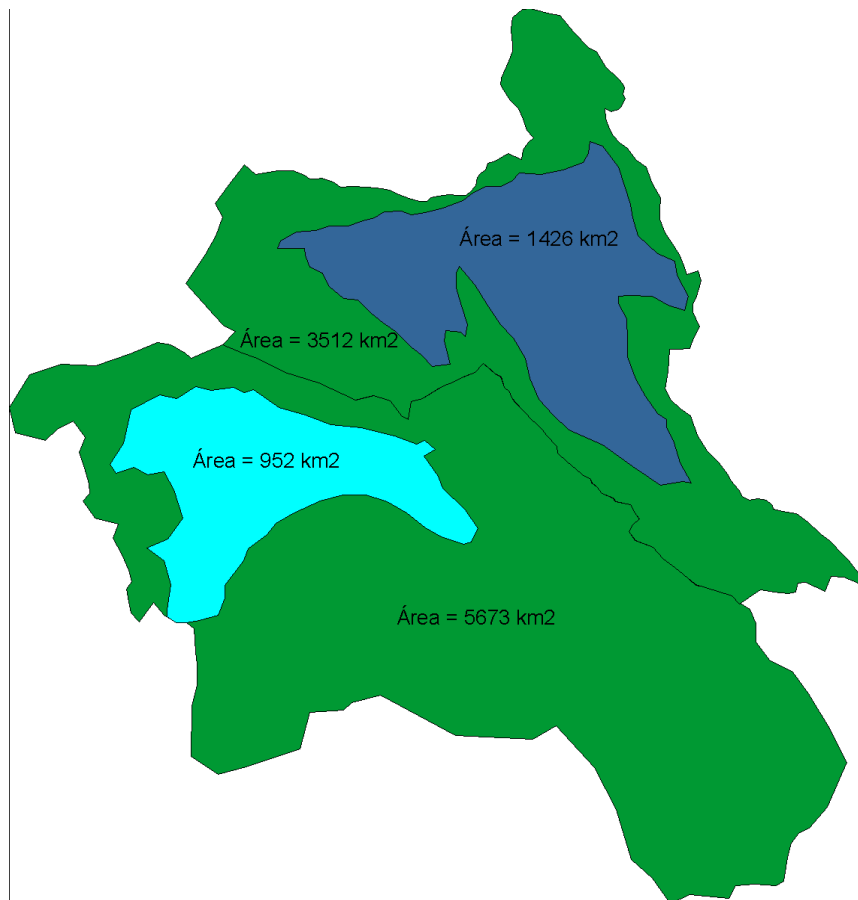
**Tabla 1. Vértices para el acuífero Cuatrociénegas**

Vértice	LONGITUD OESTE			LATITUD NORTE		
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
1	102	28	51.6	26	52	58.8
2	102	15	36.0	26	49	19.2
3	102	3	10.8	26	49	40.8
4	102	0	39.6	26	53	16.8
5	102	0	18.0	26	57	39.6
6	101	54	50.4	26	54	14.4
7	101	48	46.8	26	43	58.8
8	101	47	38.4	26	40	12.0
9	101	50	20.4	26	40	15.6
10	101	36	46.8	26	21	7.2
11	101	29	6.0	26	17	42.0
12	101	27	21.6	26	13	12.0
13	101	30	28.8	26	10	1.2
14	101	38	27.6	26	10	22.8
15	101	46	33.6	26	13	8.4
16	102	0	50.4	26	26	38.4
17	102	9	14.4	26	40	55.2
18	102	13	37.2	26	37	40.8
19	102	32	6.0	26	48	18.0
20	102	29	31.2	26	52	58.8

### 1.8.1. Extensión

En el área se encuentran tres valles, el primero es el de Cuatrociénegas, el segundo de El Hundido y el tercero de Cuatrociénegas-Ocampo. En el primer y tercer valle es donde se basa este estudio.

El Valle de Cuatrociénegas se encuentra limitado por las Sierras La Madera al norte, La Fragua al oeste, San Marcos y La Purísima al sur y al este por la Sierra La Purísima, con una superficie aproximada de 1 426 km<sup>2</sup>. (Figura 4).



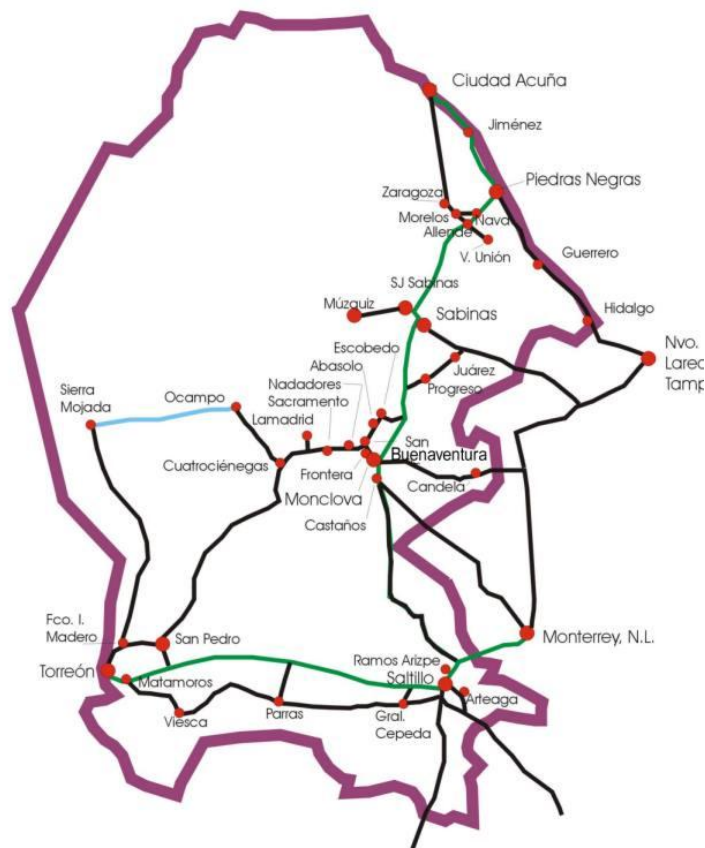
**Figura 6. Extensión de la zona de estudio**

### 1.8.2. Vías de comunicación

Las principales vías de comunicación son: la carretera federal No. 57 que comunica a la ciudad de México con la parte norte del país, pasando por Saltillo, Monclova y llega hasta Piedras Negras; la carretera federal No. 30 que va de Monclova a Cuatrociénegas de Carranza hasta la ciudad de Torreón; el ferrocarril que une la Ciudad de Saltillo, Monclova, Cuatrociénegas y Torreón.

Coahuila posee cinco aeropuertos, que se localizan en Torreón, Saltillo, Piedras Negras, Monclova y Ciudad Acuña; pero sólo el primero proporciona servicio internacional, los cuatro restantes únicamente dan servicio nacional y local. Los aeropuertos más cercanos a la zona de estudio son los que se encuentran en las ciudades de Monclova, Torreón y Saltillo (figura).





**Figura 7. Vías de comunicación en el área de estudio**

## 2. OBJETIVO

El objetivo general consiste en formular un Plan de Manejo Integrado de los acuíferos de Cuatrociénegas y Cuatrociénegas-Ocampo, que adecue el desarrollo sustentable de la región a la disponibilidad del agua, enmarcado en el contexto de la actual política nacional hidráulica.

Sus objetivos específicos son, a partir de la información existente:

- Analizar e integrar la información existente relativa al manejo del agua (geohidrológica, hidrológica, técnica, financiera, social, institucional, legal y de protección ambiental).
- Actualizar el censo de captaciones de aguas subterráneas.
- Realizar pruebas de bombeo en el acuífero.
- Realizar análisis hidrogeológicos en el acuífero.
- Participar en los talleres de Planeación Participativa.
- Caracterizar y proyectar la demanda (incluyendo las demandas ambientales) y la disponibilidad.
- Desarrollar un modelo de simulación de flujo subterráneo del acuífero con información reciente para evaluar diferentes escenarios de manejo del agua.

- Estimar la relación costo-beneficio de la sobreexplotación.
- Evaluar la disponibilidad de agua subterránea través de diversos balances hidráulicos.
- Simular con el modelo de flujo subterráneo escenarios paramétricos concertados con los usuarios.
- Con una amplia participación de los involucrados en el manejo del agua, definir y analizar las acciones concretas de reducción de la demanda, de manejo de la disponibilidad y de mejora de la recarga
- Evaluar en términos técnicos, económicos, sociales, institucionales y normativos las diversas opciones de manejo del agua.
- Formular un Plan de Manejo Integrado de los acuíferos de Cuatrociénegas y Cuatrociénegas-Ocampo.

### 3. MARCO JURÍDICO

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 27 define la propiedad de las aguas nacionales. La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento enfatizan el papel de la Comisión Nacional del Agua como órgano rector en el marco técnico y legal en cuanto al aprovechamiento hidráulico. Denota la importancia de los Consejos de Cuenca y de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) para el cuidado de los acuíferos y en la toma de decisiones en su protección y manejo. Asimismo explica la función del Registro Público de Derechos de Agua, que representa el instrumento legítimo para proteger los derechos de los usuarios.

El COTAS del acuífero Cuatrociénegas, se estableció oficialmente el 5 de diciembre del 2008, y opera como organismo auxiliar del Consejo de Cuenca.

La Ley Federal de Derechos en materia de agua, establece los criterios para aplicar las tarifas por pago de derechos correspondientes a los distintos usos del agua, cuerpos de agua y bienes nacionales, según la zona de disponibilidad a la que pertenezcan los municipios. Establece asimismo la exención del pago de derechos para los usos agrícola y pecuario. También señala que no se pagan derechos por aguas residuales empleadas en lugar de aguas de primer uso.

Entre otros elementos normativos se encuentran las reglas de operación de los programas institucionales con recursos de inversión para la tecnificación y uso eficiente del agua.

En Coahuila no se cuenta con una Ley Estatal de Aguas, donde se establezcan las funciones y responsabilidades de las instancias estatales y municipales que participan en el sector, así como los derechos y obligaciones de usuarios del agua.

Los acuíferos Cuatrociénegas-Ocampo y Cuatrociénegas, están ubicados en una zona libre para el alumbramiento de aguas del subsuelo, por lo que no existe veda para ningún uso.

También son de importancia diversas Normas Oficiales Mexicanas, entre las que destaca la NOM-011-CNA-2000 sobre la Conservación del recurso agua, esta norma establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

El marco de Planeación Hidráulica Nacional que rige el medio ambiente indica, que es una prioridad para el país, se protejan los recursos naturales de los que depende, entre ellos el agua considerado como elemento de seguridad Nacional.

En materia hidráulica, el Programa Hidráulico Regional (PHR) se instauró como una extensión del Plan Nacional de Desarrollo, su misión, definir y hacer que se cumplan las estrategias y metas del sector hidráulico, en un marco de sustentabilidad y de resolver la problemática existe.

En cuanto al ordenamiento en el uso del agua subterránea existen serios rezagos, porque se carece de una medición que permita verificar el cumplimiento de la Ley en sus distintos ámbitos. Esta medición no es sistemática y existe incertidumbre en cuanto al volumen de extracción, la calidad del almacenamiento subterráneo y los niveles piezométricos.

A continuación se enuncian algunos instrumentos jurídicos que inciden directamente sobre el acuífero, con una breve descripción.

**1) Acta constitutiva de la asociación denominada “Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero Cuatrociénegas” Asociación Civil.** Fuente: Acta constitutiva del COTAS, 2008.

En este documento se describen las características de la sociedad civil en que se instituye el COTAS del acuífero Cuatrociénegas-Ocampo, lo que conforma un elemento base para la normatividad del acuífero, al considerar que el COTAS constituye el actor principal para llevar a cabo la coordinación del control y manejo del acuífero.

**2) Reglas de operación del Programa de Adquisición de Derechos de Agua.** Fuente: DOF, Agosto de 2003.

Sin duda este documento, publicado en el mes de agosto del 2003, constituye un antecedente en la historia de nuestro país, donde se describen las reglas para la adquisición de derechos de agua, en una interacción entre la SAGARPA y los usuarios de algunos de los principales Distritos de Riego del país, pero con mención de la posible aplicación del programa en el mismo u otros distritos, en caso de solvencia presupuestal para dicho fin.

#### 4. PRINCIPIOS PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL AGUA

Las premisas básicas que orientan la política hidráulica del país son:

- El agua es un recurso estratégico de seguridad nacional.
- El Desarrollo del país debe darse en un marco de sustentabilidad.
- La unidad básica para la administración del agua es la cuenca hidrológica, ya que es la forma natural de ocurrencia del ciclo hidrológico.
- El manejo de los recursos naturales debe ser integrado.
- Las decisiones deben tomarse con la participación de los usuarios.

Para el caso específico del Acuífero:

- La situación de sobreexplotación implica una extracción y el aprovechamiento de agua en cantidades que abaten los niveles de bombeo, encarecen el agua y ponen en riesgo la utilidad de dicho recurso para el uso agrícola.
- El acuífero es una fuente de abastecimiento de agua, irremplazable para el desarrollo socioeconómico del Valle de Cuatrociénegas.

## 5. DIAGNÓSTICO

### 5. 1. Población y desarrollo socioeconómico

#### 5. 1. 1. Población

El índice de Población Económicamente Activa (PEA) por kilómetro cuadrado en el municipio de Cuatrociénegas-Ocampo es de 0.71; mientras que en el Estado de Coahuila es de 5.64 y en el ámbito nacional es de 18.03. El Producto Interno Bruto (PIB) en el municipio representa apenas el 5.2% del indicador estatal y el 0.2% del indicador nacional.

La escasez natural y el aprovechamiento inadecuado de los recursos agua y suelo, implica presión y competencia por su uso, con el consiguiente impacto negativo sobre la población. Como consecuencia de lo anterior, la población del municipio presenta un grado creciente de desintegración social, que se refleja en los cambios en el equilibrio de los grupos de género y edad que la conforman. A su vez, estos cambios se derivan de la emigración hacia las ciudades fronterizas y hacia Estados Unidos, así como de la crisis de la industria siderúrgica y de las maquiladoras, especialmente las del área de Monclova.

La población total en el año 2000 fue de 12,154 mil habitantes, adicional se prevé que para el año 2030 la población total sea de 13,080 habitantes, esta proyección obedece a la escasa oferta de empleos y a la migración observada por lo que es importante garantizar una reserva estratégica para el uso público-urbano.

#### 5. 1. 2. Actividad económica

En cuanto a las ramas de actividad, la producción agrícola de algunos cultivos, como los forrajes, se ha intensificado para cubrir la demanda de insumos de la industria lechera de la Comarca Lagunera, destacando la producción de alfalfa, sorgo, maíz, trigo y hortalizas. Se aprovechan al menos 33 especies de plantas, entre las cuales destacan mezquite, candelilla, orégano y lechuguilla, que generan beneficios de carácter precario y estacional; a pesar de esto, en algunos casos representan la única fuente del ingreso familiar. Hay una modesta actividad ganadera para autoconsumo y venta. No hay desarrollo industrial y los servicios disponibles se relacionan con la compraventa de productos agropecuarios.

Respecto a los servicios básicos existentes, en el municipio de Cuatrociénegas se considera de bajo índice de marginalidad.

Los costos de extracción van en aumento por el consumo de energía eléctrica, perjudicando la rentabilidad de los cultivos y deteriorando la calidad del agua por el abatimiento del acuífero, y representado un esquema de sobreexplotación que no se puede seguir manteniendo como hasta ahora, porque de seguir así se esta

arriesgando la estabilidad hidrológica de la región, afectando con ello a toda la población y a las actividades económicas.

## 5. 2. Evaluación de programas relativos al manejo del agua

### Programas hidroagrícolas

El impacto de los programas de apoyo para el sector primario (agricultura, ganadería, piscicultura, forestal, minería, entre otros) en el acuífero, está directamente relacionado con la disminución del volumen del agua que se utiliza actualmente. La agricultura es el principal causante de sobreexplotación, por lo que el primer beneficio es hidráulico-ambiental, posteriormente económico-social, al hacer un mejor uso del agua pueden mejorar drásticamente la situación actual del acuífero e incrementar su productividad y por lo tanto sus ingresos.

Los programas de apoyo ofrecen una alternativa de organización para los productores para que de manera individual o asociados puedan hacer uso de subsidios que le permitirán lograr diferentes objetivos. Una de las ventajas que ofrecen este tipo de programas es la supervisión y asesoría técnica, la cual esta en coordinación con otras dependencias de Gobierno afines con el uso sustentable del agua como lo es SAGARPA y SEMARNAT mediante CNA.

### Programas de SAGARPA, mediante PROCAMPO

**Objetivo:** Apoyar en forma directa a los productores inscritos en el Directorio del Programa PROCAMPO con superficie elegible y que se mantengan en producción en los ciclos agrícolas de la región.

**Quiénes pueden recibir apoyos:** Los productores con superficie elegible de los predios registrados en el Directorio de PROCAMPO para los que se solicite el apoyo y se mantengan en producción en los ciclos agrícolas definidos en la región o se encuentren bajo proyecto ecológico autorizado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

### Apoyos que se otorgan:

Hasta la fecha se desconocen los apoyos otorgados en la región y a continuación se presentan como ejemplo los apoyos otorgados en otros acuíferos del país, para el ciclo Primavera-Verano 2003 el **apoyo directo por hectárea en superficies de riego** es de \$905.00 (Novecientos Cinco Pesos 00/100 m.n.) y en **superficies de temporal** es de \$1,035.00 (Mil Treinta y Cinco Pesos 00/100 m.n.) por hectárea para superficies de hasta 6 hectáreas y de \$905.00 (Novecientos Cinco Pesos 00/100 m.n.) por hectárea para superficies mayores a 6 hectáreas siendo aportado en un

100% por el Gobierno Federal y operado por el Gobierno del Estado a través del Distrito de Desarrollo Rural.

Los requisitos de apoyo son los siguientes:

- Acudir a la ventanilla que te corresponda a reinscribir la solicitud en la fecha establecida para apertura de recepción:
- Superficies de Riego Pago Anticipado
- Superficies de Temporal Pago Anticipado
- Superficies de Riego Pago Normal
- Superficies de Temporal Pago Normal
- Contar con su expediente completo y entregar 2 fotocopias de su Clave Única de Registro de Población (CURP), aquellos productores que carezcan de ésta, deberán entregar dos fotocopias de su acta de nacimiento por cada solicitud reinscrita.

Los programas que implementa el Gobierno Federal, forman parte de la estrategia del Gobierno Federal y Estatal para el fortalecimiento del sector ante el proceso de globalización y el impulso al desarrollo rural para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

"Este programa es de carácter público, no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Está prohibido el uso de este programa con fines políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente".

En 1996 se puso en operación la Alianza para el Campo como una nueva estrategia para impulsar la recuperación y desarrollo del Sector Agropecuario. Alianza coordina los instrumentos de fomento disponibles del sector público para elevar la productividad agropecuaria.

La estrategia se dirige a los productores con programas y acciones que coadyuven en el alivio de la pobreza rural enfatizando la importancia de un enfoque micro regional, la preservación de los recursos naturales y la transferencia de la tecnología apropiada a los productores. La suma de recursos federales y estatales, aunada a la contribución de los productores de la entidad, tiene por objeto apoyar la capitalización, la incorporación de tecnología y elevar la productividad, a través del mejoramiento genético, la repoblación de inventarios, la infraestructura y el equipamiento productivo.

Se promueve también la utilización integral y sostenible de los recursos, incrementar la producción de alimentos, mejorar los mecanismos de comercialización por unidad productiva y fomentar la organización y el intercambio tecnológico entre productores.



Parte importante de este logro ha sido la apertura de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación a las opiniones y sugerencias de todos los estados de la República a través de la Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Agropecuario, A.C.

### **Programas de Fomento Agrícola**

1. Programas de Fomento Ganadero.
2. Programas de Desarrollo Rural.
3. Programas de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria.

**Objetivo:** Impulsar el establecimiento de los Agro negocios en el medio rural y el fortalecimiento de las cadenas agroalimentarias, para incrementar el ingreso de los productores y elevar su calidad de vida.

### **Tipos de apoyo:**

En lo general se establecen dos tipos de apoyos:

- 1.- A la demanda libre.
- 2.- Demanda vía proyectos.

### **La población objetivo se define según su ingreso con los siguientes criterios:**

Productores de Bajos Ingresos, en zonas marginadas.

- Hasta 10 Ha. de riego o hasta 20 Ha. de temporal.
- Hasta 20 Cbz. de ganado mayor o, 100 Cbz. de ganado menor o, 25 colmenas.

Productores de Bajos Ingresos, en zonas no marginadas.

- Hasta 10 Ha. de riego o hasta 20 Ha. de temporal.
- Hasta 20 Cbz. de ganado mayor o, 100 Cbz. de ganado menor o, 25 colmenas.

Productores de Bajos Ingresos, en transición.

- Hasta 20 Ha. de riego o hasta 40 Ha. de temporal.
- Hasta 50 Cbz. de ganado mayor o, 250 Cbz. de ganado menor o, 125 colmenas.

Resto de Productores

- Son los productores con superficies, cabezas y colmenas mayores a los establecidos en el punto I, II y III.

Todos los programas son de carácter público, y está prohibido su uso con fines políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de estos programas, deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la Ley aplicable y ante la Autoridad competente.

## **Programas de apoyo a la infraestructura rural hidroagrícola**

Los programas de apoyo a la infraestructura rural hidroagrícola son los siguientes:

### **Equipamiento rural**

Dentro de este programa se atienden solicitudes de productores agropecuarios, con el propósito de que se les apoye en la construcción y/o rehabilitación de bordos parcelarios y de abrevadero, mejora de caminos saca cosechas, construcción de silos, construcción de tajos dentro de sus predios.

### **Programa de conservación del suelo y agua**

Dentro de este programa, se atienden solicitudes de trabajos de nivelación de tierras dentro de sus parcelas, trabajo de subsuelo, excavación de zanjas para la instalación de tuberías de P.V.C. Para todos estos trabajos la Comisión para la el Desarrollo Agropecuario opera once tractores Bulldozer y una máquina Retroexcavadora.

### **Programa de empleo temporal**

Con este programa se atienden solicitudes para apoyo a los productores agropecuarios con rollos de alambre de púas y poste de acero para el cercado de sus predios agrícolas.

Dentro de este programa también se apoya a los productores agropecuarios con despensas alimenticias, para compensar trabajos realizados dentro de sus predios como son: Despiedres, plantación de nopal o maguey, reparación de cercos.

### **Programa de desarrollo de áreas de riego**

Dentro de este programa se apoya a productores agropecuarios para el suministro y colocación de líneas de conducción con tubería de P.V.C. e instalación de sistemas de riego tecnificado.

### **Programa impulso y desarrollo de pequeñas, medianas y grandes áreas de riego**

Se apoya a los productores agropecuarios con el suministro e instalación y/o reparación de equipos de bombeo y electrificaciones para pozos, norias o aprovechamientos superficiales de agua, suministro e instalación de líneas de conducción y sistemas de riego tecnificado.

### **Fomento agrícola**

**Objetivo:** Impulsar la producción y productividad agrícolas a fin de elevar el ingreso de los productores, apoyar la investigación y la transferencia de tecnología, acorde

con las necesidades de las cadenas productivas, facilitar la integración de cadenas productivas agroalimentarias y asegurar el patrimonio fitogenético nacional, para su conservación y uso sostenible, con énfasis en aquellos recursos de importancia para la alimentación y la agricultura.

**Quiénes pueden recibir apoyos:** Los productores agrícolas en forma individual y organizada (ejidatarios, colonos, comuneros, pequeños propietarios, asociaciones de productores y sociedades civiles o mercantiles dedicadas a la producción agrícola).

Programas Integrantes:

### **Fomento a la productividad.**

**Objetivo:** Promover el desarrollo de una estructura de cultivos orientada a satisfacer las necesidades del mercado e incrementar la rentabilidad y la superficie dedicada a la producción de cultivos industriales.

#### **Apoyos que se otorgan:**

- Apoyo al paquete tecnológico.
- Pago de derechos por uso de semilla genéticamente modificada para algodón y soya.
- Manejo integrado de plagas e inducción de nuevas tecnologías.
- Apoyo a la formulación de proyectos.
- Fomento a la Inversión y Capitalización.

### **Fomento a cultivos estratégicos.**

**Objetivo:** Promover el desarrollo de la fruticultura, horticultura y producción de cultivos ornamentales.

#### **Apoyos que se otorgan:**

- Establecimiento y mantenimiento de huertos.
- Adquisición de material vegetativo, equipo y pago de servicios.
- Manejo integrado de plagas.
- Apoyo a la formulación de proyectos.

### **Desarrollo de los agro sistemas tropicales y subtropicales.**

**Objetivo:** Promover el desarrollo de la producción de cultivos tropicales y subtropicales bajo el enfoque de agro sistemas y de cadenas productivas.

#### **Apoyos que se otorgan:**

- Establecimiento, mantenimiento y rehabilitación de huertos.
- Establecimiento y mantenimiento de centros de producción de material vegetativo.
- Cultivos intercalados.
- Manejo integrado de plagas.
- Apoyo a la formulación de proyectos.

### **Investigación y transferencia de tecnología.**

**Objetivo:** Apoyar la investigación y transferencia de tecnologías, acorde con las necesidades de las cadenas productivas.

#### **Apoyos que se otorgan:**

- Para la realización de proyectos de investigación y eventos de transferencia de tecnología.
- Por única vez, la elaboración de programas de necesidades de investigación y transferencia de tecnología en cada entidad.

### **Sistema Nacional de recursos fitogenéticos.**

**Objetivo:** Asegurar el patrimonio fitogenético nacional, para su conservación y uso sostenible, con énfasis en aquellos recursos de importancia alimentaria y agrícola.

#### **Apoyos que se otorgan:**

- Conservación y uso de recursos.
- Conservación y mejoramiento in situ.
- Conservación y mejoramiento ex situ.
- Evaluación y uso de recursos fitogenéticos.

### **Fomento a la inversión y capitalización**

**Objetivo:** Promover un uso eficiente de los recursos suelo y agua y la capitalización del sector a través de obras de infraestructura productiva y de servicios y la adquisición de bienes de capital.

#### **Apoyos que se otorgan:**

- Infraestructura parcelaria básica y de riego.
- Mejoramiento, rehabilitación y conservación de suelos.
- Adquisición y rehabilitación de sistemas de riego tecnificado.
- Infraestructura productiva y de servicios.
- Adquisición y rehabilitación de maquinaria y equipo.
- Formulación de proyectos.

**Apoyos en:** Tractores, cinceles, sembradores de precisión, aspersores, e implementos de labranza de conservación y otros apoyos.

**Tabla 2. Establecimiento, rehabilitación y modernización de invernaderos o macro túneles.**

Concepto	Organizados		Individual	
	PBIT	RP	PBIT	RP
Apoyo Gubernamental	50.00%	35.00%	40.00%	30.00%
Monto tope hasta	\$350,000	\$245,000	\$280,000	\$210,000

**Tabla 3. Adquisición, instalación y modernización de sistemas de riego tecnificado con excepción de los sistemas de riego por compuerta.**

Concepto	Organizados		Individual	
	PBIT	RP	PBIT	RP
Sistema de Riego	80.00%	60.00%	70.00%	50.00%
Tope por hectárea	\$12,000.00	\$9,000.00	\$10,500.00	\$7,500.00

**Tabla 4. Cadenas productivas agrícolas: Guayaba, durazno, ajo, forrajes, chile y vid.**

Cadenas productivas		Organizados
Beneficio	RP	Apoyo Máximo
Congresos	50.00%	Hasta \$300,000.00 por evento
Capacitación	80.00%	Hasta \$40,000.00 por evento

### Fomento ganadero.

**Objetivo:** Este conjunto de programas se orienta a apoyar la capitalización de los ganaderos, acelerar la adopción de tecnología a nivel del productor en lo relativo a alimentación, mejoramiento genético y sanidad, complementado con asistencia técnica; con la finalidad de elevar la productividad por unidad de superficie y por

unidad animal, también se promueve la integración y desarrollo de cuencas de producción, así como el fortalecimiento de la cadena producción - consumo.

**Quiénes pueden recibir apoyos:** Ejidatarios, colonos, comuneros, pequeños propietarios, asociaciones de productores y sociedades civiles o mercantiles, dedicadas a la producción pecuaria. Además, quienes presenten proyecto de reconversión hacia la actividad ganadera (solo en recuperación de tierras de pastoreo).

**Características de los apoyos:** Se establecen como prioridades el otorgamiento de apoyos a Proyectos de Desarrollo de Predios Ganaderos, Centros de Acopio o Empresas que incentiven o favorezcan la incorporación de los productores primarios a los Sistemas Producto Pecuarios para el fortalecimiento de las Cadenas Agroalimentarias, así como, al impulso del desarrollo de proyectos agropecuarios integrales.

**Apoyos en:**

- Infraestructura
- Tejabanes, pesebres, salas de ordeña, bodegas, corrales de manejo, etc.
- Maquinaria y equipo
- Ordeñadoras, empacadoras, carros mezcladores, cortadoras, ensiladoras, molinos, plantas de luz, etc.
- Semovientes
- Vientres bovinos, ovinos, caprinos, porcinos; conejos, abejas.
- Otros semovientes
- Sementales bovinos, ovinos, caprinos y porcinos, etc.
- Germoplasmas
- Embriones, dosis de semen, equipos de inseminación, etc.

**Tabla 5. Monto de apoyos ganaderos**

Estrategia Integración de Cadena Agroalimentaria.	Estrato	Apoyo Gubernamental
Establecimiento, rehabilitación, infraestructura y equipo para praderas y agostaderos.	PBIT	65%
	RP	50%
Construcción y rehabilitación de infraestructura y equipamiento de unidad de producción bovina, ovina, porcina, caprina y apícola.	PBIT	65%
	RP	50%

Estrategia Integración de Cadena Agroalimentaria.	Estrato	Apoyo Gubernamental
Adquisición de semovientes de las especies bovina, ovina, caprina, porcina, avícola y apícola.	PBIT	65%
	RP	50%
Adquisición de germoplasma y equipo para inseminación artificial.	PBIT	65%
	RP	50%

En los casos de adquisición de Infraestructura y/o Equipo el apoyo máximo será de \$130,000.00

### Recuperación de tierras de pastoreo.

**Objetivo:** Apoyar acciones que permitan incrementar la disponibilidad de forraje en tierras de pastoreo de modo sostenible, con plantas forrajeras, así como la tecnificación y modernización de la infraestructura productiva para un mejor manejo de la unidad de producción.

#### Apoyos que se otorgan:

- Semilla, infraestructura y equipamiento de unidades de producción, necesarios para el establecimiento, la rehabilitación y conservación de pastizales y agostaderos, así como elaboración de proyectos (cuando la COTEGAN lo considere conveniente).

### Mejoramiento genético.

**Objetivo:** Incrementar la producción de carne, leche y lana por unidad animal, apoyar la repoblación del inventario ganadero con la adquisición de sementales y vientres nacionales e importados y su incorporación al hato ganadero comercial; así como fomentar la calidad genética mediante prácticas de inseminación artificial y transferencia de embriones.

#### Apoyos que se otorgan:

- Pie de cría, dosis de semen y embriones de las principales especies domésticas, así como equipo para inseminación artificial y transplante de embriones.

### Programa lechero.

**Objetivo:** Propiciar la tecnificación, modernización y capitalización de las explotaciones lecheras de las diferentes especies domésticas, así como los sistemas de acopio y transformación, que redunde en una mejor producción y calidad del producto.

### **Apoyos que se otorgan:**

- Infraestructura y equipos especializados necesarios para el mejoramiento y modernización de las explotaciones lecheras, así como la construcción, rehabilitación y equipamiento de centros de acopio; equipos para industrialización de la leche y para laboratorios de calidad.

### **Programa apícola.**

**Objetivo:** Incrementar la producción y productividad de las unidades apícolas, así como la elevación de la calidad de miel y otros productos de la colmena, mediante el fortalecimiento de la infraestructura y equipamiento productivo y de acopio, mejoramiento genético y control sanitario.

### **Apoyos que se otorgan:**

- Material biológico y equipamiento de las unidades de producción apícolas, tratamientos contra varroasis, reactivos y análisis de laboratorio e infraestructura y equipamiento de centros de acopio de miel.

### **Desarrollo de proyectos agropecuarios integrales.**

**Objetivo:** Apoyar y fomentar el desarrollo de unidades de producción pecuaria de manera sostenible, a través de la contratación de técnicos que propicien los procesos de capacitación, asistencia técnica y transferencia de tecnología, mediante proyectos que integren a productores en grupos y fortalezcan las cuencas de producción.

### **Apoyos que se otorgan:**

- Servicios de asistencia técnica que comprenden la contratación, capacitación, actualización y pago de giras de intercambio técnico de coordinadores y promotores de desarrollo.

### **Fomento avícola y porcícola.**

**Objetivo:** Apoyar la construcción, modernización y rehabilitación de la infraestructura y el equipamiento de las unidades de producción y de industrialización, para inducir la incorporación de tecnología y elevar la productividad de la avicultura y porcicultura, así como, mejorar los esquemas de transformación de sus productos.

### **Apoyos que se otorgan:**

- Infraestructura y equipos especializados necesarios para el mejoramiento y modernización de las explotaciones avícolas y porcícolas. En infraestructura de transformación se apoya la adquisición de equipos de limpieza y



clasificación de huevo, así como, la transformación y remodelación de rastros, obradores y frigoríficos a tipo inspección federal.

## Desarrollo rural

### Quiénes pueden recibir apoyos:

Unidades de producción rural familiar, mujeres, jóvenes e indígenas habitantes de regiones y municipios que presentan los mayores índices de marginación y población rural de otros municipios del país que reúna los requisitos de elegibilidad, ya sea de manera individual u organizada.

### Programa de Desarrollo de Capacidades (PRODESCA).

#### Objetivo:

Desarrollar capacidades en la población rural elegible a través de proveer conocimientos útiles para mejorar procesos productivos, comerciales, organizativos y empresariales.

#### Apoyos que se otorgan:

- Servicios de capacitación, asistencia técnica y consultoría proporcionados por una red de prestadores de servicios profesionales que son certificados con base en su desempeño y contratados directamente por los usuarios finales.

#### Apoyos en:

Diseños de proyectos de desarrollo, puesta en marcha de proyectos de desarrollo, asesoría técnica y consultoría profesional para empresas rurales, capacitación para empresas rurales, programas especiales para desarrollo de capacidades y otros apoyos.

**Tabla 6. Apoyos en el diseño de proyectos**

Servicios	Tipo de Proyecto		
	Modulares PM	Actividades en común PAC	Integrales PI
Diseño de proyecto	16,000	25,000	40,000
Puesta en Marcha			
Asesoría técnica y Consultoría			

### Programa de Apoyos a Proyectos de Inversión Rural (PAPIR).

**Objetivo:** Fomentar la inversión en bienes de capital de la población rural elegible a través del apoyo para la puesta en marcha de proyectos la reconversión productiva, la transformación y acondicionamiento de la producción primaria, la generación de empleo rural no agropecuario y de servicios, así como su posicionamiento en los mercados.

#### Apoyos que se otorgan:

- La puesta en marcha de proyectos de inversión que posibiliten la reconversión productiva, la transformación, el posicionamiento en los mercados y la generación de servicios y empleo no agropecuario.

#### Apoyos en:

**Tabla 7. Bienes de capital necesarios para la puesta en marcha de proyectos productivos.**

Valor de los bienes de capital por socio (pesos)	Porcentaje máximo de apoyo gubernamental		Porcentaje máximo de apoyo gubernamental en atención a la demanda de UPR
	Normales	Grupos prioritarios	
< \$15,000	70%	90%	55%
\$15,001 - \$75,000	66%	80%	53%
\$75,001 - \$150,000	63%	63%	50%
\$150,001 - \$300,000	60%	60%	No aplica
\$300,001 -> \$5000,000	50%	50%	No aplica

### Programa de Fortalecimiento de Empresas y Organización Rural (PROFEMOR).

**Objetivo:** Incorporar a las unidades de producción familiar rurales en forma organizada a la apropiación de valor agregado, así como elevar la participación social de la población rural en la toma de decisiones en los diferentes ámbitos del desarrollo de las regiones.

#### Apoyos que se otorgan:

- Fortalecimiento institucional de municipios, distritos de desarrollo y regiones para la definición de prioridades regionales e incrementar el acceso de la población rural a los recursos públicos.
- Consolidación empresarial (profesionalización y administración) interna de las organizaciones económicas rurales.

**Apoyos en:**

**Tabla 8. Fortalecimiento Institucional, consolidación administrativa y fomento empresarial.**

Componente: Fortalecimiento institucional, consolidación administrativa y fomento empresarial	Aportaciones (montos)	
	Hasta	Máximo \$
Consolidación Organizativa Estructura interna 1er. nivel		75,000.00
I) Menor de 5 años II) Más de 5 años	80% 80%	250,000.00 150,000.00
Fortalecimiento Institucional Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable		130,000.00

**Programas de sanidad e inocuidad agroalimentaria**

**Objetivo:** Impulsar el control y erradicación de plagas y/o enfermedades agrícolas, pecuarias, apícolas y acuícolas que son motivo de restricciones comerciales.

Promover la instrumentación de programas nacionales de inocuidad, que reduzcan los riesgos de contaminación química y microbiológica en la producción de alimentos y establecer un compromiso conjunto entre los gobiernos federal y estatal y los productores, para lograr avances sanitarios que resulten en cambios de status sanitario, durante el ejercicio en que aplican estas reglas.

**Quiénes pueden recibir apoyos:** Todos los productores agropecuarios y acuícolas que sean susceptibles de sufrir pérdidas por las plagas o enfermedades que son objeto de los programas oficiales de sanidad agropecuaria. En forma directa, productores agropecuarios y acuícolas que se agrupen en Comités Estatales.

En forma indirecta, a productores que aún no se han incorporado formalmente a dichas organizaciones, pero que se ubican en la misma circunscripción geográfica del organismo.

### **Salud Animal.**

Apoyos que se otorgan:

- Diagnóstico epidemiológico de la situación actual de las campañas a nivel estatal y regional.
- Operación de las actividades de las campañas.
- Vigilancia epizootiológica.
- Bioseguridad.
- Laboratorios de diagnóstico en salud animal.
- Inspección en rastros.
- Movilización en los puntos localizados en cordones fitozoosanitarios.
- Atención a contingencias e indemnizaciones.

### **Sanidad Vegetal.**

**Apoyos que se otorgan:**

Se otorgan apoyos para el desarrollo de los programas de campañas nacionales, en los componentes que establecen la Normas Oficiales Mexicanas.

### **Inocuidad de Alimentos.**

**Apoyos que se otorgan:**

- Instrumentación de metodologías de minimización de riesgos de contaminación como:
- Buenas Prácticas Agrícolas.
- Buenas Prácticas Pecuarias.
- Buenas Prácticas Apícolas.
- Buenas Prácticas Acuícolas.
- Buenas Prácticas de Manufactura y Procedimientos Operacionales de Sanitización Estándar.
- Pruebas diagnósticas y de análisis de contaminantes.
- Insumos sanitarios.
- Infraestructura y equipo

#### 5.2.2. Programas de agua potable, alcantarillado y saneamiento

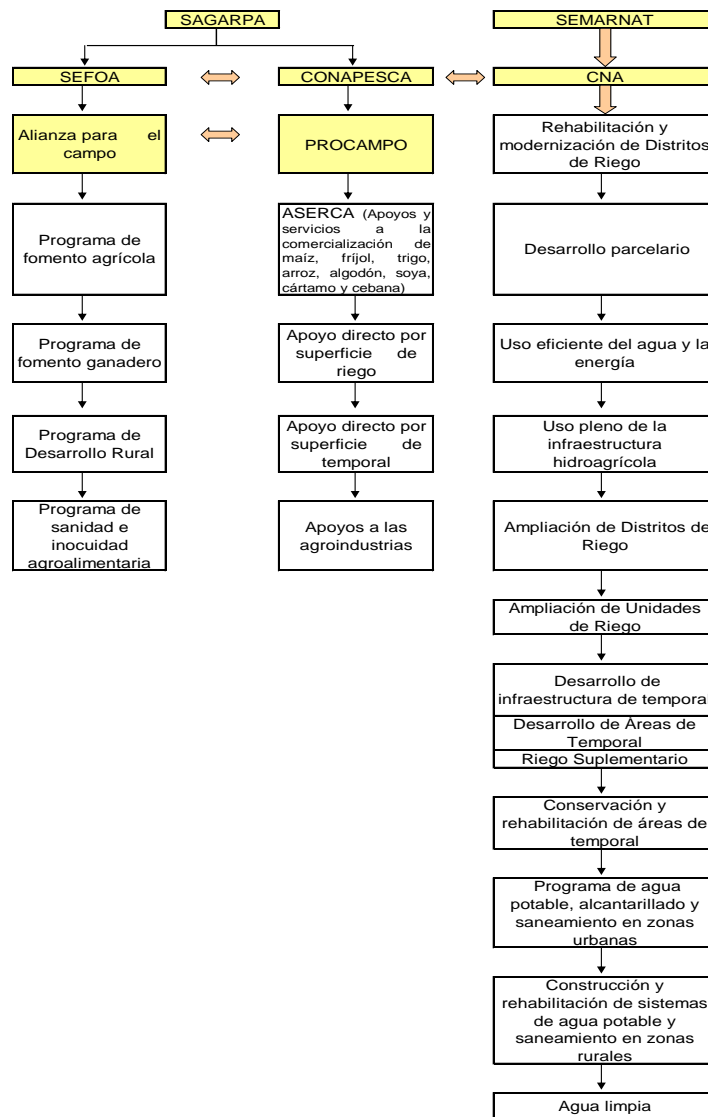
La CNA cuenta con los siguientes programas:

- Rehabilitación y modernización de Distritos de Riego
- Desarrollo parcelario
- Uso eficiente del agua y la energía
- Uso pleno de la infraestructura hidroagrícola
- Ampliación de Distritos de Riego
- Ampliación de Unidades de Riego
- Desarrollo de infraestructura de temporal
- Desarrollo de Áreas de Temporal Riego Suplementario
- Conservación y rehabilitación de áreas de temporal
- Programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas
- Construcción y rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento en zonas rurales
- Agua limpia

Los apoyos federales se otorgarán por única vez para:

- Rehabilitar y/o modernizar el mismo tramo de canal, dren o camino.
- Rehabilitar el mismo pozo, la misma planta de bombeo o los mismos suelos ensalitrados
- Construir, rehabilitar o modernizar las mismas estructuras de control o medición
- Sistemas de riego de baja y alta presión
- Sistemas de riego a la demanda

Es por ello importante que planifiquen las acciones a solicitar, tratando de beneficiar al mayor número posible de productores en proyectos nuevos que puedan disminuir las demandas de agua.



**Figura 8. Origen de los programas de apoyo, de diversas instituciones**

### 5. 3. Climatología

#### 5. 3. 1. Clima

El Estado de Coahuila está situado, en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada como Desierto de Chihuahua, o Desierto del Norte de México. Se caracteriza por poseer climas continentales, secos y muy secos, que van desde los semicálidos, predominantes en los bolsones coahuilenses, hasta los templados de las partes más altas y las más septentrionales (INEGI, 2004).

Los climas muy secos se encuentran sobre las extensas llanuras del poniente de Coahuila y en el centro de la entidad se presentan climas muy secos semicálidos,

con lluvias en verano que coinciden con las temperaturas más altas e inviernos frescos. La influencia de estos climas abarca grandes áreas del estado, en el Bolsón de Mapimí, las lagunas de Mayrán y Viesca, la Comarca Lagunera, y además en el norte de la entidad, y su parte central, como en el gran llano de Ocampo, y los de San Marcos, Cuatrociénegas, El Sobaco y El Hundido.

Las escasas precipitaciones pluviales, que promedian anualmente entre unos 100 a 400 mm y se presentan en su gran mayoría en el verano, en forma de unos cuantos aguaceros y es relativamente común la condición de canícula o sequía interestival, que se presenta, entre otras zonas, en Ocampo y Mayrán.

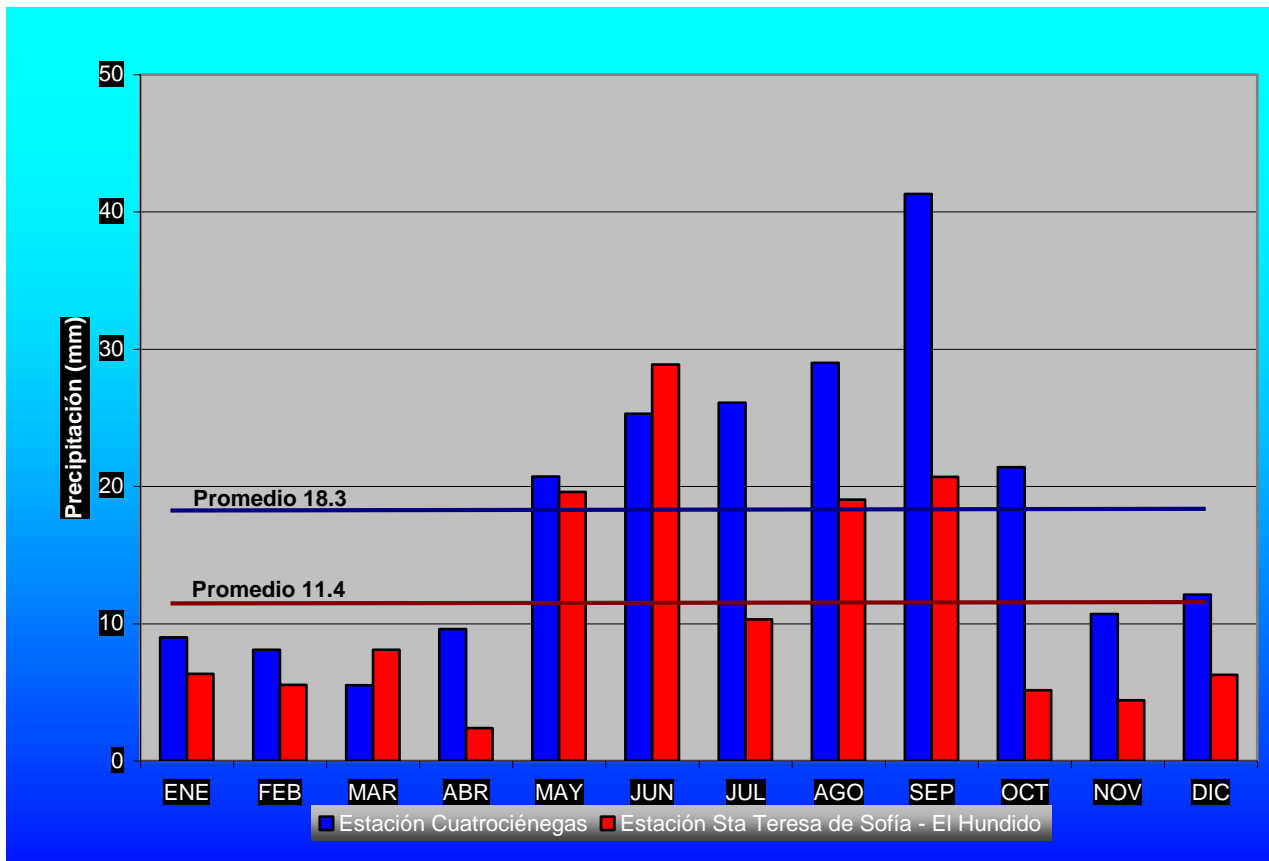
La estación Cuatrociénegas se utilizó para el análisis de la precipitación, evaporación y temperatura, el periodo de análisis comprende desde 1942 hasta 2003, los datos se extrajeron de la base electrónica de datos Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC II, 1999). También se recabo la información de precipitación de los años de 1999 a 2003 de las oficinas de la CNA en Coahuila. Además los datos faltantes se complementaron con los promedios mensuales, dejando solamente fuera del análisis los años sin registros. La estación se localiza en el municipio del mismo nombre con las siguientes coordenadas: 102.07° de longitud oeste y 26.98° de latitud norte.

### 5.3.2. Precipitación pluvial

La precipitación promedio anual en la zona de estudio es de 219 y 137 mm para las estaciones Cuatrociénegas y Santa Teresa de Sofía, respectivamente. La primera se ubica dentro del poblado del mismo nombre, mientras que la segunda en el Valle El Hundido. El registro de datos de la estación Santa Teresa de Sofía es de 1991 al 2004 mientras que para la estación Cuatrociénegas el periodo es de 1942 a 2003.

El período de lluvias corresponde a los meses de mayo a octubre y el período de estiaje se presenta de noviembre a abril. El mes más lluvioso es septiembre con 41.3 mm y el menos lluvioso marzo con precipitación de 5.5 mm (figura 9).

La precipitación máxima promedio que se presentó durante el periodo de registro de la estación fue de 421 mm en el año de 1985.

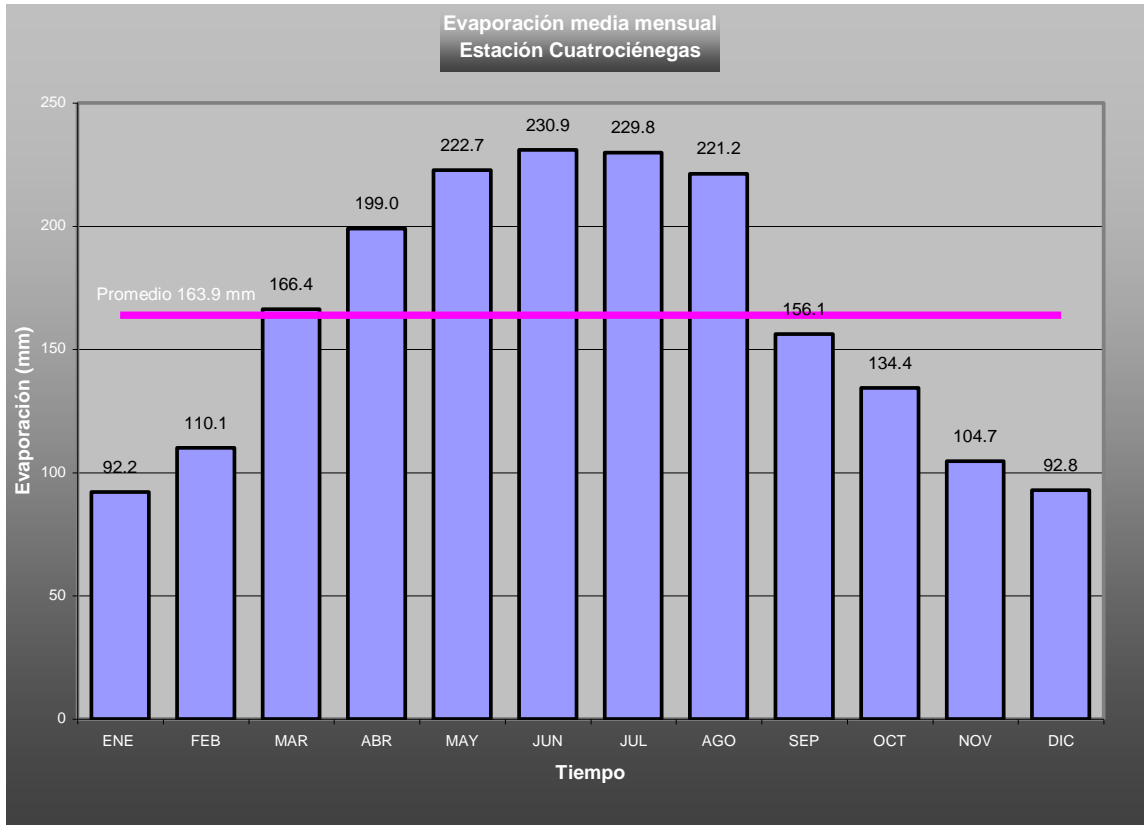


**Figura 9. Precipitación media mensual en la zona de estudio.**

### 5.3.3. Evaporación

El periodo con registros para el análisis de la evaporación media mensual es de 1964 a 1988 presentando máximos de mayo a agosto con valores mayores a los 200 mm, en enero y diciembre se presentan los valores mínimos inferiores a los 100 mm. La evaporación media anual es de 1 960 mm (tabla 2.13). El mes que presenta la mayor evaporación es junio con un valor de 231 mm y enero es el mes con menor evaporación con valor de 92 mm (figura 2.3). La evaporación máxima anual registrada en el periodo fue de 2 222 mm en el año de 1974.

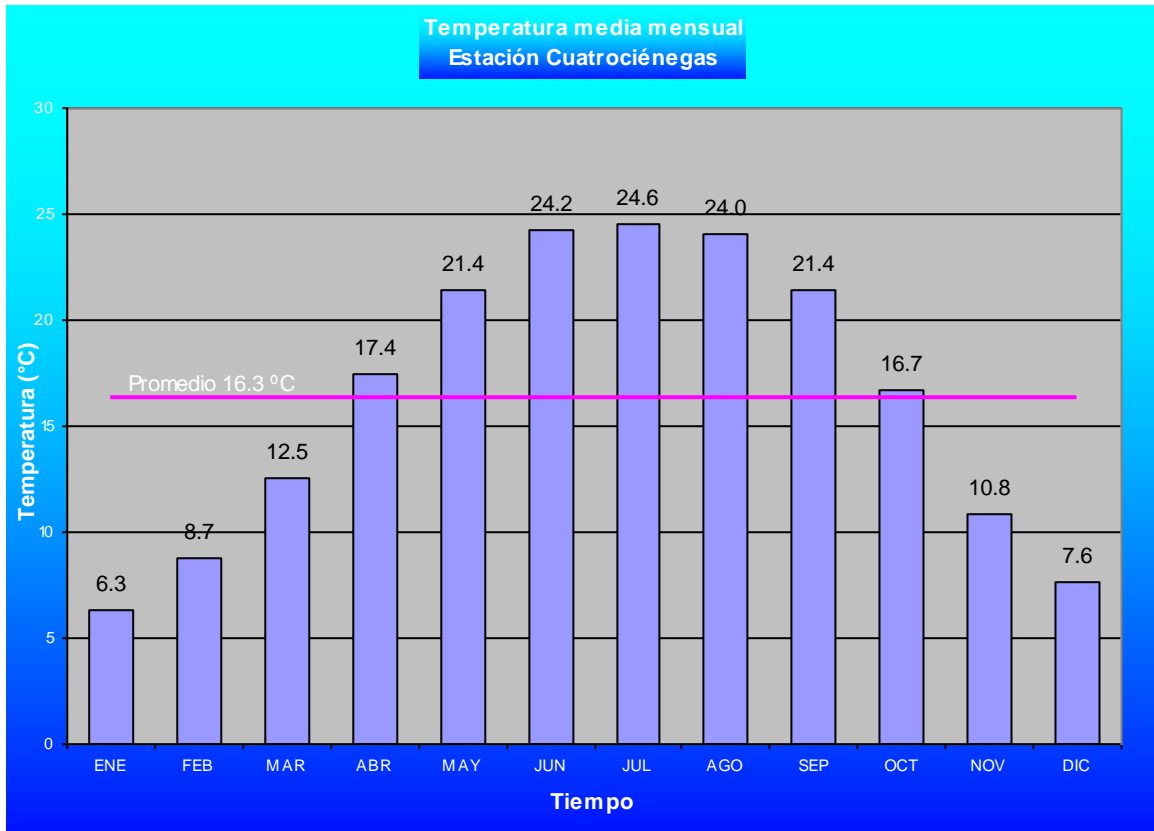




**Figura 10. Evaporación media mensual (estación Cuatrociénegas).**

#### 5. 3. 4. Temperatura

La temperatura media anual observada en el periodo de 1942 a 1998 es de 16.3°C (tabla 2.14). El período más caluroso se presenta de mayo a septiembre con temperaturas por arriba de los 21°C. El período menos caluroso se presenta de enero a diciembre con temperaturas inferiores a los 8°C (figura 2.4). Puntualmente junio y julio son los meses más caluroso donde se han alcanzado temperaturas superiores a 28 °C y el mes más frío es enero con 2.9 °C.



**Figura 11. Temperatura media mensual (estación Cuatrociénegas).**

#### 5. 4. Disponibilidad de los recursos hidráulicos y su distribución territorial

##### 5. 4. 1. Aguas subterráneas

La unidad hidrogeológica denominada Cuatrociénegas se constituye por dos acuíferos, el superior del tipo libre, constituido por materiales granulares y otro inferior de tipo semiconfinado constituido de calizas.

En el acuífero de Cuatrociénegas, el flujo subterráneo presenta una dirección concéntrica, de los flancos de la sierras hacia el centro del valle.

En esta unidad hidrogeologica es posible distinguir dos medios principales:

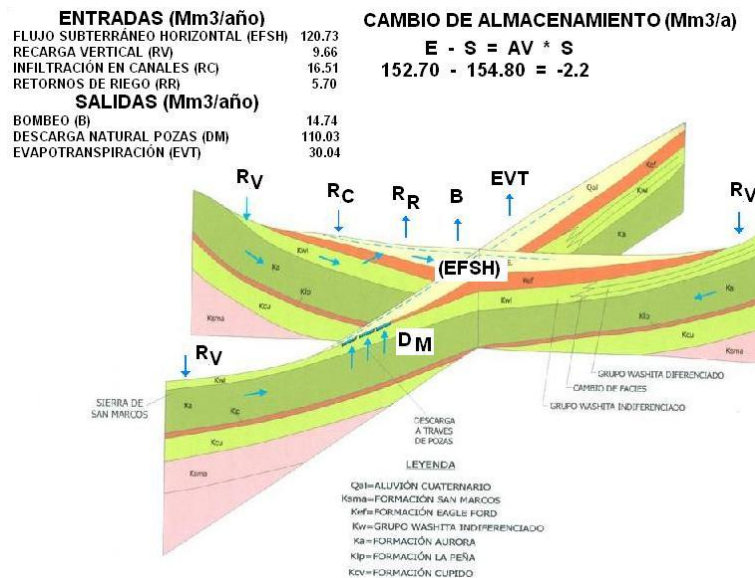
- Medio poroso con permeabilidad primaria y secundaria e inter-granular.
- Medio fracturado con permeabilidad secundaria.

El medio poroso involucra los materiales granulares no consolidados del Terciario y Cuaternario. La velocidad de movimiento del agua en este medio es baja, del orden de metros por año, bajo gradientes hidráulicos normales. La mayoría de los pozos perforados en el Valle están emplazados en esta unidad, que proporciona caudales entre 1 y 64 lps.

En esta zona, la recarga del acuífero proviene de la precipitación pluvial que se realiza sobre las sierras y lomeríos, la cual se infiltra a través del fracturamiento de las rocas, y alimenta por flujo subterráneo al acuífero. Se efectúa también por los escurrimientos intermitentes de arroyos formados en las partes altas y que al llegar al contacto con los materiales granulares, parte de esta agua se infiltra.

Otra componente de la recarga es la infiltración de agua que se precipita sobre el mismo valle, alimentando por flujo vertical al acuífero. Así mismo, un volumen importante proviene de los retornos de riego.

La descarga del acuífero Cuatrociénegas, se realiza de manera artificial por bombeo de pozos y norias; y de manera natural por manantiales que se conocen como “pozas”.



**Figura 12. Balance de agua subterránea.**

Los sólidos totales disueltos corresponden a la cantidad total de sales en solución en el agua. En el acuífero de Cuatrociénegas la concentración tiene un rango entre 1500 a 2500 mg/l. De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994, el agua para consumo humano debe contener baja cantidad de sales. Entre los límites máximos establecidos, el de sólidos totales disueltos es de 1000 mg/l y 400 mg/l para los sulfatos. La mayor parte del agua no cumple con los requerimientos para ser utilizada como agua potable.

#### 5. 4. 2. Geología

La zona estudiada se ubica en la porción central del Estado de Coahuila. Corresponde a sierras alargadas con una orientación general noroeste-sureste las cuales se encuentran separadas por extensos bolsones. En toda la zona impera el clima árido. En general, la mitad noreste del área en estudio corresponde a sedimentos calcáreos depositados en el Golfo de Sabinas y los plegamientos dan lugar a sierras de tipo alargado, mientras que la mitad suroeste corresponde a sedimentos depositados sobre la península de Coahuila, donde los plegamientos dan lugar a sierras de forma dómica.

Las rocas mas antiguas que afloran corresponden a las areniscas de la Formación San Marcos sobre las que descansan rocas calcáreas de la Formación La Virgen, Cupido, La Peña, Acatita, Aurora, Kiamichi, Grupo Washita (en una zona indiferenciado y en otra dividido en las formaciones Georgetown, Del Río y Buda). Continúa la columna estratigráfica con las formaciones Eagle Ford y el Grupo Difunta. En la figura 16 se presenta la geología de la zona. A continuación se describe la litología de las formaciones.

#### **Geomorfología**

La zona estudiada se ubica en la provincia Fisiográfica de la Región Montañosa de Coahuila, la cual hacia el suroeste pasa a la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Oriental. Dentro de la zona se encuentran dos rasgos geomorfológicos principales que son: Sierras y bolsones.

Las sierras presentan formas tanto alargadas como dómicas y corresponden a plegamientos de rocas calcáreas cretácicas que se elevan a mas de 2500 msnm y a 1500 metros sobre los valles. Tienen una orientación NW-SE y en algunos sitios como en la Sierra de La Madera que divide a los valles de Ocampo y Cuatrociénegas, el eje de la sierra presenta una orientación este a oeste. Alrededor del valle del Hundido, las sierras presentan forma dómica, mientras que en el resto del área las sierras son alargadas. Dentro de las sierras se encuentran un gran número de cañones con acantilados espectaculares, lo cual, aunado a la poca vegetación permite la clara identificación de las formaciones geológicas.

En la parte central o núcleo de algunas sierras-anticlinales, la erosión ha desarrollado valles internos conocidos como “potreros”, siendo el mas típico de ellos el potrero de la sierra de San Marcos, también conocido como valle del Jabalí. Al noroeste de Cuatrociénegas se encuentra otro potrero llamado potrero de la Virgen.

El valle de Ocampo se encuentra limitado al Oeste y sur por la Sierra de la Madera y al oriente por la Sierra de Menchaca. El valle de Cuatrociénegas esta limitado al suroeste por la Sierra de La Fragua, al noroeste por la Sierra de La Madera, al norte y noreste por la sierra de Menchaca, al oriente por las sierras chiquita y Purísima y en la parte central y sur, por la sierra de San Marcos.

Por lo que respecta a las partes bajas o valles clasificados geohidrológicamente como “bolsones”, estos se encuentran entre 1000 y 1200 msnm. Están limitados por sierras escarpadas y frecuentemente presentan abanicos aluviales entre la sierra y el bolsón. Hacia el centro de los bolsones, se encuentran lagunas intermitentes y sedimentos evaporíticos.

## **Estratigrafía**

Dentro de la zona en estudio afloran las Formaciones San Marcos, La Virgen, Cupido, La Peña, Aurora, Acatita, Kiamichi, Grupo Washita Indiferenciado, Georgetown, Del Río, Buda y Eagle Ford, todas ellas representantes del Cretácico. Hacia los valles o bolsones, se encuentran sedimentos aluviales del Cuaternario y esporádicas lavas basálticas también del Cuaternario.

A la fecha existen una serie de trabajos geológicos realizados en la zona de estudio, entre ellos destacan los de INEGI, PEMEX y Consejo de Recursos Minerales. El INEGI publicó cartas escala 1:50,000 que presentan la litología de manera general, la geología estructural es limitada y ha sido corregida y reinterpretada en trabajos posteriores. PEMEX elaboró dos proyectos geológicos en 1970, uno denominado Área Villa Ocampo, hoja Atlas 45-12 el segundo denominado Prospecto Lamadrid, hoja Atlas 47-12. Recientemente, el Consejo de Recursos Minerales publicó una carta geológica-minera. Este trabajo se considera el más completo, incluye la geología de detalle de PEMEX, así también incluye información referente a los posibles minerales asociados a las unidades geológicas.

La estratigrafía de la zona de estudio fue adaptada del plano geológico-minero del CRM, del informe geológico del área Villa Ocampo, Coahuila, elaborado por la Superintendencia General de Exploración de Petróleos Mexicanos (NE-M-1174) y por los diferentes artículos sobre la geología de la zona.

## **Formación San Marcos**

La Formación San Marcos fue propuesta por William G. Kane y citada por Imlay (1940, pág. 121) (Humphrey 1956, pág. 171). La localidad tipo fue dada en el Cañón de San Marcos de la sierra del mismo nombre a 30 - 40 km al suroeste de Cuatrociénegas, Coahuila. En la localidad, esta formación descansa sobre sedimentos arenosos marinos del Jurásico Superior y subyace a las calizas y dolomitas de la Formación Cupido. Aflora dentro de los potreros de San Marcos (Valle El Jabalí) y en el Potrero de La Virgen.

La Formación San Marcos esta constituida esencialmente por sedimentos clásticos de ambiente mixto en el que predominan los conglomerados y areniscas conglomeráticas de color rojizo en su porción basal; areniscas cuarcificadas de grano grueso a medio en su sección media y; dolomitas arenosas y areniscas de estratificación media con Intercalaciones delgadas de lutitas de color gris y gris verdoso en su porción superior. En el cañón de La Mina (flanco sur del Anticlinal de

La Madera), tiene 237 metros de espesor. No se reportan fósiles que determinen su edad, pero por su posición estratigráfica representan una Edad Neocomiano.

### **Formación La Virgen**

El término Formación La Virgen fue introducido por W. E. Humphrey (1956, pág. 236) Para designar a los yesos, anhidritas y calizas del Cretácico Inferior que afloran en la porción Central de Coahuila. Está limitada en su parte superior por la Formación Cupido y en la inferior por la Formación La Mula. Su localidad tipo fue asignada en el Potrero de La Virgen, a aproximadamente 10 km al noreste de Cuatrociénegas, Coahuila.

Esta constituida por potentes espesores de yesos que alternan con calizas oolíticas y escasas dolomitas en estratos delgados a medios. Dentro de los cuerpos yesíferos existen delgadas capas de limonitas de color gris claro.

Tiene un espesor de 304 m en la porción sur del Potrero de La Mula, Coah. Por su posición estratégica se le asigna al Hauteriviano.

### **Formación Cupido**

Término definido por Imlay (1937, pág. 606) en Humphrey (1956, pág. 191) para una unidad de calizas de color gris y estratificación gruesa, delgada y media, que se presenta en la porción media de la Sierra de Parra encajonada por las Formaciones La Peña (arriba) y Taraises (abajo).

En la zona de estudio la Formación Cupido (anexo 1) aflora en los potreros de La Virgen y San Marcos, así como en la parte alta de la Sierra de San Marcos. El contacto superior con la Formación La Peña es brusco y concordante. El contacto inferior varía de concordante a transicional. Por Hauteriviano. Presenta numerosos miliolidos.

### **Formación La Peña**

El nombre de Formación La Peña, fue inicialmente definido por R. W. Imlay (1936, pág. 1119) en (Humphrey 1956, pág. 263) para distinguir dos cuerpos con dos miembros. El miembro inferior compuesto por calizas y el superior por calizas y lutitas. Su localidad tipo se encuentra en el flanco norte de la Sierra de Taraises, aproximadamente a 4.8 km. al este sureste de la Hacienda La Peña, en el extremo sur del Estado de Coahuila.

En el área trabajada aflora en las Sierras de San Marcos y La Virgen. Morfológicamente se expresa en una ligera depresión entre las potentes calizas de la Formación Cupido y Aurora. Esta constituida por calizas delgadas impuras y margas rosas con intervalos de lutitas entre los planos de estratificación. Tiene 42 m de espesor en la Sierra de La Madera. Sus contactos inferior con la Formación Cupido y superior con la Formación Aurora son bruscos y concordantes.

Se le considera como horizonte índice paleontológico. Conserva el mismo nombre en todas las localidades dentro de la Sierra Madre Oriental hasta las proximidades de Cd. Victoria, Tamps., donde tiene como equivalente a la Formación Otates. Se asigna al Aptiano Superior (anexo 1).

### **Formación Aurora**

El término Formación Aurora en Humphrey (1956, pág. 305), fue primeramente aplicado por Burrows, para una secuencia dominante de estratos de calizas en el área de Cuchillo Parada al norte de Chihuahua. El nombre fue tomado de la Mina La Aurora en la Sierra de Cuchillo Parado (Sierra de La Aldea) situada alrededor de 4.8 km. al noreste del campamento del mismo nombre. La Formación varía en espesor de 183 a 475 m, espesor que aumenta hacia el este.

La formación Aurora esta ampliamente distribuida en la región estudiada. Constituye la Mayor parte de los "espinazos" de las sierras. Esta formada por capas de gruesas a masivas, Densas, de color gris a gris café al intemperismo y gris claro a oscuro en muestras frescas. Presenta nódulos y bandas de pedernal gris claro y líneas estilolíticas paralelas a los planos de estratificación. Tiene un espesor de 534 m en el flanco sur del extremo oriental del anticlinal de La Madera, en el Cañón de El León.

Esta unidad presenta su contacto con la Formación Kiamichi (arriba) y la Formación La Peña (abajo) brusco y concordante. Por estudios micropaleontológicos y posición estratigráfica se le asigna edad Albiano Inferior y Medio (anexo 1).

### **Formación Kiamichi**

La localización tipo esta en la planicie del Río Kiamichi cerca de Fort Towson al oriente del Condado de Choctaw, Oklahoma.

Dentro del área de trabajo aflora en las Sierras La Virgen, La Madera y Purísima. Al igual que la Formación La Peña, manifiesta una ligera depresión (valle de rumbo) entre las potentes calizas que la encajonan. Consiste de una alternancia de calizas impuras con margas y lutitas de color crema, rosas y amarillentas al intemperismo. Es común encontrar fósiles (amonitas) determinadas como *oxytropicoceras*. Manifiesta una disminución en su espesor y en sus características litológicas conforme se avanza al poniente, hacia el área de La Madera hasta acuñarse en esa disección contra la Formación Aurora, la cual tuvo mayor desarrollo hacia esta zona, es decir, el crecimiento de la Aurora pudo llegar hasta la edad de la formación Kiamichi (anexo 1). El contacto de la Formación Kiamichi con el sobreyacente "Washita Indiferenciado o sus equivalentes, es concordante y se define donde se inician las calizas de estratificación delgada a media. Se le asigna una edad Albiano Medio y Superior.

### **Grupo Washita Indiferenciado**

Este fue un término empleado por Humphrey (1956, pág. 386) para designar a rocas del Albiano Superior, especialmente en secciones dentro de las Provincias Paleogeográficas del Golfo de Sabinas y la Península de Tamaulipas. Consiste principalmente de una alternancia de clásicos finos y rocas carbonatadas impuras, facies que fue perfectamente desarrollada sobre las áreas del antiguo Golfo de Sabinas y a lo largo de sus márgenes. Al sur y suroeste pausa a calizas extralitorales y con abundante pedernal.

El grupo Washita Indiferenciado aflora en las Sierras de San Marcos, La Madera, La Fragua y Alamitos. Hacia el oriente de la Sierra de San Marcos, cambia de facies y se definen perfectamente las tres formaciones de este grupo, integradas por las unidades Georgetown, Del Río y Buda.

La facies depositada sobre el borde del Golfo de Sabinas marcada como Grupo Washita indiferenciado, consiste de calizas de estratificación media a gruesa, de alta energía, con algunas concentraciones de rudistas e intervalos de lutitas y margas grises. Su espesor estimado es de 116 metros

Su contacto inferior con la Formación Kiamichi es brusco y concordante: El Superior no fue observado. Presenta microfósiles que la sitúan en el Albiano Superior y Cenomaniano inferior (anexo 1).

### **Formación Georgetown**

La Formación Georgetown (Humphrey 1956, pág. 400) es una unidad de calizas equivalentes a la parte inferior del Grupo Washita en el norte de Texas. Presenta amplios y claros afloramientos en el norte del Estado de Coahuila.

Esta Formación aflora en las Sierras de Menchaca y Purísima y esta ausente donde el Grupo Washita es Indiferenciado, esto es, en el oeste del área trabajada. Es una unidad caracterizada por calizas delgadas y medias, con abundantes lentes de pedernal de color gris y negro. Sus contactos Inferior y Superior con las Formaciones Kiamichi y Del Río respectivamente, son concordantes y transicionales. Su edad es Albiano Superior - Cenomaniano Inferior.

### **Formación Del Río**

Formación Del Río (Hill y Vaughan 1898, pág. 236) en (Humphrey 1956) es la extensión en el suroeste de Texas, Transpecos Texas y norte de México de la Formación Grayson, (Gracig, 1894, pág. 40, 43) de la porción norte central de Texas.

En la zona de trabajo, aflora en las Sierras de Menchaca y Purísima. Consiste de una alternancia casi constante de calizas arcillosas delgadas y laminares, predominando las lutitas hacia la base. Su espesor varía de 15 a 31 m. Los contactos que la limitan, Georgetown abajo y Buda arriba, son transicionales y concordantes. Se le asigna edad Cenomaniano Inferior.



## **Formación Buda**

Término primeramente usado por Vaughan (1900, pág. 18) para reemplazar el término Shola Creek (Hill 1889, 1899, pág. 803), que previamente había sido llamado caliza Burnt y caliza Vola (Adkins 1933, pág. 396 - 400) (Humphrey 1956, pág. 413). La Formación Buda en la localidad tipo, tiene un espesor máximo de 23 m y consiste de lechos medianos de calizas compactas impuras, nodulares, de color amarillento.

Esta formación tiene íntima relación con las formaciones Del Río y Georgetown. Al igual que ellas afloran en las sierras de Menchaca y Purísima. Esta constituida por calizas que varían de delgada a medias, con escasas alternancias de lutitas.

El color al fresco es gris al fresco gris claro y al intemperismo es gris y ocasionalmente amarillento. Su espesor es de 77 m. Aunque por lo general no se expone su cima. Su contacto inferior con la Formación Del Río es concordante y transicional, el Superior con la Formación Eagle Ford es brusco y probablemente discordante.

## **Formación Eagle Ford**

Según Sellard (1932, pág. 422) la primera mención de los equivalentes Eagle Ford en la literatura geológica, Texas fue dada por Ferdinand Roemer, quien en 1852 la incluyó en sus formaciones de la región de New Braunfels a las lutitas negras Eagle Ford con restos de peces. Hill en 1887, coloca dichos estratos en la base de las series del Golfo, encima de las arenas Wodbine y fue el primero que aplicó el nombre de lutitas Eagle Ford. La localidad tipo está en Eagle Ford, Condado de Dallas, alrededor de 9 km al Oeste de Dallas, Texas, donde la porción más superior esta expuesta.

En la zona de trabajo se encuentran pequeños afloramientos al este de la Sierra de San Marcos. Esta formación esta constituida por calizas altamente arcillosas, con estratificación laminar y abundantes pelecipodos. Alternan con lutitas de color gris, en ocasiones carbonosas. Se le estima un espesor de 300 m. presenta su contacto inferior con la formación Buda, nítido y probablemente discordante; su contacto superior con la Formación Austin es claramente transicional y concordante.

## **Grupo Difunta**

El nombre de Formación Difunta fue aplicado por primera vez en (1936, pág. 1133) por Ralph W. Imlay para una sección ubicada al norte del extremo poniente de la Sierra de Parras. Este nombre fue tomado del Cerro Difunta.

En el área de trabajo aflora en una pequeña porción al sur de la Sierra de La Madera. Litológicamente esta unidad se compone de capas medianas de areniscas de color gris, de grano fino, calcáreas, con alternancia de lutitas y limolitas, predominando estas últimas, las primeras son gris y, las segundas rojizas y café. Por

su posición estratigráfica probablemente sólo representa una parte del grupo. Tiene una edad Maestrichtiano.

### **Conglomerado Terciario**

Corresponde a los materiales clásticos de pie de monte que se encuentran principalmente en las estribaciones de algunas sierras, que son marcados en los planos de PEMEX como de edad Terciaria y son diferenciados de los materiales aluviales que constituyen la mayor parte de los bolsones.

### **Rocas ígneas extrusivas**

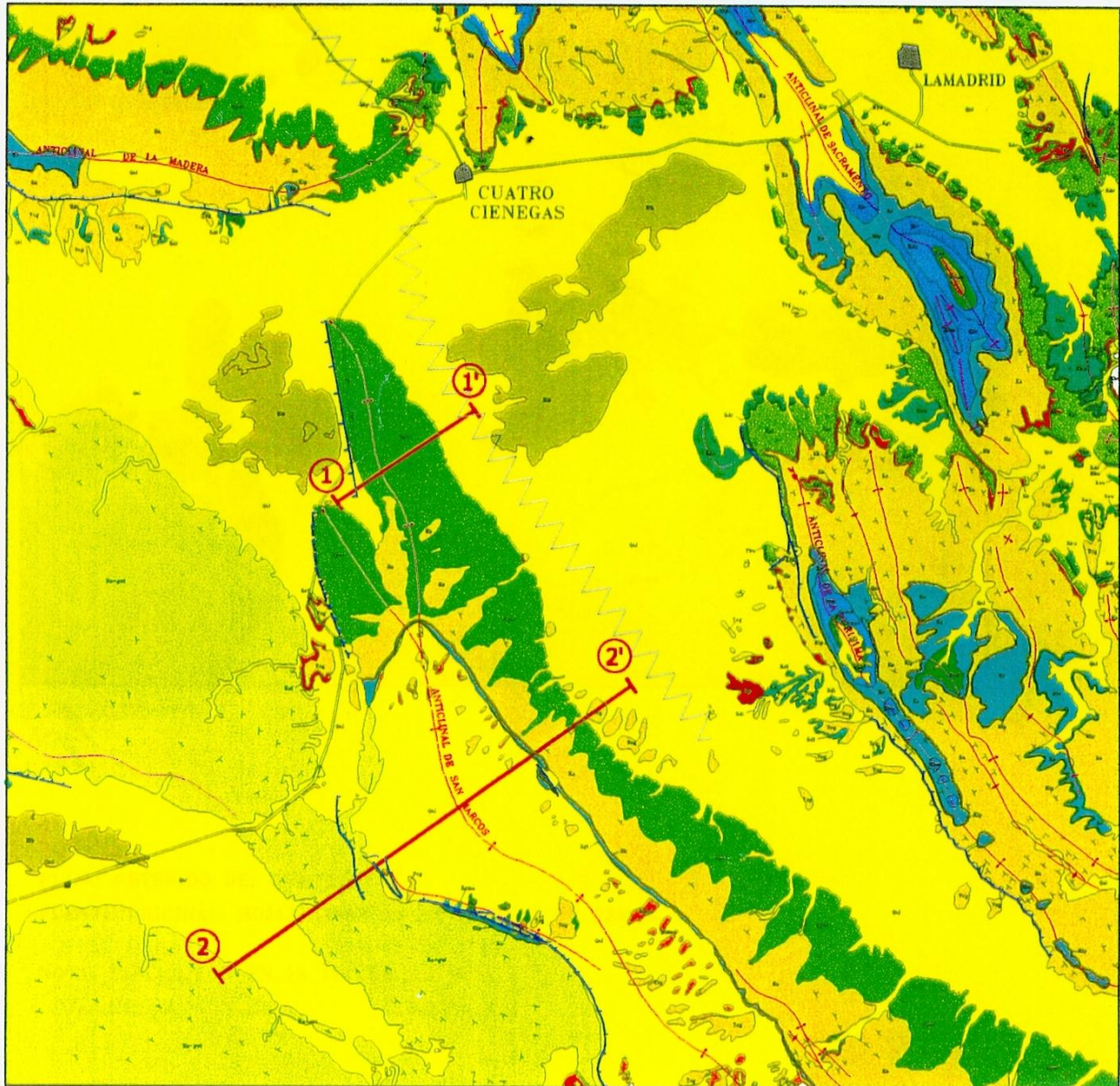
Dentro de la zona de estudio existen algunos afloramientos de rocas ígneas extrusivas constituidas por derrames de basaltos, los cuales se encuentran tanto en la porción central del Valle de Ocampo como en el extremo noroeste del mismo, inmediatamente al oeste del poblado de Ocampo. Están constituidos por derrames lávicos de basalto de color negro y rojizo, los cuales han sido asignados al Terciario.

### **Rocas ígneas extrusivas**

Hacia el extremo suroeste del Valle de Cuatrociénegas, se encuentran reducidos afloramientos de un cuerpo intrusivo, de textura granítica y composición ácida.

### **Material Aluvial**

Rellenando los extensos bolsones que constituyen los valles de El Hundido, Cuatrociénegas y Ocampo se encuentran materiales granulares producto de la erosión y transporte de las sierras hacia los flancos de los bolsones los clásticos son de mayor tamaño gravas, arenas y limos y se hacen mas finos (arcillas) hacia el centro de los valles, donde se interdigitan con sedimentos evaporíticos lacustres de lagunas intermitentes, características de los bolsones de la zona áridas del norte de México.



PLANO OBTENIDO DE: CNA, 2001  
FUENTE ORIGINAL: HOJAS ATLAS 45-12 Y 47-12 DE PEMEX.

Figura 13. Plano geológico



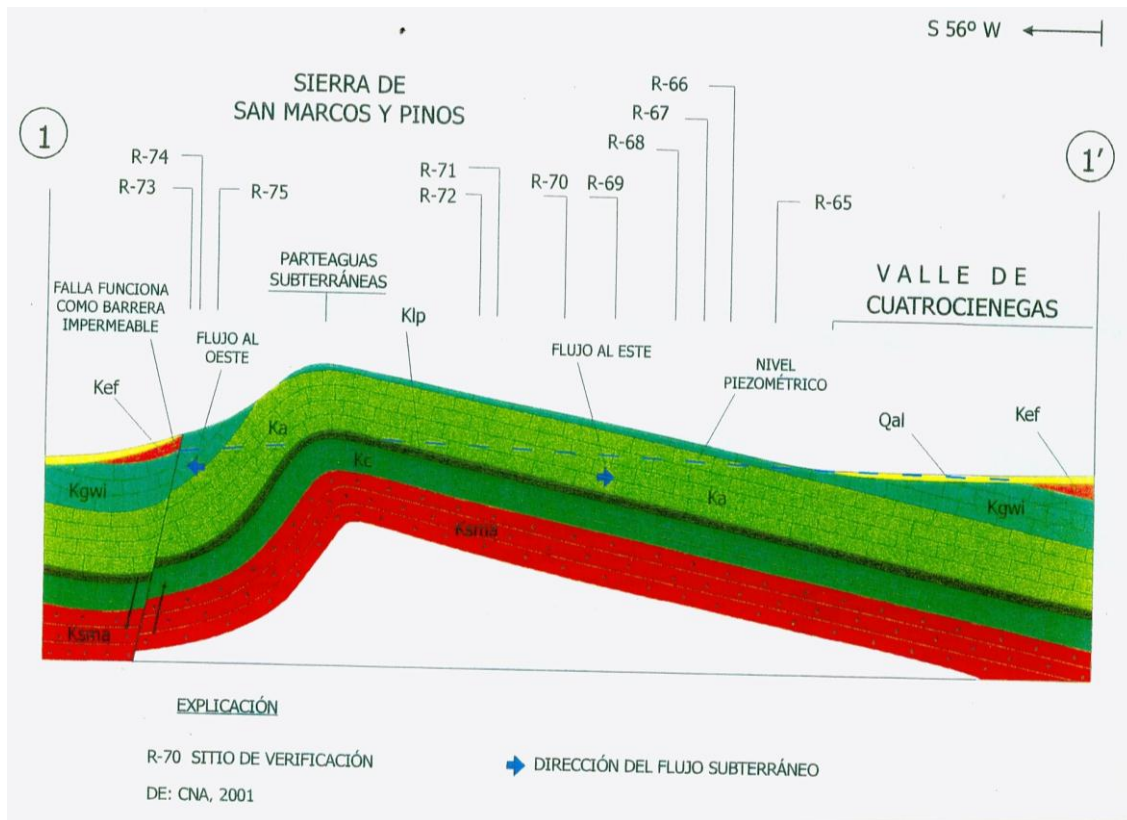
**Figura 14. Simbología del plano geológico**

### 5. 4. 3. Geología del subsuelo

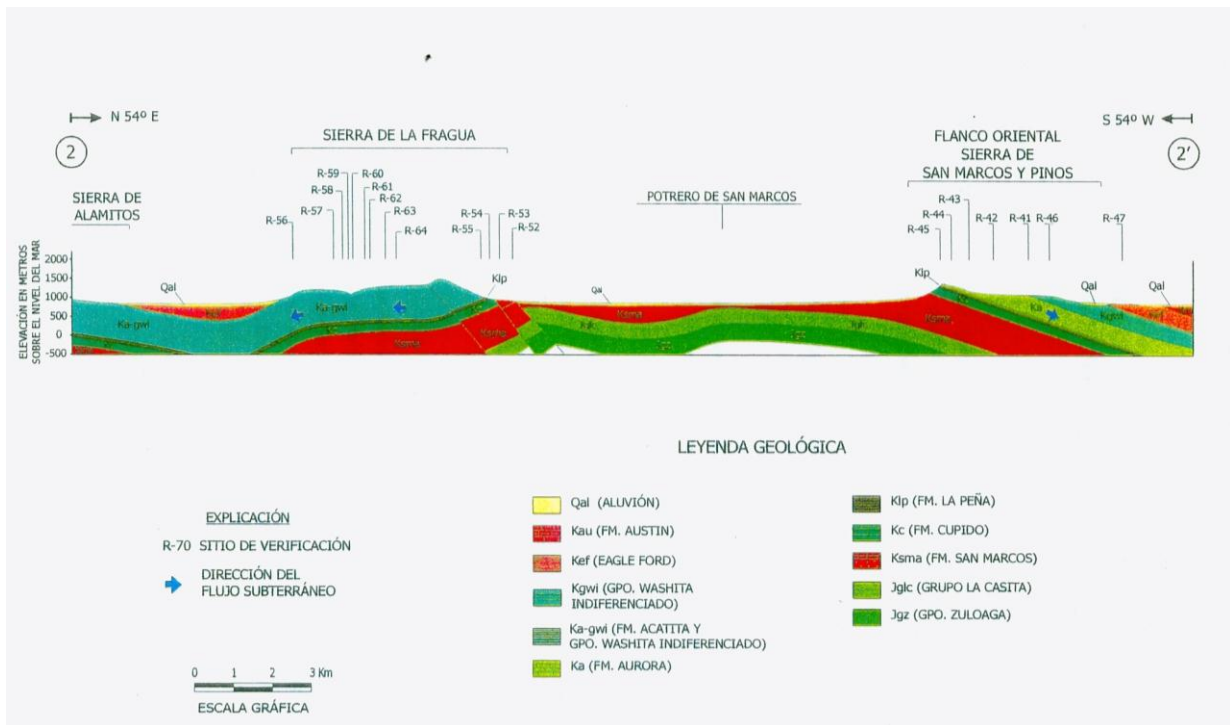
Con el propósito de mostrar la distribución de las formaciones geológicas del subsuelo (Lesser, 2003) recopiló del trabajo de la CNA (2001), dos secciones geológicas, la primera sobre la Sierra de San Marcos y la segunda que corta a la Sierra de La Fragua y el potrero de San Marcos.

La sección 1-1' (Figura 2.7) tiene una orientación suroeste-noreste y cruza la Sierra de San Marcos. Muestra las rocas del Grupo Washita, en ella se observa la existencia de una falla normal sobre el flanco oeste de la Sierra de San Marcos.

La sección 2-2' (Figura 2.8), se trazó desde el Valle del Hundido hasta el extremo sur del Valle de Cuatrociénegas, pasando por el Potrero de San Marcos, conocido también como Valle El Jabalí. Muestra la estructura y distribución de las rocas en el subsuelo, lo que permite apoyar el conocimiento sobre el funcionamiento geohidrológico.



**Figura 15. Sección geológica 1-1'**



**Figura 16. Sección geológica 2-2'**

#### 5. 4. 4. Funcionamiento del sistema acuífero.

Un modelo conceptual se puede definir como una representación gráfica de los sistemas de flujo subterráneo dentro de la zona de estudio analizada, construida con la finalidad de simplificar y organizar la información hidrogeológica recopilada y generada (Anderson y Woessner, 1992). Debido a que una incorporación íntegra de la totalidad de la complejidad del sistema analizado no es posible, en su desarrollo se deben de incluir simplificaciones válidas de las condiciones hidrogeológicas detectadas en el área de estudio, condición que es de fundamental interés en la modelación numérica. Lo anterior es de vital importancia porque es bien conocido que muchos de los errores asociados con la modelación numérica de sistemas de flujo subterráneo, a menudo se relacionan con deficiencias o limitaciones en el modelo conceptual.

Con la intención de lograr que el modelo conceptual fuera consistente en la totalidad de los aspectos investigados, durante el desarrollo del modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico del acuífero de Cuatrociénegas, se integró la información geológica, hidrogeológica, geofísica e hidrogeoquímica disponible, dentro del marco de referencia que proponen los sistemas de flujo de agua subterránea.

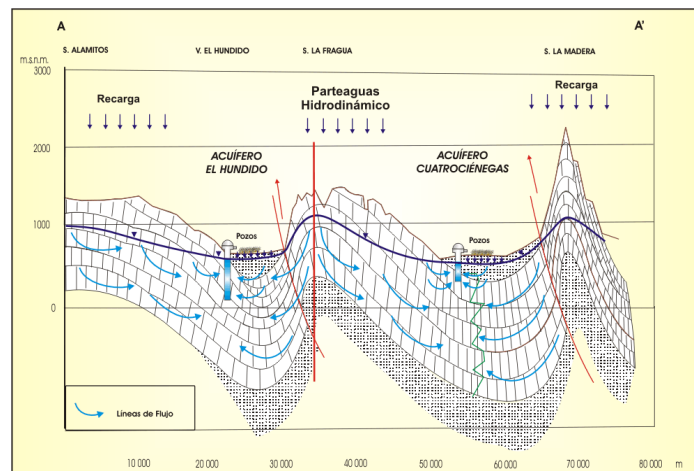
### Modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico

La geometría del sistema acuífero se definió en base a la interpretación geológica, geofísica e hidrogeológica principalmente. La interpretación hidrogeológica, representado mediante las secciones geológicas permitió definir las zonas con material de menor permeabilidad (basamento hidrogeológico). La profundidad del basamento hidrogeológico varía de los -300 a los 500 msnm.

Una característica importante es la menor elevación (500 msnm) que se encuentra en la porción SW de la Sierra La Fragua, la cual favorece la formación de un parteaguas hidrodinámico entre los acuíferos.

Por otro lado, los sondeos geofísicos permitieron definir las zonas saturadas con agua en la partes centrales de ambos valles.

Finalmente se propuso el modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico de ambos valles. Las zonas de recarga están representadas por las sierras que circundan a ambos valles; La Fragua para la zona de Cuatrociénegas., se identificaron dos acuíferos que funcionan como libres, el primer de carácter granular alojado en los sedimentos producto de la erosión de las sierras circundantes con espesores del orden de los 130 m en sus porción central; y el más profundo alojado en el material calcáreo de la Formación Aurora/Treviño con espesores de hasta 300 m.



**Figura 17. Modelo conceptual.**

### Sistemas de flujo regional

Los sistemas de flujo regionales son los más importantes para ambos valles. Los sistemas de flujo regionales proporcionan la principal recarga a los acuíferos, lo cual fue confirmado por los tiempos de residencia (> 1000 años) de las aguas subterráneas de ambos valles. La recarga principal se da en las partes más altas que circundan a los valles, producto del agua de precipitación y su posterior infiltración en el medio fracturado y karstificado. Posteriormente, esta agua, en

promedio, se mueve muy lentamente para recorrer varias decenas de kilómetros a través de las calizas y llegar hasta las zonas de descarga en las porciones centrales de ambos valles. Los mecanismos de descarga se llevan a cabo mediante procesos de evapotranspiración en ambos valles; mientras que sólo en el valle de Cuatrociénegas se tienen de manera adicional los manantiales (pozas) como zonas de descarga del agua subterránea.

### **Sistemas de flujo intermedio**

Los sistemas de flujo intermedio corresponden a aguas de infiltración en las partes relativamente cercanas a los valles, las cuales tienen tiempos de residencia de varias decenas a centenas de años. Dados los resultados isotópicos, estos sistemas de flujo no son los más importantes en la recarga de los acuíferos, no obstante si contribuyen a los volúmenes que se presentan en la descarga de los sistemas.

#### **Sistemas de flujo local**

El sistema de flujo local esta representado por las zonas de riego intensivo tanto en Cuatrociénegas-Ocampo como en Cuatrociénegas donde los excesos de riego permiten la infiltración del agua al acuífero, evidenciado por la presencia de nitratos y tritio. También se identifico la recarga local por infiltración en los canales de distribución del agua de las pozas en la zona de Cuatrociénegas.

#### **5. 4. 5. Caracterización de los aprovechamientos e hidrometría**

Cabe señalar que el IMTA en el 2004 realizó un censo de aprovechamientos, el cual ha servido como base para realizar la presente actualización. Es importante señalar que en el censo preliminar realizado en 2004, se contabilizaron 71 aprovechamientos y 299 pozas.

### **Censo de aprovechamientos**

El censo de aprovechamientos se realizó en 2008, a través de una brigada que registró los aprovechamientos en el Valle de Cuatrociénegas, apoyándose con cartas topográficas y geológicas escala 1:50000 del INEGI.

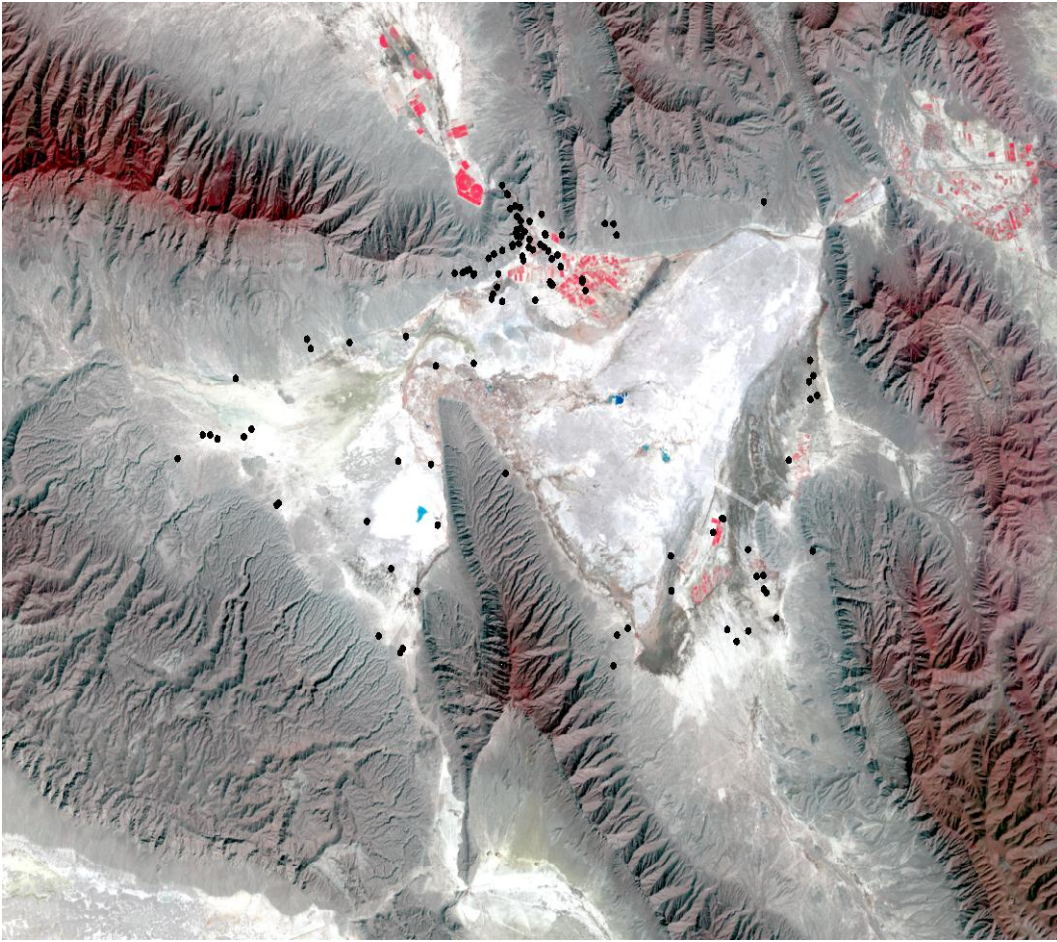
Durante el censo se utilizó un formato de registro, en donde se registraron las características más importantes como: localización del aprovechamiento, datos del aprovechamiento, características del equipamiento, características constructivas y hidrometría.



Los resultados de la actualización del censo en el valle de Cuatrociénegas muestran que se registraron 109 aprovechamientos y 303 pozas. Se detectaron 55 pozos operando, 40 pozos sin equipo, fuera de servicio o operación, así como 14 pozos para monitoreo y calidad del agua, 11 habilitados por el IMTA y 3 por el municipio en la vecindad del basurero. En la tabla 2.16 se muestran los resultados de la actualización del censo y la relación de los formatos de los pozos censados, así como el álbum fotográfico de estos aprovechamientos se puede observar en los Anexos 10 y 20, respectivamente. La distribución de los aprovechamientos censados se puede observar en la figura 18.

**Tabla 9. Resumen del censo de aprovechamientos del acuífero Cuatrociénegas-Ocampo.**

Condiciones de operación	IMTA (2008)
<b>Activos</b>	<b>55</b>
<b>Inactivos</b>	<b>40</b>
<b>Monitoreo</b>	<b>14</b>
<b>Pozas</b>	<b>303</b>
Total	412

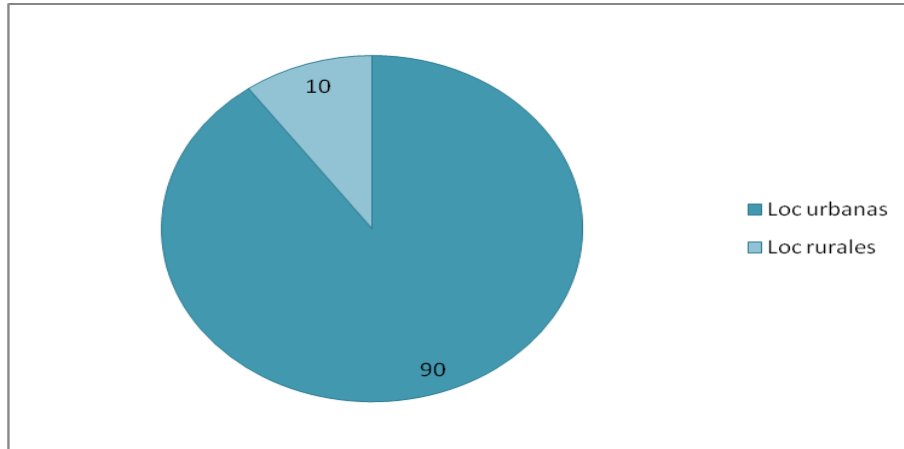


**Figura 18. Distribución de los aprovechamientos.**

El poblado de Cuatrociénegas, tiene una cobertura de agua potable de 100%, mientras que las localidades rurales probablemente presentan una cobertura reducida.

El volumen total anual demandado para el uso y consumo humano es de **1.11 Hm<sup>3</sup>**; de los cuales el 20% se extraen en localidades rurales (menores de 50 habitantes); el 80% se extrae en Cuatrociénegas (única población con el 90% de habitantes).

La demanda actual de agua para el uso y consumo humano representa menos del 1% de la recarga total del acuífero.



**Figura 19. Porcentajes de extracción anual para uso y consumo humano por tipo de localidad**

En el uso público urbano, las pérdidas en las redes de distribución o canales de conducción no se tienen evaluadas, estimando sean equivalentes a un caudal de 10 l.p.s. que al año suma 0.30 Hm<sup>3</sup>, los cuales representan el 0.5 % de la recarga del acuífero.

Resumiendo, prácticamente la totalidad de la demanda para el uso agrícola se satisface con agua subterránea (pozos y la poza La becerra), es decir, la mayor parte de la sociedad asentada vecina de Cuatrociénegas, Monclova y otros lugares que tienen ranchos, dependen del acuífero.

Las coberturas de servicio de agua potable son altas en términos del promedio nacional; las dotaciones son elevadas (Tabla 10) debido, en parte, a las pérdidas físicas en redes de agua potable, debido a los malos hábitos de consumo.

**Tabla 10. Composición de la demanda de agua potable (uso público urbano)**

Tipo de localidad	Población 2005	Cobertura (%)	Dotación l/hab/día	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Cuatrociénegas	12,220	100	250	1.11

Uso	REPDA 2008 (Hm <sup>3</sup> )	Censo (2008) (Hm <sup>3</sup> )	Análisis de Demandas (Hm <sup>3</sup> )	Porcentaje (%)
Agrícola	1.71	36.93	61.03	82.83
Público-Urbano	-	2.29	1.10	15.54
Pecuario	0.009	0.08	0.22	0.55
Otros <sup>1</sup>	0.22	0.16	0.20	1.08
<b>Total</b>	<b>1.94</b>	<b>39.46</b>	<b>62.55</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: IMTA (2008) ; Demanda uso agrícola: bombeo (12.21) + caudal La Becerra a zona de riego Ejido Cuatrociénegas (23.65)

**Figura 20. Extracción por uso de agua**

#### 5. 4. 6. Uso del agua subterránea

En el acuífero Cuatrociénegas, existe un sector consumidor de agua del acuífero: el sector agrícola que representa el 82.83% del volumen total estimado (IMTA, 2008), en orden de importancia le sigue el uso público-urbano con el 15.54%, todos los demás usos (múltiple, doméstico, servicios e industrial) suman el 1.63% restante. Con el análisis de las demandas efectuado, resulta una composición similar con distintos valores.

La sobreexplotación (2.3 Hm<sup>3</sup>), con respecto a la recarga estimada (142.97 Hm<sup>3</sup>) es, de 1.6%. Las actividades agrícolas en el acuífero Cuatrociénegas se realizan mediante la extracción de agua por medio de pozos (zonas de cultivos al norte y oriente) y del agua que brota en el manantial La Becerra (zona de cultivo Ejido Cuatrociénegas).

Existen Pozas como Santa Tecla y distintos manantiales que se conducen en el canal denominado Sacasalada son utilizados para regar cultivos en cuencas vecinas.

La superficie dedicada al cultivo con riego en 1930 era de 1,690 has y en 1960 de 3,363 Has. Para 1994 se consideraban 9,321 Has como tierras agrícolas irrigadas. De 1960 a la fecha, el área irrigada se triplicó, en parte como resultado de la construcción de las obras de irrigación por medio de canales dentro del valle y por otro lado, por la apertura de pozos para riego.

En lo que se refiere a tierras de temporal, la superficie dedicada a este tipo de cultivos se ha duplicado de 1930 a la fecha. El destino actual de la producción agrícola es básicamente para el consumo nacional y para autoconsumo. De los

<sup>1</sup> En otros usos se incluye el uso múltiple, doméstico, servicios e industrial.

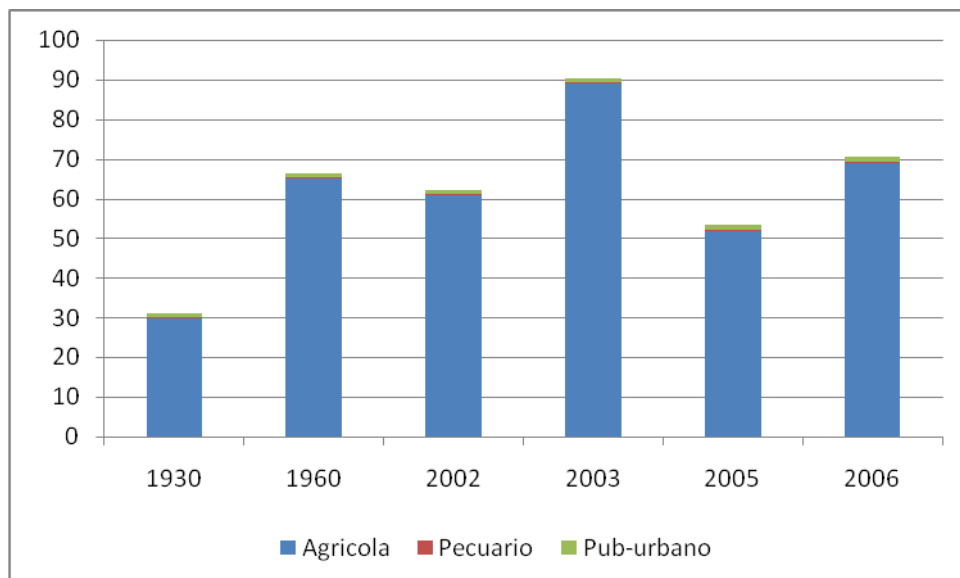
productos agropecuarios del valle su área de influencia inmediata, podemos anotar como importantes en primer lugar a la alfalfa.

Podría afirmarse que no existe un intercambio parcial de cultivos como los granos básicos hacia cultivos forrajeros con mayor demanda y precio en la región.

El agua que brota de diferentes manantiales “pozas”, es canalizada y utilizada en labores agrícolas dentro y fuera de la cuenca. El agua de la poza La Becerra es utilizada para irrigar aproximadamente 500 Ha con un caudal de 750 l/seg. El total de agua drenada por medio de canales artificiales (Santa Tecla y Sacasalada), cuantificada en los puntos de salida del valle, se estima entre 1,730 y 2,620 l/s, sin cuantificar las pérdidas durante el trayecto.

En el grafico de la figura 3.3, observamos que no existe una tendencia definida, ya que el volumen extraído es mayor en el ciclo agrícola 2002-03, que en el periodo 2005 y 2006. La demanda promedio es de 61 Hm<sup>3</sup>/año. El valor contrasta con la suma del volumen estimado por extracción de pozos (14.74 Hm<sup>3</sup>/año) y el caudal que llega a la zona de riego del ejido Cuatrociénegas (23.65 Hm<sup>3</sup>/año) y cuya suma es de 38.39 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que es de esperarse que esta tendencia se disminuya en el futuro.

El incremento de costos de bombeo, aún con el subsidio a la tarifa de energía eléctrica, va haciendo incosteables a la mayoría de los cultivos básicos así como algunos cultivos forrajeros, lo que obligará a reducir la superficie en producción en las zonas con mayor carga de bombeo. Se observa que la superficie agrícola que sustenta a los principales cultivos crecerá aproximadamente 1,000 ha (2008-2009), es decir, una tercera parte, ya que la mayoría esta compuesta por forrajes y granos, por lo que sería conveniente implementar programas de orientación hacia el cultivo de hortalizas



### Figura 21. Demanda por uso (Hm<sup>3</sup>).

La problemática del acuífero Cuatrociénegas, lo constituye: 1) La escasez natural de agua; 2) La calidad del agua; 3) La vulnerabilidad ecológica y 4) El manejo del agua, ya que el acuífero Cuatrociénegas, requiere de un manejo cuidadoso que concilie la protección ambiental con el desarrollo de las actividades humanas, dentro de una estrategia de gestión integrada de recursos naturales.

En el uso público-urbano no existe ningún margen de maniobra para reducir las extracciones, dado que el número de habitantes y redes son reducidos.

En cambio en el uso agrícola, para los usuarios que no disponen agua de la poza La Becerra, con la evolución de los abatimientos, la demanda, tenderá a disminuir por el incremento de los costos del bombeo, aunque de continuar con el esquema de subsidios a la tarifa eléctrica, éste no sería un freno contra la extracción agrícola que fomente el equilibrio y actualmente no existe una disminución en la demanda. Se estima que la reducción bajo este esquema sería apenas de un 10%.

#### 5. 4. 7. Comportamiento piezométrico

Para conocer el funcionamiento del sistema acuífero, se recopiló la información piezométrica disponible tanto en la Gerencia de Aguas Subterráneas de la CONAGUA, como en la Dirección Local Coahuila.

La Dirección Local Coahuila cuenta con red de pozos de observación dentro de la zona de estudio, los cuales se visitan con una frecuencia de una y hasta dos veces por año para medir la profundidad del nivel estático y dinámico y de esta forma tener un registro de la evolución del nivel estático del sistema acuífero.

Uno de los objetivos específicos del proyecto consiste en realizar una actualización geohidrológica. Los datos piezométricos más antiguos que se recopilaron son del año 2001, mientras que los más recientes corresponden al año 2008. El conocimiento de las condiciones piezométricas existentes en el área quedó cubierta con la observación de los niveles del agua en 32 aprovechamientos (tabla 11), estos datos piezométricos sirvieron para elaborar las curvas de igual elevación del nivel estático para el año 2008.

#### Profundidad al nivel estático

Para el periodo comprendido entre 2001 al 2008, en general se observa que la profundidad al nivel estático fluctúan entre 3.18 y 45,12 m. En el 2007 para los pozos recién construidos la profundidad al nivel estático varía entre a 0.0 a 19.93 m.

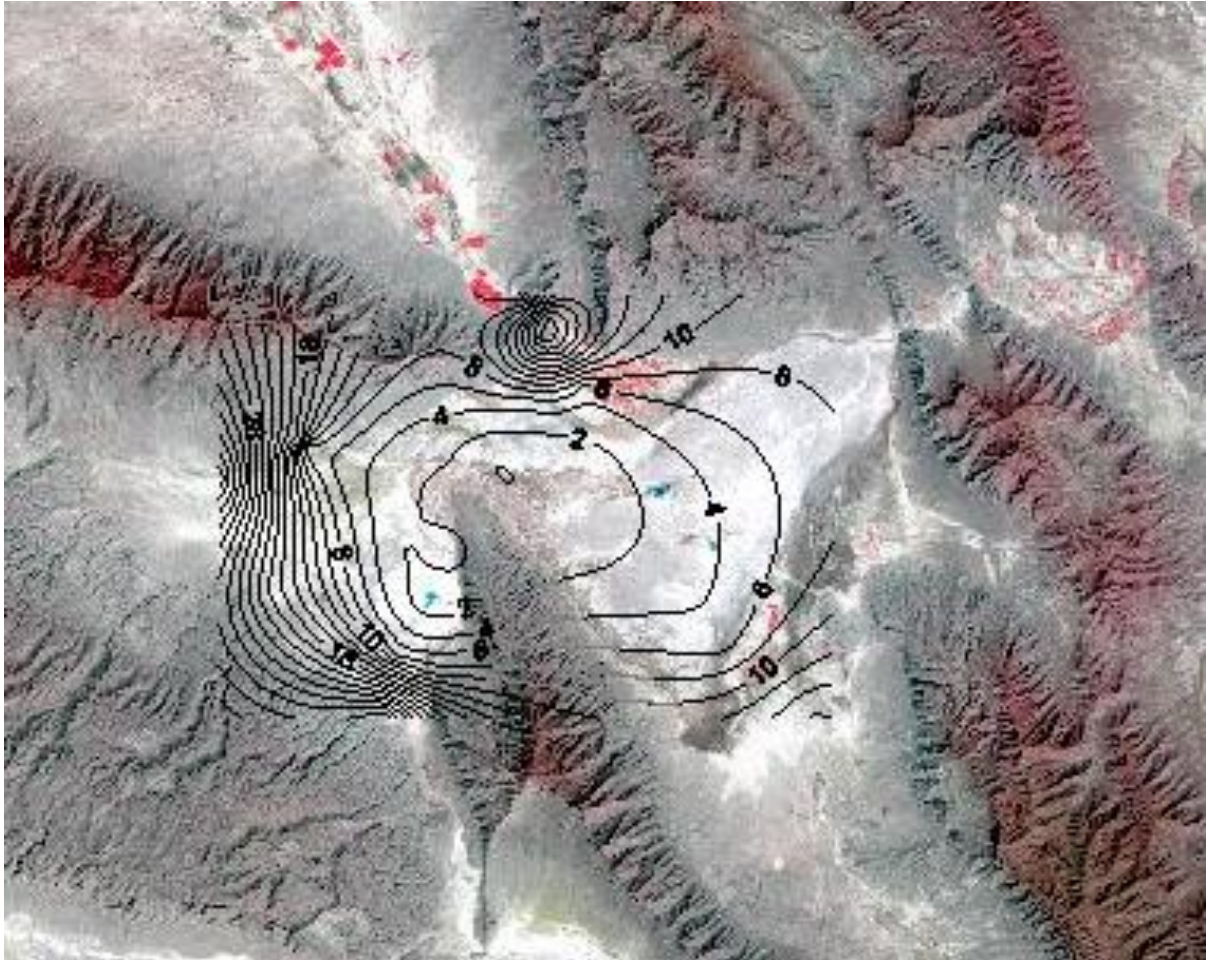
A continuación se presenta en la tabla 11, las profundidades para los pozos que se encuentran referenciados con respecto al nivel del mar y que componen la red de pozos de observación establecida en el valle. En la figura 22 se muestra la configuración de la profundidad al nivel estático para el año 2008.

**Tabla 11. Profundidad al nivel estático en el acuífero Cuatrociénegas.**

No.	No. Pozo	X	Y	Brocal	Sep-01	Abr-04	Ago-06	Oct-08
1	CNA-189	792469,176	2987726,43	714,177	14,08	13,43		azolvado
2	CNA-196	790116,687	2988754,36	726,191	26,65	24,83		25,27
3	CNA-228	215087,72	2981448,43	684,406				nsps
4	CNA-229	214613,42	2984361	667,733	10,7			nsps
5	CNA-230	212241,73	2990523,87	693,67				nsps
6	CNA-257	794776,695	2986287,15	696,926	3,18	1,3		nsps

7	CNA-167D	789150,645	2991485,99	758,232	4,4	4,42	4,94	5,1
8	CNA-216	797251,216	2965708,53	728,264		27,92	28,08	
9	CNA-238	786615,223	2986582,42	720,116	7,43	7,35		7,98
10	CNA-246B	209971,92	2965933,36	696,834	15	15,26		15,9
11	CNA-247	211363,47	2968127,13	695,08	14,65	11,67		13,38
12	IMTALABOR	204694,93	2970253,63	683,561			4,82	4,93
13	CNA-176	790417,287	2990205,13	739,72	22,10	21,88		23,9
14	CNA-205	770341	2980199	805			45,12	41,7
15	CNA-203	775391	2982458	778			18,24	16,35
16	CNA-191	791319	2987788	738			19,71	19,42
17	CNA-192	792697	2985785	720			4,91	5,18
18	CNA-241	780463	2965449	800			34,29	34,34
19	CNA-233	783125	2968215	778				9,98
20	P-1	784578,269	2972003,58	766,589				1,8
21	P-2	781300,638	2969514,43	773,117				7,04
22	P-3	779581,071	2972226,89	769,309				6,3
23	P-4	781787,433	2975677,07	764,043				1,9
24	P-5	784108,836	2975483,71	763,318				3,2
25	P-6	787133,531	2981280,25	724,148				0,0
26	P-7	789150,853	2984829,73	727,791				4,8
27	P-8	782335,701	2982808,93	742,047				3,23
28	P-9	775610,841	2982119,71	769,641				7,04
29	P-10	773337,336	2973271,1	794,658				19,93
30	P-11	784458,738	2981137,77	729,679				2,02
31	PZ-1	783353,225	2973257,36	763,872				0,50
32	PZ-2	783790,121	2972938,32	764,333				0,66*





**Figura 22. Configuración de la profundidad al nivel estático.**

#### Curvas de igual elevación del nivel estático

Para el año de 2008 en general se observa que los niveles piezométricos fluctúan de 678.6 a 774.7 msnm. Para el periodo comprendido entre 2001 al 2006, en general se observa que los niveles piezométricos fluctúan 657.03 a 753.81 msnm.

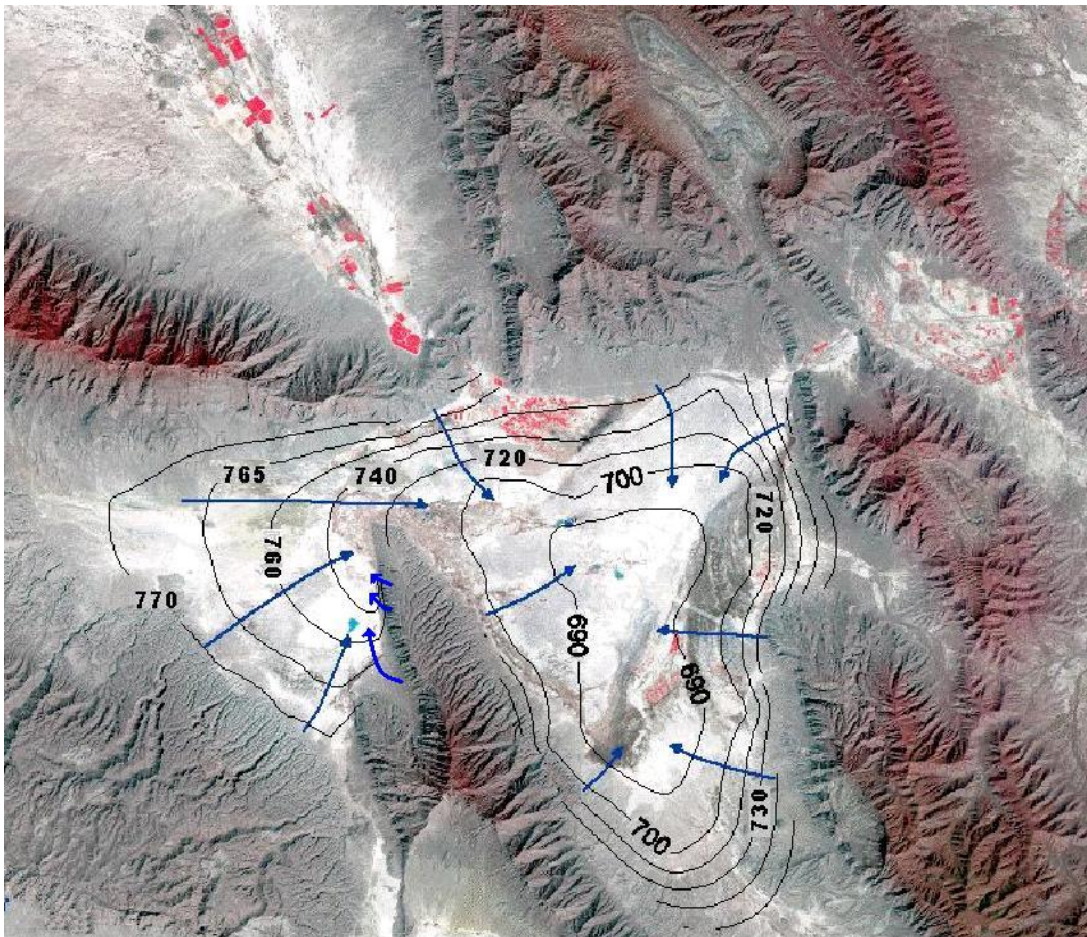
En la tabla 2.23 se muestra la historia piezométrica disponible para los pozos que se encuentran referenciados con respecto al nivel del mar y que componen la red de pozos de observación establecida en el valle y en la

figura 2.17 la configuración de la elevación del nivel estático para el año 2008.

**Tabla 12. Elevación del nivel estático en el acuífero Cuatrociénegas.**

No.	No. Pozo	X	Y	Brocal	Sep-01	Abr-04	Ago-06	Oct-08
1	CNA-189	792469,176	2987726,43	714,177	700,097	700,747		
2	CNA-196	790116,687	2988754,36	726,191	699,541	701,361		700,921
3	CNA-228	215087,72	2981448,43	684,406				
4	CNA-229	214613,42	2984361	667,733	657,033			
5	CNA-230	212241,73	2990523,87	693,67				
6	CNA-257	794776,695	2986287,15	696,926	693,746	695,626		
7	CNA-167D	789150,645	2991485,99	758,232	753,832	753,812	753,292	753,132
8	CNA-216	797251,216	2965708,53	728,264		700,344	700,184	
9	CNA-238	786615,223	2986582,42	720,116	712,686	712,766		712,136
10	CNA-246B	209971,92	2965933,36	696,834	681,834	681,574		680,934
11	CNA-247	211363,47	2968127,13	695,08	680,43	683,41		681,7
12	IMTALABOR	204694,93	2970253,63	683,561			678,741	678,631
13	CNA-176	790417,287	2990205,13	739,72	717,62	717,84		715,82
14	CNA-205	770341	2980199	805			759,88	763,3
15	CNA-203	775391	2982458	778			759,76	761,65
16	CNA-191	791319	2987788	738			718,29	718,58
17	CNA-192	792697	2985785	720			715,09	714,82
18	CNA-241	780463	2965449	800			765,71	765,66
19	CNA-233	783125	2968215	778				768,02
20	P-1	784578,269	2972003,58	766,589				764,789
21	P-2	781300,638	2969514,43	773,117				766,077
22	P-3	779581,071	2972226,89	769,309				763,009
23	P-4	781787,433	2975677,07	764,043				762,143
24	P-5	784108,836	2975483,71	763,318				760,118

25	P-6	787133,531	2981280,25	724,148				724,148
26	P-7	789150,853	2984829,73	727,791				722,991
27	P-8	782335,701	2982808,93	742,047				738,817
28	P-9	775610,841	2982119,71	769,641				762,601
29	P-10	773337,336	2973271,1	794,658				774,728
30	P-11	784458,738	2981137,77	729,679				727,659
31	PZ-1	783353,225	2973257,36	763,872				763,212
32	PZ-2	783790,121	2972938,32	764,333				763,823



**Figura 23. Elevación del nivel estático en el acuífero Cuatrociénegas.**

Curvas de igual evolución del nivel estático

Para el periodo comprendido entre 2001 al 2004, en general se observa que las evoluciones muestran abatimientos entre -0.02 y -0.26, así como recuperaciones entre +0.08 y +2.98 m.

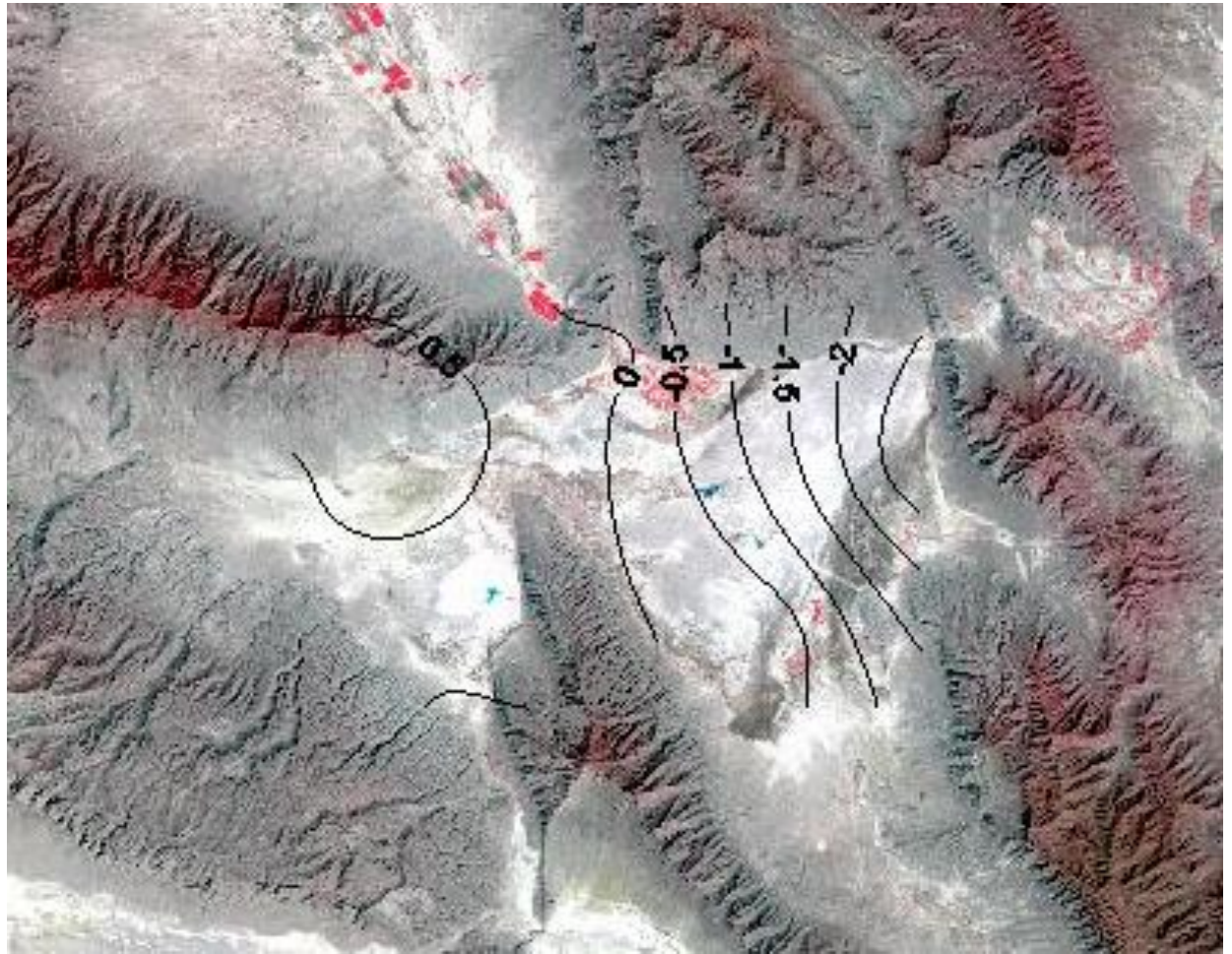
En el periodo 2004-2006 solo se tienen dos datos y para el periodo entre 2006-08 se observa que las evoluciones muestran abatimientos entre -0.05 y -3.00, así como recuperaciones entre +0.29 y +3.42 m.

A continuación se presenta en la tabla 13, la información correspondiente a la evolución del nivel estático. En la figura 24 se muestra la configuración de la evolución del nivel estático para el periodo comprendido entre el 2006 y 2008.

**Tabla 13. Evolución del nivel estático en el acuífero Cuatrociénegas.**

No.	No. Pozo	X	Y	Brocal	2001-04	2004-2006	2006-08
1	CNA-189	792469,176	2987726,43	714,177	0,65		
2	CNA-196	790116,687	2988754,36	726,191	1,82		
3	CNA-228	215087,72	2981448,43	684,406			
4	CNA-229	214613,42	2984361	667,733			
5	CNA-230	212241,73	2990523,87	693,67			
6	CNA-257	794776,695	2986287,15	696,926	1,88		
7	CNA-167D	789150,645	2991485,99	758,232	-0,02	-0,52	-0,16
8	CNA-216	797251,216	2965708,53	728,264		-0,16	
9	CNA-238	786615,223	2986582,42	720,116	0,08		
10	CNA-246B	209971,92	2965933,36	696,834	-0,26		
11	CNA-247	211363,47	2968127,13	695,08	2,98		
12	IMTALABOR	204694,93	2970253,63	683,561			-0,11
13	CNA-176	790417,287	2990205,13	739,72	0,22		
14	CNA-205	770341	2980199	805			3,42
15	CNA-203	775391	2982458	778			1,89
16	CNA-191	791319	2987788	738			0,29
17	CNA-192	792697	2985785	720			-0,27

18	CNA-241	780463	2965449	800			-0,05
19	CNA-233	783125	2968215	778			
20	P-1	784578,269	2972003,58	766,589			
21	P-2	781300,638	2969514,43	773,117			
22	P-3	779581,071	2972226,89	769,309			
23	P-4	781787,433	2975677,07	764,043			
24	P-5	784108,836	2975483,71	763,318			
25	P-6	787133,531	2981280,25	724,148			
26	P-7	789150,853	2984829,73	727,791			
27	P-8	782335,701	2982808,93	742,047			
28	P-9	775610,841	2982119,71	769,641			
29	P-10	773337,336	2973271,1	794,658			
30	P-11	784458,738	2981137,77	729,679			
31	PZ-1	783353,225	2973257,36	763,872			
32	PZ-2	783790,121	2972938,32	764,333			



**Figura 24. Evolución del nivel estático en el acuífero Cuatrociénegas-Ocampo.**

#### 5. 4. 8. Calidad del agua subterránea

Los sólidos totales disueltos corresponden a la cantidad total de sales en solución en el agua. En el acuífero de Cuatrociénegas la concentración tiene un rango entre 1500 a 2500 mg/l. De acuerdo con la NOM-127-SSA1-1994, el agua para consumo humano debe contener baja cantidad de sales. Entre los límites máximos establecidos, el de sólidos totales disueltos es de 1000 mg/l y 400 mg/l para los sulfatos. La mayor parte del agua no cumple con los requerimientos para ser utilizada como agua potable.

#### 5. 4. 9. Características básicas de disponibilidad y uso de agua superficial

La disponibilidad media anual de agua subterránea se define como la cantidad de agua susceptible de ser aprovechada, sin menoscabo de la porción no renovable del agua del acuífero. El cálculo se realiza restándole a la recarga natural, la descarga natural comprometida y el volumen concesionado e inscrito en REPDA. De esta

manera tenemos que la disponibilidad media anual de al unidad hidrogeológica Cuatrociénegas para el periodo 2006-2008 fue de 10.81 Hm<sup>3</sup>/año.

Actualmente se extraen por bombeo 14.74 Hm<sup>3</sup>/año en promedio, que aunque es una cantidad mayor que la disponibilidad media anual, retornan al acuífero retornos de riego en promedio 5.70 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que en realidad la extracción efectiva sería de 9.04 Hm<sup>3</sup>/año. Por su parte cabe señalar que el volumen total anual concesionado de agua subterránea no debiera rebasar la disponibilidad media anual. Hay que recordar que la disponibilidad media anual no toma en cuenta la recarga inducida, ya que con el tiempo ésta tiende a disminuir al mejorar las eficiencias en el riego y en los sistemas de agua potable.

En el Valle de Cuatrociénegas no existen obras de almacenamiento (presas), se tienen contabilizadas mas de 300 pozas que almacenan agua proveniente de la descarga de manantiales y cuyo valor asciende a aproximadamente 140 hm<sup>3</sup>/año.

#### 5. 5. Agua superficial

Las salidas de agua subterránea a través de los manantiales o pozas dan origen a distintas corrientes superficiales, cuyo destino final es el riego en cuencas vecinas, a continuación se muestran las principales corrientes identificadas en el Valle de Cuatrociénegas.

Los caudales de agua que se descargan en los canales antes descritos fueron evaluados mediante la metodología conocida como sección – velocidad, en donde se determina el área de la sección y la velocidad mediante el aforo a través de molinetes.

#### 5. 6. Agua residual

De acuerdo con la información proporcionada por la CONAGUA, Dirección Local Saltillo, en Cuatrociénegas se cuenta con una planta tratadora a base de filtros percoladores con una capacidad de 12 lps, la cual desafortunadamente no opera desde el año 1984.

Actualmente se tiene un 30% de las viviendas conectadas a la red de alcantarillado que generan un gasto de aproximadamente 18 lps. El agua residual la envían a unos estanques que se denominan lagunas de oxidación donde el agua se infiltra y se evapora. La CONAGUA elaboró un estudio en 1984 y concluyo que la mejor opción consistía en construir una nueva planta del tipo lagunas de estabilización y reusar el agua en la agricultura del ejido Cuatrociénegas, constituyéndose una oferta de agua que seria intercambiada con la proveniente de la Poza La Becerra, favoreciendo con esto a los ecosistemas en esta zona del acuífero.

En el acuífero de Cuatrociénegas se dispone de un sitio en donde se infiltra el agua residual proveniente del poblado. No se cuenta con información de caudales, nivel de tratamiento, etc. La importancia del uso del agua tratada en la agricultura, tiene relación directa con la disminución de la sobreexplotación del acuífero,

ya que la mayor parte de los cultivos con mayor demanda de agua son forrajes, los cuales pueden usar agua tratada, entre las razones más importantes están las siguientes:

- Evitar la sobreexplotación del acuífero, porque permite el intercambio o sustitución del agua subterránea por el agua tratada, satisfaciendo las necesidades de agua en los cultivos compatibles.
- Permite llevar a cabo una actividad económica muy importante como lo es la agricultura, tanto en la generación de empleos como en la producción de alimentos, la cual debe ser sustentable y sostenida de acuerdo a los lineamientos generales del Programa Hidráulico Nacional 2001-2006.
- Incrementar los rendimientos en los cultivos por los nutrientes que contiene en materia orgánica, N, P, K y otros microelementos, representando un ahorro en gastos de fertilización.
- Satisfacer la demanda de alimentos del mercado, aprovechando al máximo los recursos con los que cuenta el Estado, incluyendo el agua residual que generan todos los usuarios del agua.
- Representar una fuente constante y segura de agua aún en los años más secos.

Los cultivos que pueden usar agua tratada son los forrajes en general y todos aquellos que nos son consumidos directamente por humanos. En la siguiente tabla se muestra la clasificación de cultivos por tipo de tratamiento.

**Tabla 14. Clasificación de cultivos por tipo de tratamiento.**

No consumo humano	Se consumen cocinados	Se consumen crudos
Alfalfa	Alcachofa	Apio
Cebada	Calabaza	Betabel
Flores de ornato	Chícharo	Brócoli
Olivo	Chícharo	Cebolla
Pastos	Ejote	Cebollín
Granos	Espárragos	Cilantro
Forrajes en gral.	Haba	Chile
	Papa	Col (Repollo)
		Col (Bruselas)
		Jitomate



No consumo humano	Se consumen cocinados	Se consumen crudos
		Lechuga
		Leek
		Pepino
		Rabanito
		Zanahoria
Tratamiento primario	Tratamiento secundario	Tratamiento terciario

#### 5. 6. 1. Características básicas de la disponibilidad y uso del agua residual tratada y sin tratar

En el acuífero del valle de Cuatrociénegas no se dispone de un sitio para efectuar el tratamiento del agua residual. Las aguas residuales provenientes de la Ciudad vertidas en un sumidero ubicado al sureste del poblado. No se cuenta con información de caudales, nivel de tratamiento, etc.

#### 5. 7. Fuentes potenciales y existente de contaminación

La metodología empleada para el análisis de las fuentes potenciales de contaminación es la siguiente:

En el uso de agua agrícola, la principal fuente de contaminación para la salud humana y para el acuífero es la aplicación de agroquímicos, así como la ubicación y puesta en operación del tiradero municipal (actual y antiguo).

El agua residual, no es utilizada en el acuífero.

A continuación se enlista una serie de medidas para evitar la contaminación del agua.

1. Llevar a cabo los controles oficiales para el mantenimiento del agua.
2. Atención a las denuncias realizadas por los vecinos.
3. Instalación y control de cloacas domiciliarias.
4. Evitar depósitos clandestinos e ilegales de residuos de fábricas, casas, industrias, etc.
5. Formular proyectos de regulación hidráulica, control de vertidos contaminantes.
6. Realizar campañas de reciclaje residual en el ámbito urbano.

7. Extracción de vehículos y residuos que se hallan hundidos.
8. Instalación de fábricas de depuración, éstas concentrarían residuos tóxicos de industrias, fábricas u otras instituciones contaminadoras.

En la siguiente tabla se describen los parámetros para evitar la contaminación del agua en cada uso (agrícola, urbano, protección de vida acuática, explotación pesquera, recreación, estuarios y otros usos).

#### 5.8. Costos del agua

El costo del agua subterránea tiene dos componentes directamente tangibles: extracción y agotamiento. El costo de la energía es el factor de mayor peso para ambos casos.

Además de la coordinación interinstitucional de CNA, y usuarios, por lo que se espera se siga apoyando a este tipo de productores.

El agotamiento tiene como efecto la permanente necesidad de más energía para la futura extracción de agua – al suponer que aún un equilibrio sería insuficiente para recuperar el abatimiento histórico -.

De la estimación de los efectos del agotamiento se obtuvieron los siguientes resultados: \$2.39 por metro cúbico sobreexplotado, o lo que equivale a \$1.28 por metro cúbico extraído. Los costos por el agrietamiento y la pérdida de calidad no son evaluados debido a la falta de evidencias de pozos que hayan cesado o modificado su volumen debido a alteraciones de la calidad del agua o procesos de agrietamiento y consolidación del terreno).

A continuación, se presenta un resumen de costos:

**Tabla 15. Resumen de costos del agua.**

Impacto	Costo (millones de pesos)	\$/m <sup>3</sup>	Periodo
Abatimiento	18.85	1.28	2001-2008
Valor de escasez	12.91	5.87	2001-2008
<b>TOTAL</b>	<b>31.76</b>	<b>7.15</b>	<b>2001-2008</b>

## 6. Proyección de la Oferta y de la Disponibilidad

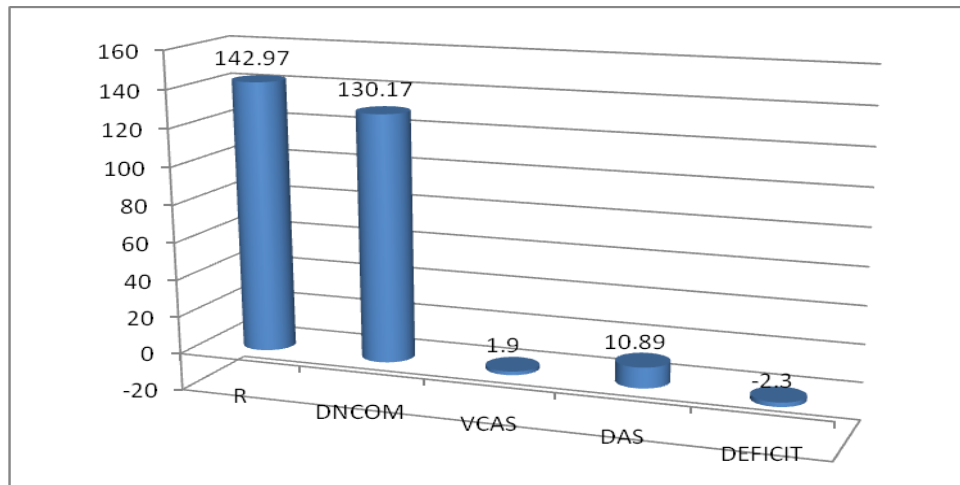
### 6. 1. Proyección del volumen de agua utilizable

#### 6. 1. 1. Situación administrativa y volumen concesionado del acuífero

El acuífero Cuatrociénegas (528), ubicado en la porción central del estado de Coahuila, está en una zona de Libre alumbramiento de agua del subsuelo, conforme a lo dispuesto en el quinto párrafo del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Mediante Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación, con fecha 7 de noviembre de 1994, se declaró a la zona de Cuatrociénegas como Área Natural Protegida, con el carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, con una superficie de 84,347 Ha en el Municipio de Cuatrociénegas y dentro de la poligonal del acuífero.

De acuerdo con la publicación del 31 de enero de 2003 del Diario Oficial de la Federación, la disponibilidad media anual del acuífero 528 Cuatrociénegas era de 10.98 Hm<sup>3</sup>/año. Considerando el volumen concesionado de agua al 31 de mayo de 2006, según el REPDA, la disponibilidad actual de agua subterránea es de 9.8 Hm<sup>3</sup>/año. En la determinación de esta, conforme al método establecido en la NOM-011-CNA-2000, se consideró que la descarga de los manantiales “pozas” esta comprometida con el medio ambiente y con los usuarios agrícolas beneficiados por ellas, por lo que ese volumen de descarga no puede ser concesionado para otros usos; sin embargo, esta disposición no surte efectos legales mientras no se suprima la condición de libre alumbramiento del agua subterránea, a continuación se presenta las siguientes cifras relativas a su situación de derechos y aprovechamiento:



**Figura 25. Situación administrativa del acuífero (Hm<sup>3</sup>/año).**

R = Recarga Total. DNCOM = Descarga Natural Comprometida. VCAS = Volumen Concesionado de Agua Subterránea. VEXTET = Volumen de extracción consignado en estudios técnicos y DAS = Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea.

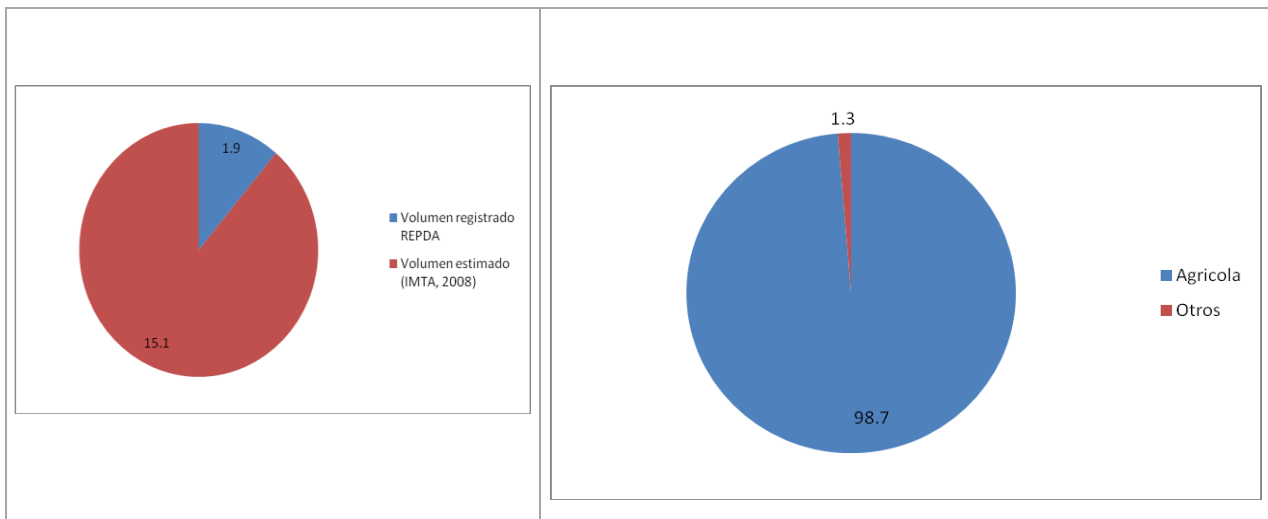
No se cuenta con el dato exacto de la extracción actual del agua subterránea debido a la carencia de medidores volumétricos en los aprovechamientos que existen en la zona de estudio. El Registro Público de Derechos de Agua y los censos de pozos realizados en los últimos años proporcionan cifras indicativas.

De acuerdo con la información existente en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), correspondiente al acuífero Cuatrociénegas, en total se tienen concesionados 1.9 millones de metros cúbicos anuales a 20 usuarios, quienes registraron un total de 15 aprovechamientos para satisfacer ocho usos: agrícola, público urbano, pecuario, doméstico, múltiple, servicios y industrial (2008).

La agricultura es la principal actividad económica, por lo que el uso que tiene el mayor volumen de agua concesionado es el agrícola, con 15.1 Hm<sup>3</sup> (IMTA, 2008), que equivale al 98.7%; Los otros usos representan apenas el 1.3% del total estimado.

Otra situación la constituye el hecho que desde finales del siglo XIX, se inició el drenado artificial de la cuenca, mediante canales que conducen el agua de pozas a zonas agrícolas en cuencas vecinas.

Cabe señalar, que los datos utilizados son los obtenidos durante la actualización geohidrológica, ya que la condición de libre alumbramiento no refleja en cifras el volumen registrado en el REPDA.



**Figura 26. Volumen registrado en REPDA y estimado por tipo de uso.**

Físicamente ocurre una extracción que se estima en **15.1 Hm<sup>3</sup> (pozos)**, que aunado a la descarga de las pozas (**99.5 Hm<sup>3</sup>**), origina una sobreexplotación de **2.3 Hm<sup>3</sup>**. Es necesario reducir progresivamente la sobreexplotación y las concesiones, ambas hasta una magnitud del orden de la suma de la recarga natural, menos los volúmenes comprometidos hacia el sur del acuífero, **142.97 Hm<sup>3</sup>**.

#### 6. 1. 2. Oferta de agua subterránea

El agua subterránea continuará siendo la principal fuente de abastecimiento en el futuro; sin embargo, el continuo agotamiento de la reserva, implica el aprovechamiento de nuevos volúmenes, de distinta calidad, en general menos apropiada.

De acuerdo con modelo conceptual del acuífero, la recarga total estimada considera un volumen de retornos que representa aproximadamente el 3.7%; al considerar que esta cantidad habrá de reducirse ante una creciente eficiencia, el volumen de agua aprovechable en forma sustentable, es del orden de **16 Hm<sup>3</sup>**.

Esta oferta considera específicamente el balance volumétrico del acuífero; la oferta para uso público dependerá en parte de la capacidad de potabilización.

Eventualmente la posible construcción de proyectos de recarga artificial podría incrementar la magnitud de la recarga y en consecuencia la disponibilidad.

#### 6. 1. 3. Oferta de aguas tratadas

El agua tratada resulta de gran utilidad y oportunidad principalmente para la agricultura; sin embargo, en condiciones críticas de escasez, puede representar una oportunidad mediante un tratamiento avanzado para su uso público u otros usos.

En el caso de Cuatrociénegas, el agua residual es conducida hacia el sureste del poblado e infiltrado en un sumidero. El caudal estimado es de aproximadamente 443,475 m<sup>3</sup>/año, considerando 12, 150 habitantes.

*Diagnóstico y programa estatal de reuso e intercambio de agua. Primera etapa: Identificación de proyectos prioritarios.*

Hasta la fecha se desconoce si se ha llevado a cabo la evaluación del potencial de reuso del agua en el municipio de Cuatrociénegas.

Durante los talleres de planeación participativa con los usuarios y representantes del COTAS de los acuíferos Cuatrociénegas y Cuatrociénegas-Ocampo se revisaron la problemática de cada acuífero y referente a la contaminación se señaló la necesidad de construir una planta de tratamiento para no contaminar al acuífero sin considerar la alternativa como el aprovechamiento de aguas tratadas en el municipio, ya que no se consideran de utilidad para la estabilización del acuífero; sin embargo, las alternativas restantes se describen a continuación.

Los proyectos de uso de aguas tratadas tienen algunos componentes de los que depende su factibilidad:

- a. Las localidades que originan las aguas residuales deben contar con sistema de alcantarillado.
- b. Preferentemente, las localidades deben contar con volúmenes generados que justifiquen la construcción de plantas de tratamiento con una economía de escalas que compita contra otras alternativas de reducción de la demanda de agua subterránea.

Las aguas superficiales provenientes de la poza La Becerra tienen aplicación exclusivamente en el uso agrícola en el Ejido Cuatrociénegas, 23.65 Hm<sup>3</sup>, mientras que 14.74 Hm<sup>3</sup> provienen del agua subterránea.

El uso de las aguas residuales tratadas representa una opción para reducir la contaminación del medio, riesgos a la salud pública, y además, la disminución de las extracciones de agua subterránea.

El reuso de las aguas residuales se condiciona por tres principales factores:

- a. La disposición de los usuarios al uso de aguas residuales,
- b. La disponibilidad de las aguas residuales y
- c. La infraestructura de saneamiento.

#### 6. 1. 4. Oferta de las aguas residuales

Las poblaciones de Cuatrociénegas y Ocampo, tienen poblaciones de alrededor de 11,000 y 12,000 habitantes, por lo que para propósitos prácticos, los volúmenes de agua residual generados, todavía no justifican la inversión para instalar las plantas de tratamiento.

#### 6. 1. 5. Oferta de agua superficial

Los volúmenes que afloran en el acuífero como un resultado de la recarga ascienden a 109.69 Hm<sup>3</sup>/año. La descarga total de manantiales es igual a los valores aforados más la evaporación en pozas y asciende a 140.07 Hm<sup>3</sup>/año. Cabe señalar que las aguas de las pozas la Teclita y Sacasalada, se encuentran comprometidas con los usuarios de las cuencas vecinas y que estas no se aprovechan en la zona de afloramiento. Como se menciona en el capítulo 3, el caudal proveniente de la poza La Becerra se dispone en la zona de riego del Ejido Cuatrociénegas.

#### 6. 2. Proyección de la demanda

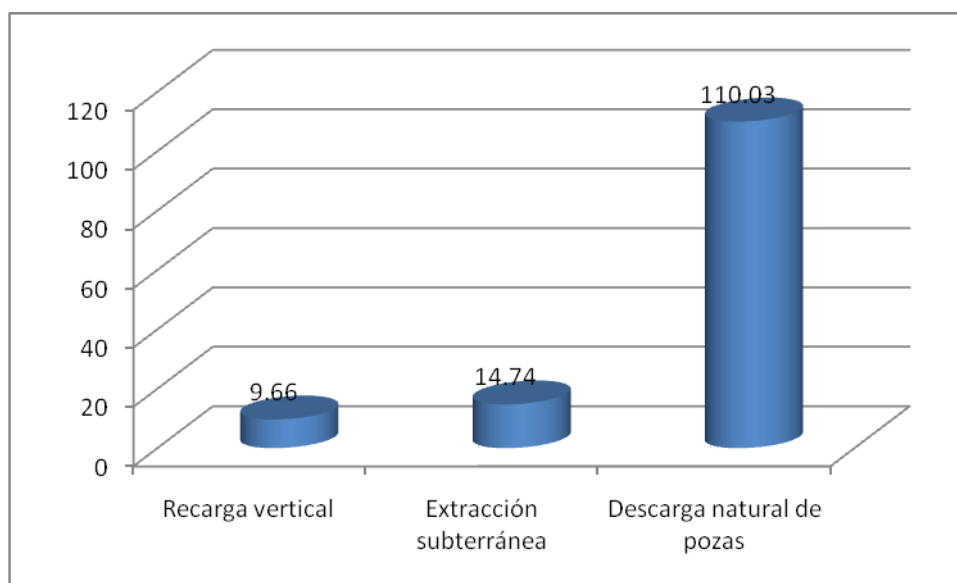
La demanda de agua de la zona servida por el acuífero, se clasifica para cada tipo y a continuación se presenta una breve descripción.

### 6. 2. 1. Demanda por usos

En el acuífero Cuatrociénegas, existe un sector consumidor de agua del acuífero: el sector agrícola que representa el 82.83% del volumen total estimado (IMTA, 2008), en orden de importancia le sigue el uso público-urbano con el 15.54%, todos los demás usos (múltiple, domestico, servicios e industrial) suman el 1.63% restante. Con el análisis de las demandas efectuado, resulta una composición similar con distintos valores.

La sobreexplotación ( $2.3 \text{ hm}^3$ ), con respecto a la recarga estimada ( $142.97 \text{ hm}^3$ ) es, de 1.6%. Las actividades agrícolas en el acuífero Cuatrociénegas se realizan mediante la extracción de agua por medio de pozos (zonas de cultivos al norte y oriente) y del agua que brota en el manantial La Becerra (zona de cultivo Ejido Cuatrociénegas).

Existen Pozas como Santa Tecla y distintos manantiales que se conducen en el canal denominado Sacasalada son utilizados para regar cultivos en cuencas vecinas.

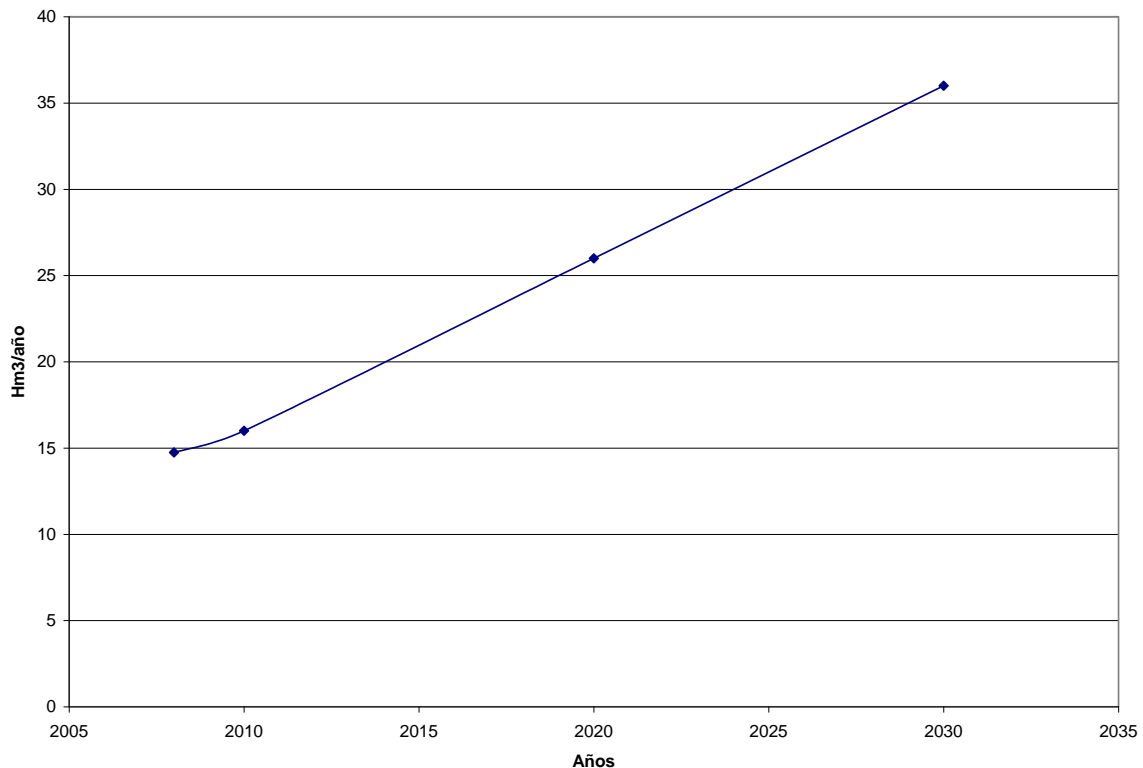


**Figura 27. Recarga vertical y extracción en el acuífero Cuatrociénegas (Hm³)**

El incremento de costos de bombeo, aún con el subsidio a la tarifa de energía eléctrica, va haciendo incosteables a la mayoría de los cultivos básicos así como algunos cultivos forrajeros, lo que obligará a reducir la superficie en producción en las zonas con mayor carga de bombeo. Se observa que la superficie agrícola que sustenta a los principales cultivos crecerá aproximadamente 1,000 ha (2008-2009), es decir, una tercera parte, ya que la mayoría esta compuesta por forrajes y granos, por lo que sería conveniente implementar programas de orientación hacia el cultivo de hortalizas.

En el uso público-urbano no existe ningún margen de maniobra para reducir las extracciones, dado que el número de habitantes y redes son reducidos.

En cambio en el uso agrícola, para los usuarios que no disponen agua de la poza La Becerra, con la evolución de los abatimientos, la demanda, tenderá a disminuir por el incremento de los costos del bombeo, aunque de continuar con el esquema de subsidios a la tarifa eléctrica, éste no sería un freno contra la extracción agrícola que fomente el equilibrio y actualmente no existe una disminución en la demanda. Se estima que la reducción bajo este esquema sería apenas de un 10%.



**Figura 28. Proyección de las extracciones agrícolas, como función del agotamiento, con tarifas eléctricas constantes.**

#### 6. 2. 2. Uso potable

El REPDA no reporta aprovechamientos de agua subterránea para el uso público – urbano. Se reportan 18 pozos para uso agrícola y 2 para uso pecuario, que suman un volumen de 1.72 Hm<sup>3</sup>/año.

Durante el censo realizado por el IMTA (2008), se contabilizaron 6 aprovechamientos para uso público-urbano, en la zona urbana de Cuatrociénegas y en las localidades rurales. En extracción, los principales aprovechamientos están en



las localidades que aparecen en la Tabla 16, a continuación se muestran los servicios de agua potable.

**Tabla 16. Volúmenes anuales demandados en las localidades urbanas y rurales en la zona de estudio.**

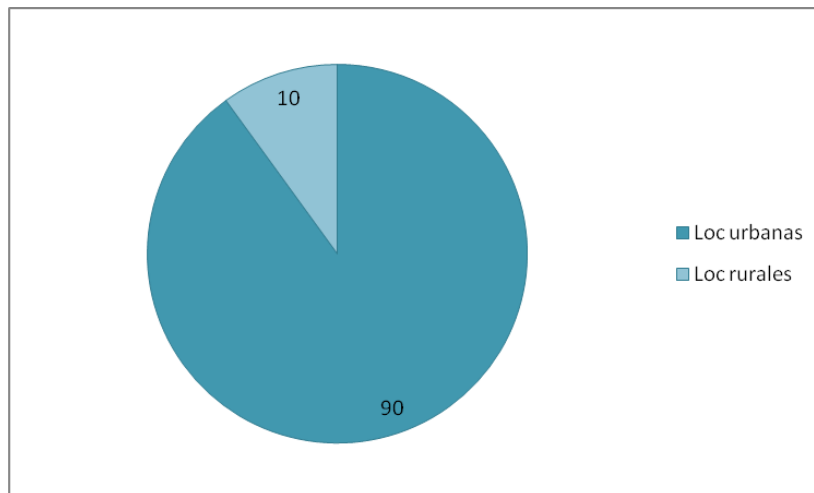
Nombre Localidad	Municipio	Población (INEGI, 2005)	Cobertura (%)	Población Cubierta	Consumo (L/H/D)	Demanda (L.P.S.)	Pérdidas (%)	Pérdidas (L.P.S.)	Gasto Medio Suministrado (L.P.S.)	Dotación (L/H/D)	VOLUMEN ANUAL (hm <sup>3</sup> )
Cuatrociénegas	Cuatrociénegas	12,220	100	12,220	250		-	-			1.11
<b>Volumen total demandado para el uso y consumo humano</b>											<b>1.11</b>

Según datos del INEGI, en el año 2005 la población asentada en la zona era de 12,220 habitantes, que en su mayor parte se concentraba en Cuatrociénegas. Conforme la tendencia actual, para el año 2030 se espera que la población tenga un ligero incremento (CONAPO, 2000) estimando que será de unos 12,563 habitantes, lo cual se atribuye a la escasa oferta de empleos y a la emigración de la población local. Debido a lo anterior, se espera que la demanda se mantenga.

Como se puede apreciar la ciudad de Cuatrociénegas, tiene una cobertura de agua potable de 100%, mientras que las localidades rurales probablemente presentan una cobertura reducida.

El volumen total anual demandado para el uso y consumo humano es de **1.11** hm<sup>3</sup>; de los cuales el 20% se extraen en localidades rurales (menores de 50 habitantes); el 80% se extrae en Cuatrociénegas (población con el 90% de habitantes).

La demanda actual de agua para el uso y consumo humano representa menos del 1% de la recarga total del acuífero.



**Figura 29. Porcentajes de extracción anual para uso y consumo humano**

En el uso público urbano, Se estima que las pérdidas en las redes de distribución o canales de conducción operan con una eficiencia promedio de 60%, y constituyen un área de oportunidad central en el volumen a recuperar en las acciones del Plan de manejo. No se tienen evaluadas estas pérdidas, estimando sean equivalentes a un caudal de 10 l.p.s. que al año suma 0.30 Hm<sup>3</sup>, los cuales representan el 0.5 % de la recarga del acuífero.

Resumiendo, prácticamente la totalidad de la demanda para el uso agrícola se satisface con agua subterránea (pozos y poza La Becerra), es decir, la mayor parte de la sociedad asentada vecina de Cuatrociénegas, Monclova y otros lugares que tienen ranchos agrícolas, dependen del acuífero.

Las coberturas de servicio de agua potable son altas en términos del promedio nacional; las dotaciones son elevadas (Tabla 17) debido, en parte, a las pérdidas físicas en redes de agua potable y a los malos hábitos de consumo.

**Tabla 17. Composición de la demanda de agua potable (uso publico-urbano).**

Tipo de localidad	Población 2005	Cobertura (%)	Dotación l/hab/dia	Volumen (hm <sup>3</sup> )
Cuatrociénegas	12,220	100	250	1.11

### 6. 2. 3. Uso agrícola

La actividad agrícola, directa o indirectamente beneficia a la mayoría de la población asentada en la región, no obstante, su Valor Agregado Censal Bruto (VACB) generado por este sector es del 44% y ocupa el 18% de la Población

económicamente activa (PEA), mientras que los sectores secundario y terciario, que casi en su totalidad utilizan agua subterránea, generan a nivel estatal un 56% del VACB y dan ocupación a un 81% de la PEA. El sector primario, ha venido a menos, debido a que pocos son los cultivos que aun se consideran rentables con los costos reales de extracción de agua y las condiciones actuales del mercado (2005).

**Tabla 18. Datos básicos de los cultivos de riego con agua subterránea en la zona del acuífero**

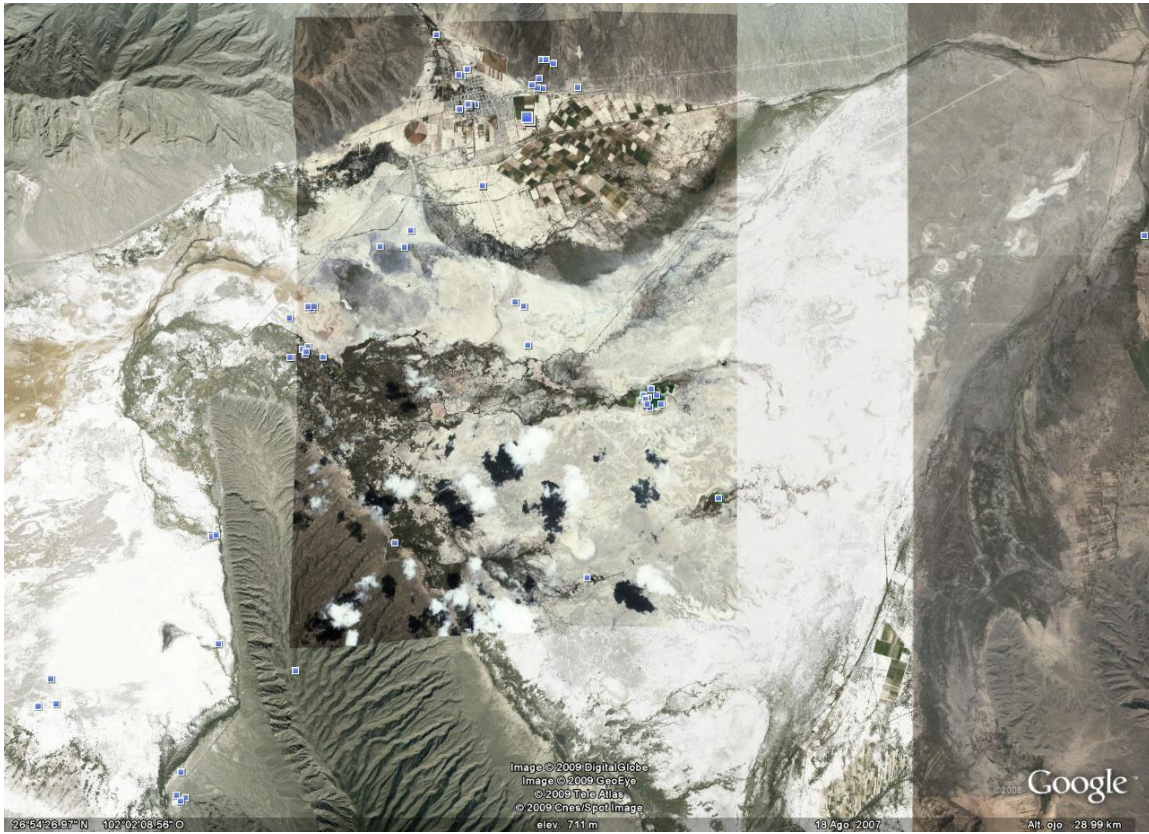
Cultivo	Superficie cosechada (ha)		Lámina Bruta (m) %	Volumen de agua subterránea utilizado para el riego (Hm <sup>3</sup> )	%
Alfalfa	3,000	75%	1.80	45.00	75%
Otros forrajes	1,000	25%	1.00	11.4	25%
Total de forrajes	4,000	100%	2.80	56.40	100%

Fuente: Elaborada con base en estadísticas INEGI para el año 2008.



**Figura 30. Ejemplo de riego eficiente.**

En la imagen de satélite de la Figura 31 se aprecia la superficie sembrada que existe en la zona de estudio. La imagen corresponde a la toma de satélite que muestra Google en junio del 2007.



**Figura 31. Superficie sembrada en la zona del acuífero Cuatrociénegas-Ocampo.**

#### 6. 2. 3. 1. Tipo de riego y sistemas que predominan

El método, la frecuencia y la duración de los riegos tienen un efecto significativo en la productividad de las parcelas. Así, por ejemplo, cuando la superficie se inunda, en algunos suelos se forma una costra que impide la emergencia en cultivos anuales. En otros casos el manejo inadecuado de la humedad del suelo pueden reducir los rendimientos, particularmente si el estrés hídrico ocurre durante los períodos críticos del cultivo.

La principal ventaja del riego superficial es que su costo de inversión inicial es bajo, las estructuras para el control y operación son sencillas, durables y se pueden construir con materiales disponibles en la zona. Otra ventaja de los sistemas de riego superficial es que son menos afectados por condiciones climáticas y la posibilidad de utilizar agua con alto contenido de materia orgánica y sólidos en suspensión.

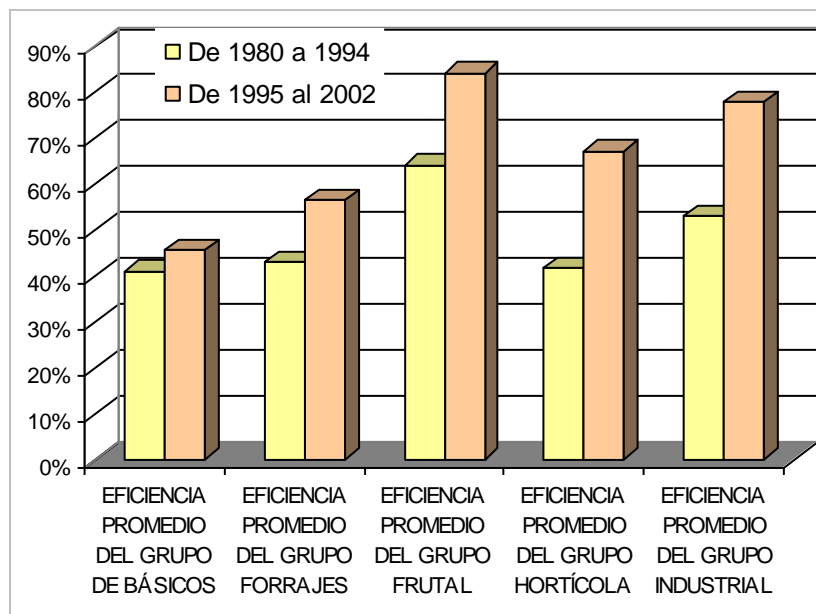
Durante la operación de las zonas de riego, se tienen pérdidas de agua tanto de la red de distribución como en las parcelas; estas pérdidas se deben tomar en cuenta

en el diseño y en la operación de las áreas de riego para entregar el agua oportunamente y en la cantidad requerida por los cultivos.

La eficiencia de riego, es entonces un indicador de las pérdidas de agua que se tienen en la red de distribución de las parcelas. La eficiencia de aplicación ( $E_a$ ), se define como la relación entre el volumen de agua requerido en la zona de raíces para satisfacer las necesidades de las plantas ( $V_d$ ) y el volumen de agua proyectado a nivel parcelario ( $V_a$ ).

Lo cierto es que la productividad media de la tierra bajo riego es 2.8 veces mayor que en temporal, y puede incrementarse hasta 3.6 veces al realizar una practica adecuada del riego.

El deterioro de la infraestructura, entre otros aspectos, ha implicado que la eficiencia de conducción ( $n_c$ ), promedio en los Distritos de Riego sea de 62% y la de aplicación del riego parcelario ( $n_a$ ) del 60%, lo que implica una eficiencia total de riego ( $n_{Tot}=n_c \times n_a$ ), que apenas supera el 37% en promedio, habiendo distrito que no alcanzan el 30%; esto significa a su vez, que casi dos terceras partes del agua almacenada en las presas o extraída del subsuelo mediante pozos, no está siendo aprovechada por los cultivos e indica la gran importancia y prioridad que deben tener las alternativas que se plantean para incrementar la eficiencia en la conducción a nivel parcelario.



**Figura 32. Eficiencia en la aplicación del agua para riego.**

Sin embargo, mediante observaciones se han establecido parámetros generales en la aplicación de láminas de riego.

**Tabla 19. Láminas empleadas por cultivo en diferentes sistemas de riego**

Tipo de cultivo	Ciclo vegetativo (meses)	Láminas brutas empleadas de acuerdo al método de riego (m)							
		Gravedad		Aspersión					Goteo
		Tierra	Tubería de compuertas	Portátil	Side-Roll	Pivote	Avance frontal	Micro aspersión	Cintilla
Alfalfa	12.0	2.44	1.76	1.64	1.64	1.45	1.45	1.37	1.37
Pradera perenne	12.0	2.11	1.52	1.42	1.42	1.25	1.25	1.18	1.18
Guayaba	12.0	2.05	1.48	1.38	1.38	1.22	1.22	1.15	1.15
Durazno	12.0	1.94	1.40	1.30	1.30	1.15	1.15	1.09	1.09
Vid	12.0	1.79	1.29	1.21	1.21	1.07	1.07	1.01	1.01
Maíz grano	5.0	1.08	0.78	0.73	0.73	0.64	0.64	0.61	0.61
Maíz forrajero	4.0	0.97	0.70	0.65	0.65	0.58	0.58	0.55	0.55
Pasto anual	5.3	0.93	0.67	0.63	0.63	0.55	0.55	0.52	0.52
Chile	4.5	0.91	0.66	0.62	0.62	0.54	0.54	0.51	0.51
Ajo	6.0	0.81	0.59	0.55	0.55	0.48	0.48	0.46	0.46
Frijol	3.3	0.59	0.43	0.40	0.40	0.35	0.35	0.33	0.33
Brócoli	3.3	0.52	0.37	0.35	0.35	0.31	0.31	0.29	0.29
Coliflor	3.3	0.46	0.33	0.31	0.31	0.28	0.28	0.26	0.26

El porque hay mayor cantidad de superficie por aspersión, esta en la pendiente del terreno, el cual es en su mayoría irregular. Su implementación está limitada a terrenos con pendientes suaves y suelos relativamente profundos, a fin de evitar trabajos de nivelación de alto costo.

No se cuenta con una base de datos que precise que se siembra en la superficie tecnificada, sin embargo, es posible suponer una clasificación, en función del costo de tecnificación de cada sistema y de los beneficios de los cultivos para poder justificar la inversión.

**Tabla 20. Costos de los sistemas de riego**

TIPO DE SISTEMA	COSTO (\$/ha)
Gravedad (multicompuertas)	9,277
Aspersión	11,866
Microaspersión	26,445
Goteo	29,411

Fuente: (1) Rex Irrigación, 2001. Los Mochis, Sinaloa. (3) Claude, 2000. Considerando 1 \$USD= \$ 9.02 (BANAMEX, 8/ Enero /2002).

BAUTISTA Reséndiz, Iván y GARCÍA Reynoso, Edgar. Alternativas de sistemas tecnificados de riego agrícola mediante el uso de aguas residuales tratadas del área metropolitana de la ciudad de México, en el Valle del Mezquital, Hidalgo. 2002. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

El cambio en la demanda de agua esta directamente relacionada con los sistemas de riego. Un factor que ha influido decisivamente en que la mayor parte de la superficie se encuentre tecnificada por aspersión, es el tipo de cultivos, forrajes y por la pendiente irregular del terreno. Algo que esta asociado a la implementación de un sistema de riego superficial, es la nivelación o emparejamiento del terreno.

En los sistemas de riego superficial, los suelos que se quieren regar tienen características que son altamente variable en tiempo y espacio, lo que vuelve incierto la uniformidad del riego, y tienen en promedio eficiencias de riego menores a las obtenidas en los sistemas de riego presurizado. Su implementación está limitada a terrenos con pendientes suaves y suelos relativamente profundos, a fin de evitar trabajos de nivelación de alto costo, además de no permitir la aplicación de láminas pequeñas de riego necesarias para romper costras de suelo que impiden la emergencia de la plántula.

En recorridos efectuados a la zona agrícola es posible verificar, con frecuencia, que los sistemas de riego instalados no se emplean en forma adecuada. Por ejemplo, se practican riegos con sistemas de aspersión en las hora de mayor sol en lugar de que sea en las horas de menor luz o en la noche y/o en presencia de vientos, o bien, se establecen cultivos sin trazos de riego o nivelación, con lo cual se reducen las ventajas de los sistemas instalados, como sucede en el riego por gravedad.

La eficiencia del riego, esta asociada a los sistemas de riego, ya que el aprovechamiento en cada unos de ellos es diferente, como se muestra en el modelo. No se cuenta con información sobre las eficiencias de riego en el acuífero Cuatorciénegas y se presentan con fines comparativos, los siguientes valores de las eficiencias de riego, corresponden a resultados obtenidos en el Distrito de Riego "Pabellón", de tal manera que el método de gravedad por multicompuertas tiene una eficiencia del 54 %, la aspersión del 80%, micro aspersión del 84 % y el goteo del 90%. En la tabla 23 aparece un resumen de parámetros técnicos y económicos, y los ahorros nominales considerados por FIRCO en cada caso.

**Tabla 21. Parámetros técnicos y económicos de las opciones de tecnificación.**

Tipos de sistemas de riego	Volumen Extraído (m <sup>3</sup> /ha/año)	% eficiencias hidráulicas			Ahorro de energía (% kwh)	Productividad		Costo total (\$/ha)	Ahorro de agua (%) con respecto al riego rodado
		Conducción	Aplicación	Total		(kg/m <sup>3</sup> )	% Incr.		
Canales en tierra *	14,819	83	65	54	-----	4.60	-----		
Hidrantes alfalferos	11,842	98	65	64	15.61	5.10	38.21	5,000.00	
Tubería con compuerta	11,086	98	69	68	17.64	8.07	68.48	6,700.00	27.82%
Aspersión semi-portátil	10,242	98	82	80	24.22	9.84	64.27	11,400.00	32.63%
Side-roll	10,242	98	82	80	24.22	9.84	64.27	15,600.00	32.63%
Pivote central	10,192	98	85	83	27.84	6.37	79.94	15,600.00	40.55%
Rehab./ Micro aspersión	11,372	98	86	84	15.48	1.40	40.00	24,500.00	43.86%
Goteo / cintilla	8,203	98	92	90	37.50	0.98	63.33	26,300.00	46.81%

Los datos que se muestran en la tabla 23, no corresponden al acuífero Cuatrociénegas, corresponden al Distrito de Riego “Pabellón” y se muestran en este apartado como ejemplo a seguir cuando se tengan identificadas las variables y sean medidas. En general se observa una disminución gradual de la lámina de riego sin tecnificar y tecnificando.

#### 6. 2. 4. Uso pecuario

La población pecuaria dentro de los límites geográficos del acuífero es importante. En la tabla 22 se presenta un resumen de la población pecuaria y avícola reportada por INEGI dentro de los límites geográficos del acuífero, desglosada por municipio (Figura 34).

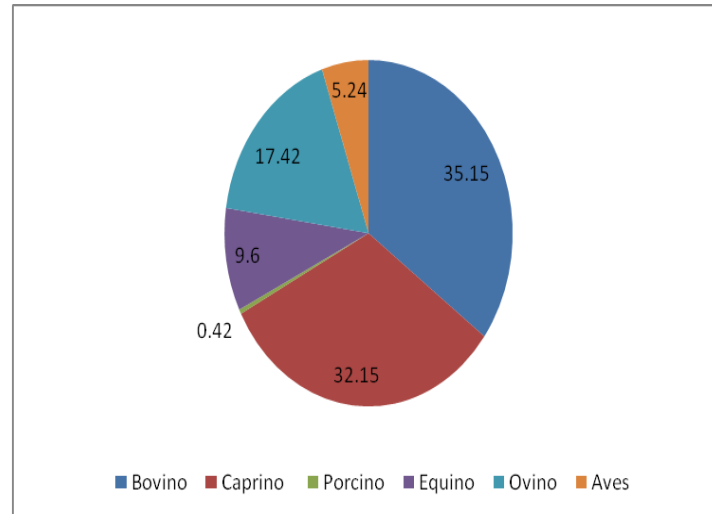
**Tabla 22. Población pecuaria y avícola que existe (2005), en el acuífero Cuatrociénegas-Ocampo.**

Municipio	Bovino <sup>a/</sup>	Caprino	Equino <sup>b/</sup>	Ovino	Porcino	Aves <sup>c/</sup>
Cuatrocienegas	7743	7082	2117	3838	93	1156



--	--	--	--	--	--

a/ Comprende bovino para leche y carne, b/ Comprende caballar, mular y asnal, c/ Comprende aves para carne y huevo



**Figura 33. Porcentaje de la demanda de agua utilizada para el consumo de la población pecuaria y avícola que existe en el acuífero.**

En relación con el valor de la producción pecuaria y avícola destaca en primer lugar la bovina la cual representó el 73.89% del valor total en el año 2005 dentro de la zona de estudio, seguida por la producción equina cuyo valor representó el 11% del total. En la tabla 23 se presenta el valor de la producción pecuaria y avícola en el acuífero.

**Tabla 23. Valor de la producción población pecuaria y avícola en el año 2005, en la zona de estudio (miles de pesos).**

Estado	Municipio	Bovino <sup>a/</sup>	Caprino	Equino <sup>b/</sup>	Ovino	Porcino	Aves <sup>c/</sup>	Total
Coahuila	Cuatrociénegas	40314	4957	5716	3454	74	46	54561

El consumo de agua por animal por día es variado y depende en gran medida del tipo de especie animal y del clima en donde habita, a continuación se presenta el consumo promedio por cabeza, por día y el consumo total por año que existe en la zona de estudio para el año de 2005.

#### 6. 2. 5. Uso industrial y servicios

El número total de aprovechamientos de tipo industrial titulados dentro de los límites geográficos del acuífero es nulo.

Dentro del territorio que comprende el acuífero en estudio, existen pequeñas unidades industriales dedicadas a la elaboración de productos alimenticios. En la obtención de cera de candelilla, esta actividad es incipiente, por lo que se puede concluir que no hay indicios de expansión en el sector industrial.

#### 6. 2. 6. Otros usos

El volumen concesionado en el REPDA para los usos múltiples, agroindustrial. Es de 0.16 Hm<sup>3</sup>. No se tiene forma de cuantificar la demanda real para estos usos, además de que no representan un volumen significativo en comparación con los que se extraen para satisfacer el uso agrícola y público-urbano, por lo que no se incluye su análisis.

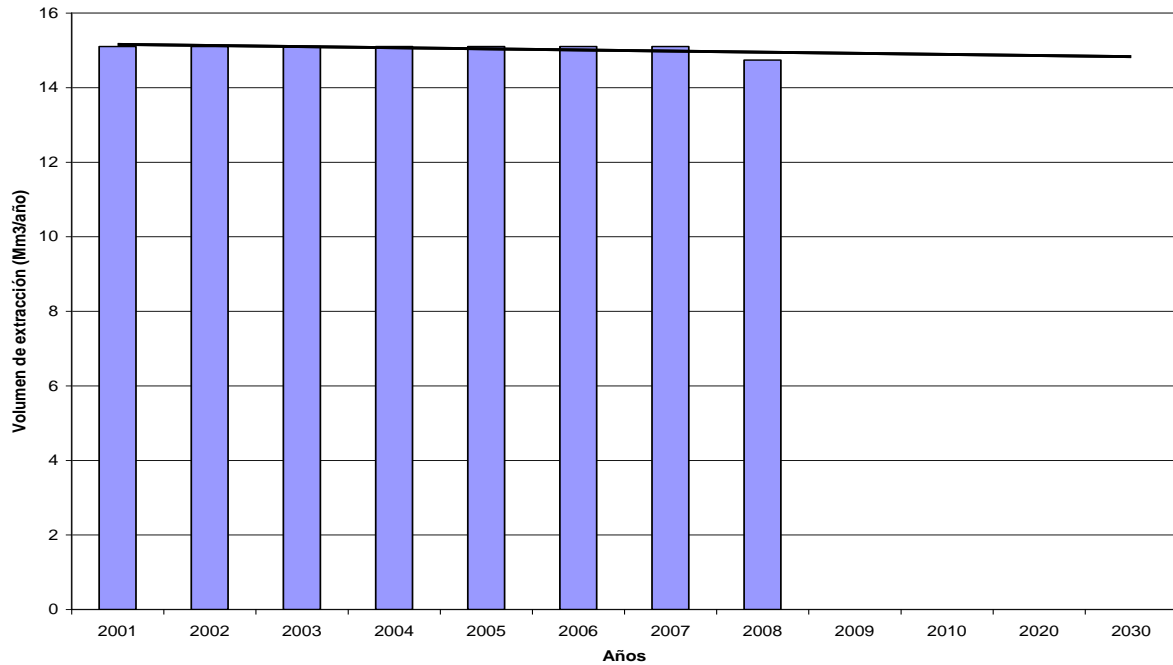
#### 6. 2. 7. Proyección de la demanda

Con el objeto de establecer los criterios para formular un escenario inercial y de acuerdo con los volúmenes de extracción reportados en los estudios previos, a continuación se presenta la metodología utilizada para realizar las proyecciones de la demanda para los usos agrícola, público-urbano, pecuario y otros (múltiple, doméstico y servicios).

Dado que en los estudios previos se confirmó que la tarifa de la energía representa un factor de gran importancia para la subsistencia de los cultivos, un criterio adicional consistió en un análisis estadístico del efecto de la profundización del nivel estático y de la tendencia de la tarifa de energía, sobre la factibilidad de uso del agua para la agricultura. A continuación se muestra la tendencia de la tarifa de acuerdo a la clasificación de los tipos de cultivo.

Cabe señalar que solo se cuenta con datos de los volúmenes de extracción estimados para los años 2001 y 2008, por lo que para el uso agrícola, se observa que existe una sola tendencia.

Considerando que esta tendencia se mantenga y con el objeto de realizar las proyecciones de la demanda para uso agrícola, se ajusta una función lineal como se puede observar en la siguiente figura 34:



**Figura 34. Proyección de la demanda agrícola (Hm<sup>3</sup>/año).**

### 6. 3. Descripción de escenarios

Los escenarios paramétricos tienen la función de predecir impactos en la hidrología subterránea bajo opciones de manejo que servirán para sensibilizar en términos cuantitativos a los usuarios del agua subterránea. En estos escenarios no se contemplan acciones concretas, sencillamente presuponen opciones de explotación típicas que nos darán una idea de la gravedad del problema de sobreexplotación y sus posibles soluciones.

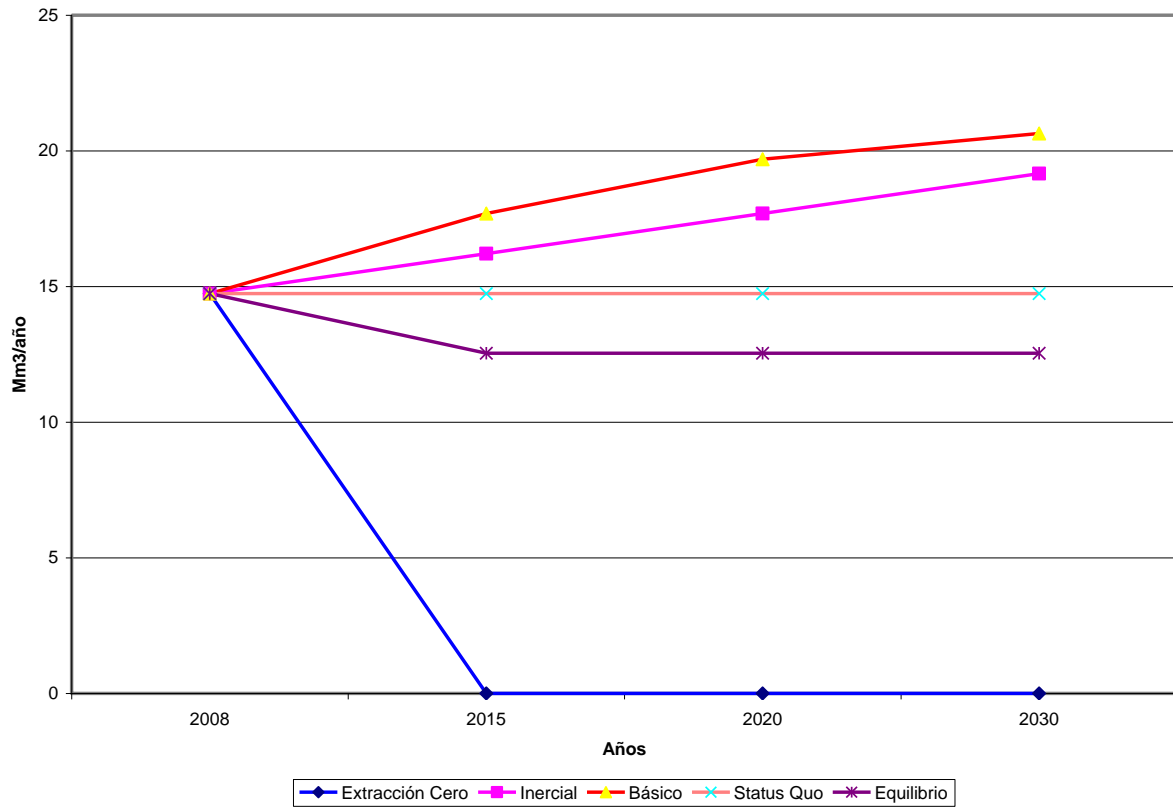
En cada escenario simulado se considera un análisis de predicción con tres periodos de esfuerzo, uno para cada horizonte de planeación (corto, año 2015; mediano, 2020 y largo plazo, año 2030).

A continuación se describe brevemente las consideraciones para cada escenario, así como se presentan las configuraciones resultantes:

- **Escenario 0. Condiciones iniciales.** Este es un escenario teórico en el que considera la extracción de agua subterránea de cada sector igual a cero, a fin de conocer las condiciones del acuífero antes de ser sometido a la extracción antropogénica.

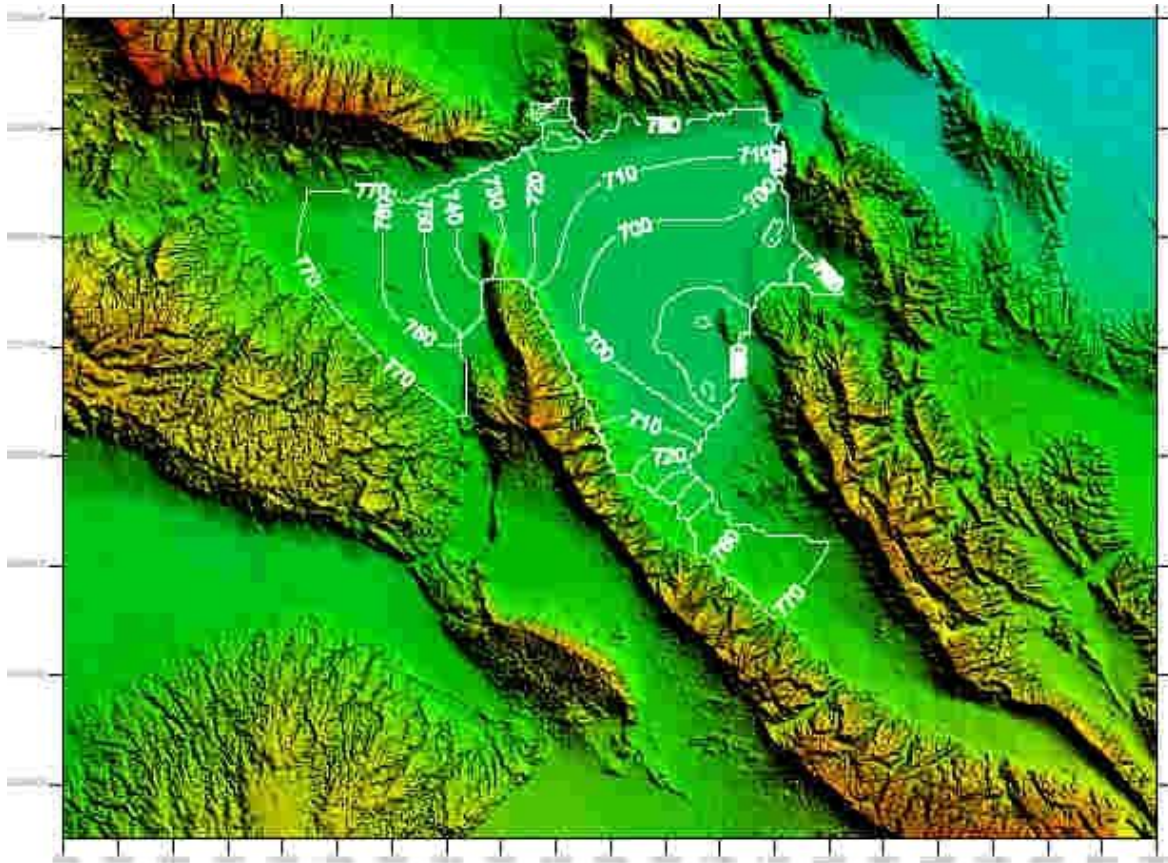
- **Escenario 1. Extracción cero.** Es un escenario teórico, que parte de la suposición de que las extracciones por bombeo, se detienen a partir del año 2008, lo cual implica una recuperación constante durante el periodo de análisis comprendido entre los años 2009-2030.
- **Escenario 2. Inercial.** Considera la tendencia de extracción del agua subterránea en función de las tendencias de crecimiento actuales registradas en 2008, para cada uso. Se usa para evidenciar los impactos en diferentes horizontes de tiempo si no consideramos ninguna acción de recuperación.
- **Escenario 3. Básico.** Para este caso se considera una libre extracción bajo el supuesto de que los usuarios tuvieran la capacidad para extraer todo lo que requieren del acuífero, representa la condición más crítica.
- **Escenario 4. Status Quo.** Considerando el “estado actual” de las extracciones registradas en 2008, se considera una extracción constante a partir del año 2009 hasta el 2030.
- **Escenario 5. Equilibrio.** Esta opción considera una extracción constante de la misma magnitud que el valor de la recarga natural hacia el acuífero durante el período de balance considerado (2001 – 2008).

En el siguiente gráfico se observa el resumen de extracciones para los diferentes escenarios.



**Figura 35. Evolución de la demanda para los escenarios paramétricos.**

Invariablemente los escenarios parten de las condiciones piezometricas observadas y calculadas en el año 2008, y consideradas como iniciales para las zonas de manejo establecidas con fines de análisis, tal como se muestra en la siguiente figura:



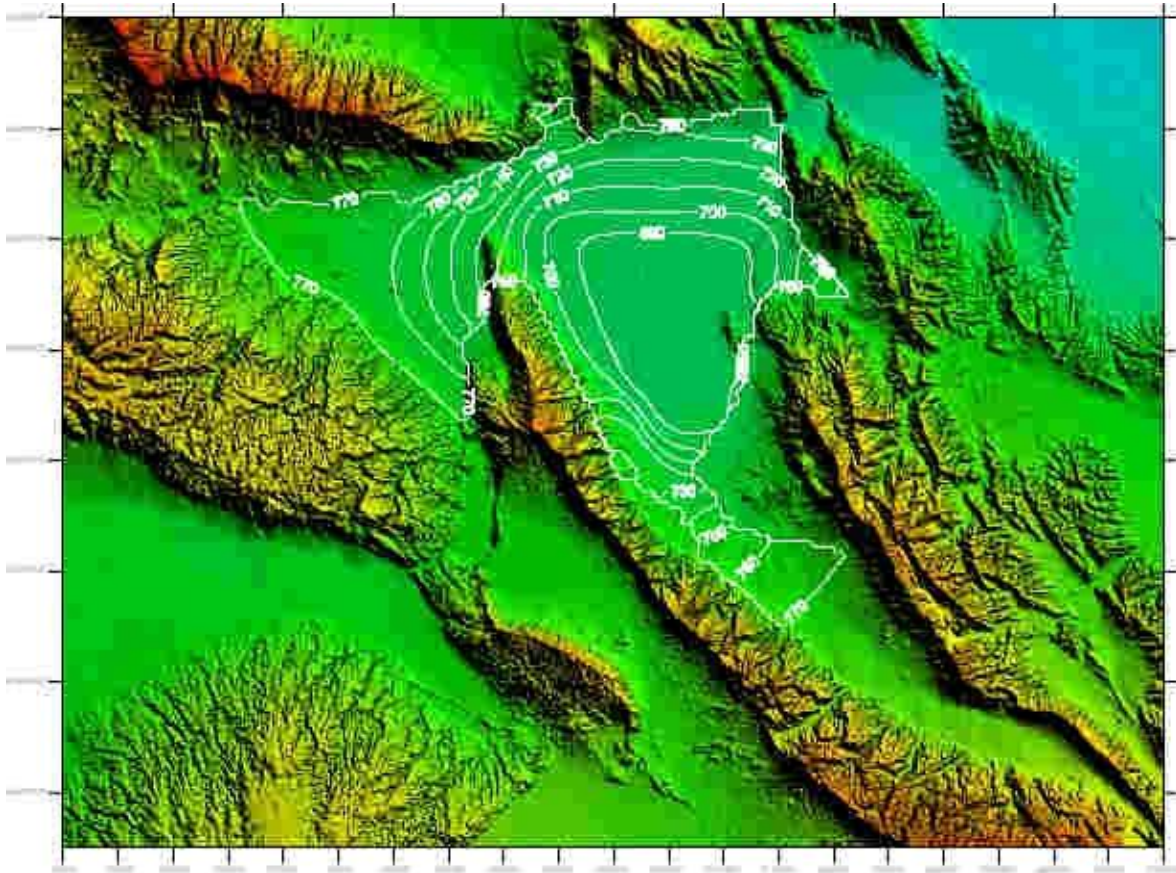
**Figura 36. Configuración piezométrica para el año 2008 (Condición inicial).**

En la configuración piezométrica 2008, considerada como la inicial para la modelación de los escenarios planteados, en general se observa que los niveles piezométricos fluctúan para la porción poniente de 740 a 770 msnm, respectivamente. En la porción oriente de la equipotencial 690 a 740 msnm.

#### 6.3.1. Escenario 0. Condiciones iniciales

Este es un escenario teórico en el que se considera la extracción de agua subterránea de cada sector igual a cero. Este escenario se simula con el propósito de conocer las condiciones del acuífero antes de ser sometido a la extracción antropogénica.

La configuración piezométrica resultante, se considera como de condiciones iniciales y la cual es considerada como representativa del año 1958 (figura 37).



**Figura 37. Configuración piezométrica inicial (1958).**

### 6.3.2. Escenario 1. Extracción cero

Esta condición parte del supuesto de que las extracciones por bombeo, se detienen a partir del año 2008, lo cual implica una constante recuperación durante el periodo 2009 – 2030.

La recuperación anual, de acuerdo con las condiciones de balance, tendría como efecto una reducción de la profundidad de bombeo. Esta respuesta se acentuaría en la zona de bombeo ubicada al oriente y norte del acuífero, lugar donde se concentra la mayor intensidad de extracción actual. En la figura 38, se puede observar la configuración de la elevación del nivel estático resultante.

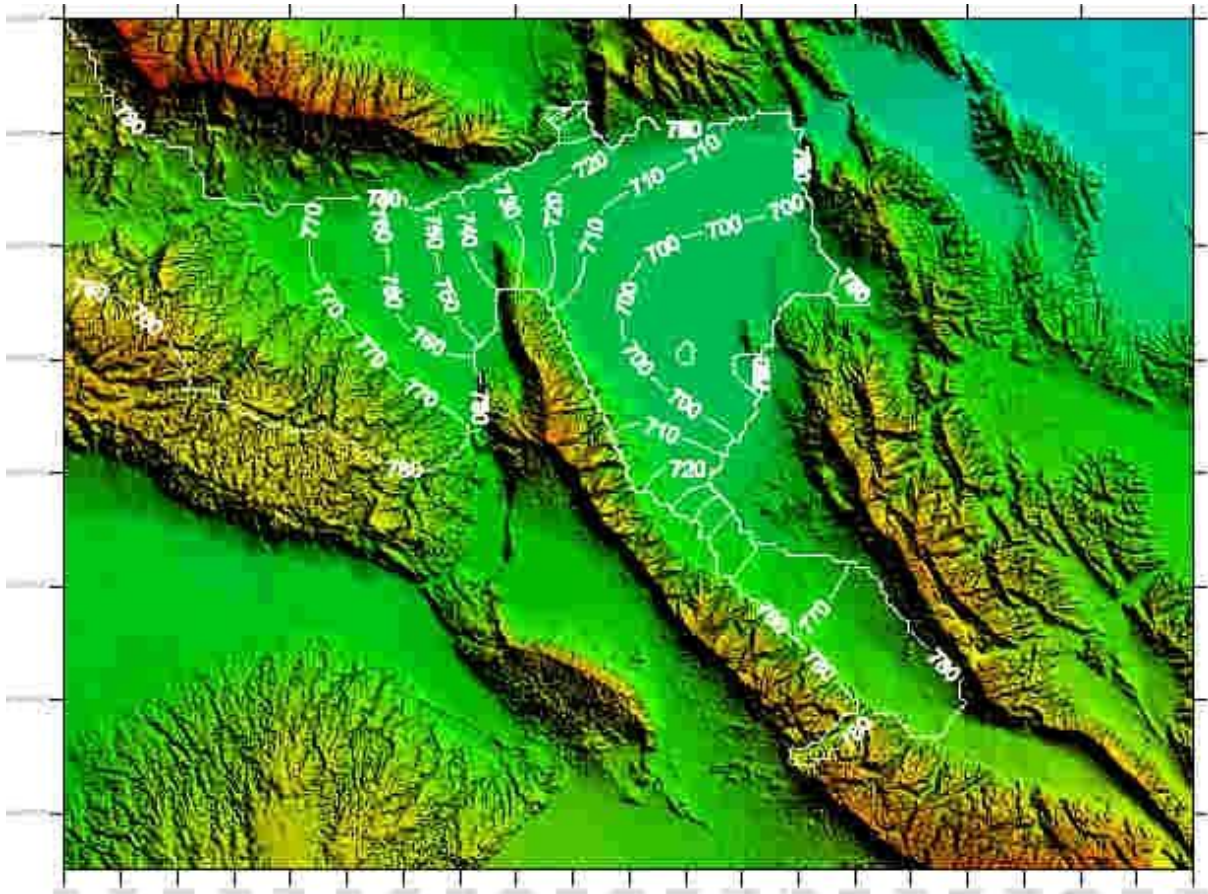


Figura 38. Escenario 1 “extracción cero”, año 2030.

En la tabla, se muestran los caudales y profundidad al nivel dinámico resultante:

**Tabla 24. Volumen de extracción para el escenario “extracción cero”.**

Usos/años	2008	2015	2020	2030
Agrícola	12.21	0	0	0
Publico-urbano	2.29	0	0	0
Pecuario	0.08	0	0	0
otros	0.16	0	0	0



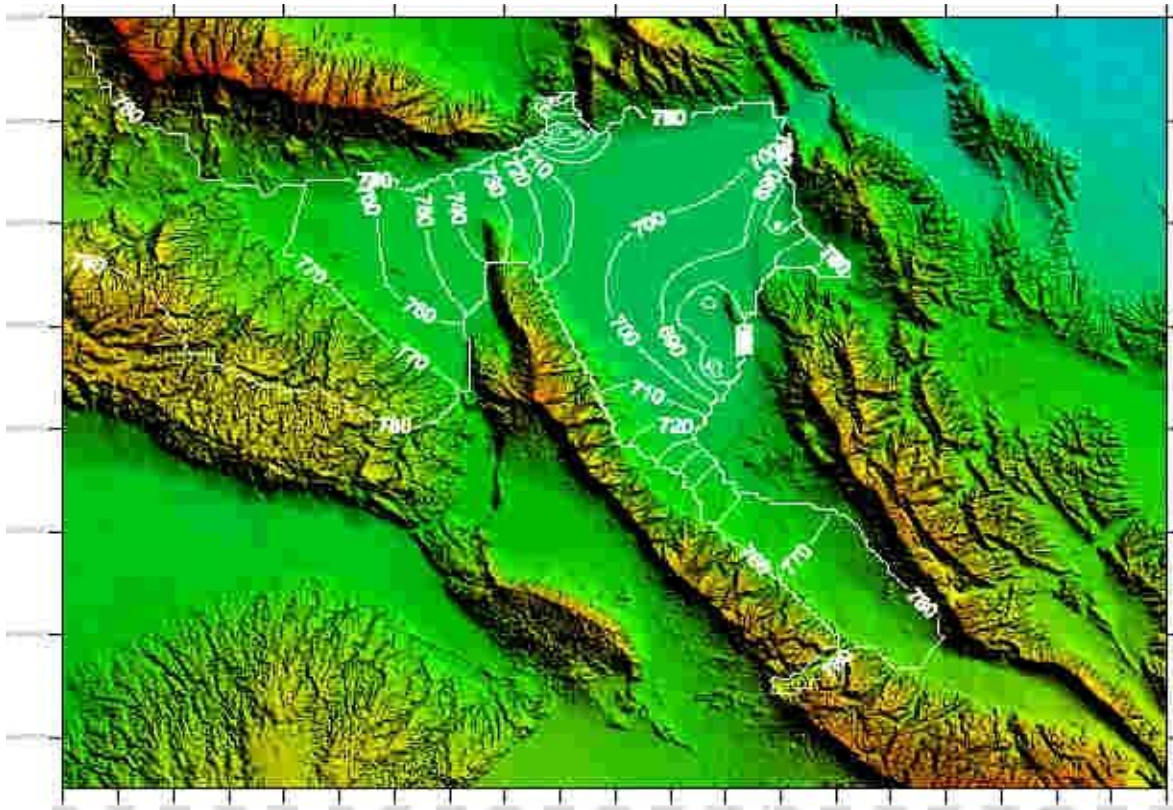
Total	14.74	0	0	0
ND (m)	30.60	16.49	15.97	14.87

La condición de extracción “cero” es una condición exclusivamente teórica, que permite ver, por ejemplo, el tamaño del problema actual, si consideramos los efectos de un alto total al bombeo.

### 6. 3. 3. Escenario 2. Condición inercial

Esta condición reconoce que aún cuando el bombeo para fines agrícolas va a la baja debido a la modernización hidroagrícola y al incremento del costo de bombeo, el incremento global de las extracciones aumentará en aproximadamente un 10%, 20% y 30% para los años 2015, 2020 y 2030, respectivamente. Lo anterior se supone se debe a la apertura de nuevas tierras para zonas de cultivo y la consecuente perforación de nuevos pozos.

A continuación en la figura, se muestra la configuración piezométrica calculada para este escenario en el año 2030.

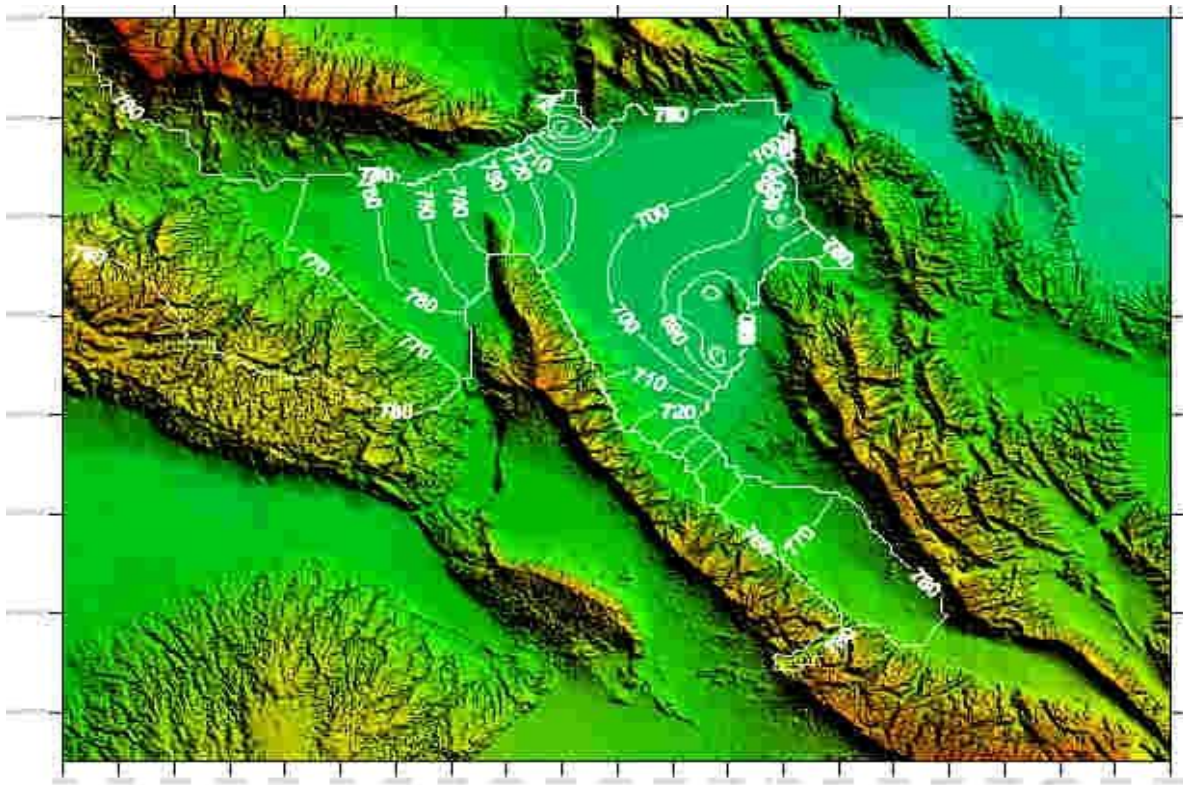


**Figura 39. Escenario inercial, año 2030.**

#### 6. 3. 4. Escenario 3. Básico

Para satisfacer el total de las demandas implicaría posiblemente incrementar la magnitud actual de las extracciones para regar el total de la superficie potencialmente regable; sin embargo, para este escenario se considera simplemente la extracción de un volumen de agua creciente en proporciones de 20%, 30% y 40% para los años 2015, 2020 y 2030, respectivamente.

En la figura 40, se muestra la configuración calculada para el año 2030. El resultado de la simulación muestra que bajo estas condiciones, el balance del acuífero no deja de ser negativo y por consiguiente se acentúan los impactos de la sobreexplotación.



**Figura 40. Escenario básico, año 2030.**

Este escenario resulta el que representa una máxima extracción – más que en el inercial -, ya que se hace el supuesto de que la extracción agrícola continúa en aumento.

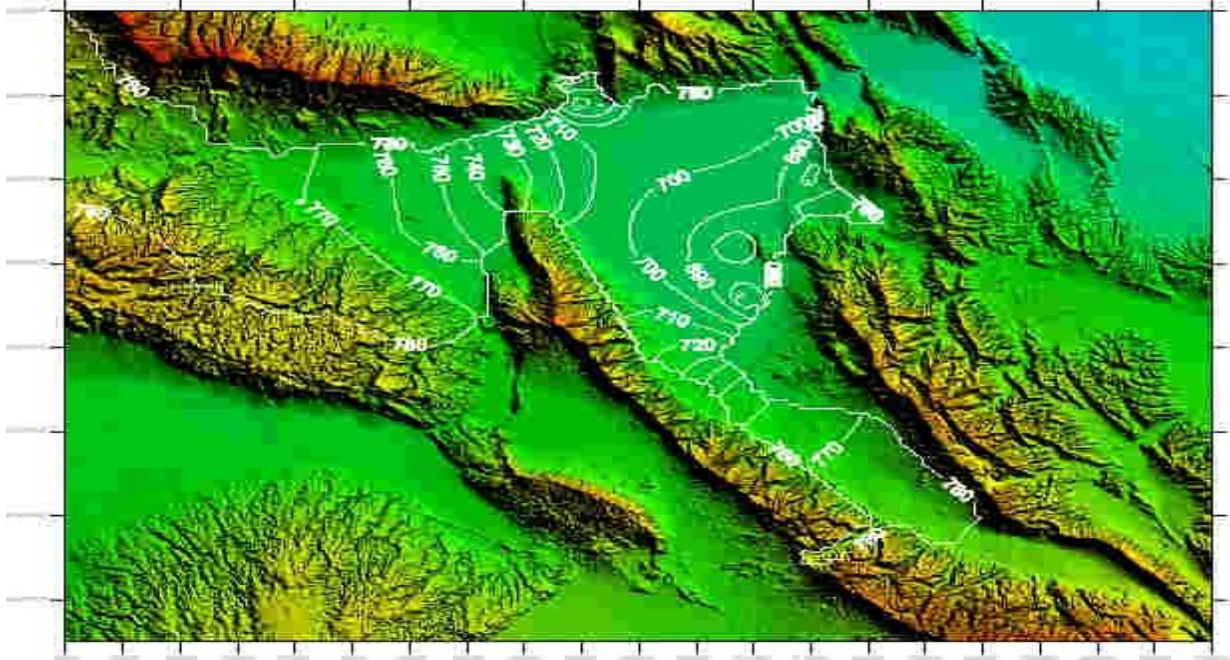
Los efectos sobre el comportamiento de los niveles piezométricos, es mas acentuado que en el inercial.

#### 6.3.5. Escenario 4. Status Quo

En el escenario Status Quo, se contempla una extracción constante y equivalente a la actual, lo que causa consecuencias comparables a un escenario inercial, aunque ligeramente menores.

Esta condición resulta claramente no sustentable. La profundización del cono de abatimiento en la zona norte y oriente del acuífero se extiende en mayor magnitud.

En la figura 41, se muestra la configuración calculada para el año 2030. El resultado de la simulación muestra que bajo estas condiciones, el balance del acuífero no deja de ser negativo y por consiguiente se acentúan los impactos de la sobreexplotación.



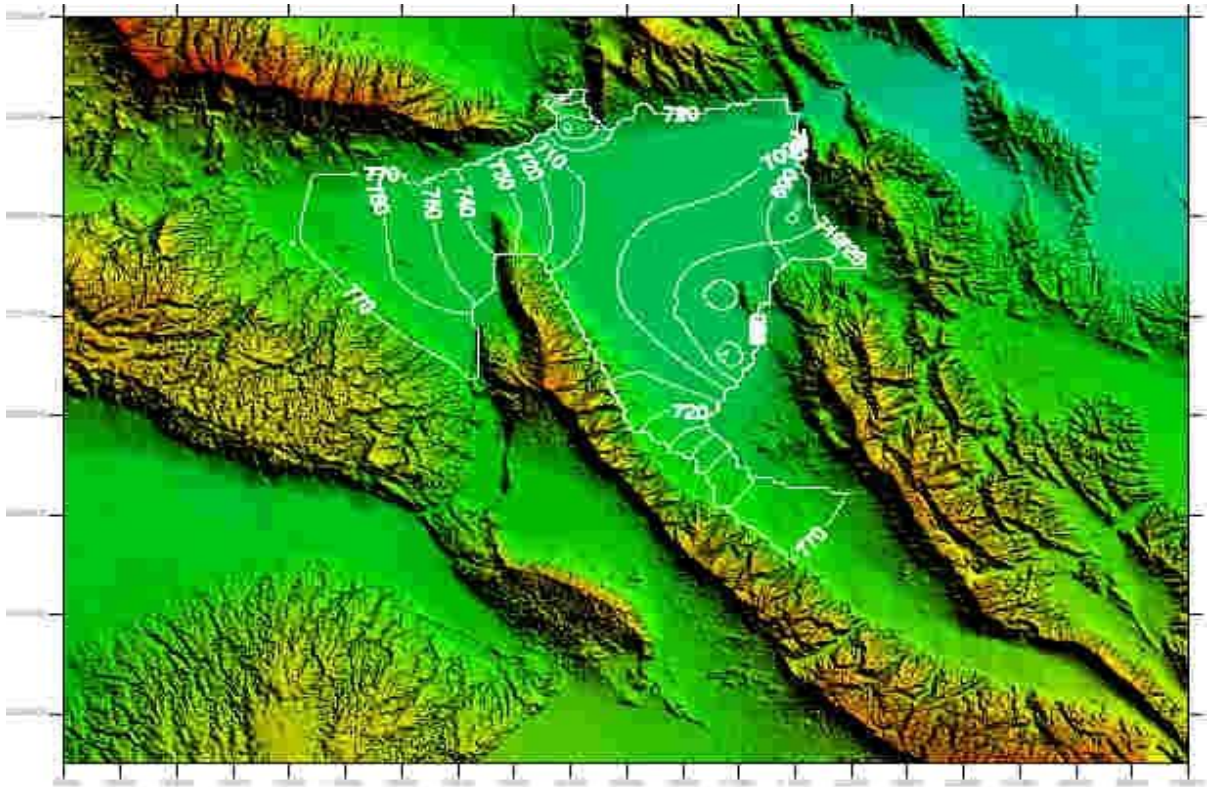
**Figura 41. Escenario Status Quo, año 2030.**

Este escenario representa el estado actual de explotación del acuífero y muestra la tendencia de los niveles estáticos de mantener este régimen de explotación. De este modo, la demanda para los distintos se mantiene estable.

#### 6.3.6. Escenario 5. Equilibrio

El escenario de equilibrio constituye una condición hipotética, para la cual se supone que a partir del año 2009 resulta factible reducir súbitamente la magnitud de las extracciones en  $2.2 \text{ Mm}^3/\text{año}$ , con lo cual el bombeo sería equivalente a  $12.54 \text{ Mm}^3/\text{año}$ , y con lo cual las entradas igualarían a las salidas y por lo tanto el acuífero se mantendría en equilibrio.

La condición de equilibrio en realidad podría alcanzarse con una extracción ligeramente mayor, bajo el supuesto de que existe una recarga inducida (y la habrá en el futuro), que se reducirá parcialmente debido a la reducción de extracciones y al incremento de la eficiencia en el patrón de consumo.



**Figura 42. Escenario de equilibrio, año 2030.**

Como es de esperarse, este escenario tiene como efecto una recuperación de los niveles piezométricos en la generalidad del acuífero, así como una disminución de los conos de abatimiento. La condición de equilibrio representada a través del modelo matemático, considera únicamente la reducción de las extracciones en todos los aprovechamientos, sin considerar una desconcentración de extracciones en zonas críticas, lo que permite confirmar que la reducción de extracciones no es una solución óptima para recuperar el nivel en las zonas de máxima sobreexplotación local.

#### 6.3.7. Escenario 6. REPDA

Cabe señalar que el escenario que considera la extracción de agua subterránea inscrita en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), sirve de referencia para analizar el impacto en el acuífero en el caso de que los usuarios regularizados administrativamente pretendan ejercer el total de su derecho de extracción.

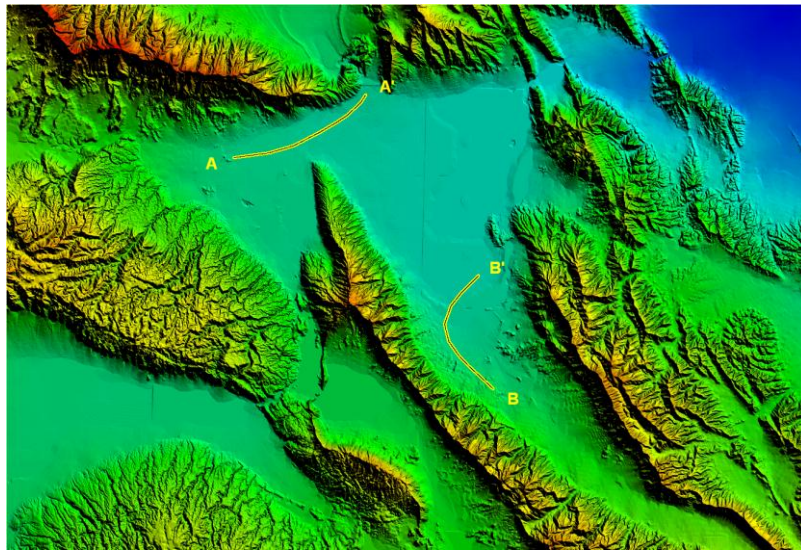
En el caso del acuífero Cuatrociénegas, por su condición de estar ubicado en una zona de libre alumbramiento de aguas del subsuelo, puede no reflejar el total de aprovechamientos inscritos así como los volúmenes concesionados, por lo cual no se realiza la simulación de este escenario.

### 6. 3. 8. Escenario 6. REPDA

El escenario que considera una reducción en las extracciones mediante la máxima tecnificación, tampoco se realiza debido a que durante los Talleres de Planeación realizadas con el COTAS y involucrados en el manejo del agua, se les preguntó acerca de la tecnificación agrícola y algunos de los representantes de los principales ranchos como Ampuero, Guadalupe, La Luz y otros mencionaron que ya habían utilizado técnicas como la cintilla y que les resultaba incosteable el mantenimiento y reparación de sus componentes debido al daño causado por los “topos” y que el método o técnica que si funciona es el de aspersores y pivotes. Por lo que para propósitos prácticos consideramos que la condición actual tiene implícita una “máxima tecnificación”. Esta condición no excluye a los propietarios de algunos ranchos que no tienen “pivotes” y que puedan ser beneficiados por algún programa de ayuda al campo.

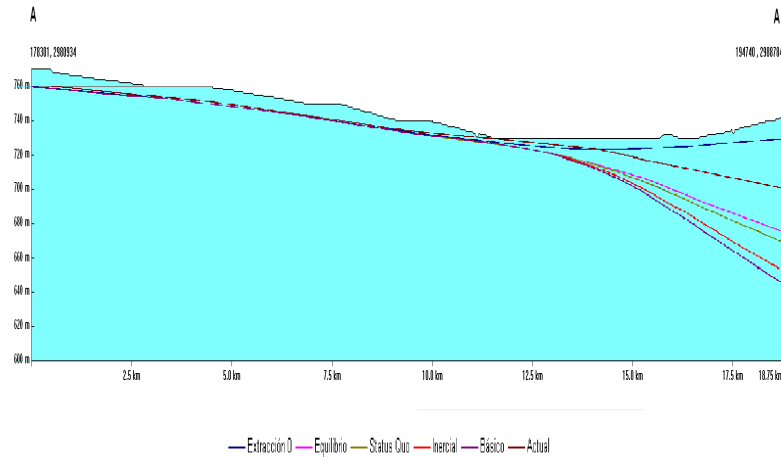
### 6. 3. 9. Análisis de los escenarios

Una forma de visualizar los escenarios, es mostrando una sección transversal, donde se muestren los abatimientos y recuperaciones, como se muestra en la línea de sección de la figura 45:



**Figura 43. Secciones para el análisis piezométrico de escenarios**

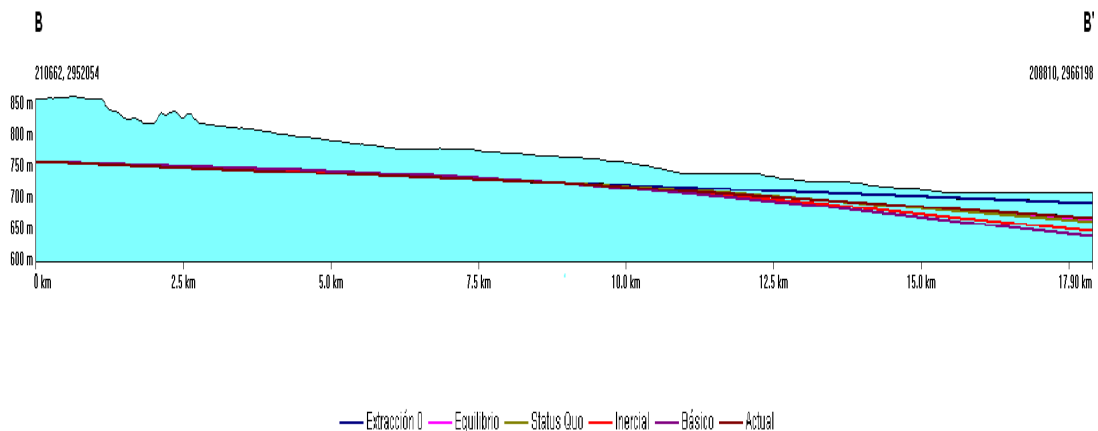
La sección A-A', se orienta de Suroeste a Noreste aproximadamente, y señala la elevación del nivel estático en la zona crítica 1, ubicada al norte del poblado de Cuatrociénegas. Cabe señalar que el comportamiento observado, se produce por la concentración de pozos y los cuales se encuentran emplazados cerca de una frontera impermeable (Zona del Cañón). En la figura 44 se muestra la sección y se observan las tendencias producidas por el bombeo simulado ante las diferentes políticas de operación del acuífero. Como es de esperar, la condición más crítica se reproduce bajo el escenario básico.



**Figura 44. Comportamiento piezométrico de los escenarios simulados.**

La sección B-B', se orienta de Sur a Norte aproximadamente, y señala la elevación del nivel estático en la zona crítica 2, que se ubica al sureste del poblado de Cuatrociénegas.

Esta zona crítica 2, se produce por el bombeo de pozos ubicados en el Ejido El Venado y Rancho Las Carpas. En la figura 45 se muestra la sección y se observan las tendencias producidas por el bombeo simulado ante las diferentes políticas de operación del acuífero.



**Figura 45. Comportamiento piezométrico de los escenarios simulados.**

El análisis de los escenarios mediante los costos económicos debidos a la sobreexplotación, se hace utilizando la metodología seguida en el capítulo 8 Costos económico ambientales por la sobreexplotación del acuífero.

Con los niveles resultantes de cada uno de los escenarios, se calcula el costo del agua, el costo por la sobreexplotación y el beneficio neto.

El comparativo de escenarios se realizó para cuatro condiciones representativas: Status Quo, Inercial, Básico y Equilibrio.

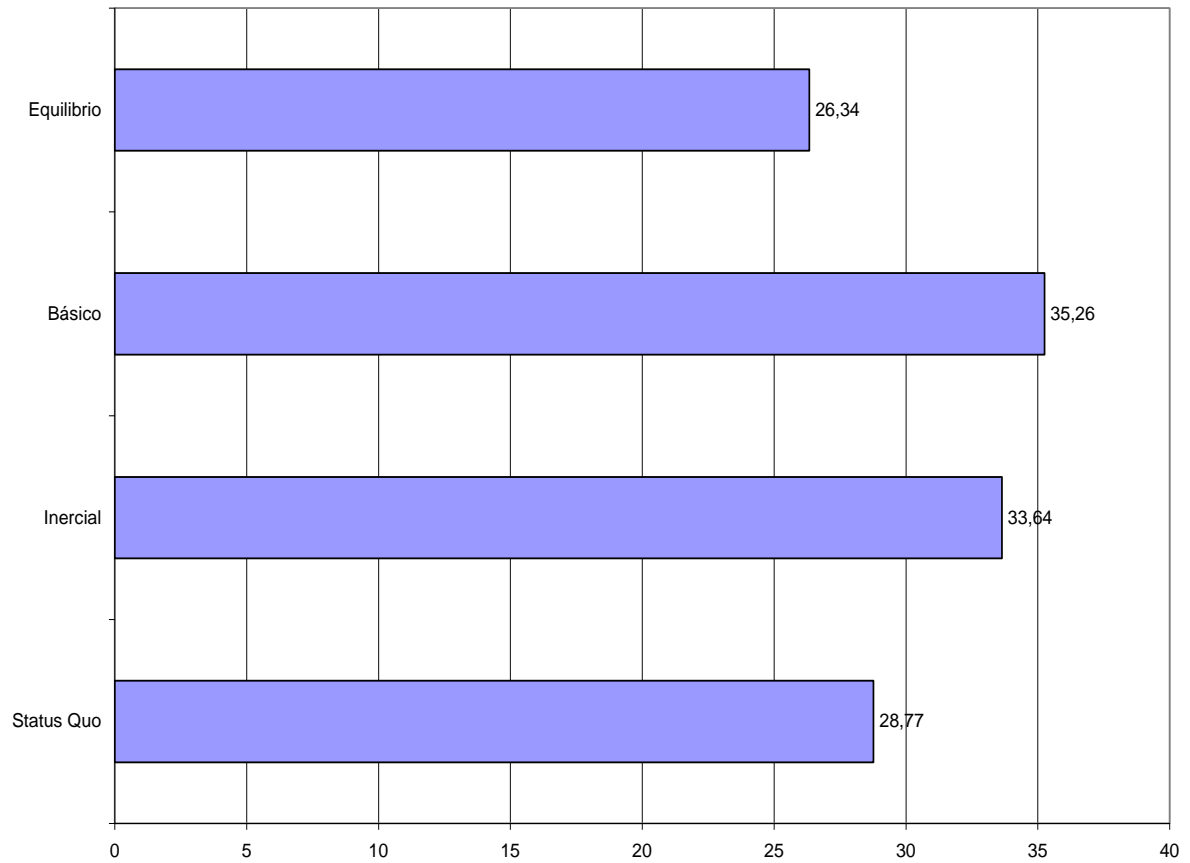
La evaluación del costo de los escenarios parte de la comparación de cada escenario con el escenario de Equilibrio, con el cual se busca la estabilización del acuífero. Dado que estos escenarios son paramétricos, el costo del proyecto de manejo del acuífero se estima en forma parcial.

Dado que la evaluación de costos económicos ambientales, considera el período 2001-2008, la diferencia de los costos representa el sobre costo con respecto al equilibrio. De tal manera que la metodología puede resumirse de la siguiente manera:

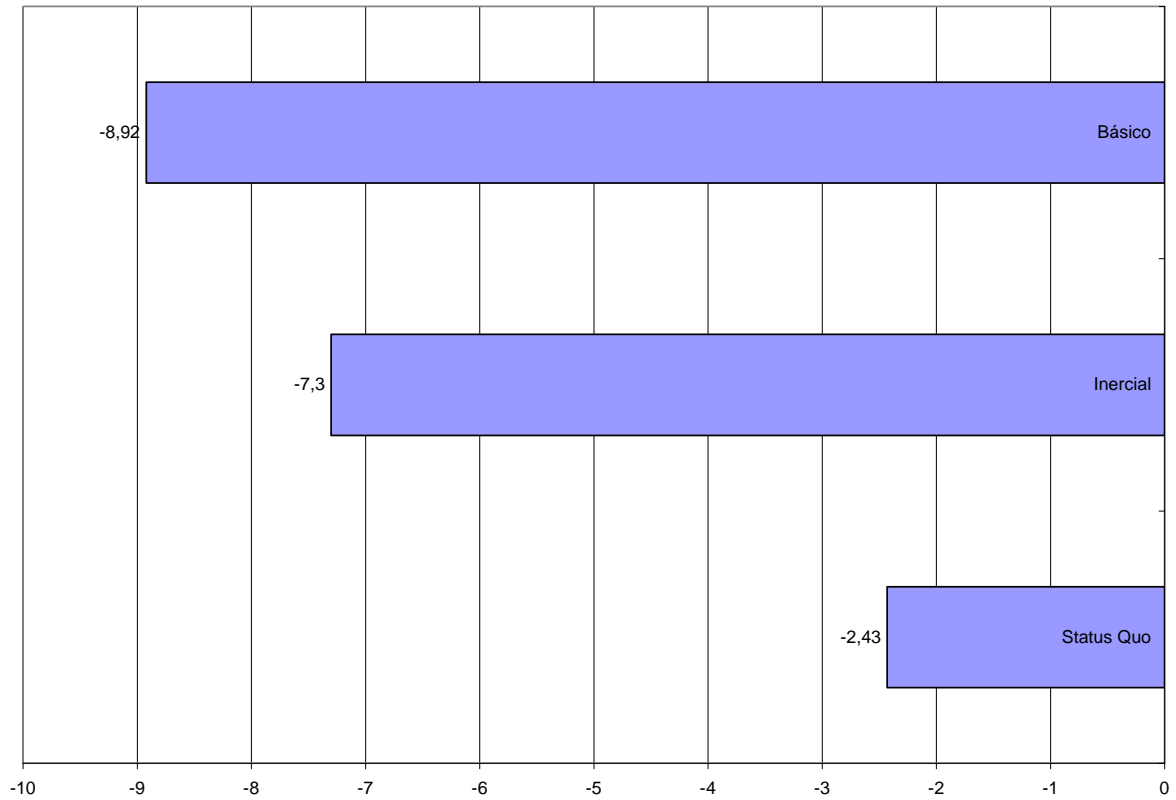
- (A) Corresponde al costo de otro escenario con respecto a equilibrio histórico y actual
- (B) Es el Costo del escenario de equilibrio, que produce la estabilización del acuífero.
- (B) – (A) Es la diferencia de costos de otro escenario con respecto al escenario de equilibrio

La comparación de los escenarios se realizó para cuatro condiciones representativas, como se muestra en la siguiente figura:





**Figura 46. Beneficio neto de cada alternativa para el año 2030 (M\$/año).**



**Figura 47. Beneficio neto de cada alternativa (B-C), para el año 2030 en M\$/año.**

## 7. PLAN DE MANEJO

El Plan de manejo integrado para el aprovechamiento sostenible del agua en el acuífero Cuatrociénegas, considerando como objetivo superior “Impulsar el desarrollo de la región” y como objetivo del plan “tener un manejo adecuado del acuífero”.

El objetivo superior pretende garantizar el desarrollo sustentable de la región a través de un manejo adecuado de los recursos naturales, en especial el hídrico, con acciones bien definidas desde el punto de vista técnico, económico y social.

El objetivo del proyecto busca que a través de una serie de actividades se alcance la estabilización del acuífero, para asegurar el abastecimiento de agua de tal manera que no se frene el desarrollo sustentable que se requiere.

De acuerdo con lo antes mencionado, a continuación se hace una descripción de las principales actividades que integran cada uno de los objetivos estratégicos seleccionados, en la concertación del Plan de manejo integrado para el aprovechamiento sostenible del agua en el acuífero Cuatrociénegas.

### 7. 1. Descripción de objetivos estratégicos

El objetivo central a largo plazo lo constituye el manejo sostenible del acuífero, para asegurar el desarrollo social, económico y ambiental de la región.

En el corto plazo los objetivos del Plan de Manejo son:

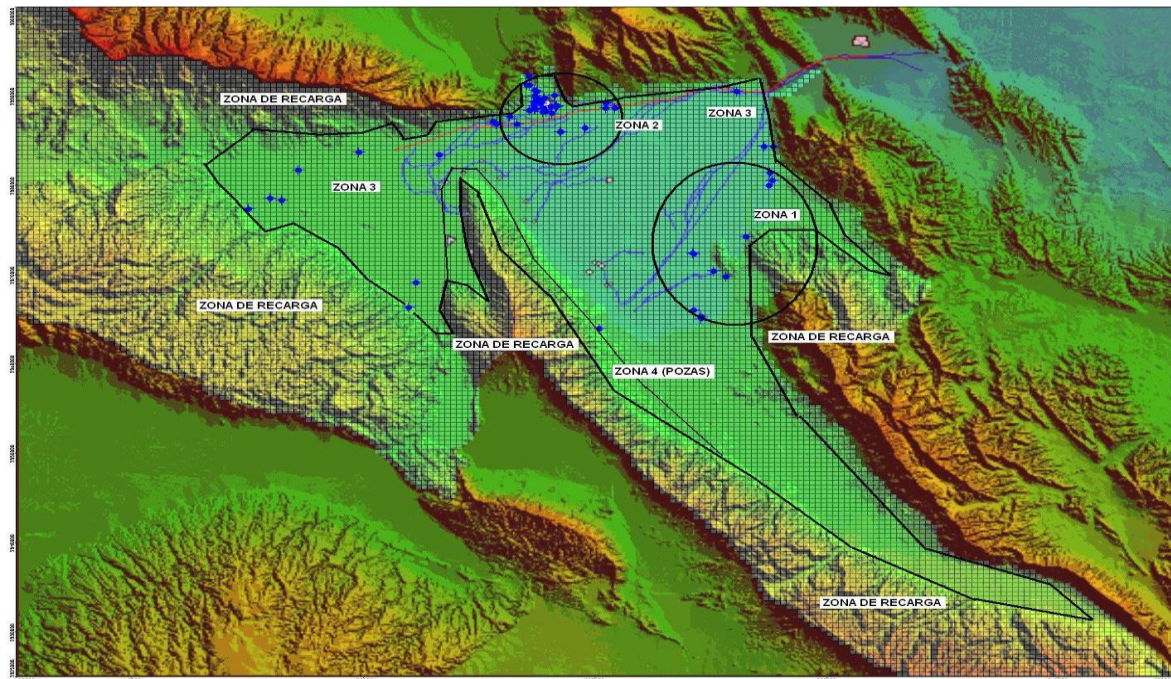
1. Conferir un mayor valor al agua, a partir del cual se aproveche el agua tratada y de primer uso para los fines que la demandan.
2. Incrementar la productividad global del agua.
3. Asegurar el abastecimiento a las poblaciones rurales y al campo.
4. Reducir la extracción de agua subterránea, principalmente del uso agrícola.

### 7. 2. Descripción de las líneas de acción

En el año 2008, la CONAGUA Dirección Local Coahuila a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, realizó un taller de planeación participativa donde el Comité Técnico de Aguas Subterráneas y demás involucrados propusieron las acciones para el plan de manejo del acuífero. Estas propuestas fueron revisadas, priorizadas y completadas para la integración del Plan de Manejo del acuífero Cuatrociénegas.

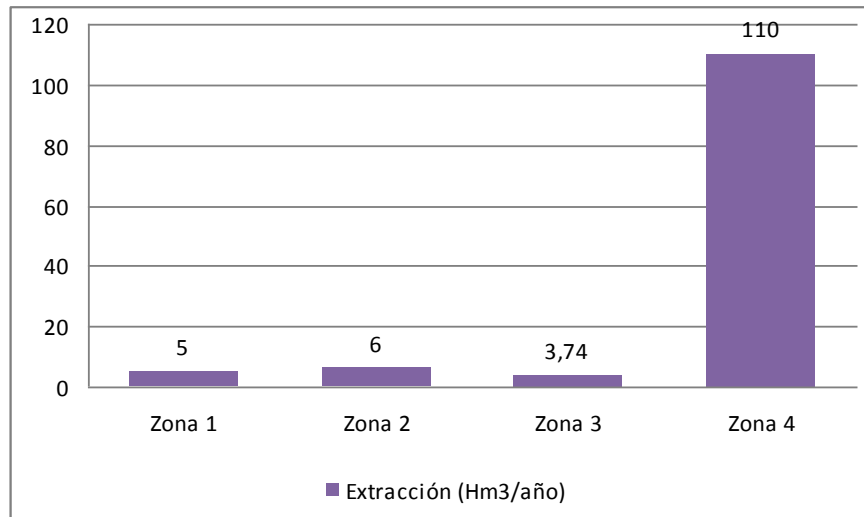
Para comprender mejor el funcionamiento del acuífero Cuatrociénegas, este fue analizado en 5 zonas que corresponden a límites definidos mediante la intensidad de extracción, límites hidrogeológicos y la poligonal del acuífero, (figura 48), dentro de las cuales se incluye el Área Natural Protegida (Zona 4). A continuación se describen:

1. **Zona 1.** Ubicada al oriente del acuífero, concentra pozos (3), los cuales se destinan al uso agrícola, con un volumen de extracción de, aproximadamente 5 Hm<sup>3</sup>/año, lo que hace que sea una zona de alta intensidad de extracción del acuífero, así como donde se presentan los máximos abatimientos.
2. **Zona 2.** Esta zona se ubica al norte del acuífero, en la vecindad del Cañón y en donde se tiene pozos para uso agrícola, que extraen un volumen de aproximadamente 6 Hm<sup>3</sup>/año.
3. **Zona 3.** Corresponde a toda la zona donde se tienen aprovechamientos dispersos, que extraen un volumen aproximado de 3.74 Hm<sup>3</sup>/año.
4. **Zona 4.** Corresponde a la zona donde se tienen la ocurrencia de manantiales que se denominan “pozas” y que corresponde aproximadamente al Área Natural Protegida, el volumen descargado (IMTA, 2008) es de aproximadamente 110 Hm<sup>3</sup>/año.
5. **Zona 5.** Zona de recarga, la se representa la periferia del Valle, formaciones geológicas de rocas calcáreas; aquí ocurre la mayor parte de la precipitación y del escurrimiento que contribuyen a recargar el acuífero.

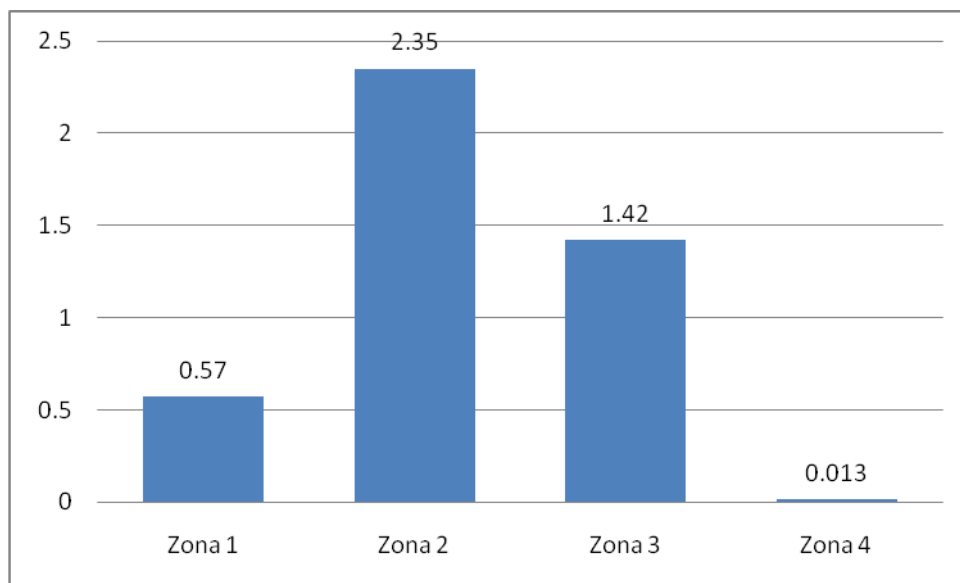


**Figura 48. Zonas de manejo en el acuífero Cuatrociénegas-Ocampo.**

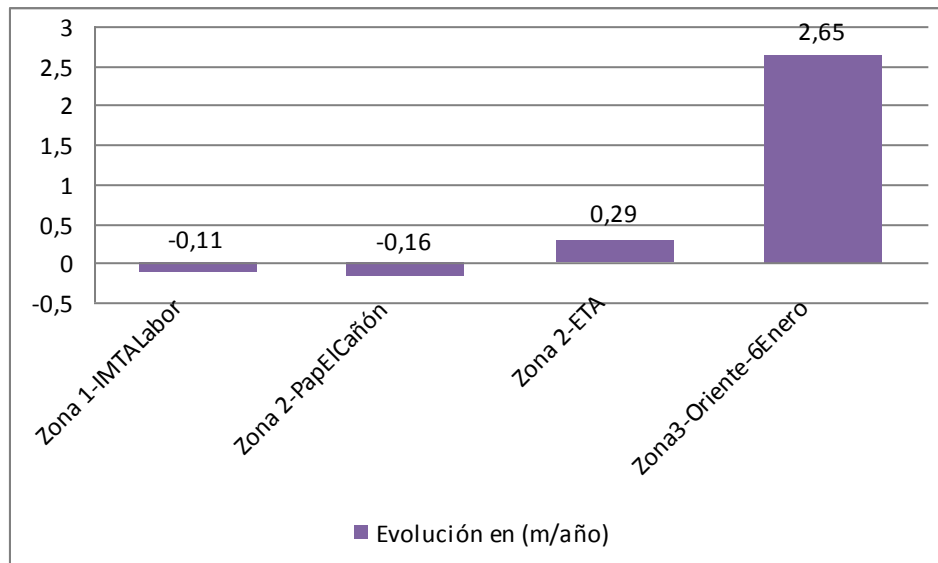
En los siguientes gráficos se muestran algunos indicadores comparativos de cada una de las zonas de manejo, a partir de los cuales se explica y definen posteriormente acciones específicas.



**Figura 49. Extracción por zonas de manejo.**



**Figura 50. Densidad de extracción por zonas de manejo (Hm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>).**



**Figura 51. Abatimiento promedio por zona (m/año).**

### 7. 3. Estructura general del Plan de manejo integral

El Plan de Manejo en su estructura considera cuatro principales grupos de acciones:

1. Acciones básicas, requeridas para fundamentar y gestionar los proyectos. Se dividen en cinco principales bloques: observancia de la ley, suficiente cultura ambiental, administración eficiente del agua, uso eficiente del agua, disminución de la contaminación del acuífero.
2. Los proyectos específicos para reducción de la demanda e incremento de la productividad.
3. Acciones de apoyo, que permitirán dar continuidad y condiciones favorables a las acciones permanentes. Estas se clasifican en: control y vigilancia, organización social e institucional y gestión y reorientación de programas de apoyo.
4. Protección de la calidad del agua y de áreas de recarga,

La descripción del plan se resume en el siguiente diagrama y posteriormente se detallan las acciones en general y las propuestas específicas por zona.



Figura 52. Estructura general del Plan de manejo

### 7. 3. 1. Acciones básicas

Para poder realizar las obras hidráulicas, la modernización de infraestructura y el resto de los proyectos y obras, es necesario que previamente existan: organización, compromiso social, recursos financieros y proyectos con solidez técnica.

El Comité Técnico de aguas subterráneas puede hacer la diferencia, pues entre sus funciones se encuentra la gestión de los proyectos y la organización de la sociedad para lograrlos.

#### 7. 3. 1. 1. Observancia de la ley

- i) Conocimiento de la LAN. Parte fundamental del Plan de manejo serán los aspectos legales sobre el uso del agua y su preservación. Por lo tanto, es indispensable la difusión de la ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, complementado con disposiciones estatales y de otras dependencias, en particular la Ley de Equilibrio Ecológico (LEGEEPA). Asimismo, la difusión de los planes y programas federales y estatales de desarrollo.

- ii) Aplicar, difundir, elaborar el reglamento del acuífero. Este documento, en principio plantea el plan de sustentabilidad del acuífero, con sus diferentes políticas de manejo sobre el uso y aprovechamiento del agua en la zona de estudio, por lo que puede servir de base para la formulación y consenso del futuro reglamento del acuífero.

Por lo antes mencionado, será importante divulgar las acciones y resultados de este estudio, para iniciar las pláticas de consenso sobre la propuesta y elaboración del reglamento del acuífero con los usuarios y las instituciones involucradas. Actividad en que el COTAS tendrá un papel importante.

Una vez consensado y aprobado por la mayoría de los usuarios el reglamento, será publicado en el Diario Oficial de la Federación para su aplicación.

#### 7. 3. 1. 2. Suficiente cultura ambiental

##### **Suficientes programas educativos en los distintos niveles.**

Algunas actividades se están llevando a cabo por parte de dependencias como la Comisión Nacional del Agua, los organismos operadores de los sistemas de abasto a poblaciones, las universidades y las autoridades municipales, entre otras. Por lo que será importante contar con información de estos programas, antes de iniciar cualquier actividad en este sentido, estos programas deberán estar complementados con las ideas que se presentan a continuación.

Sin olvidar, que esta acción consiste básicamente en lograr el ahorro del agua en el sector público urbano, se deben dar a conocer las ventajas del ahorro del agua, sobre una disminución en los pagos de los servicios, resaltando el ahorro en aspectos económicos.

En el sector agrícola, se debe resaltar el ahorro del agua en función de la disminución del pago de energía eléctrica, al ocupar menor volumen.

##### **Suficiente difusión de la problemática actual y futura del agua**

A partir de las estimaciones realizadas en el presente estudio, se puede iniciar la difusión de la problemática de la disponibilidad y el uso que se le da al agua. Actualmente existe un déficit en el balance del acuífero de alrededor de 1 Mm<sup>3</sup>/año, volumen que proviene del almacenamiento subterráneo y que de seguir con esta tendencia, la disponibilidad se verá disminuida con los sabidos daños colaterales que provoca la sobreexplotación.



## **Crear conciencia del uso racional del agua**

Entre los aspectos a divulgar para crear conciencia sobre el uso racional, es dar a conocer como poblaciones que contaban con el recurso hídrico en abundancia o con una calidad de agua que cumplía con las normas establecidas por la secretaria de salud (SSA) o para diversos usos, actualmente se encuentran en una situación crítica de abastecimiento en cuanto a cantidad y calidad.

La conciencia sobre el uso racional del agua, debe ser implantada en toda la población y en forma más acentuada en la edad escolar.

## **Difundir el costo del agua**

La falta de cultura del agua y la ausencia de una administración racional del recurso que tuviera en cuenta las reservas necesarias para las generaciones futuras, redujeron la disponibilidad y se propicio el deterioro de la calidad del agua.

Esta en boga que el usuario pague por el agua que consume un precio real que, a su vez, refleje las grandes inversiones necesarias para recuperar los recursos hídricos, suministrar agua potable, alejar las aguas residuales y tratarlas para su reúso, reducir la sobreexplotación del acuífero, etc.

Bajo este contexto, el costo del agua se puede medir a través del beneficio que se recibe por su uso. En el sector agrícola oscila entre 1.27 \$/m<sup>3</sup> y 1.30 \$/m<sup>3</sup>, bajo el contexto de políticas de subsidio, sobre todo el de energía y el de pro-campo.

## **Cultura del agua en el sector público-urbano**

Promover el ahorro del agua. Actualmente, existe un desconocimiento acerca de aparatos y dispositivos ahorradores de agua, ante esta problemática los Organismos Operadores de los servicios de abasto jugaran un papel importante, al investigar la existencia de los diferentes productos existentes en el mercado y recomendar el uso de estos.

El aspecto anterior deberá ser complementado con los costos de los dispositivos y los beneficios que generen en el pago de los servicios.

## **Promover cambios de hábitos para disminuir el desperdicio del agua**

Es necesario que la población cambie de hábitos en cuanto al uso y aprovechamiento del agua, de tal manera que tome conciencia que es un recurso escaso, que debe utilizarse solo para cubrir sus necesidades y no realizar un desperdicio o mal uso.

## **Promover muebles y enseres ahorradores de agua**

Los avances tecnológicos en materia de dispositivos de control, para utilizar en forma limitada y eficaz el agua en las instalaciones hidráulicas domésticas, comerciales, industriales y de servicios, han permitido diseñar muebles y accesorios ahorradores de agua. Por lo antes mencionado, es necesario que el organismo operador y los distribuidores divulguen la existencia de estos.

El organismo operador deberá proporcionar facilidades administrativas a los distribuidores de dichos dispositivos, para coadyuvar a su mercado y con ello favorecer la instalación de estos en nuevas construcciones, así como la sustitución en instalaciones que no cuenten con estos dispositivos.

Los dispositivos deberán ser revisados y avalados por los organismos operadores, puesto que entra en juego la calidad, la disposición de refacciones y su reparación.

## **Cultura del ahorro del agua en el sector agrícola**

### **Promover el ahorro del agua**

Parte importante para llevar a cabo las acciones estructurales sobre este sector será el promover el ahorro del agua, bajo las vertientes de que el ahorro no solo será beneficio para el acuífero, sino además repercutirá en mayores beneficios del agricultor. En la propuesta de este Plan de Manejo se ha demostrado que la implementación de sistemas de riego eficientes, aumentan la productividad.

A través de los recorridos de campo, se ha visto la falta de conocimiento en la operación de los sistemas de riego, debido a que los vendedores solo llegan a la instalación pero no a la operación de estos. Este problema puede resolverse mediante la asistencia técnica, la cual puede ser de instituciones oficiales o mediante la contratación expresa de firmas consultoras.

### **Programa en materia educativa y para la sociedad**

Desarrollar y promover la edición de un libro de texto sobre la cultura del agua, el medio ambiente y su preservación. En virtud de que los recursos naturales no son únicamente para la población actual, sino que ésta tiene la obligación de cuidarlos y preservarlos en cantidad y calidad, para que las futuras generaciones cuenten con ellos y puedan utilizarlos para su supervivencia y desarrollo, es necesario que las instituciones educativas implanten cursos y dispongan de libros de texto enfocados directamente sobre la cultura del uso y aprovechamiento de los recursos naturales con énfasis en el agua: es decir, eliminar lo que se puede considerar un “analfabetismo sobre la cultura del agua”, ya que si se tiene el conocimiento sobre este recurso, además de preservarlo, coadyuvará a elevar el conocimiento sobre otros aspectos como la salud, la preservación de la vida animal, entre otros.

El libro de texto tendría que ser elaborado y promovido en conjunto con las autoridades de la Secretaría de Educación Pública, Comisión Nacional del Agua y dependencias y organismos involucrados en el medio ambiente, desde luego que esta labor es muy intensa pero se requiere implantarla en las instalaciones educativas.

### 7. 3. 1. 3. Administración eficiente del agua

#### **Administración del comportamiento del acuífero**

- i) Fortalecer económica, técnica y administrativamente al COTAS, para la ejecución del plan de manejo

El Comité Técnico de Aguas Subterráneas, le corresponde la coordinación del plan de manejo, por lo que es necesario su fortalecimiento.

Dicho fortalecimiento consiste, por una parte, en asegurar su representatividad ante los usuarios del acuífero, para poder ser un vínculo eficaz ante las instancias respectivas, en cuestión de negociaciones; por otra parte, lograr su reconocimiento ante las autoridades involucradas, ya sean federales, estatales o municipales, para conseguir los apoyos que se requieran para el cumplimiento de los objetivos del plan.

Dada la importancia que tiene el COTAS, en la implementación de las acciones, de acuerdo con la matriz de planeación, es necesario que éste cuente con los recursos económicos para iniciar y dar seguimiento a cada una de estas, que a la brevedad se deban realizar.

Muchas de estas acciones requieren mano de obra calificada, por lo tanto, es necesario que el COTAS cuente con un equipo de técnicos especializados, para garantizar que el plan de manejo cumpla sus metas y objetivos propuestos.

- ii) Realizar un inventario de aprovechamientos de agua subterránea

Ante esta situación, deberá realizarse una actualización de los aprovechamientos de agua subterránea, dentro de los límites del acuífero, como una acción preparatoria a la ejecución del plan. El inventario, deberá consistir del levantamiento físico de los aprovechamientos, anotando sus características constructivas y de operación, con su número de concesión y número de contrato o medidor de la CFE.

Los volúmenes de extracción se estimarán mediante aforos directos en las descargas y tiempo de operación, superficies cultivadas, habitantes servidos según el caso, de tal manera de estimar los volúmenes reales de extracción y su comparación con los autorizados.

Además se deberán proponer métodos de control y medición de volúmenes de extracción, como base del seguimiento y la efectividad de las acciones que se están proponiendo en el plan.

iii) Conocer la disponibilidad de agua en el acuífero periódicamente

Para determinar la disponibilidad del agua, es necesario realizar o actualizar los estudios hidrogeológicos del acuífero. Estos deberán incluir información sobre pozos, cortes litológicos, caudales de extracción, niveles piezométricos, balances hidrológicos, etc.

Los estudios técnicos realizados hasta la fecha en el acuífero, indican una sobreexplotación moderada, pero que ha generado que realmente la disponibilidad sea nula, lo que significa que por el momento debería estar cancelado el otorgamiento de concesiones (sino tuviera el carácter de libre alumbramiento). Cabe mencionar que en el presente estudio, se estimó un minado de aproximadamente 1 Hm<sup>3</sup>/año.

Por lo antes mencionado, se recomienda que el balance hidrológico subterráneo se realice de manera periódica.

### **Establecer una red de pozos de observación**

Los datos básicos sobre los parámetros geométricos e hidrogeológicos de un acuífero y sobre su funcionamiento, se obtienen fundamentalmente mediante una red de pozos de observación o de piezómetros.

Se entiende por pozo de observación, un pozo de explotación, experimental o abandonado, en el que se puede medir el nivel del agua. Por piezómetro se entiende un tubo de diámetro pequeño conectado hidráulicamente al acuífero y en cuyo interior el agua alcanza una altura que equilibra la presión del acuífero en el punto de conexión.

Generalmente, cuando se inicia la evaluación o estudio de un acuífero, inmediatamente después de realizado el inventario de pozos, se establece la red de pozos de observación sobre la base de los pozos existentes. A través del inventario de pozos se puede establecer su estado, activo, fuera de operación y sobre la base de esta información se seleccionan los pozos que integrarán la red de observación. Dependiendo la disponibilidad de los recursos financieros, adicionalmente se pueden construir piezómetros, que pueden ser individuales o multipiezómetros, para la construcción de estos últimos se utiliza un solo hueco, donde se instalan varios

tubos a diferentes profundidades, con la finalidad de captar la respuesta hidráulica de diferentes acuíferos.

Los pozos de observación y los piezómetros pueden proporcionar los datos siguientes: i) de manera directa, las oscilaciones del nivel de agua estático o dinámico, de manera puntual dentro de la extensión del acuífero y por consiguiente permiten suponer configuraciones espaciales en función de la densidad de pozos de observación existentes. Y ii) de manera indirecta, el espesor total o parcial del acuífero y sus oscilaciones de nivel, el valor aproximado de su conductividad hidráulica o transmisividad y coeficiente de almacenamiento. En conclusión, es necesario implementar una red de pozos de observación adicionales a los considerados actualmente.

iv) Administración del sector público-urbano.

A efectos de disminuir las dotaciones en el servicio público-urbano, se deberá elaborar un reglamento sobre el uso racional del agua en este sector, con base en la ley de aguas. Dicho reglamento deberá establecer el uso adecuado del agua, penalizando todo tipo de desperdicio, como por ejemplo por fugas, por lavado de vehículos con exceso de agua en los domicilios y por regar los jardines en horas de máxima evaporación. También, debe contemplar el pago puntual de los usuarios, de acuerdo al uso y cantidad consumida.

Evitar el desperdicio del agua, generará un servicio más eficiente y continuo, por lo tanto beneficiará un mayor número de domicilios.

Los reglamentos deberán enfocarse hacia las escuelas y oficinas gubernamentales, donde generalmente no se paga el servicio, además es donde se puede promover de manera importante la cultura del agua.

Instalación de medidores domiciliarios. La instalación de medidores, tiene por objetivo determinar los volúmenes de agua entregados en los domicilios, con el fin de cobrar el suministro de ésta en forma equitativa y de acuerdo con las tarifas establecidas. Bajo este contexto, es apropiado efectuar una campaña que muestre a los usuarios la ventaja de contar con medidores. Dicha ventaja es el pago justo del consumo de agua.

Los medidores a instalar, deben de cumplir con las normas establecidas por las autoridades, para que sean confiables y duraderos. Se deben revisar periódicamente, para evitar medidas incorrectas o ilegalidades.

Incremento de tarifas del servicio de abasto a poblaciones. Las tarifas domésticas, se establecerán con base en los estudios sobre el costo real del agua y la dotación media de agua potable que requieren los habitantes y las tarifas oscilarán de acuerdo con el consumo.

En cuanto a las tarifas por uso de servicios, serán actualizadas con base a sus consumos y revisadas periódicamente.

v) Medición y control de los volúmenes de extracción.

La medición de los volúmenes de extracción, se ha señalado como una actividad trascendental en este plan de manejo, para el control de los mismos. Existen varias opciones para medir el volumen extraído, normalmente se habla de la instalación de medidores integradores tipo propela. Dentro de las experiencias de la CONAGUA, este tipo de medidores no ha dado un servicio adecuado, por lo tanto se requiere un dictamen especial para cada usuario y aprovechamiento en particular.

Para otros usos, se proponen métodos mas precisos, debido a lo importante que resulta el pago de los derechos por parte de los usuarios. La CONAGUA propone la instalación de medidores tipo anubar o sónico con registrador acoplado, la selección de los mismos dependerá básicamente de la calidad del agua, el diseño de los pozos, el arrastre de sólidos, la precisión de los dispositivos y su costo.

En el uso público urbano, es necesario que los organismos operadores instales medidores integradores, que proporcionen caudales instantáneos y volumen acumulado. Al igual que en el caso anterior, la calidad del agua es un factor determinante.

En el uso agrícola, se propone medir el volumen a partir de la superficie cultivada, la cual, se puede determinar mediante la interpretación de imágenes de satélite, para cada ciclo agrícola. Igualmente, el volumen se puede estimar a partir de una constante, que relacione el volumen extraído y el consumo de energía eléctrica. En el caso de los sistemas de riego presurizados, no es posible estimar el volumen con este método, es inevitable instalar medidores integrados.

Aunado a lo anterior, se recomienda hacer un sistema de información geográfica con el padrón de usuarios agrícolas y sus superficies cultivadas, que este enlazado con la base de datos de CFE.

Reasignación de volúmenes de acuerdo al uso y la disponibilidad del agua. Con el propósito de asegurar que los usuarios utilizan el agua conforme a sus títulos de concesión, se deberá realizar una regularización de éstos en los diferentes sectores, mediante una inspección de campo. Estas visitas, tienen por objeto validar en campo la información contenida en títulos, así como verificar el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la Ley de Aguas Nacionales y demás disposiciones reglamentarias aplicables.

Adicionalmente, es necesario verificar si existen usuarios con título de concesión para uso agrícola que empleen el recurso para fines distintos, pues estarían incurriendo en delitos fiscales y en desviaciones del subsidio, ya que no solamente

gozarían indebidamente de la exención del pago de derecho, sino del subsidio que se otorga a los usuarios agrícolas en la tarifa eléctrica. Igualmente, deterioran la recaudación de la CONAGUA y por ende el financiamiento de los programas institucionales.

#### 7. 3. 1. 4. Uso eficiente del agua

Al igual que el objetivo estratégico anterior este objetivo contiene acciones denominadas estructurales, las cuales ayudaran a disminuir la demanda de manera sustancial.

##### Disminución de las extracciones de agua de uso agrícola

Dentro del sector agrícola, se propone solo una acción estructural para reducir la demanda, ésta consiste en mejorar el riego parcelario, mediante la modernización de los sistemas de riego instalados en toda la superficie agrícola del acuífero.

##### Implementar sistemas de riego más eficientes en toda la superficie agrícola

Actualmente, en algunos ranchos, la superficie agrícola está tecnificada con sistemas de riego como pivotes y sistemas de aspersión.

Se ha contemplado para el plan de manejo integrado para el aprovechamiento sostenible del agua en el acuífero Cuatrociénegas-Ocampo, la implementación de sistemas de riego más eficientes en todos los cultivos, es decir tecnificar las superficies no tecnificadas y modernizar los sistemas de riego actuales con sistemas de riego por aspersión y goteo, ya que esto ayudaría a disminuir la extracción e incrementaría la productividad y rendimiento de los cultivos.

La tecnificación y modernización de toda la superficie del acuífero, se ejecutaría a partir del año 2010 hasta el año 2030, por lo que los 56.42 Hm<sup>3</sup>/año que se aplican en la actualidad pasarían a 55.44 Hm<sup>3</sup>/año. Esta acción por un lado originaría una reducción del volumen de extracción y por otro lado, generaría un ahorro por el subsidio en la tarifa eléctrica, que podría ser utilizado para apoyar dicha acción.

##### **Eficientar la distribución y el uso urbano del agua**

En lo que respecta al uso público urbano, se deberán elaborar estadísticas de dotaciones actuales, clasificándose por estratos sociales y usos del agua, con el objeto de estimar las dotaciones necesarias para los usuarios. Una estimación adicional se puede realizar mediante visitas domiciliarias. En el presente estudio se consideró que la dotación en localidades urbanas es de 250 l/hab/día y en rurales de 120 l/hab/día.

##### **Realización de redes de distribución y rehabilitación de las redes de distribución existentes**

Es de suma importancia conocer la infraestructura hidráulica de conducción y suministro de agua, para poder realizar un programa de rehabilitación y mantenimiento.

Con el objeto de disminuir las pérdidas de volúmenes de agua durante la conducción, se recomienda impermeabilizar los canales de tierra y que el Organismo Operador del sistema de agua intensifique la detección de fugas, para su reparación.

#### 7. 3. 1. 5. Disminución de la contaminación del acuífero

En la actualidad la contaminación del medio ambiente es un problema que pone en peligro la vida de los seres humanos, debido al incremento de la población, ha propiciado el requerimiento de más servicios urbanos como abastecimiento de agua potable, alcantarillado, así como la recolección y disposición final de los desechos sólidos urbanos y otros.

Al no contar con servicios municipales eficientes o carecer de ellos, la problemática inmediata que se genera es la contaminación en todas sus formas, contaminación de sus cauces por la descarga de aguas residuales contaminado aguas superficiales y subterráneas.

Por lo anterior, es necesario proponer acciones que permitan elaborar un diagnóstico de la calidad del agua subterránea, sobre todo en las utilizadas para consumo humano. Estos estudios deberán ser permanentes, por lo que se propone elaborar un proyecto para el desarrollo de una red de monitoreo de la calidad del agua, en donde deben de determinarse los sitios en donde se implementará el monitoreo frecuente, también se debe considerar dentro del proyecto la ubicación del laboratorio que cuente con el material y equipos necesarios, así como del personal capacitado en la materia. Todo esto, para contar con la información necesaria que sirva, para hacer del conocimiento a las autoridades y usuarios del acuífero sobre la calidad del agua, para que de ser necesario, se tomen las medidas correctivas y preventivas a tiempo.

Con el fin de prevenir la contaminación al medio ambiente y por consiguiente la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, se deberán implementar programas para el control de la contaminación emitida por medio de las aguas residuales, logrando esto a través de su tratamiento; un control en el uso de agroquímicos en la producción agrícola para evitar la contaminación de las plantas y el suelo, que posterior a través de la infiltración llega al acuífero. Para lo anterior, se capacitará y dará asesoramiento en el uso y manejo de estos insumos y por último, el control en el manejo de los desechos sólidos urbanos, industriales y biológicos infecciosos, que se logrará contando con la infraestructura de recolección necesaria, con sitios específicos para tirar la basura y otros destinados especialmente para depositar la basura peligrosa e infecciosa, todo esto con el único fin de controlar los contaminantes en las aguas subterráneas del acuífero.



### 7. 3. 2. Acciones para reducir la demanda e incrementar la productividad

#### 7. 3. 2. 1. Uso de aguas tratadas en la agricultura

La racionalización de la extracción de agua subterránea en el sector agrícola es indispensable para cualquier supuesto de estabilización del acuífero.

La reducción necesaria durante el horizonte de planeación, resulta de restar a la recarga natural del acuífero, la porción inelástica<sup>2</sup> de la demanda futura para los otros usos, que dependen del agua de primer uso.

El uso de aguas tratadas, representan un volumen próximo a los 0,450 Hm<sup>3</sup>, esto representa un área de oportunidad para reemplazar un volumen aproximado de agua subterránea por agua tratada dentro del área de influencia del proyecto de riego propuesto.

#### 7. 3. 2. 2. Reconversión de cultivos y modernización de sistemas de riego

El esquema en que pueden conjugarse la reconversión de cultivos y la modernización de los sistemas de riego, puede conjugarse de diversas maneras, que dependen de los productores agrícolas; sin embargo, en cualquier caso serían insuficientes para estabilizar el acuífero por sí mismas.

De cualquier forma, la aplicación efectiva de estos instrumentos reducirá la demanda de agua para riego. La disminución de superficies deberá tener una compensación con nuevas empresas como el desarrollo de invernaderos (plasticultura en general) y la integración de cadenas productivas agro-industriales, para no significar una reducción del volumen y valor de la producción del sector, ni de la ocupación de fuerza de trabajo.

Existen importantes avances como son:

- a. La intensificación de la producción de hortalizas con sistemas de riego por goteo con acolchados
- b. La disponibilidad de agua residual tratada para riego.

---

<sup>2</sup> Que no puede reducirse con mejores prácticas de consumo, mayores tarifas, etc.

### 7. 3. 3. Acciones de apoyo

Las acciones de apoyo se visualizan como aquellas que serán factibles una vez puestas en marcha las acciones de estabilización del acuífero, entre dichas acciones se encuentran:

#### 7. 3. 3. 1. Control y vigilancia

- Concertar, implementar y cumplir el Reglamento del Acuífero y Aplicar la LAN y ejercicio de concesiones REPDA.
- El Programa de Inspección y Vigilancia. A partir del cual se asegure la creación de un organismo de inspección y vigilancia que confirme la reducción de extracciones que participen en los programas de estabilización, así como proteger la calidad del agua del acuífero y corroborar el ejercicio de las acciones de estabilización. Es conveniente promover la creación de una “policía” del agua.

#### 7. 3. 3. 2. Organización social e institucional

- Asociación de usuarios agrícolas en proyectos de modernización y en el fortalecimiento de su mercado. La figura jurídicas y mercantiles existentes, tienen un papel fundamental en la organización de los usuarios, principalmente en la gestión de recursos económicos, en la etapa inicial del plan y también en el fortalecimiento de su mercado.
- Concertación política. Es indispensable un acuerdo del más alto nivel establecido entre la CNA, otras dependencias del gobierno federal y los titulares de los respectivos gobiernos estatales, hecho público tanto para que se conozcan los compromisos asumidos, como para que los usuarios adviertan la existencia de una política común en cada uno de los estados.

#### 7. 3. 3. 3. Gestión y reorientación de programas institucionales

- La Gestión del Financiamiento y la instrumentación de métodos de recaudación para costear las actividades del COTAS y apoyar los proyectos del Plan de Manejo. La gestión del financiamiento depende inicialmente de la conformación del Fideicomiso del COTAS y eventualmente la participación de la iniciativa privada en el financiamiento del Sector Hidráulico.

### 7. 3. 4. Protección de la calidad del agua y de áreas de recarga

Protección de la calidad del agua subterránea

La protección contra fuentes contaminantes puntuales y difusas, se logrará primordialmente mediante:

- El proyecto de alcantarillado y saneamiento de las localidades del valle.
- La construcción o reactivación de plantas de tratamiento y sistemas de disposición de residuos líquidos.
- Control de rellenos sanitarios, tiraderos de basura y uso de pesticidas y agroquímicos en zonas vulnerables.
- Protección contra la contaminación en zonas de fallas y fracturas geológicas.

Protección de las áreas de recarga

**Manejo de Cuencas.** Con beneficios difíciles de calcular pero evidentes, es necesaria la protección forestal en zonas de recarga, así como la construcción de obras para incrementar la retención de humedad y suelo en la cuenca.

#### 7. 4. Descripción de acciones por zona

De acuerdo con el estudio realizado (2008), todos los aprovechamientos explotan, en mayor medida el acuífero libre superior y en menor número el acuífero semi confinado inferior.

##### 7. 4. 1. Zona 1

La Zona 1, concentra la extracción subterránea, con un volumen estimado de aproximadamente 5 Hm<sup>3</sup>/año, es por ello que las medidas de reducción de extracciones se relacionan con proyectos de reducción de las mismas mediante el uso eficiente y reuso. Durante la penúltima reunión celebrada con los usuarios, se acordó suspender el bombeo 1 día/mes. Las acciones pueden resumirse en tres tipos fundamentales, el principal proyecto es la reducción de las extracciones, junto con proyectos hidroagrícolas de modernización y reconversión, reuso y transferencia de derechos a favor del acuífero.

##### 7. 4. 2. Zona 2

La zona 2, es una zona que concentra la mayor extracción de agua subterránea, con un volumen estimado de 6 Hm<sup>3</sup>/año, y en donde debido a la cercanía de las formaciones rocosas de origen calcáreo funciona como una barrera cuyo efecto se traduce en registrar mayores abatimientos y en donde también se contempla la reducción de extracciones correspondiente a porcentaje equivalente al dejar de

operar sus aprovechamientos 1 día/mes, la reconversión de cultivos y modernización y que no aumenten las extracciones.

#### 7. 4. 3. Zona 3

En esta zona, se encuentran dispersos los aprovechamientos accionados por energía eólica y con motores pequeños de combustión interna que abastecen a pequeñas propiedades y ranchos. Estos aprovechamientos quedan fuera del programa de reducción de las extracciones, y se pueden agrupar para que reciban apoyo y asesoría en los proyectos hidroagricolas de modernización y reconversión de cultivos a favor del acuífero.

La modernización y la reconversión de cultivos representan una necesaria reducción de la superficie de forrajes y un incremento de otro tipo de cultivos, con una disminución de las extracciones. Hasta este punto no estamos seguros de la reconversión de cultivos forrajeros por cultivos hortícolas (debido a la presencia de la Industria Lechera establecida en la Comarca Lagunera).

#### 7. 4. 4. Zona 4

En esta zona, se encuentran dispersas los afloramientos de agua conocidos en la zona como “pozas”. De este modo, en esta zona se concentran los proyectos referentes a manejo de cuencas, protección forestal, control de la erosión y eventual construcción de proyectos de recarga artificial como son bordos de retención del escurrimiento y para control de la erosión.

#### 7. 4. 5. Zona 5

La zona 5, corresponde al área periférica a las cuatro zonas anteriores, representa la zona de recarga y el área de captación de la cuenca hidrológica. De este modo, en esta zona se concentran los proyectos referentes a manejo de cuencas, protección forestal, control de la erosión y eventual construcción de proyectos de recarga artificial como son bordos de retención del escurrimiento y para control de la erosión.

Es recomendable que los programas de apoyo a los distintos sectores, contribuyan a facilitar la compra de derechos a favor del acuífero, haciendo que el banco de derechos constituya una alternativa más para la estabilización; sin que afecte la productividad económica de la región.

## 8. Costos y Financiamiento

### 8. 1. Costos y financiamiento

El plan propuesto para el acuífero Cuatrociénegas, consta de acciones estructurales y complementarias; las primeras básicamente para el incremento de la oferta y la disminución de la demanda, y las segundas necesarias para alcanzar el ahorro del agua y el uso eficiente de las mismas.

Las acciones planteadas en el plan, necesitaran de inversiones y financiamientos para que se concreten; se anotan algunas estimaciones de éstas, sin embargo, en su momento se requerirá que se desarrollen sus proyectos ejecutivos correspondientes.

Los costos para incrementar la oferta de agua, estarán en función de los trabajos de reforestación y obras de captación que se puedan implementar en la zona, así por ejemplo se estima un costo de \$ 8,000.00 por hectárea, valor de referencia tomado de los apoyos implementados por la CONAFOR para la preservación de los bosques, considerando que se pueden reforestar unas 10,000 ha de 2005 a 2032, el costo total hoy en día sería de aproximadamente \$ 80 MDP. El financiamiento de estas acciones estaría a cargo del gobierno federal (a través de CONAFOR y del Estatal).

En lo que concierne al costo por la implementación de sistemas de riego más eficientes en toda la superficie agrícola, sería financiados por la institución correspondiente.

Respecto a la asistencia técnica para los productores agrícolas, se estima un costo de aproximadamente \$ 450.00 por hectárea por año, lo que equivale a 1.35 MDP/año para atender las 3,000.00 hectáreas. La asistencia técnica, estaría supervisada principalmente por la CONAGUA y el financiamiento por la Institución correspondiente directamente vinculada.

Respecto a los costos por cultura del agua, son difíciles de estimar, toda vez que este tipo reacciones necesariamente deben ser implementadas a nivel federal, y apoyadas a nivel estatal por la SEP y otras instituciones. Se consideró que el costo por la cultura del agua tendría un valor equivalente al 15% de todas las acciones implementadas.

Finalmente el costo total del plan de manejo integral, podría ser amortizada con el ahorro generado por el subsidio en la energía eléctrica de las acciones para la reducción de la demanda.

## 9. Beneficios e impactos del plan

Se presentan los beneficios e impactos del plan de Manejo propuesto en este estudio respecto al escenario de tendencia actual o también denominado actual.

La extracción bruta de acuerdo a la proyección realizada para el Plan de manejo en el acuífero Cuatrociénegas pasará de 12.21 Hm<sup>3</sup>/año a 10.01 Hm<sup>3</sup>/año, al final del horizonte de planeación, es decir una vez que se hayan llevado a cabo en su totalidad las acciones del plan.

Respecto al volumen minado, de acuerdo con los criterios empleados para el Plan el modelo estima que disminuirá, pasando de 2.2 Hm<sup>3</sup>/año a 0.1 Mm<sup>3</sup>/año al termino de la planeación.

Referente a los beneficios, en general se mantendrán por arriba de los obtenidos si se mantiene la tendencia actual, sin embargo, como es de esperar los beneficios generados por la sobreexplotación disminuirán paulatinamente hasta hacerse igual a cero para el año 2030, mismos que actualmente representan aproximadamente 9.5 MDP al año.

Para corroborar lo mencionado anteriormente, se muestran los costos de bombeo para el sector agrícola en su conjunto, aclarando que estas líneas representan el costo real de extracción. Bajo los costos de la tarifa real, los ahorros serian de unos 3.18 MDP anuales al final del horizonte económico considerado al año 2030. Bajo el supuesto que se aplicará la tarifa actual subsidiada de energía eléctrica el ahorro económico seria del orden de los 1.9 MDP anuales.

## 10. Implementación

Una vez descritas las estrategias a seguir para desarrollar el plan de manejo del agua en el acuífero Cuatrociénegas, mismas que se moldearan de manera concisa y en forma de matriz en los incisos siguientes, es necesario dejar asentado de manera clara la responsabilidad que deberá llevar el Consejo Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS). Esta organización es por decreto la responsable de coadyuvar en la gestión del agua subterránea, por lo que una vez establecido el reglamento del acuífero será a través del COTAS, un efectivo mecanismo de participación social y contribuir a establecer un uso regulado del acuífero, así mismo una vez que se le otorguen las facultades correspondientes y que se regule mediante un funcionamiento democrático será capaz de estimular la participación de los usuarios y legitimar los procesos de toma de decisiones.

Ante esta situación, la elaboración del plan de manejo es una oportunidad para redireccionar las actividades y responsabilidades que tiene la CONAGUA y entender que el COTAS es el medio adecuado para la gestión ante instituciones gubernamentales y/o privadas capaz de reflejar las necesidades puntuales en función de las características de explotación específicas del acuífero Cuatrociénegas y que una vez fortalecido en condiciones ejecutivas y financieras.

## 11. Conclusiones y recomendaciones

Las principales conclusiones del trabajo son:

1. El acuífero Cuatrociénegas, está sometido a un proceso de bombeo que se intensifica hacia la porción oriente y norte.
2. Se estima que la sobre explotación del acuífero equivale a un volumen aproximado de 2.2 Hm<sup>3</sup>.
3. El principal usuario del acuífero es el sector agrícola (82.63 % de la extracción estimada) y, en particular, el agua es destinada para la producción de forraje para la industria lechera
4. El siguiente usuario en importancia es el uso público urbano (15.54 %), seguido por el pecuario (0.55 %). Los otros usos son poco significativos (1.63 %).
5. El COTAS del acuífero Cuatrociénegas, tiene los elementos necesarios para trabajar en la formulación de su programa de manejo sostenible.
6. El escenario de equilibrio muestra que si se reducen las extracciones, se tiene la tendencia de lograr la estabilización del acuífero.

### Recomendaciones

Las principales recomendaciones, para favorecer el desarrollo de las acciones propuestas, son:

1. Continuar utilizando la red de monitoreo (IMTA, 2008), ya que es confiable y actual. Conviniendo por la continuidad en las observaciones y poder verificar el balance, actividad que favorecerá una administración eficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- CNA (2001). Estudio de evaluación hidrogeológica e isotópica en el Valle del Hundido. Coahuila.
- CNA. Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, "Que establece las disposiciones para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales".
- Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento de Coahuila (2002). Estudio geohidrológico en Cuatrociénegas, Coahuila. Dirección de Proyectos Especiales.
- Custodio, E. y M. R., Llamas (1976). "Hidrología Subterránea", Ediciones Omega, Barcelona.
- Driscoll, G.F. (1986). "Groundwater and Wells. Johnson Division, St. Paul, Minn.
- ERIC II (*Extractor rápido de información climatológica v.2.0*) (1999), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, versión disco compacto.
- Estudios y proyectos de agua y tierra RUBRISELVA, S.A. de C.V. (1998). Estudio de reactivación de redes de monitoreo de los acuíferos de los valles de Monclova, Saltillo-ramos Arizpe, Allende-Piedras Negras, Cuatrociénegas-Ocampo, La Paila y Derramadero, Coahuila, Comisión nacional del Agua, Contrato GAS-008-PRO-98, Noviembre de 2002.
- Freeze, R. A., y J.A. Cherry (1979). Groundwater. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- Heath, R.C (1982). Basic Ground-Water Hydrology. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2220.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2004), extraído de la página web <http://www.inegi.gob.mx>
- IMTA (2004). Estudio hidrogeológico de los acuíferos El Hundido y Cuatrociénegas, Coahuila, Gerencia de Aguas Subterráneas, Comisión Nacional del Agua y Instituto Nacional de Ecología, diciembre 2004.
- ININSA (1980). Estudio geohidrológico preliminar de la zona de Cuatrociénegas-Ocampo. Subdirección de Geohidrología y Zonas Áridas. Secretaria de Recursos Hidráulicos, diciembre 1980.



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.

Lesser y Asociados, S.A. de C.V. (2002) *Estudio Geohidrológico en Cuatrociénegas, Coahuila*, Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento de Coahuila, Contrato CEAS IAI-18-02-AP, Noviembre 2002.

Lesser y Asociados, S.A. de C.V. (2003) *Estudio Geohidrológico para la localización de nuevas fuentes subterráneas susceptibles de ser explotadas para el desarrollo agrícola de la zona de La Merced-las Animas, Municipio de Ocampo, Coahuila*, Secretaria de Fomento Agropecuario. Dirección de Agricultura. Gobierno del Estado de Coahuila, Contrato LPN-35063002-001-003-1. Diciembre 2003.

Lesser y Asociados, S.A. de C.V. (2005) *Estudio técnico de impacto por la explotación del agua subterránea en diez acuíferos: Monclova, Saltillo-Ramos Arizpe, Cuatrociénegas-Ocampo, Cuatrociénegas; Valle de Santiaguillo, valle de Canatlán, Vicente Guerrero-Poanas, Madero-Victoria, Parral-Valle del Verano y jaral de Berrios-Villa de Reyes*. Gerencia de Aguas Subterráneas, Comisión Nacional del Agua, diciembre 2005.