



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA**

MODELO ECONOMÉTRICO DE LA DEMANDA DEL AGUA DE LOS ACUÍFEROS VALLE DE CUATRO CIÉNEGAS Y VALLE EL HUNDIDO

GILDARDO PÉREZ MIRELES

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2015

La presente tesis titulada: "MODELO ECONOMETRICO DE LA DEMANDA DEL AGUA DE LOS ACUÍFEROS VALLE DE CUATROCIÉNEGAS Y VALLE EL HUNDIDO" realizada por el alumno: GILDARDO PÉREZ MIRELES bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
SOCIOECONOMÍA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
ECONOMÍA

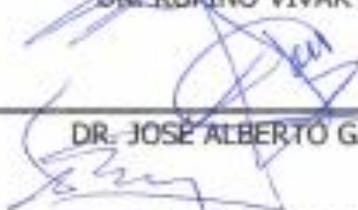
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. RUFINO VIVAR MIRANDA

ASESOR



DR. JOSÉ ALBERTO GARCÍA SALAZAR

ASESOR



DR. FRANCISCO PÉREZ SOTO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre 2015

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado para consumir mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados, en lo personal al Programa de Economía del Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática, por la gran oportunidad que me confirió de continuar con mi desarrollo académico, profesional y personal.

Al Dr. Rufino Vivar Miranda, por su valioso apoyo, atinadas sugerencias para la realización del presente, su gran disponibilidad y dedicación.

Al Dr. José Alberto García Salazar, por la confianza depositada en mí, su excelente orientación y el valioso apoyo brindado en la realización de la presente.

Al Dr. Francisco Pérez Soto, por su disponibilidad y tiempo para las acertadas correcciones que contribuyeron a enriquecer y mejorar el presente trabajo.

A todos los profesores del Programa de Economía de quienes adquirí valiosos conocimientos que contribuyeron a mi desarrollo académico y profesional.

A mis compañeros de grupo, cuyos consejos y enseñanzas, han sido parte fundamental en el cumplimiento de mi objetivo y el logro de mis metas.

DEDICATORIA

El presente trabajo, que es la culminación de una meta profesional se lo dedico de una manera muy especial: A mis padres: Constantino Juan Pérez-María Mireles Bárbara que son la base y pilar de mi vida, por ilustrarme la senda de sabiduría y a enseñarme a luchar y esforzarme siempre. Gracias a su apoyo absoluta continúo mis sueños.

A mis hermanos que me hacen ser fuerte y me han apoyado en momentos difíciles, a mis familiares por sus compañías entrañables.

A mis amigos por su amistad, apoyo, consejos y motivación de no ir a la deriva. Su amistad ha sido parte elemental en mi progreso y mis logros. A todos los que se mantuvieron cerca y confiaron en mí.

A mi familia

CONTENIDO

CAÍTULO I. INTRODUCCIÓN	ii
1.1 INTRODUCCIÓN	ii
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.3 OBJETIVOS	11
1.4 HIPOTESIS.....	12
1.5 METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	13
CAPÍTULO III. SITUACIÓN INTERNACIONAL, NACIONAL Y REGIONAL DE AGUA	19
3.1 PANORAMA INTERNACIONAL	19
3.1.1 Disponibilidad y usos del agua	20
3.1.2 La actividad económica y el agua	25
3.1.3 La calidad del agua.....	28
3.2. PANORAMA NACIONAL	30
3.2.1. Balance total de los acuíferos	32
3.2.2 Uso, aprovechamiento y precio del agua en México.....	36
CAPÍTULO IV. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS, DEMOGRÁFICOS, INSTITUCIONALES Y ECONÓMICOS DE CUATRO CIÉNEGAS COAHUILA.....	65
4.1. ASPECTOS GENERALES	65
4.1.1 Ubicación geográfica	65
4.3 ASPECTOS ECONÓMICOS	78
4.3.1 Valor de la producción.....	79
4.3.2 Sector agrícola.....	83
4.3.3 Sector secundario.....	84
4.3.4 Sector Servicios	84
CAPÍTULO V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA LA FORMULACIÓN DEL MODELO ECONOMÉTRICO	85
5.1 CURVA DE DEMANDA.....	85
5.1.2 Tipos de funciones de demanda.....	87
5.1.3 Elementos básicos de la demanda dinámica	90
5.1.4 Elasticidades de la demanda	92
5.1.5 Modelos econométricos dinámicos	94

2.1.6 Justificación de la estructura del modelo	98
CAPÍTULO VI. MODELO ECONOMETRICO PARA LA DEMANDA DEL AGUA EN CUATRO CIÉNEGAS	100
6.1 RELACIONES FUNCIONALES DEL MODELO	100
6.2 FORMULACIÓN DEL MODELO ECONOMETRICO	103
6.2.1 Clasificación de variables del modelo.....	103
6.1.2 Datos y fuentes de información	108
CAPÍTULO VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	110
7.1 MODELO ECONOMETRICO	110
7.1.1 Análisis estadístico	110
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
8.1 CONCLUSIONES.....	116
8.2 RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA.....	120
ANEXOS	124
ANEXO 1. IDENTIFICACIÓN DEL MODELO.....	125
ANEXO 2. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA USADA PARA COMPLETAR SERIES ESTADÍSTICAS	135
ANEXO 3. PROC SYSLIN ESTRUCTURAL DEL MODELO.....	139
ANEXO 5. PROC SYSLIN FORMA REDUCIDA DEL MODELO (MC2E)	144
ANEXO 6. INFORMACIÓN UTILIZADA PARA LA ESTIMACIÓN DEL MODELO Y LOS VALORES MEDIOS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE LAS ELASTICIDADES	146
ANEXO 7. ELASTICIDADES.....	154

LISTA DE CUADROS

Cuadro 3.1. Disponibilidad de recursos renovables y precipitación anua, 2012.....	21
Cuadro 3.2. Uso del agua en diferentes sectores, 2012	22
Cuadro 3.3. Infraestructura de riego en diferentes países, 2012.	26
Cuadro 3.4 Tarifas y Consumo de agua, 2012.....	28
Cuadro 3.5. Clasificación de Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA), por PIB...31	
Cuadro 3.6. Usos agrupados consuntivos según origen de tipo de fuente, 2013	35
Cuadro 3.7. Generación bruta y capacidad efectiva de generación eléctrica, excluyendo hidroelectricidad, 2004-2013.....	40
Cuadro 3.8. Volúmenes declarados para el pago de derechos por la producción de energía eléctrica, 2004-2013.....	41
Cuadro 3.9. Generación bruta y capacidad efectiva de generación hidroeléctrica, 2004-2013.	42
Cuadro 3.10. Tarifa de agua para usuario doméstico en diferentes ciudades de México, 2012 (pesos por metro cúbico al mes)	44
Cuadro 3.11. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por RHA, de acuerdo al indicador de DB0S, 2013.....	47
Cuadro 3.12. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales RHA, de acuerdo al indicador DQO, 2013.....	48
Cuadro 3.13. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por RHA, de acuerdo al indicador SST, 2013.	49
Cuadro 3.14. Agua renovable per cápita 2013 y 2030.	51
Cuadro 3.15. Los datos generales de los canales principales, 2008.	58
Cuadro 3.16. Recarga y descarga del acuífero de Cuatrociénegas-Ocampo, 2008.....	61
Cuadro 3.17. Volumen de extracción del acuífero de Cuatrociénegas-Ocampo, 2008...64	
Cuadro 4.1. Temperatura media mensual, 2013	70
Cuadro 4.2. Actividades por sector de los habitantes de Cuatrociénegas	77
Cuadro 4.3. Educación en Cuatro Ciénegas,.....	77
Cuadro 4.4. Valor de producción agrícola, Cuatro Ciénegas, Coah.	80
Cuadro 4.5. Valor de producción pecuaria, Cuatro Ciénegas, Coah, 2011.....	81
Cuadro 4.6. Valor de producción forestal, Cuatro Ciénegas, Coah, 2011.	83
Cuadro 5.1. Resumen sobre las elasticidades de la demanda.....	92
Cuadro 6.1. Coeficiente de la forma estructural del modelo, 1993-2013.	111
Cuadro 6.2. Coeficiente de la forma reducida del modelo, 1993-2013.....	112
Cuadro 6.3. Elasticidades precio propia y precio de la energía eléctrica	113

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1. Porcentaje de suministro de agua en diferentes sectores	23
Gráfica 3.2. Extracción total de agua per-cápita, 2012. ($m^3/hab/año$)	24
Gráfica 3.3. Volúmenes concesionados por usos agrupados.....	35
Gráfica 3.4. Evolución de la concesión del sector agrícola por tipo de fuente, correspondiente a los años 2004-2013. (Km^3)	37
Gráfica 3.5. Evolución de la concesión del consumo público por tipo de fuente, correspondiente a los años 2004-2013. (Km^3)	38
Gráfica 3.6. Evolución de la concesión del sector industrial por tipo de fuente, correspondiente a los años 2004-2013. (Km^3)	39
Gráfica 3.7. Tarifas de agua potable para uso doméstico, industrial y comercial en diferentes ciudades, 2013. ($\$/m^3$).....	45
Gráfica 5.1. Demanda estática primaria en consumo	88
Gráfica 5.2. Demanda primaria (D_c), demanda derivada al mayoreo (D_m) y demanda en producción (D_p).....	90
Gráfica 5.3. Desplazamiento simple o paralelo de la demanda.....	91
Gráfica 5.4 Cambio estructural en la demanda	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Predios agrícolas en los valles de Cuatro Ciénegas-Ocampo y El Hundido	66
Figura 4.1. Municipio de Cuatro Ciénegas: Ubicación geográfica.....	65

MODELO ECONOMÉTRICO DE LA DEMANDA DEL AGUA DE LOS ACUÍFEROS VALLE DE CUATRO CIÉNEGAS Y VALLE EL HUNDIDO

**Gildardo Pérez Mireles, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2015**

RESUMEN

La expansión agrícola y pecuaria ha originado un incremento en la demanda de agua en Cuatro Ciénegas, Coahuila. La presión por el uso del agua pone en peligro de destrucción los cauces y pozas naturales, así como las diferentes especies endémicas presentes en la región. Para determinar la relación, de la demanda de agua y su precio se estimó un modelo de ecuaciones simultáneas compuesto de tres funciones de demanda (pecuario, agrícola y doméstico) y cuatro identidades. Se utilizaron datos anuales con series históricas de 1993-2013. Los resultados muestran que la demanda precio del agua es inelástica en los tres sectores, con elasticidades de -0.045 para el sector agrícola de riego, -0.160 para el sector pecuario y -0.034 para el doméstico. Los resultados indican que el consumo del agua en el doméstico es insensible a cambio en el precio, los interesados sobre el uso y consumo del agua y las políticas que tratan de diseñar e implementar que deben considerar el aumento de los precios en los sectores. Una disminución de 1% sobre el consumo de agua en los tres sectores agrícola, pecuario y residencial podría lograrse mediante un aumento en el precio del agua en 22.2, 6.3 y 29.4%, respectivamente. Debido a la importancia de Cuatro Ciénegas en la preservación de pozas y especies, que convierten al valle un laboratorio natural, se recomienda disminuir el consumo de agua en aquel sector con un menor valor de uso como es el sector agrícola.

Palabras clave: Cuatro Ciénegas; demanda de agua; elasticidades; sector agrícola, pecuario y doméstico; modelo ecuaciones simultáneas.

ECONOMETRIC MODEL OF THE WATER DEMAND FROM AQUIFERS FROM “CUATRO CIENEGAS” AND “HUNDIDO” VALLEYS

**Gildardo Pérez Mireles, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2015**

ABSTRACT

The agricultural and livestock expansion has caused an increase in the water demand in Cuatro Ciénegas, Coahuila. The pressure due to the use of water puts riverbeds and natural pools at risk, as well as the different endemic species in the region. To determine the ratio of water demand and its price a model of simultaneous equations composed of three demand functions (livestock, agricultural and domestic) and four identities are estimated. Annual data with historical series from 1993 to 2013 was used in order to calculate elasticities. The results of the equation show that the demand of water regarding the change in prices is inelastic, showing elasticities of -0.045 for the irrigation agricultural sector, -0.160 for the livestock sector, and -0.034 for the domestic sector. The results indicate that water consumption in the agricultural and domestic sectors is imperceptible towards changes in prices. People interested in the use and consumption, and in the policies intended to be designed and implemented, should consider the increase in prices sectors. A decrease of 1% on water consumption in the three agricultural, livestock and residential sectors could be achieved by increasing the price of water to 22.22, 6.25, and 29.41%, respectively. Due to the importance of Cuatro Ciénegas regarding the natural pools and species conservation, which turns the valley into a natural laboratory, it is recommended to reduce water consumption in that sector, which owns a less-value use just like the agricultural sector.

Key words: Cuatro Ciénegas; water demand; elasticities; agricultural, livestock, and domestic sectors; simultaneous equations models.

CAÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Nuestra vida es esencialmente agua. Cerca de dos terceras partes de nuestro organismo están compuestas de agua. Un 75% de nuestro cerebro está constituido por agua, y el agua es el principal vehículo de las transmisiones electroquímicas de nuestro organismo. Nuestra sangre circula como un enjambre de ríos en nuestro cuerpo. El agua ayuda a transportar nutrientes y energía a nuestro organismo. El agua ayuda a regular la temperatura de nuestro cuerpo (ONU, 2010).

El recurso hídrico es la clave para la vida y está asociada al territorio, al suelo, que desempeña un papel fundamental en los ecosistemas, paisajes, y desarrollo de una población humana. A través de los años ha habido un equilibrio relativo entre la población humana, agua y suelo, sin embargo, la interacción entre estos elementos es cada vez más intensa; los intentos humanos para ampliar la disponibilidad de recursos, o para reordenar su distribución, han afectado a la sostenibilidad de la relación (OMS, 2005).

La cantidad de agua dulce en la Tierra es limitada, pero los ciclos naturales de congelación y descongelación, las fluctuaciones en las precipitaciones, los patrones de escorrentías y los niveles de evapotranspiración han provocado cambios en su distribución. A estas causas naturales se han añadido nuevas y continuadas actividades humanas que han acabado convirtiéndose en los principales “motores” de presión sobre los sistemas hídricos de nuestro planeta. Estas presiones suelen ir ligadas al desarrollo humano y al crecimiento económico (UNESCO, 2010).

A lo largo de la historia ha existido un fuerte vínculo entre el desarrollo económico y el desarrollo de los recursos hídricos. Numerosos ejemplos ilustran hasta qué punto el agua ha contribuido al desarrollo económico y cómo el desarrollo se ha traducido en un mayor uso del agua. El precio a pagar por dichos beneficios ha sido muy alto y en algunos lugares ha aumentado la presión sobre el medio ambiente y la competencia entre los consumidores. La necesidad que tenemos del agua para satisfacer nuestras necesidades básicas y la búsqueda colectiva para alcanzar un mayor nivel de vida, unida a la importancia del agua para los frágiles ecosistemas de nuestro planeta, hacen de este elemento un recurso natural único (UNESCO, 2010).

Importantes decisiones que afectan la gestión del agua son tomadas fuera del sector hídrico y suelen ser provocadas por motores externos impredecibles, demografía, cambio climático, economía global, cambios en los valores y normas sociales, innovación tecnológica, leyes, costumbres y mercados financieros. Muchos de estos motores externos son dinámicos y evolucionan a un ritmo vertiginoso. Los desarrollos fuera del ámbito del agua influyen en las políticas y las estrategias de gestión de los recursos hídricos (UNESCO, 2010).

Pensamos el agua que hay en el planeta es de todos, lo cierto es que menos de diez países se reparten anualmente el 60% de los 40 billones de m³ de agua superficiales y subterráneas que hay en el planeta. El agua está hoy en manos de países poderosos que comercian con ella, frente a los desheredados que no tienen acceso o deben de pagar caro lo que siempre fue un "bien para todos". La relación que existe con el planeta se basa exclusivamente en la economía, una economía ambiental que le asigna al recurso un valor para limitar o controlar su sobreexplotación. Nuestra sociedad está

inmersa al consumo, donde todo tiene un precio. Todo se puede comprar, vender o poseer y esto incluye el agua (PNUMA, 2000).

El 48% de la población mundial actual vive en zonas urbanas. En el 2030 la proporción será de alrededor del 60%. La lógica del proceso de urbanización es clara, a mayor crecimiento económico mayor urbanización, tal como ha sucedido en los últimos cuarenta años. Las aglomeraciones urbanas cuentan generalmente con los recursos económicos necesarios para instalar sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento. Por otro lado, sin embargo, concentran los desechos. Cuando la gestión de los residuos es precaria o inexistente, las ciudades se transforman en los entornos más peligrosos que existen en el mundo (UNESCO-WWAP, 2003).

En caso de México el agua es empleada de diversas formas prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir e intercambiar bienes y servicio. Dentro de los rubros corresponden a usos consuntivos; el agrícola, el abastecimiento público, la industria autoabastecida y la generación de energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad, y por último el hidroeléctrico, que se contabiliza aparte por corresponder a un uso no consuntivo. El 63% del agua utilizada en el país para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 37% restante proviene de fuentes subterráneas (acuíferos), (SEMARNAT-CONAGUA, 2014).

En el periodo de 2001 a 2009, el agua superficial concesionada creció 15%, en tanto que la subterránea se incrementó en 21% (SEMARNAT-CONAGUA, 2014).

La cantidad de agua concesionado para uso consuntivo al 2009 fue de 80.6 km³ y para el uso no consuntivo concesionado al 2009 de 164.6 km³. La mayor parte del volumen

concesionado para uso consuntivo corresponde a la actividad agrícola (SEMARNAT-CONAGUA, 2014).

A principios del siglo XX, el enfoque se orientó a la oferta, por lo que se construyeron gran número de presas de almacenamiento, distritos de riego, acueductos y sistemas de abastecimiento de agua.

A partir del decenio 1980-1990, la política se enfocó más a la demanda y a la descentralización. La responsabilidad de proveer el servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento se transfirió a los municipios, y se crearon las instancias de Gobierno y oficinas descentralizadas para legislar y administrar las aguas nacionales. En los albores del siglo XXI, se distingue una nueva etapa enfocada a la sustentabilidad hídrica, en la cual se incrementa significativamente el tratamiento de aguas residuales, se impulsa el reúso del agua y se crean los Bancos del Agua para gestionar las transmisiones de derechos de agua entre usuarios. Esta nueva visión del agua en México debe permitir contar con ríos limpios, cuencas y acuíferos en equilibrio, cobertura universal de agua potable, alcantarillado y saneamiento, y ciudades no vulnerables a inundaciones catastróficas, elementos esenciales para los años posteriores (SEMARNAT-CONAGUA, 2014).

Como la mayoría de la experiencia reciente en diferentes regiones con la problemática del agua, en los valles de Cuatro Ciénegas y El Hundido con la escasez de agua generalizada en diferentes actividades y usos, desde el año 2000 marcó un punto de inflexión para los gestores del agua. El aumento del uso para la actividad agrícola y la sequía, favorecida por las temporadas de sequía desde los últimos años, obligó a que diferentes instituciones antepusieran una queja a la sobreexplotación del recurso, la

oferta no se acerca a la provisión de agua para estar en favor de un énfasis en la gestión de la demanda. Esto es totalmente cierto para las instituciones defensoras del agua, que han intentado poner en marcha un conjunto de restricciones de riego, la disminución de concesiones y permisos otorgados y programas de incentivos en un esfuerzo masivo para disminuir el consumo de agua (CNA, 2014).

El efecto acumulativo de las políticas de conservación relacionadas con la sequía es que la demanda de agua en algunas zonas de cultivo aumentó más de 30 % entre 2000 y 2009. Como tal, numerosos estudios han intentado cuantificar el impacto de las políticas de conservación que contribuyeron al aumento gradual del consumo, mas sin embargo, el principal actor es el aumento de la superficie sembrada del cultivo de la alfalfa (SIAP, 2010).

Este trabajo incluye las alternativas sobre el potencial ahorro de agua basados en la conservación, así, como los usos óptimos para los diferentes sectores y sobre la eficacia de las restricciones de agua y de los programas de gestión de la demanda.

Las cuestiones mencionadas anteriormente es muy importantes implementar restricciones para el excesivo uso del agua además de que hay incertidumbre sobre las cantidades de recarga para el acuífero y su impacto en la sequía de algunas pozas, hace que sea difícil para las empresas y actores que intervienen directamente en el uso del acuífero comprendan las disminuciones de agua en diferentes pozas, la extinción de algunas especies endémicas y sobre todo la pérdida de un ecosistema.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, el problema del agua es una de las principales preocupaciones a nivel internacional y local, como se ha visto en diferentes foros internacionales que se realizan con mayor frecuencia para abordar desde diferentes perspectivas el problema de la escasez de agua y su contaminación. En México, desde hace una década se ha situado como un tema prioritario y de seguridad nacional para el país, iniciando una reforma estructural de la gestión del agua que está puesta en marcha y en espera de buenos resultados. Los cambios institucionales no han concluido y en algunos casos están iniciando. Uno de ellos es la creciente visibilidad de la crisis del agua y el impacto tanto sobre el medio físico como el social; pero aún con los datos que arrojan los informes sobre el agua en México, no se ha formado una conciencia social sobre la forma de reducirlo o mitigarlo. El cambio implicaría la actuación proactiva de todos los actores y no sólo de las autoridades (OCDE, 2010).

La situación de presión sobre los recursos hídricos no es la misma en las diversas regiones y localidades del país. Los cambios climáticos que se prevén para el futuro forzarán la migración a zonas urbanas además de la que ya se origina por la concentración de actividades económicas.

El Segundo Informe sobre la situación de los recursos hídricos en el mundo de la UNESCO, publicado en el 2006, revela que el problema del agua radica en la mala gestión y aborda diversas acciones orientadas a superar la ineficacia con que se gestiona, a la que aplica el concepto de ingobernabilidad de los recursos hídricos (Domínguez, 2007).

En los acuíferos del Valle El Hundido y Cuatro Ciénegas, Coahuila ha experimentado una creciente demanda del agua subterránea en los últimos años para usos agrícolas principalmente. En esta zona está ubicada el Área Natural Protegida de Cuatro Ciénegas donde existe una gran biodiversidad, principalmente soportada por las pozas. La extracción de agua para la siembra de alfalfa destinada a la producción de leche en la Región Lagunera y además de destinarlo a diferentes usos ya que durante años, se han cavado inmoderados pozos, con la excesiva extracción del agua en el Valle de Cuatro Ciénegas se encuentra cada vez menos y no se han tomado las medidas necesarias para evitar la sobreexplotación. Aunado a esto, también ha impactado que la falta de agua se debe a las escasas lluvias de los últimos años y la interconexión entre los tres acuíferos de la región, que son; Valle El Hundido, Cuatro Ciénegas y Ocampo. Dentro del Área Protegida se han notado la desaparición de algunas pozas y la biodiversidad que albergaban, la pérdida de las plantaciones de nogal y cada vez menos agua para la zona residencial. Dentro del Valle existen innumerables especies endémicas y la mayoría de esas especies se encuentran en peligro debido a la problemática del agua. Pero el agua de Cuatro Ciénegas se renueva muy lentamente, por la poca disponibilidad de lluvia, tan solo la precipitación es de 200 mm promedio anual, y el yacimiento subterráneo es muy limitado. Otros problemas han sido la contaminación por la basura y el turismo sin control. Hasta hace poco, miles de turistas llegaban a nadar a las pozas, generando basura, usando bloqueador solar y pisando los frágiles estromatolitos una especie considerada como la bacteria que dio inicio el origen de la vida (IMTA, 2005).

La competencia por el uso del agua en la región es determinada por la existencia de diferentes actores y una disponibilidad del recurso limitado en la región. Dentro el lado del

consumo de agua se pueden ubicar los siguientes tipos de demanda: 1) la demanda ejercida por la actividad Agrícola, debido al principal actor a quien se le considera extrae la mayor parte del recurso y por el tipo de cultivo que necesita una enorme cantidad de agua; 2) la demanda ejercida por la actividad Pecuaria, que requiere el uso del vital líquido para el proceso productivo del ganado como la engorda de ganado bovino; 3) La demanda ejercida por los habitantes de Cuatro Ciénegas, por ser la razón de que todos los individuos tienen derecho al acceso del uso del agua como una de sus primeras necesidades y, 4) la demanda del sector turismo y conservación de las especies, dada su importancia por ser especies únicas en el mundo y ser considerado como un sitio recreativo para los habitantes aledaños de la región.

Son diversas actividades en el valle de Cuatro Ciénegas en las cuales se requiere el uso y aprovechamiento del agua, principalmente la que representa mayor demanda del recurso hídrico es la agricultura. Las comunidades principales que dependen de esta actividad son; Ejido Cuatro Ciénegas, Antiguos Mineros, El Venado, La Vega, San Juan de Boquillas, San Vicente y pequeños propietarios. Entre los beneficios que se derivan de la actividad agrícola es la percepción de ingresos económicos y la obtención de forrajes, granos y a menor escala hortalizas y frutas. Actualmente del Valle de Cuatro Ciénegas se extraen 2,791 lts. por segundo, y que se conduce hasta los municipios aledaños (IMTA, 2005).

La superficie dedicada a actividades agropecuarias y forestales en el municipio de Cuatro Ciénegas, son similares a las de 1930. En lo que si hay un cambio notorio es en el tipo de tenencia de la tierra, ya que al dotarse de tierra a los ejidos, las haciendas desaparecen, el incremento en superficie ejidal ha sido de 42,554 ha. en 1950 y de

719,013 ha. en 1994. Otro cambio notorio, es el incremento en la actividad agropecuaria o forestal, ya que en 1930 había 417,715 ha. consideradas como improductivas y en 1994 solo se registraron 133,846 has. Es importante resaltar la cantidad de tierra de labor, en 1930 se reportan 4,397 ha. en la actualidad existen 14,447 ha. en esa categoría. Las superficies de pastizales, se mantienen alrededor de las 300,000 ha. durante el mismo periodo de tiempo (INE, 1999).

La superficie dedicada al cultivo con riego en 1930 era de 1,690 ha. y en 1960 de 3,363 ha. Para 1994 se contaba con 9,321 ha 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 (INE, 1999).

El destino actual de la producción agrícola es básicamente para el consumo nacional y para autoconsumo. Antes de 1960 los productos más importantes en cuanto a superficie cultivada, eran el maíz y el trigo. Antes de 1950, los productos de más valor económico eran el algodón y la uva. Aparentemente, la producción agrícola antes de 1960 era más diversificada; sin embargo, el censo incluía datos de traspatios y huertos familiares que ahora no contempla (APFFC, 2007).

En lo que se refiere a la producción pecuaria, se presentan los cambios a nivel municipal de acuerdo al número de cabezas de ganado, los bovinos que en el censo de 1994 totalizaban 18,770 cabezas, han aumentado respecto a años anteriores, siendo mucho mayores que los 1,733 animales censados en 1930 (APFFC, 2007).

El número de cabezas de caprinos, ha variado de 10,000 a 17,000 desde 1950. Los equinos, que son los animales domésticos más importantes dentro del área protegida, han oscilado entre 4,000 y 6,500 cabezas desde 1950, aunque en la primera fecha los burros eran más abundantes, lo anterior posiblemente por el uso que se les daba en las explotaciones de candelilla y guayule.

De los productos agropecuarios del valle y su área de influencia inmediata, podemos anotar como importantes, en primer lugar, a la alfalfa, existen datos de producción desde 1930, en que se cultivaba alrededor de 75 ha. entre esa fecha y los años 60, la superficie de cultivo de alfalfa disminuyó. Sin embargo, con los cambios en los sistemas de irrigación, este cultivo se extiende hasta ser hoy el más importante dentro del valle y sus alrededores. Los porcinos, las aves de corral, las colmenas y los conejos son poco importantes en la economía local, excepto para el autoconsumo (APFFC, 2007).

De acuerdo con los censos agropecuarios, en 1930 en el municipio de Cuatro Ciénegas existían 102 unidades de producción; en 1950, 228 y 11 ejidos; para 1994 se censaron 1139 unidades de producción y 28 ejidos (APFFC, 2007).

Tradicionalmente, algunos de los manantiales han sido utilizados con fines recreativos por la población local, en algunos de los cuales se desarrollaron balnearios con instalaciones muy sencillas y en malas condiciones, consistentes en mesabancos, sombreaderos y vestidores. Con la promoción del sitio, desarrollada por la Dirección Estatal de Turismo, a través de los medios de comunicación y publicaciones especializadas, la visitación al área protegida se ha incrementado notablemente. Aunque la mayor parte de los visitantes proceden de la misma región, demandan mayor cantidad de áreas de recreación y provocan una serie de disturbios tanto en los lugares a donde

arriban como en los caminos. Aunque el turismo puede verse como una alternativa económica, no existe la infraestructura suficiente para dar una atención y servicios que se reflejen la economía local (APFFC, 2007).

El consumo per cápita por habitante que recomienda la UNESCO para una zona con un clima desértico como el que predomina en dicha comunidad es de 350 litros/día /hab. Para cubrir las necesidades de agua en el municipio de Cuatro Ciénegas que cuenta con una población de 15,000 habitantes, se requiere de un volumen de 5,259 M3/día, actualmente se cubre el 50% por lo tanto, existe un déficit de 2625 M3/día. Adicionalmente, se reconoce que la gran mayoría de los mantos acuíferos no es apto para consumo humano debido a que contienen diferentes minerales.

1.3 OBJETIVOS

General:

Dar recomendaciones de políticas que permitan hacer un uso más eficiente del agua y manejo del acuífero en los diferentes sectores demandantes.

Específicos:

- Estimar los factores que determinan el comportamiento de la demanda del agua en diferentes sectores participantes.
- Calcular la demanda del agua en los sectores, agrícola, pecuaria, residencial y turismo.
- Determinar el efecto de cambios en precio a cobrar para un uso más eficiente del agua.

1.4 HIPOTESIS

- Existe una relación inversa en el cambio de las tarifas cobradas para el consumo del agua con respecto a la demanda de agua para la actividad agrícola, pecuaria, residencial y turismo.
- La respuesta de la demanda del agua en sus diferentes usos; agrícola, pecuaria y doméstico es inelástico.

1.5 METODOLOGÍA

Los objetivos e hipótesis propuestos dentro de esta investigación se alcanzarán mediante la formulación y estimación de un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas, que relaciona la demanda de agua con variables como precios, ingresos y otras variables en los diferentes sectores de la región de Cuatro Ciénegas. Para la estimación del modelo se usarán datos estadísticos a nivel regional con una serie de tiempo que va de 1993 al 2013.

La formulación del modelo se presenta en el Capítulo IV.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

Una característica fundamental de las investigaciones que se realizan en las políticas de gestión de la demanda y oferta del agua es la estructura de precios que se cobra a los usuarios del agua. Un estudio de los efectos del comportamiento de precios puede explicar con eficacia la regulación del consumo de agua y, por lo tanto, la asignación de los precios ha sido el cumplimiento de los objetivos múltiples que generalmente se toman en cuenta en el diseño de una política óptima de uso del agua (FAO, 2004).

El mercado del agua en diversos países se ha determinado de acuerdo al comportamiento de la demanda y su oferta, con respecto a los diferentes usos, dentro de ellos, como en el sector agropecuario y residencial que son los principales actores que demandan grandes cantidades del recurso líquido (FAO, 2004).

La mayoría de los trabajos e investigaciones con respecto al mercado del agua se han desarrollado en regiones con problemas de escasez de agua o que están en situaciones de disputa entre los diferentes actores, esto ha obligado a establecer medidas cuyo objetivo es el uso racional del agua junto con la asignación de un precio óptimo (Guzmán, 2005).

En los Valles de Cuatro Ciénegas y El Hundido se presenta la sobreexplotación del recurso hídrico, no se ha realizado un estudio relacionado al tema que permita tomar decisiones favorables para disminuir la sobreexplotación.

Desde el decenio de 1950 del siglo pasado han sido numerosos los estudios que, desde distintos enfoques y metodología, han tenido como objetivo descubrir los determinantes

del consumo doméstico de agua, haciendo especial énfasis en los efectos de las variables precio y renta.

Utilizando el análisis de sección transversal Howe y Linaweaver (1967) estiman que la elasticidad ingreso y la elasticidad precio de la demanda de agua residencial en Estados Unidos fueron entre 0.35 a 1.40 y entre -0.23 a -1.60, respectivamente. Gottlieb (1963) en su publicación del libro (Urban Domestic Demand for Water) obtuvo elasticidad ingreso de 0.45 a 0.58, y una elasticidad precio de -1.23 a -0.68 para el consumo residencial en Kansas. Foster y Beattie (1979) también han utilizado el análisis de la sección transversal estimando elasticidades de -0.35 a -0.67. El único estudio local disponible en elasticidades de la demanda de agua doméstica que considera variables económicas como el ingreso de los hogares por Katzman (1977) que da una elasticidad ingreso de la demanda de 0.2 a 0.4 y una elasticidad precio de la demanda de -0.1 a -0.2.

Diversos estudios de los países desarrollados muestran la multiplicidad de variables que determinan el consumo del agua: variables climáticas como la temperatura y las precipitaciones (Vogel et. al, 1999), variables políticas como el precio del agua (Jones et al., 1984; Gibbs, 1978), variables demográficas como el tamaño de las familias y de las viviendas y la tipología de vivienda (Saurí, 2003) y variables tecnológicas como el tipo de instalaciones.

Dentro de los estudios examinan el impacto del precio del agua y de los ingresos de los consumidores sobre el consumo de agua para usos domésticos obteniendo datos sobre las variables socioeconómicas de los consumidores, para su determinación se han

utilizado ecuaciones de regresión para llegar a las elasticidades precio e ingreso de la demanda de agua.

La teoría económica neoclásica proporciona un marco útil para examinar el uso de la empresa que usan agua y la sensibilidad de la utilización del agua comercial e industrial a precios de mercado (Spulber y Sabbahi, 1994; Merrett, 1997; Renzetti, 2002). A diferencia de la demanda del consumidor, la que una familia tiene un conjunto de preferencias por los bienes y servicios (incluyendo el agua) que pueden estar representados por una función de utilidad, para las empresas comerciales e industriales de la demanda de agua se deriva, junto con otros insumos, como parte de una función de producción. En consecuencia, la demanda de agua, y por lo tanto la elasticidad precio de la demanda es una función de no sólo el precio del agua, sino también el precio de los productos de la empresa, los precios de los complementarios e insumos sustituibles, y el nivel de tecnología disponible, entre otros. Por otra parte, algunas empresas comerciales pueden tener sustancialmente más opciones sobre algunos aspectos de la utilización del agua que los hogares, y pueden tener disponibilidad inmediata para las diferentes calidades de agua incluyendo el agua de admisión, el reciclaje del agua, tratamiento de agua antes de su uso y descarga de agua. Estas y otras consideraciones teóricas complican considerablemente la modelación empírica de la demanda de agua por las empresas comerciales e industriales.

La demanda de agua residencial normalmente se modela mediante la inclusión del precio del agua, los ingresos y otros factores explicativos se considera que influyen discrecional y no discrecional de la demanda. Esto refleja la teoría del consumidor y el papel del agua en la prestación de servicios públicos para uso final. Por consiguiente, para los estudios

de la demanda de agua residencial, este sería típicamente la forma $Q = f(P, Z)$, donde Q es la cantidad de agua residencial demandada (más probabilidad a consumir), P es alguna medida de precio del agua, y Z representa otras variables independientes que se cree un impacto en la demanda de agua residencial. Estos suelen incluir los ingresos, la estructura del hogar y el tamaño, características de la propiedad y restricciones de agua no-precio (Arbués et al 2003; Hoffmann y Worthington, 2008). Muchos estudios que se centran en la demanda de agua residencial menudo incluyen variables para evitar los efectos de confusión de una proporción significativa de los usuarios comerciales / industriales.

Moore *et al.* (1999) obtuvieron la función de demanda de agua de riego identificando precio del agua con costo de bombeo, bajo el enfoque de cortes transversales. Los análisis examinan la respuesta de los regantes a la variación de precios del agua en el corto plazo. Los resultados se muestran que los regantes, frente a la variación de precios del agua, prefieren cambiar la asignación de superficie de los cultivos antes que modificar el volumen de agua aplicado. La segunda evidencia fue la inelasticidad de la demanda de agua de riego, llevando a cuestionar a los precios del agua como instrumento de política que induzca a una mejor gestión de la misma.

El estudio de Moore (1999) es un ejemplo de modelo econométrico bajo el enfoque de series temporales o históricas que estima el precio sombra del agua de riego, definiéndose éste como el ingreso por unidad adicional de agua, a partir de la estimación de una función de ingreso, cuando se dispone de datos sobre ingresos pero no sobre costes de producción o sobre beneficio, para medir la demanda de agua de agricultores y comunidades de regantes. Para ello, se estimó una función de ingresos cuyas variables

explicativas son la superficie regable, la cantidad de agua utilizada y los precios de los productos en cada período, de donde obtiene una expresión de ingreso marginal en función de dichas características. Moore propone que, si el agua se considera como un factor de producción fijo, su valor marginal puede calcularse como la derivada de una función de ingreso respecto a la cantidad de agua disponible. El hecho de que el agua sea un recurso generalmente asignado por la administración, cuyo precio y cantidad se establecen institucionalmente y no a través del mercado, permite considerarlo como un factor de producción fijo, de manera similar a la tierra y modelarlo como tal en la función de ingreso.

McCarl *et al.* (1993). Evalúa el impacto económico de los planes de gestión de la sequía que plantea en el Acuífero Edwards cerca de San Antonio Texas donde investigaron mediante un modelo de simulación económica hidrológico. Los resultados indican que los planes específicos sectoriales tienen consecuencias más grandes al término de la temporada, que el plan de establecer un límite, ya que la demanda del agua sigue creciendo. El modelo muestra que el uso del sector agrícola es el más crucial. Los planes de gestión de la sequía óptima es reducir el uso de agua para la agricultura y hacer un plan de transición de las tierras para otras actividades. Los resultados indican que sería deseable instituir mecanismos de comercialización de agua para facilitar la reasignación del uso de agua a lo largo del tiempo y establecer límites de bombeo. Los resultados del estudio muestran que a medida que crece la demanda y los cambios de la economía regional, provoca un aumento en el nivel de bombeo y esto de manera considerable aumenta en los valores de uso. La imposición simultánea de los límites de uso, derechos de agua y los mercados del agua debe ser considerada. El mercado podría permitir a los

agentes económicos a buscar los valores de usos más altos y permite a los usuarios de agua de alto valor para comprar o arrendar el agua de los usuarios de menor valor.

CAPÍTULO III. SITUACIÓN INTERNACIONAL, NACIONAL Y REGIONAL DE AGUA

3.1 PANORAMA INTERNACIONAL

Desde hace algunas décadas hasta la actualidad, diversos organismos internacionales y locales han sostenido debates si nuestro planeta tiene la capacidad para soportar la población humana y vamos en constante crecimiento. Esto genera una inquietud, si la tierra podrá producir suficiente alimento para alimentar alrededor de 8 mil millones de habitantes en los próximos diez años, todo esto llega a un punto, el principal factor para nuestra futura alimentación será el agua. El agua es el recurso que limitará la producción futura, y de ahí dependerá la peripecia de nuestra alimentación. Un recurso tan escaso que día a día enfrenta una presión más fuerte en la demanda, de igual manera el agua en la agricultura sufre una gran competencia con otros sectores como el uso doméstico y la industria. Este recurso que no se tiene un control sobre su oferta, pero una práctica ambiental apropiada será la clave para lograr una oferta sustentable del agua en el corto y largo plazo (CONAGUA, 2014).

Dentro del panorama mundial la disponibilidad de agua promedio anual es cerca de 1, 386 millones de km³, de esto el 97.5% es agua salada y el 2.5% de agua dulce que corresponde 34.7 millones km³, un recurso suficiente para abastecer la demanda total con una comparación del consumo global que se estima alrededor de 4,000 km³ que incluyen todo los sectores más 6,400 km³ de agua pluvial para la agricultura, pero al parecer este recurso no es insuficiente debido a que la cantidad disponible del agua dulce el 70% no está aprovechable para consumo humano ya que esto se encuentra en forma de glaciares. Del recurso que se puede consumir se encuentran en mínimas

proporciones en lagos, ríos, humedales y subterráneas. La mayoría de estos recursos se encuentran lejanas a las zonas pobladas lo que genera una problemática para su uso práctica (CONAGUA, 2011).

3.1.1 Disponibilidad y usos del agua

De la reserva global del agua que incluye el total de agua subterránea acumulada y superficial, la región de Suramérica presenta los mayores recursos que ocupa un 31.8%, Asia con 28.9%, Europa con 13.9% y la Región de Centroamérica solo cuenta con una reserva de 1.5% a nivel mundial (CONAGUA, 2014).

La precipitación pluvial representa la parte importante del ciclo hidrológico, debido a que genera el agua renovable del planeta. Aunado a esto, la precipitación varía de acuerdo a las regiones y en el tiempo. En el año 2012, Brasil obtuvo la mayor cantidad de precipitación en volumen, seguido por Rusia y Estados Unidos, México ocupó el lugar número 14. Por la otra parte, en Recursos hídricos renovables per-cápita Islandia se posiciona en el primer sitio con 521,472 m³ por habitante al año donde México se encuentra en el lugar número 89 a nivel mundial en consumo per-cápita de los 199 países que disponen información. El agua per-cápita de los países se obtiene mediante la operación de dividir los recursos hídricos renovables totales entre el número de habitantes (CONAGUA, 2014).

Cuadro 3.1. Disponibilidad de recursos renovables y precipitación anua,2012.

País	Recursos hídricos renovables totales (km ³ / año)	Recursos hídricos renovables totales per-cápita (m ³ /hab/año)	Precipitación media en volumen (km ³ /año)
Brasil	8,647	43,528	14,995.0
Rusia	4,508	31,487	7,865.0
Estados Unidos	3,069	9,666	7,030.0
Canadá	2,902	83,300	5,362.0
China	2,840	2,017	6,192.0
Colombia	2,360	49,472	3,699.0
Indonesia	2,019	8,179	5,163.0
India	1,911	1,545	3,560.0
Perú	1,894	63,159	2,234.0
Venezuela	1,325	44,233	1,864.0
Chile	923	52,854	1,151.0
Argentina	876	21,325	1,643.0
Bolivia	574	54,688	1,259.0
Australia	492	21,345	4,134.0
México	462	3,822	1,489.0
Ecuador	457	29,525	583.0
Japón	430	3,379	630.4
Noruega	393	78,694	544.6
Paraguay	388	57,993	459.6
Nueva Zelandia	327	73,318	463.7
Francia	211	3,300	476.1
Italia	191	3,142	250.7
Suecia	174	18,295	279.2
Islandia	170	521, 472	199.8
Uruguay	172	50,722	229.1
Nicaragua	165	27,453	297.2
Alemania	154	1,860	250.0
Reino Unido	147	2,332	297.2
Costa Rica	113	23,517	149.5
Honduras	92	11,613	222.3
Portugal	77	7,299	78.8
Egipto	58	722	51.1
Irlanda	52	11,364	78.6

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-AQUASTAT, (2014).

El crecimiento de la población mundial ha provocado que aumente la extracción del agua en diferentes sectores, esta gran presión del recurso conlleva a que exista un

desequilibrio en la extracción con respecto a la recarga en ciertas áreas geográficas. Dentro de los países que extraen la mayor cantidad de agua es India que lleva el liderato con un volumen de 761 km³ al año, seguido por China y Estados Unidos. México se encuentra en el décimo sitio con una extracción total 80.3 km³ al año.

El uso del recurso se destina en tres grandes rubros, de acuerdo a la clasificación de la FAO que son: Agrícola, Industrial y Municipal. El sector Agrícola representa un 70% de la extracción total, la India el agrícola representa un 90%, China con 65% y hay países destinan mayor cantidad en el área Industrial como es el caso de Estados Unidos que representa un 46% y el agrícola un 40%. En México la mayor parte de la extracción del agua se destina para la actividad agrícola (77%), para la Industria (9%) y Municipal (14%).

Cuadro 3.2. Uso del agua en diferentes sectores, 2012

País	Extracción Agrícola (Km3/año)	Extracción Industrial (Km3/año)	Extracción Municipal (Km3/año)	Extracción Total (Km3/año)	Extracción total per-cápita (m3/hab/año)
India	688.0	17.0	56.0	761.0	615.4
China	358.0	128.6	67.5	554.1	406.0
Estados Unidos	192.4	220.6	65.4	478.4	1,575.0
Pakistán	172.4	1.4	9.65	183.5	1024
Indonesia	92.8	24.7	14.0	113.3	526.9
Irán	86	1.1	6.2	93.3	1299
Japón	54.6	15.8	17.4	90.0	713.2
Vietnam	77.75	3.074	1.206	82.03	947.7
Filipinas	67.07	8.254	6.235	81.56	843.4
México	61.6	7.3	11.4	80.3	664.5
Brasil	44.9	12.7	17.2	74.8	376.7
Egipto	59.0	4.0	5.3	68.3	1,000.0
Rusia	13.2	39.6	13.4	66.2	454.9
Italia	12.9	16.3	9.1	45.4	789.7
Canadá	4.7	31.6	9.0	42.2	1,590.0
Argentina	27.9	4.0	5.9	37.8	919.5
Chile	29.4	4.7	1.3	35.4	2,126.0
Alemania	0.1	27.1	5.1	32.3	386.5

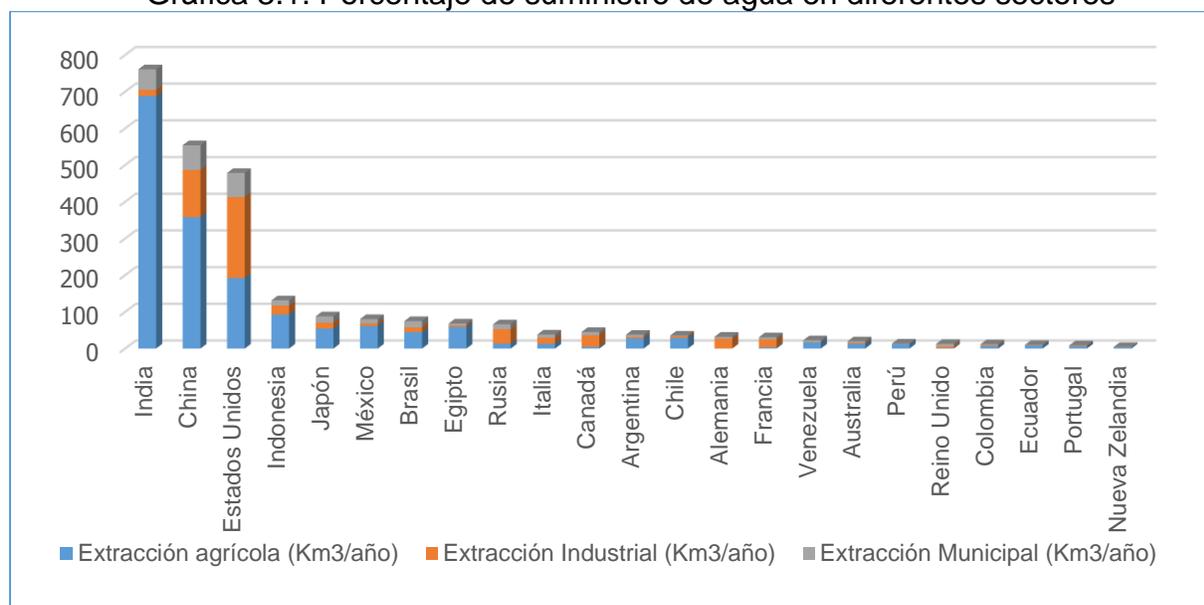
Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-AQUASTAT, (2014).

Cuadro 3.2. Continuación...

País	Extracción Agrícola (Km3/año)	Extracción Industrial (Km3/año)	Extracción Municipal (Km3/año)	Extracción Total (Km3/año)	Extracción total per-cápita (m3/hab/año)
Francia	3.1	21.9	5.8	31.6	508.3
Venezuela	16.7	0.8	5.1	22.6	818.3
Australia	13.0	2.5	4.3	19.8	846.1
Perú	12.1	0.3	1.3	13.7	455.5
Reino Unido	1.1	4.3	7.4	13.0	212.9
Colombia	6.4	2.2	3.1	11.8	246.7
Ecuador	8.1	0.5	1.3	9.9	695.1
Portugal	6.2	1.6	1.1	8.5	814.1
Nueva Zelandia	3.2	0.2	1.0	4.8	1,200.0
Uruguay	3.2	0.1	0.4	3.7	1,100.0
Noruega	0.8	1.3	0.8	2.9	622.5
Suecia	0.1	1.5	1.0	2.6	285.6
Paraguay	1.9	0.2	0.4	2.4	360.8
Costa Rica	1.3	0.3	0.8	2.4	482.3
Bolivia	1.9	0.0	0.1	2.1	198.9
Honduras	1.2	0.1	0.3	1.6	223.9
Nicaragua	1.2	0.1	0.3	1.5	257.8
Irlanda	0.0	0.1	0.8	0.8	226.9

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-AQUASTAT, (2014).

Gráfica 3.1. Porcentaje de suministro de agua en diferentes sectores

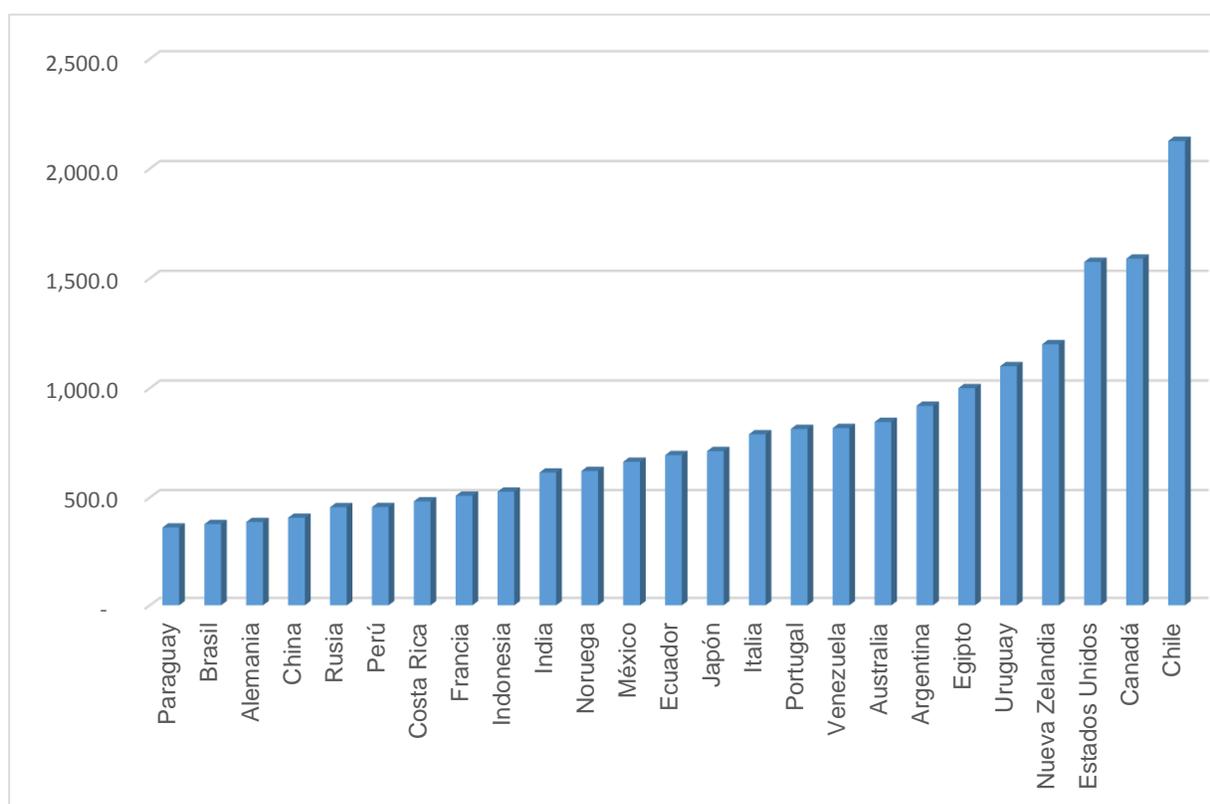


Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-AQUASTAT, (2014).

La actividad industrial es uno de los pilares para el crecimiento y desarrollo económico. El uso del agua para esta actividad solo representa el 19% del total extraída en el mundo, dentro esto, las centrales termoeléctricas utiliza un poco más de 50% (FAO-AQUASTAT, 2014).

Chile, Canadá y Estados Unidos son los principales países que extraen en mayor volumen per-cápita donde México se encuentra en el lugar 44 de los 198 países que disponen de información. De la información obtenida no existe una correlación de la precipitación con respecto a la extracción del recurso.

Gráfica 3.2. Extracción total de agua per-cápita, 2012. (m³/hab/año)



Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-AQUASTAT, (2014).

3.1.2 La actividad económica y el agua

El agua es vital para una economía productiva y mantener el crecimiento, que afecta directa e indirectamente a la producción de bienes y servicios en muchos sectores como la agricultura, el turismo, la pesca, la manufactura y la producción de energía.

La importancia económica global del agua requiere que se ilustre cómo los sectores económicos más dependientes del agua interactúan con el resto de la economía. El uso del agua está fuertemente concentrada en la extracción y procesamiento en grandes sectores de la economía, que incluye la agricultura, la energía, la industria manufacturera y los servicios públicos. Los impactos negativos a la calidad y cantidad de agua utilizada por la extracción y procesamiento para estas actividades generan significativos problemas en toda la economía.

La actividad agrícola sirve como base al sustento de la alimentación para toda la población. Lograr la producción para el abastecimiento de los alimentos se requiere una enorme cantidad de agua y existe una gran dependencia para definir el comportamiento de la producción agrícola.

Uno de los temas principales que se desprenden del estudio de la importancia del agua para la economía es que todo está conectado. Aunque el agua es un recurso local, el uso del agua está conectada a nivel regional y nacional, a través del comercio, el comercio y otros vínculos económicos. Los cambios en el uso del agua o impactos en un sector o región pueden producir un efecto dominó en toda la economía.

La demanda máxima de agua de riego no suele coincidir con los caudales máximos de agua superficial. Esto crea la necesidad de crear infraestructuras de almacenamiento que pueden abastecer el recurso en cierto lapso de tiempo, y en otra parte algunos

ocurren naturalmente como lagos, humedales y acuíferos. Aunque la calidad del agua necesaria para el riego es baja, los altos niveles de salinidad se oponen a su uso para el riego, y los suministros contaminados pueden reducir la calidad de los productos.

Respecto a la infraestructura de riego, India, China y Estados Unidos son los tres primeros países con la mayor superficie de riego. En caso de China el total de Infraestructura representa el 51 % de la superficie cultivada. Para México se ubica en el séptimo lugar con una superficie de 6.4 millones de hectárea con infraestructura de riego representada solo por el 25 % de la superficie cultivada a nivel nacional.

Cuadro 3.3. Infraestructura de riego en diferentes países, 2012.

País	Superficie con infraestructura de riego con dominio total (miles ha)	Infraestructura de riego respecto a superficie cultivada (%)	Superficie cultivada (miles ha)
India	66,334	39.25	169,000
China	62,938	51.37	122,527
Estados Unidos	26,644	16.89	157,708
Pakistán	19,270	87.43	22,040
Irán	8,700	44.27	19,654
Indonesia	6,722	14.77	45,500
México	6,460	25.03	25,808
Tailandia	6,415	30.46	21,060
Brasil	5,400	6.78	79,605
Turquía	5,340	22.45	23,790
Bangladesh	5,050	59.24	8,525
Vietnam	4,585	44.95	10,200
Uzbekistán	4,198	89.51	4,690
Italia	3,951	41.33	9,560
Iraq	3,525	96.39	3,657
España	3,470	20.46	16,960
Egipto	3,422	94.74	3,612
Afganistán	3,208	40.56	7,910
Francia	2,642	13.69	19,293

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-AQUASTAT, (2014).

Cuadro 3.3. Continuación...

País	Superficie con infraestructura de riego con dominio total (miles ha)	Infraestructura de riego respecto a superficie cultivada (%)	Superficie cultivada (miles ha)
Perú	2,580	46.66	5,529
Australia	2,546	5.36	47,493
Japón	2,500	54.96	4,549
Rusia	2,375	1.96	121,350
Argentina	2,357	5.85	40,291
Ucrania	2,175	6.51	33,412
Myanmar	2,083	16.96	12,285

Fuente: Elaboración propia con datos de FAO-AQUASTAT, (2014).

Dentro del análisis del Cuadro 3.3 se muestran países que tienen infraestructura de riego instalada casi en su totalidad como es el caso de Iraq e Egipto, aunque sus superficies cultivadas representen solo el 2 % respecto a la de la India, su porcentaje de instalación es de 96 y 94 %, respectivamente.

Alrededor del mundo se le han asignado tarifas al recurso hídrico sobre todo para el uso doméstico y el industrial. En el caso de México se da la misma situación, aunque no existe una tarifa para el sector agrícola y al acceder a ello se paga una concesión por varios años, y esto depende del usuario y las características del recurso. Existen varios factores que empujan a la variación del pago de tarifas para abastecer a un nuevo crecimiento, ya que las ciudades van en aumento, más crecimiento en el sector industrial y el aumento de las superficies irrigadas, esto impulsa que las instituciones extiendan los gastos para nuevas infraestructuras o restauraciones para mantener el servicio requerido.

La población y el PIB de un país relacionan directamente el consumo del recurso hídrico, y podemos considerar como un indicador para definir la cantidad requerida del recurso para cada país. Si bien no existe ninguna relación respecto a la tarifa del agua ni el índice

de desarrollo. Como ejemplo, tenemos a Dinamarca que consume cien veces menos de agua que México. Sin embargo, su tarifa es cinco veces mayor, y es de los países que tiene una tarifa doméstica más cara del mundo seguido por Australia y Alemania. No obstante, Estados Unidos es uno de los países que consume grandes cantidades de agua su tarifa se encuentra en la media y comparado con México es uno de los países que paga una tarifa baja puede señalarse que se relaciona directamente con su PIB y el Índice de Desarrollo (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4 Tarifas y Consumo de agua, 2012.

País	Población total (miles de hab)	PIB (Millones de dólares)	Índice de Desarrollo Humano	Tarifas Domésticas (\$/M3)	Consumo (Km3/año)
Estados Unidos	317,505	16,200,000	0.91	3.25	478.40
Japón	127,250	5,940,000	0.89	2.30	90.00
México	120,847	1,190,000	0.75	1.18	80.30
Alemania	82,800	3,430,000	0.91	5.38	32.30
Turquía	73,997	789,000	0.76	2.59	40.10
Francia	63,937	2,610,000	0.88	3.54	31.60
Reino Unido	63,030	2,460,000	0.89	3.25	13.00
Italia	60,885	2,010,000	0.87	1.36	45.40
Corea del Sur	49,003	1,220,000	0.89	0.64	25.50
España	46,755	1,320,000	0.87	1.72	32.50
Australia	23,050	1,530,000	0.93	5.69	22.60
Portugal	10,604	212,000	0.82	1.24	8.50
Hungría	9,976	125,000	0.82	2.96	5.60
Dinamarca	5,598	315,000	0.90	6.33	0.70

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

3.1.3 La calidad del agua

La calidad de la vida depende directamente de la calidad del agua. Una buena calidad del agua sostiene un ecosistema limpio y en consecuencia, mejora el bienestar de las personas. En caso contrario de la buena calidad del agua perjudica al medio ambiente y el bienestar de las personas. Existen varias enfermedades que se propagan por el agua

que han causado innumerables daños y en la salud de los humanos principalmente hacia los niños. Con el aumento de la demanda de los recursos naturales, el crecimiento de la población y la llegada de grandes industrias la calidad de los recursos hídricos se ve cada vez más afectados por la contaminación.

Por ejemplo, las enfermedades que se propagan por el agua causan cada año la muerte a más de 1,5 millones de niños. La calidad de los recursos hídricos se ve cada vez más amenazada por la contaminación. Durante los últimos 50 años, la actividad humana ha provocado la contaminación de los recursos hídricos en una magnitud históricamente sin precedentes. Se estima que más de 2.5 millones de personas en el mundo viven sin un sistema adecuado de saneamiento. Cada día, 2 millones de toneladas de aguas residuales y otros efluentes son drenados hacia las aguas del mundo. El problema es más grave en los países en desarrollo, en los que más del 90% de los desechos sin procesar y el 70% de los desechos industriales sin tratar se vierten en aguas superficiales (UNWATER, 2010).

Muchos de los contaminantes del agua tienen efectos perjudiciales a largo plazo sobre la calidad del agua, lo cual constituye un riesgo para la salud de las personas. En consecuencia, el agua dulce disponible se reduce de forma importante. El medio ambiente se degrada por la disminución de la productividad de la biomasa, la pérdida de la diversidad biológica y la vulnerabilidad ante otros factores estresantes. Resulta mucho más barato proteger los recursos hídricos que limpiar tras la contaminación. La protección y el mantenimiento del medio acuático aseguran la sostenibilidad de los diversos servicios de sus ecosistemas: el agua potable, las pesquerías, la recreación y el turismo. La problemática de la disponibilidad de agua se agrava si se considera que el

recurso hídrico requerido no cumple las características que requerimos. El problema de la mala calidad del agua por efecto de la contaminación puede ser lo que nos lleve a sufrir una severa escasez en los próximos años (UNWATER, 2010).

Los factores que determinan la calidad del agua es el consumo permitido sin provocar enfermedades o problemas secundarios al ingerirlo, por ejemplo las partículas minerales menores a 0.002 milímetros que forman parte del suelo porque que no se filtra adecuadamente o porque las tuberías por las que fue transportada estaban dañadas y el agua entró en contacto con el suelo. No es recomendable beber el agua con estas características pero podría ser utilizada para las actividades agrícolas. La calidad del agua no es un razonamiento arbitrario sino que depende del uso que se le pretenda dar se puede calificar como de buena o mala calidad. Para determinar la calidad del agua se necesita conocer algunas características que afectan su posible uso como, el oxígeno que tiene disuelto, la cantidad de partículas suspendidas, la cantidad y tipo de sales disueltas, la presencia y concentración de compuestos tóxicos y las bacterias y otros tipos de microorganismos. Cuando el agua contiene materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o domésticos que alteran sus características naturales se dice que está contaminada (CONAGUA, 2014).

3.2. PANORAMA NACIONAL

México es una de las mayores economías de la OCDE y posee una enorme riqueza en activos naturales, sin embargo su producción y consumo no es de las más destacadas como otras economías desarrolladas. No obstante, la rápida urbanización, el crecimiento

demográfico y el aumento de los ingresos están generando una serie de presiones ambientales que se requieren más control en su manejo.

En la actualidad, alrededor del 15% de las extracciones totales de agua provienen de fuentes no sostenibles y aún se usa de manera ineficiente. El agua ocupada en la agricultura representa más de tres cuartas partes de la extracción de agua y el consumo de la electricidad en la actividad agrícola es subsidiado que cubre alrededor del 60% de los costos de riego. Esta política es un desalentador de tecnologías más eficientes en los sistemas de riego y distribución, pero también existe una sobreexplotación en los acuíferos subterráneos.

Los acuíferos tienen periodos de renovación, algunos se miden por su razón de almacenamiento estimado entre su recarga anual, que son generalmente largos. Al suceder esto, se les considera que los acuíferos son aguas no renovables.

Cuadro 3.5. Clasificación de Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA), por PIB.

Clave	RHA	Superficie continental (Km ²)	Agua renovable 2011 (hm ³ /año)	Población 2013 (millones de hab.)	Aportación al PIB nacional 2012 (%)
I	Península de Baja California	145,385.00	4,999.20	4.29	3.64
II	Noroeste	205,218.00	8,324.90	2.76	2.86
III	Pacífico Norte	152,013.00	25,939.10	4.42	2.72
IV	Balsas	119,248.00	22,898.70	11.56	6.14
V	Pacífico Sur	77,525.00	32,350.60	4.99	2.39
VI	Río Bravo	379,552.00	12,757.20	12.00	14.02
VII	Cuencas Centrales del Norte	202,562.00	8,064.70	4.47	4.36

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Cuadro 3.5. Continuación.

Clave	RHA	Superficie continental (Km2)	Agua renovable 2011 (hm3/año)	Población 2013 (millones de hab.)	Aportación al PIB nacional 2012 (%)
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	190,367.00	35,754.00	23.60	18.19
IX	Golfo Norte	127,166.00	28,114.60	5.19	2.43
X	Golfo Centro	104,790.00	95,124.50	10.40	6.07
XI	Frontera Sur	101,231.00	163,845.50	7.48	5.30
XII	Península de Yucatán	137,753.00	29,856.30	4.43	8.01
XIII	Aguas del Valle de México	16,438.00	3,468.40	22.82	23.86
	Total	1,959,248.00	471,497.70	118.41	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Se presentan discrepancias entre las divisiones regionales, como la región XIII “Aguas del Valle de México”, la mayor aportación al PIB, representa por sí sola la quinta parte de la población nacional, en tanto que presenta baja cantidad de agua renovable. Por el contrario, la agrupación de las RHA I, II, III, IV, V, VII, IX, X Y XI, con baja aportación al PIB, presenta la mayor cantidad de agua renovable del país.

3.2.1. Balance total de los acuíferos

El balance hídrico en datos se puede conocer, sumando el uso o consumo del agua más la evapotranspiración que debe ser igual a la precipitación, en donde se define sobre el cambio del almacenamiento de los acuíferos o caudales que puede considerarse insignificante o sobreexplotado. Además de contar con suficiente series de información para su determinación también se necesita un momento largo de observación sobre las variables hidrológicas como el caudal (CONAGUA, 2014).

México presenta un desequilibrio entre la disponibilidad y demanda del agua; en algunas cuencas se utiliza un pequeño porcentaje del total de agua disponible, mientras que en otros se utiliza más de 100% lo que provoca que exista una sobreexplotación del recurso.

Actualmente, se requieren 78.4 mil millones de metros cúbicos cada año, y para el suministro de esta cantidad, 11.5 mil millones de metros cúbicos se toman de fuentes no sostenibles, si se sigue el paso de la forma de usar el recurso, la brecha actual se duplicará en un plazo de 20 años (CONAGUA 2014).

Disponibilidad

México recibe alrededor de 1 489, 000 millones de m³ de agua en precipitación al año de esta cantidad se estima que el 71.6% se evapotranspira, el 22.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.2% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Si se considera los flujos de salida y de entrada de agua con los países vecinos, el país anualmente cuenta con 471.5 mil millones de m³ de agua dulce renovable (CONAGUA, 2014).

Los flujos de entrada son el volumen de agua que escurre hacia nuestro país, formado por las cuencas hidrológicas de México y además que comparte con sus tres fronteras (Estados Unidos, Guatemala y Belice). Los flujos de salida representan el volumen de agua que México debe entregar a Estados Unidos de acuerdo al “Tratado de Aguas” de 1944.

El agua renovable se encuentra en tres perspectivas:

- Distribución temporal: Son las grandes variaciones del agua renovable que se da a lo largo del año debido a que la mayor parte de la lluvia ocurre de los meses de junio a septiembre y, respecto a los otros meses son relativamente seco.
- Distribución espacial; Las regiones de nuestro país son muy asimétricas conforme a las precipitaciones ya que en algunas regiones acontece la mayor precipitación; además, existe una gran variación respecto al número de habitantes con que

cuentan las regiones hidrológicas. También el país cuenta con un tratado entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Estados Unidos de América de la distribución de las aguas internacionales de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo, desde Fort Quitman, Texas, hasta el Golfo de México.

La problemática del agua y su atención es predominantemente de tipo local porque los indicadores proporcionan que existen grandes variaciones en el país, como el caso de las regiones I Península de Baja California, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico y XIII Aguas del Valle de México donde el valor del agua renovable per-cápita es realmente bajo (CONAGUA, 2014).

Consumo

El agua es empleada de diversas formas en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o producir e intercambiar bienes y servicios.

En el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), se registran los volúmenes concesionados asignados¹ a los usuarios de aguas nacionales. El REPDA tiene clasificados los usos del agua en doce rubros..

La Gráfica 3.3 muestra la evolución del volumen concesionado para usos consuntivos del periodo 2004 al 2013. El 62.8% del agua utilizada para uso consuntivo proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 37.2% restante corresponde a fuentes subterráneas (acuíferos).

Existen tanto incrementos como decrementos en los volúmenes concesionados a lo largo del tiempo. Respecto del inicio de la estadística reciente (2001), en el año 2013 el volumen de agua superficial concesionada es 16.5% mayor, en tanto que la subterránea es 22.5% mayor (CONAGUA, 2014).

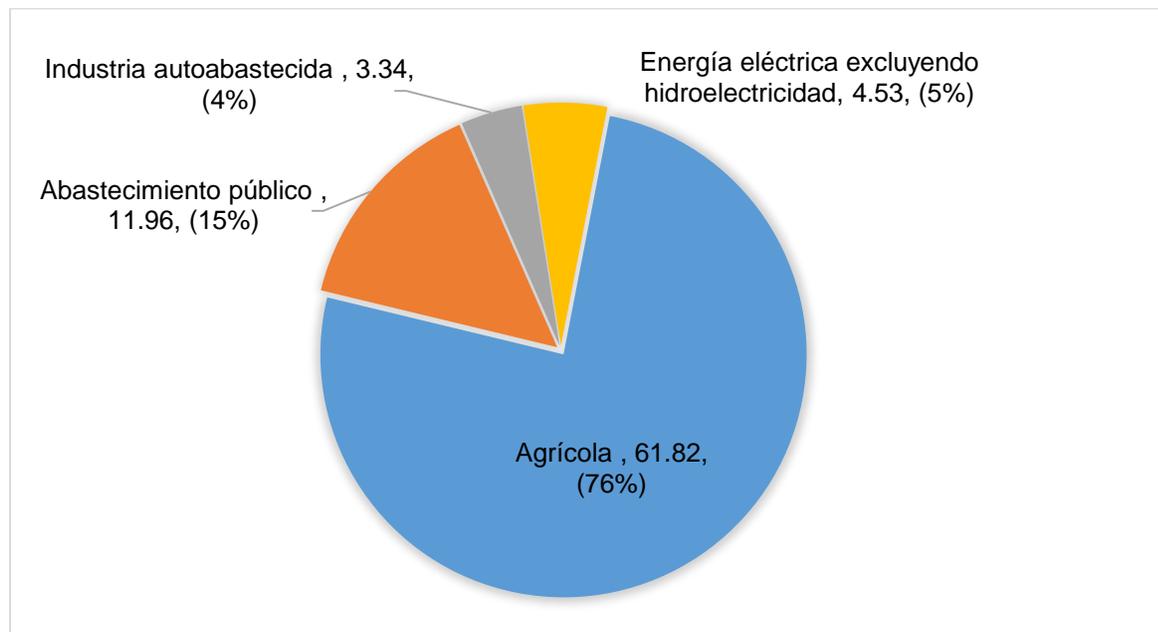
Cuadro 3.6. Usos agrupados consuntivos según origen de tipo de fuente, 2013

Uso agrupado	Origen		Volumen total (Km ³)	Extracción %
	Superficial (Km ³)	Subterráneo (Km ³)		
Agrícola	41.04	20.78	61.82	75.72
Abastecimiento público	4.74	7.22	11.96	14.65
Industria autoabastecida	1.41	1.93	3.34	4.09
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	4.09	0.44	4.53	5.55
Total	51.28	30.37	81.65	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

En lo que se refiere a las centrales hidroeléctricas, que representan un uso no consuntivo del recurso, se utilizaron en el país 112.8 mil millones de metros cúbicos de agua (km³) en el 2013. Debe aclararse que para este uso la misma agua se turбина y se contabiliza varias veces en las centrales del país.

Gráfica 3.3. Volúmenes concesionados por usos agrupados. Cifras en mil millones de metros cúbicos (km³).



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

3.2.2 Uso, aprovechamiento y precio del agua en México

3.2.2.1 Sectores económicos y el manejo del agua

Uso agrupado agrícola

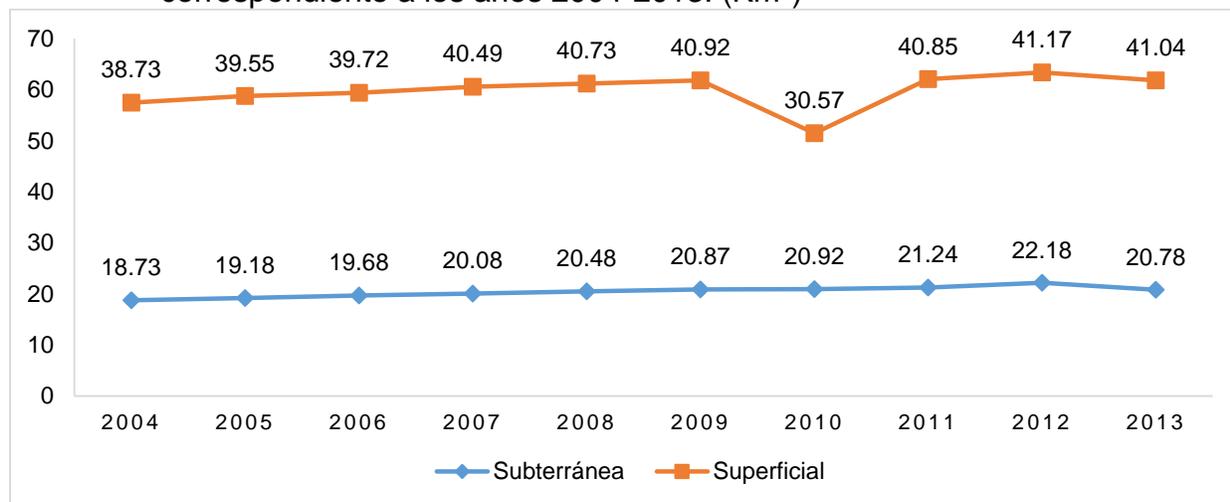
El mayor uso del agua en México es el agrícola. Con base en el VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 (el último disponible a nivel nacional), la superficie en unidades agrícolas de producción fue de 30.2 millones de hectáreas, de las cuales 18% era de riego y el resto tenía régimen de temporal.

La superficie sembrada anualmente (considerando el año agrícola y los cultivos perennes, en régimen de riego y temporal) ha variado entre 21.8 y 22.1 millones de hectáreas durante el periodo 2008-20123. Anualmente, la superficie cosechada en ese mismo periodo (considerando el nuevo año agrícola y cultivos perennes, en régimen de riego y temporal) oscila entre 18.1 y 20.5 millones de hectáreas por año. A precios constantes de 2008, la aportación del sector agropecuario al PIB fue de 3.0% al 2013. Conforme a la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), la población ocupada en este sector de actividades primarias (agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca) al cuarto trimestre del 2013 fue de 7.0 millones de personas, lo que representa el 13.9% de la población ocupada.

El rendimiento en toneladas por hectárea de la superficie bajo riego es de 2.2 a 3.3 veces mayor que la superficie en régimen de temporal. México ocupa el sexto lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego con 6.4 millones de hectáreas, de las cuales el 54% corresponde a 85 distritos de riego, y el restante a más de 39 mil unidades de riego. El 33.6% del agua concesionada para uso agrupado agrícola es de origen subterráneo, como se aprecia en la Gráfica 3.4. Tomando en cuenta que existen

variaciones anuales, este valor es 22.7% mayor que el de 2001, año de referencia de la serie (CONAGUA, 2014).

Gráfica 3.4. Evolución de la concesión del sector agrícola por tipo de fuente, correspondiente a los años 2004-2013. (Km³)



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

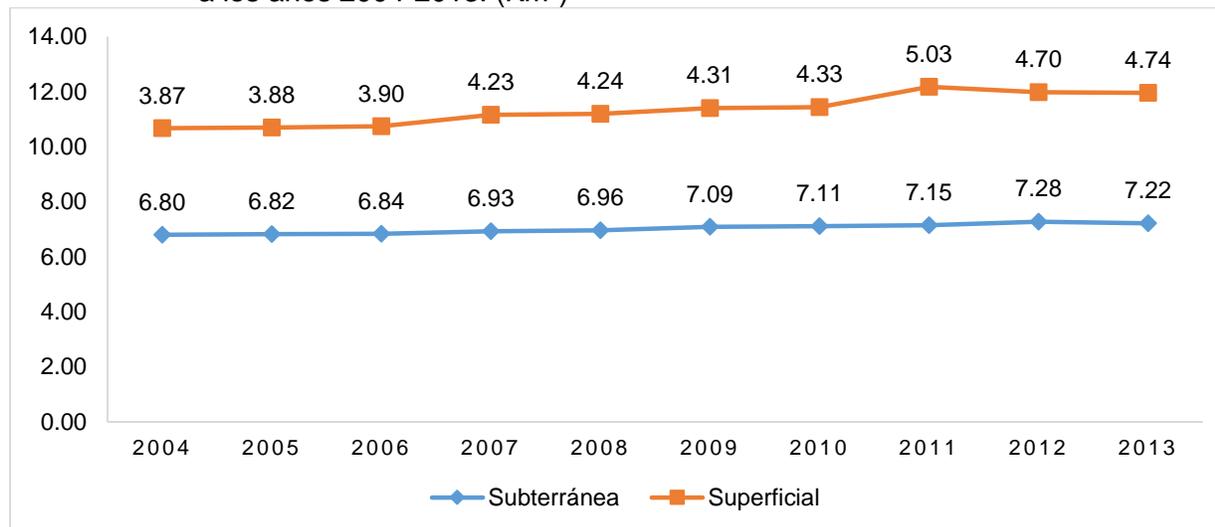
Abastecimiento público

El uso agrupado para abastecimiento público consiste en el agua entregada por las redes de agua potable, las cuales abastecen a los usuarios domésticos (domicilios), así como a diversas industrias y servicios. Disponer de agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano es una de las demandas básicas de la población, pues incide directamente en su salud y bienestar en general. Esta característica es reconocida por los instrumentos rectores de planeación nacionales: el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

En el uso agrupado abastecimiento público la fuente predominante es la subterránea con el 60.4% del volumen, como se muestra en la Gráfica 3.5. También es importante destacar que del 2001 al 2013, el agua superficial asignada para este uso presentó un crecimiento de 43.4%.

En México, el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales está a cargo de los municipios, éstos a su vez, generalmente funcionan a través de otros organismos operadores.

Gráfica 3.5. Evolución de la concesión del consumo público por tipo de fuente, correspondiente a los años 2004-2013. (Km³)



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Industria autoabastecida

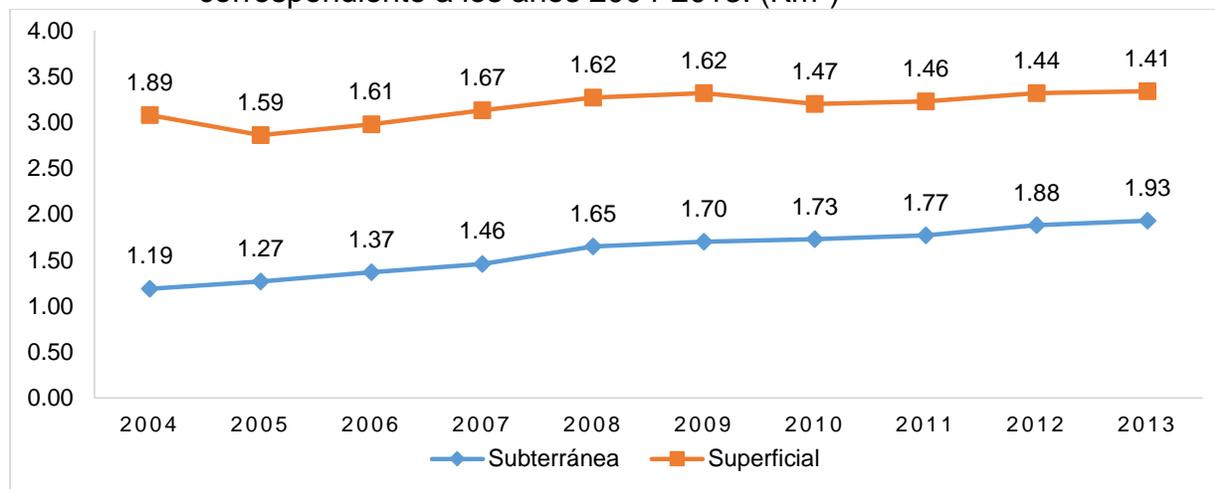
En este rubro se incluye la industria que toma el agua que requiere directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país.

Conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) las actividades secundarias, conocidas como “la industria”, están conformadas por los sectores de minería, electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final, así como la construcción y las industrias manufactureras. Cabe destacar que la clasificación de usos de agua del REPDA no sigue precisamente esta clasificación, pero se considera que existe un razonable nivel de correlación.

Si bien representa solamente el 4.0% del uso total, el uso agrupado industrial autoabastecido presenta la dinámica de crecimiento mostrada en la Gráfica 3.6. Cabe

destacar que para este uso en el periodo del 2001 al 2013, de emplear predominantemente fuentes superficiales, las subterráneas cobraron importancia y se volvieron predominantes, con un crecimiento del 59.2% del volumen concesionado para esta última.

Gráfica 3.6. Evolución de la concesión del sector industrial por tipo de fuente, correspondiente a los años 2004-2013. (Km³)



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Uso de energía eléctrica excluyendo Hidroelectricidad

El agua incluida en este rubro se refiere a la utilizada en centrales de vapor duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbogas y de combustión interna.

De acuerdo con lo reportado por la Secretaría de Energía (SENER, 2014), en el 2013 las centrales de Comisión Federal de Electricidad (CFE) consideradas en este uso, incluyendo productores externos de energía (PEE) para el servicio público, generaron 230.4 TWh, lo que representó el 89% de la energía eléctrica producida en el país. En las plantas correspondientes existe una capacidad instalada de 41,513 MW o el 78.3% del total del país. Cabe aclarar que el 68.9% del agua concesionada a este uso

corresponde a la planta carboeléctrica de Petacalco, ubicada en las costas de Guerrero, cerca de la desembocadura del río Balsas.

El Cuadro 3.7 muestra la evolución anual de este uso en el periodo de 2004-2013. Los Cuadros 3.6 y 3.7 no incluyen cogeneradores y autoabastecedores de energía eléctrica, y considera a CFE, incluyendo PEE, -conocidos también como Productores Independientes de Energía (PIE) y que no generan a través de plantas hidroeléctricas-, así como en los años relevantes a la extinta Luz y Fuerza del Centro.

Cuadro 3.7. Generación bruta y capacidad efectiva de generación eléctrica, excluyendo hidroelectricidad, 2004-2013.

Parámetro/Año	2004	2005	2006	2007	2008
Generación bruta de energía eléctrica (exceptuando hidroelectricidad) (TWh)	181.9	189.5	193.3	203.9	195.2
Generación bruta total de energía eléctrica (TWh)	207.0	217.2	223.6	230.9	234.1
Porcentaje respecto a la generación bruta total	87.9%	87.2%	86.4%	88.3%	83.4%
Capacidad efectiva de generación (exceptuando hidroelectricidad) (MW)	36,021.0	35,998.0	38,202.0	39,685.0	39,762.0
Capacidad efectiva total de generación (MW)	46,552.0	46,534.0	48,769.0	51,029.0	51,105.0
Porcentaje respecto a la capacidad efectiva total	77.4%	77.4%	78.3%	77.8%	77.8%

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, 2014.

Cuadro 3.7. Continuación...

Parámetro/Año	2009	2010	2011	2012	2013
Generación bruta de energía eléctrica (exceptuando hidroelectricidad) (TWh)	207.0	204.8	222.1	229.2	230.4
Generación bruta total de energía eléctrica (TWh)	233.5	241.5	257.9	260.5	257.9
Porcentaje respecto a la generación bruta total	88.7%	84.8%	86.1%	88.0%	89.3%
Capacidad efectiva de generación (exceptuando hidroelectricidad) (MW)	40,303.0	41,442.0	41,012.0	41,570.0	41,513.0
Capacidad efectiva total de generación (MW)	51,686.0	52,945.0	52,512.0	53,114.0	53,022.0
Porcentaje respecto a la capacidad efectiva total	78.0%	78.3%	78.1%	78.3%	78.3%

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Uso en hidroeléctricas

A nivel nacional, las RHA XI Frontera Sur y IV Balsas son las que emplean mayores volúmenes de agua, ya que en ellas se localizan los ríos más caudalosos y las centrales hidroeléctricas más grandes del país, como se muestra en el Cuadro 3.8. El volumen concesionado para este uso a nivel nacional es de 168 mil millones de metros cúbicos¹⁰, de los cuales se emplean anualmente cantidades variables.

En el 2013 las plantas hidroeléctricas emplearon un volumen de agua de 112.8 miles de millones de m³, lo que permitió generar 27.4 TWh de energía eléctrica, que corresponde al 10.6% de la generación del país¹¹. La capacidad instalada en las centrales hidroeléctricas es de 11 509 MW, que corresponde al 21.7% de la instalada en el país (ver Cuadros 3.8 y 3.9).

Cuadro 3.8. Volúmenes declarados para el pago de derechos por la producción de energía eléctrica, 2004-2013.

Clave	RHA	2004	2005	2006	2007	2008
I	Península de Baja California	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
II	Noroeste	1,013.7	3,250.8	2,928.6	3,350.7	3,404.7
III	Pacífico Norte	7,284.1	11,598.4	10,747.0	11,183.9	13,216.7
IV	Balsas	35,207.1	32,141.0	21,820.3	31,099.4	30,572.8
V	Pacífico Sur	2,049.1	1,890.3	1,949.1	2,139.6	2,244.7
VI	Río Bravo	461.6	2,073.6	2,262.7	2,889.6	1,967.7
VII	Cuencas Centrales del Norte	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	10,417.5	7,361.0	4,657.8	10,516.6	13,516.9
IX	Golfo Norte	1,597.9	1,487.8	809.7	1,105.3	2,912.1
X	Golfo Centro	16,042.6	13,978.5	17,835.0	14,279.1	14,040.5
XI	Frontera Sur	36,453.6	41,573.3	77,245.7	46,256.8	68,793.3
XII	Península de Yucatán	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
XIII	Aguas del Valle de México	53.8	31.0	39.1	10.6	0.0
	Total	110,581.0	115,385.7	140,295.0	122,831.6	150,669.4

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Cuadro 3.8. Continuación...

Clave	RHA	2009	2010	2011	2012	2013
I	Península de Baja California	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
II	Noroeste	3,127.7	4,140.6	3,416.5	3,032.7	2,627.2
III	Pacífico Norte	11,405.1	11,912.1	11,100.3	5,176.5	6,127.9
IV	Balsas	28,059.6	34,487.9	35,539.9	32,177.7	28,126.2
V	Pacífico Sur	2,063.4	3,528.0	16,313.8	2,028.2	1,716.9
VI	Río Bravo	2,960.4	2,987.7	3,350.1	3,771.8	2,556.8
VII	Cuencas Centrales del Norte	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	9,030.9	11,764.6	7,741.4	5,733.5	5,598.0
IX	Golfo Norte	1,441.0	1,525.9	1,243.0	1,312.4	1,273.5
X	Golfo Centro	13,673.7	15,029.1	4,254.6	17,286.7	16,463.1
XI	Frontera Sur	64,304.7	49,406.9	81,813.4	85,197.3	48,325.9
XII	Península de Yucatán	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
XIII	Aguas del Valle de México	18.8	0.5	0.0	0.0	0.3
	Total	136,085.3	134,783.3	164,773.0	155,716.8	112,815.8

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Cuadro 3.9. Generación bruta y capacidad efectiva de generación hidroeléctrica, 2004-2013.

Parámetro/año	2004	2005	2006	2007	2008
Generación bruta de hidroeléctrica (TWh)	25.1	27.6	30.3	27.0	38.9
Generación bruta total de energía eléctrica (TWh)	207.0	217.2	223.6	230.9	234.1
Porcentaje respecto a la generación bruta total	12.1%	12.7%	13.6%	11.7%	16.6%
Capacidad efectiva de generación hidroeléctrica (MW)	10,530.0	10,536.0	10,566.0	11,343.0	11,343.0
Capacidad efectiva total de generación instalada (MW)	46,552.0	46,534.0	48,769.0	51,029.0	51,105.0
Porcentaje respecto a la capacidad efectiva total	22.6%	22.6%	21.7%	22.2%	22.2%

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, 2014.

Cuadro 3.9. Continuación...

Parámetro/año	2009	2010	2011	2012	2013
Generación bruta de hidroeléctrica (TWh)	26.4	36.7	35.8	31.3	27.4
Generación bruta total de energía eléctrica (TWh)	233.5	241.5	257.9	260.5	257.9
Porcentaje respecto a la generación bruta total	11.3%	15.2%	13.9%	12.0%	10.6%
Capacidad efectiva de generación hidroeléctrica (MW)	11,383.0	11,503.0	11,499.0	11,544.0	11,509.0
Capacidad efectiva total de generación instalada (MW)	51,686.0	52,945.0	52,512.0	53,114.0	53,022.0
Porcentaje respecto a la capacidad efectiva total	22.0%	21.7%	21.9%	21.7%	21.7%

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, 2014.

3.2.2.1. Precio del agua

Las tarifas de agua potable son fijadas de diferente manera en cada municipio, dependiendo de lo que establece la legislación de cada entidad federativa. En algunas de ellas, las tarifas son aprobadas por el congreso local de la entidad, mientras que en otras las aprueba el órgano de gobierno o consejo directivo del organismo operador de agua potable del municipio, o localidad o de la comisión estatal de aguas. Las tarifas, en principio, tienen como objetivo recuperar los costos incurridos por el prestador de servicios. Existe una NOM sobre la evaluación de tarifas (NMX-AA-147-SCFI-2008), publicada en abril del 2009, que contiene una definición de dichos costos.

El nivel tarifario, o pago debido, se expresa en una estructura tarifaria, la mayoría de las veces diferenciada por los tipos de usuario (domésticos, comerciales e industriales, entre otros), así como por algún mecanismo de redistribución de costos mediante subsidios cruzados, en que los usuarios marginados son afectados por tarifas menores que aquellos considerados como no marginados. Las estructuras tarifarias son generalmente de bloques incrementales, es decir, a mayor consumo de agua el precio por metro cúbico es mayor. Cabe mencionar que existe una gran variedad de mecanismos, incluyendo la cuota fija, es decir, cuando el usuario paga una cierta cantidad independientemente de lo que haya consumido (GUZMAN, 2005).

Las tarifas de agua generalmente comprenden:

- Cargos fijos, independientes del volumen empleado,
- Cargos variables por concepto de abastecimiento de agua, en función del volumen empleado.

- Cargos variables por concepto de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, generalmente aplicados como un porcentaje de los cargos por concepto de abastecimiento de agua.

La gráfica 3.10 indica para algunas ciudades del país existe una variación tarifaria de agua potable, alcantarillado y/o saneamiento para un consumo mínimo de 30 m³/mes clasificado en el sector doméstico.

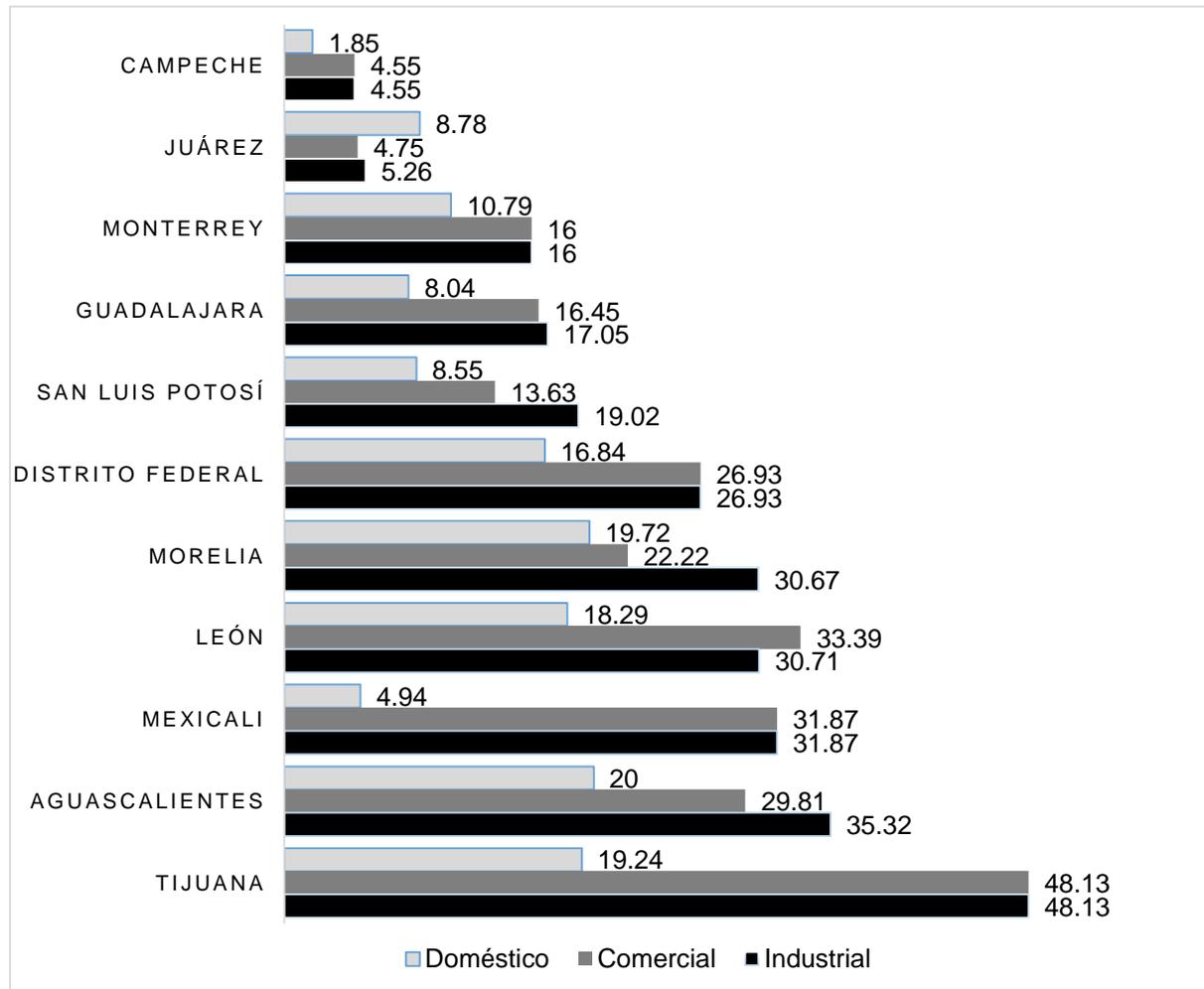
Cuadro 3.10. Tarifa de agua para usuario doméstico en diferentes ciudades de México, 2012 (pesos por metro cúbico al mes)

Estado	Municipio	SubClasificación Usuario	Agua Potable	Alcantarillado	Saneamiento	Consumo 30 m ³ al mes Total (\$/m ³)
Mexico	Atizapán de Zaragoza	Residencial Alto	15.19	1.82	0	17.01
Coahuila	Torreon	Popular	8.04	2.01	0	10.05
Chihuahua	Juarez	Sin sub-clasificación	5.82	1.77	5.75	13.34
Distrito Federal	Ciudad de México	Zona Alta	16.17	0	0	16.17
Veracruz	Xalapa	Residencial	10.05	4.02	4.36	18.43
Campeche	Campeche	Sin sub-clasificación	1.84	0	0	1.84
San Luis Potosí	San Luis Potosi	Sin sub-clasificación	7.7	1.16	1.54	10.4
Baja California Sur	La Paz	Sin sub-clasificación	8.25	2.47	2.47	13.19
Oaxaca	Oaxaca de Juárez	Residencial	4.42	0	0	4.42
Baja California	Tijuana	Popular	17.95	0	0	17.95
Aguascalientes	Aguascalientes	C	19.16	0	0	19.16
Baja California	Ensenada	Popular	14.23	0	0	14.23
Colima	Colima	Residencial Medio	4.32	1.08	4.14	9.53
Chihuahua	Delicias	Sin sub-clasificación	5.4	1.08	1.63	8.11
Durango	Gomez Palacio	Sin sub-clasificación	7.36	0	0.73	8.09
Guanajuato	Leon	Sin sub-clasificación	16.82	0	0	16.82
Nuevo León	Monterrey	Sin sub-clasificación	10.19	2.55	0	12.74
Sinaloa	Culiacan	Popular	4.92	0.98	0	5.9
Yucatán	Mérida	Zona 1	3.9	0	0	3.9
Mexico	Toluca	Popular	9.47	1.89	0	11.37
Jalisco	Guadalajara	Sin sub-clasificación	5.78	0	0.29	6.07
Sonora	Hermosillo	Popular	4.66	1.63	0	6.29
Tlaxcala	Tlaxcala	Sin sub-clasificación	5.11	0.77	0	5.88
Hidalgo	Tula de allende	Sin sub-clasificación	4.63	0.09	0.05	4.77
Guerrero	Acapulco de Juárez	Residencial	10.44	1.46	0.21	12.11

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

En la Gráfica 3.7 se muestran las tarifas de agua potable para uso doméstico, industrial y comercial en diversas localidades del país, asumiendo un consumo de 30 m³/mes y la tarifa más alta aplicable para un consumo de 30 m³/mes.

Gráfica 3.7. Tarifas de agua potable para uso doméstico, industrial y comercial en diferentes ciudades, 2013. (\$/m³)



Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Cabe mencionar que con el nivel de la tarifa establecida, el prestador del servicio lleva a cabo la facturación a los usuarios como paso necesario para el cobro del servicio. El pago de la facturación conforma la recaudación del prestador de servicios. Existen pagos

que se llevan a cabo en el mismo periodo de facturación, en tanto que otros son pagos atrasados, así como multas o recargos.

La relación entre la facturación y la recaudación reportada por los prestadores de servicios se presenta en la Gráfica 3.7, elaborada a partir de una muestra de los organismos operadores de todo el país.

3.2.2.2. La calidad del agua en México

Adicionalmente a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, a partir de 2005 se han realizado monitoreo biológicos en algunas regiones del país, los cuales permiten evaluar la calidad del agua con ayuda de métodos sencillos y de bajo costo, tales como el índice de diversidad con organismos bentónicos. El número de estos muestreos al año 2013 se puede observar en el Cuadro 3.13.

La evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). La DBO5 y la DQO son indicativos de la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua, proveniente principalmente de las descargas de aguas residuales tanto de origen municipal como no municipal.

La DBO5 indica la cantidad de materia orgánica biodegradable en tanto que la DQO mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, debido al aumento de la DQO se puede notar la presencia de sustancias que provienen de descargas no municipales.

Los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta el agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa.

Es oportuno mencionar que los sitios con monitoreo de calidad del agua están ubicados en zonas con alta influencia antropogénica.

De acuerdo con los resultados de las evaluaciones de calidad del agua para los tres indicadores (DBO5, DQO y SST) aplicadas a los sitios de monitoreo en 2013, se determinó que 260 sitios están clasificados como fuertemente contaminados en algún indicador, en dos de ellos o en todos.

Cuadro 3.11. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por RHA, de acuerdo al indicador de DBOS, 2013.

Clave	RHA	Excelente	Buena Calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
I	Península de Baja California	1.2	23.8	34.5	38.1	2.4
II	Noroeste	11.8	53.9	31.6	1.3	1.4
III	Pacífico Norte	12.5	60.5	26.5	0.5	0.0
IV	Balsas	17.9	17.3	43.9	17.0	3.9
V	Pacífico Sur	26.2	39.3	29.5	5.0	0.0
VI	Río Bravo	46.9	20.3	31.1	1.7	0.0
VII	Cuencas Centrales del Norte	8.7	65.2	26.1	0.0	0.0
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	7.5	26.4	53.4	10.0	2.7

Cuadro 3.11. Continuación...

Clave	RHA	Excelente	Buena Calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
IX	Golfo Norte	64.9	20.2	11.6	2.5	0.8
X	Golfo Centro	25.7	36.9	32.5	4.4	0.5
XI	Frontera Sur	51.1	34.8	12.5	1.6	0.0
XII	Península de Yucatán	54.7	35.8	9.5	0.0	0.0
XIII	Aguas del Valle de México	1.5	7.5	55.2	23.9	11.9
	Total	26.2	30.4	34.3	7.5	1.6

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Cuadro 3.12. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales RHA, de acuerdo al indicador DQO, 2013.

Clave	RHA	Excelente	Buena Calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
	Península de Baja					
I	California	0.0	7.1	25.0	54.8	13.1
II	Noroeste	0.0	7.9	47.4	42.1	2.6
III	Pacífico Norte	0.0	2.3	59.1	36.7	1.9
IV	Balsas	1.2	10.3	34.6	40.4	13.5
V	Pacífico Sur	0.8	17.2	31.1	41.8	9.1
VI	Río Bravo	32.1	13.6	37.6	15.7	1.0
VII	Cuencas Centrales del Norte	0.0	0.0	54.3	43.5	2.2
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	0.3	3.1	25.3	63.5	7.8
IX	Golfo Norte	49.4	8.2	18.9	21.0	2.5
X	Golfo Centro	13.7	6.8	49.4	27.7	2.4
XI	Frontera Sur	37.5	21.1	25.4	14.8	1.2
XII	Península de Yucatán	28.3	26.4	18.9	26.4	0.0
XIII	Aguas del Valle de México	2.9	3.0	17.9	46.3	29.9
	Total	13.8	8.9	33.2	38.1	6.0

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, 2014.

Calidad del agua Subterránea

Uno de los parámetros que permite evaluar la salinización de aguas subterráneas es el de los sólidos totales. De acuerdo a su concentración, las aguas subterráneas se clasifican en: dulces (<1,000 mg/l), ligeramente salobres (1,000 a 2,000 mg/l), salobres (2,000 a 10,000 mg/l) y salinas (>10,000 mg/l).

El límite entre el agua dulce y la ligeramente salobre coincide con la concentración máxima señalada por la modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, que “establece los límites máximos permisibles que debe cumplir el agua para consumo humano y tratamiento en materia de calidad del agua para consumo humano”.

Cuadro 3.13. Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales por RHA, de acuerdo al indicador SST, 2013.

Clave	RHA	Excelente	Buena Calidad	Aceptable	Contaminada	Fuertemente contaminada
I	Península de Baja California	69.5	21.4	5.7	2.4	1.0
II	Noroeste	42.2	36.7	10.2	7.0	3.9
III	Pacífico Norte	34.3	39.9	14.9	8.6	2.3
IV	Balsas	34.8	32.0	9.5	16.3	7.4
V	Pacífico Sur	32.1	15.5	17.7	24.1	10.6
VI	Río Bravo	45.4	32.8	12.3	9.2	0.3
VII	Cuencas Centrales del Norte	37.0	34.8	15.2	4.3	8.7
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	34.5	28.4	20.9	12.7	3.5
IX	Golfo Norte	40.8	34.9	16.4	7.2	0.7
X	Golfo Centro	60.1	29.4	5.9	4.2	0.4
XI	Frontera Sur	44.2	28.0	11.6	11.0	5.2
XII	Península de Yucatán	76.4	19.6	2.5	1.5	0.0
XIII	Aguas del Valle de México	26.9	43.3	17.9	11.9	0.0
	Total	43.3	29.1	13.4	10.7	3.5

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Para la evaluación de la calidad del agua en las playas, se utiliza el indicador bacteriológico de enterococos fecales, el cual se considera el más eficiente para evaluar la calidad del agua de mar para uso recreativo de contacto primario.

Para lo anterior, la Secretaría de Salud, acorde a estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), determinó que un nivel de enterococos de 200 NMP8/100 ml se considera el límite máximo para uso recreativo: 0-200 NMP/100 ml, se considera la

playa APTA para uso recreativo y mayor de 200 NMP/100 ml, se considera la playa NO APTA para uso recreativo.

Conforme a lo reportado por el Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Agua en Playas Mexicanas, el monitoreo bacteriológico en las playas, realizado por la Secretaría de Salud a través de su representación estatal, se tiene que en los años de 2003 al 2013, la calidad del agua en las playas tiende a mejorar (CONAGUA, 2014).

3.2.3. Proyecciones de demanda para el año 2030

El incremento de la población ocasionará la disminución del agua renovable per cápita a nivel nacional. El decremento previsible será de 3 982 m³/hab/año en 2013 a 3 430 en el 2030. El agua se mantiene constante a lo largo del periodo 2013-2030, y corresponde al valor de referencia del ciclo de actualización de estudios de cuencas y acuíferos 2011 (CONAGUA, 2014).

Al año 2030 en algunas de las RHA, el agua renovable per cápita alcanzará niveles cercanos o incluso inferiores a los 1 000 m³/hab/año, lo que se califica como una condición de escasez grave.

El Cuadro 3.14 muestra la evolución del agua renovable en 2013 y al 2030. Como puede observarse, las RHA I (Península de Baja California), VI (Río Bravo y XIII Aguas del Valle de México) presentarán en el año 2030 niveles extremadamente bajos de agua renovable per cápita.

Cuadro 3.14. Agua renovable per cápita 2013 y 2030.

Clave	RHA	Agua renovable 2011 (millones de m ³ /año)	Agua renovable 2013 (m ³ /ha/año)	Agua renovable 2030 (m ³ /hab/año)
I	Península de Baja California	4,999	1165	907
II	Noroeste	8,325	3011	2480
III	Pacífico Norte	25,939	5863	5129
IV	Balsas	22,899	1980	1720
V	Pacífico Sur	32,351	6488	5991
VI	Río Bravo	12,757	1063	888
VII	Cuencas Centrales del Norte	8,065	1806	1574
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	35,754	1515	1291
IX	Golfo Norte	28,115	5421	4715
X	Golfo Centro	95,125	9149	8195
XI	Frontera Sur	163,846	21906	18526
XII	Península de Yucatán	29,856	6740	5117
XIII	Aguas del Valle de México	3,468	152	137
	Total	471,498	3982	3430

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2014).

Se deberá tener especial cuidado con el agua subterránea, ya que su sobreexplotación ocasiona el abatimiento de los niveles freáticos, el hundimiento del terreno y que se perforen pozos a mayor profundidad. La mayor parte de la población rural, especialmente en zonas áridas, depende de manera significativa del agua subterránea.

Con el fin de hacer frente a la disminución de la disponibilidad del agua en los próximos años, será necesario realizar acciones para reducir su demanda a través del incremento en la eficiencia del uso del agua para riego y en los sistemas de distribución de agua en las ciudades. Además, deberán incrementarse significativamente los volúmenes de agua residual tratada y su re-uso, que aumenten la disponibilidad y calidad del agua para los usos a los que sean destinados (CONAGUA, 2014).

3.3. SITUACIÓN EN EL VALLE DE CUATRO CIÉNEGAS Y VALLE EL HUNDIDO

El agua que brota de diferentes manantiales es canalizada y utilizada en labores agrícolas, dentro y fuera del valle. El total de agua drenada por medio de canales artificiales, cuantificada en los puntos de salida del valle o en el destino final del mismo, se estima entre 1,730 y 2,620 l/s, sin cuantificar las pérdidas durante el trayecto (SEMARNAT, 2000).

La existencia de un gran número de manantiales dentro y alrededor del área protegida ha creado expectativas de desarrollo tanto agrícolas, como industriales y turísticas, que utilizan el agua de diferentes formas.

Aunque la mayor parte del agua del Valle debería ser considerada no apta para la agricultura por su alto contenido de sales, ha sido canalizada en diferentes puntos para ser utilizada en diferentes proyectos de irrigación. Las fuentes de producción de agua han sido muy alteradas y el patrón de drenaje ha cambiado drásticamente. Se desconocen los cambios históricos de los niveles de agua y de pérdida total en el afloramiento (SEMARNAT, 2000).

La construcción de los canales ha causado otro tipo de problemas, ya que ha interconectado pozas que naturalmente estaban aisladas, esta situación puso en contacto especies y poblaciones de organismos acuáticos, los problemas derivados de esta situación son poco conocidos y es posible que los canales artificiales favorezcan la entrada y dispersión de organismos exóticos a los diferentes sistemas acuáticos.

Otra amenaza importante para el humedal es la apertura de pozos profundos en los valles circunvecinos. Aunque se desconoce el efecto global que puedan tener, los

cambios en el volumen de la fuente del agua potable para la ciudad de Cuatro Ciénegas, conocida como el Agua del Cañón, son evidentes y aparentemente están relacionados con la extracción del agua en el Valle de Ocampo (SEMARNAT, 2000).

La Comisión Nacional del Agua dentro de su Programa Hidráulico Estatal 1996-2020 menciona que en zona geohidrológica Cuatro Ciénegas-San Miguel la condición del acuífero superior es de sobre explotación. Una de las grandes amenazas del valle de Cuatro Ciénegas es la extracción del agua irregular y las grandes pérdidas que se tienen por una mala conducción (IMTA, 2005)

Para la extracción de sales minerales, se explota el agua de pozos poco profundos, donde las sales disueltas se encuentran en mayor concentración. De acuerdo a los estudios de impacto ambiental que validan estas explotaciones no hay ningún efecto nocivo, pero se requieren estudios que confirmen lo anterior.

Aunque las actividades recreativas, están concentradas en algunos puntos del valle, la promoción turística ha incrementado el interés y la afluencia de prestadores de servicios y visitantes, que desean llevar a cabo actividades como el buceo y la natación en sitios menos alterados, causando la destrucción de formaciones naturales como los estromatolitos y aumentando la cantidad de basura en diferentes lugares (INE, 1999).

3.3.1. Hidrología en el Valle de Cuatro Ciénegas y Valle El Hundido

Hidrología del Valle de El Hundido

El acuífero El Hundido se encuentra en la Región Hidrológico del Bolsón de Mapimí (RH-35), cuenca Valle de El Hundido y subcuenca El Hundido. El Valle de El Hundido es una cuenca endorreica con un patrón de drenaje caracterizado por numerosos pequeños

tributarios que se unen a corrientes de orden mayor y en algunas áreas es de tipo radial. Las corrientes son de régimen transitorio, con escurrimientos torrenciales de unas cuantas horas de duración. Los arroyos se originan en las sierras que circundan al valle y en las márgenes de este desaparece al infiltrarse a través de depósitos aluviales permeables, constituyendo de esta manera una fuente de recarga al acuífero (CNA, 2001).

Hidrología del Valle de Cuatro Ciénegas

El acuífero de Cuatro Ciénegas se encuentra en la región Hidrológica Rio Conchos (RH-24). Cuenca P. Falcón-R. Salado y Subcuenca Rio Salado -Nadadores. El Valle de Cuatro Ciénegas es una cuenca endorreica, en general los arroyos que se originan en las sierras que lo circundan desaparecen al infiltrarse en las márgenes del valle a través de los depósitos aluviales permeables que rellenan al valle (CNA, 2001).

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

Aunque las lluvias en el Valle de Cuatro Ciénegas son escasas, tiene abundante agua subterránea la cual emerge a la superficie a través de innumerables manantiales, El agua que fluye de estos manantiales forma un intrincado sistema compuesto de ríos, pozas y humedales.

La elevación del valle es de alrededor de 740 msnm, y está rodeado por la Sierra de la Madera al norte. La cual tiene una elevación superior a los 3,000 msnm; al sureste por la Sierra San Marcos la cual tiene una elevación de 2 500 msnm. La Sierra de La Fragua franquea el valle en el lado Oeste, con elevaciones que van de 1,000 a 1,800 msnm

(Minckley y Gerald, 1969). Estas montañas que rodean al Valle de Cuatro Ciénegas originalmente formaban una cuenca cerrada, por lo que es posible que en aquel tiempo se formaran en la parte más baja pantanos y áreas inundadas someras.

Las pozas tienen profundidades de menos de un metro hasta 10 metros, y diámetros de unos pocos centímetros hasta 200 metros. La mayoría de las pozas se localizan en las faldas de la Sierra San Marcos y Pinos.

El río más importante del valle es el Río Mezquites. Este nace cerca del rancho Tierra Blanca. Cerca de su nacimiento tiene de 2 a 8 metros de ancho, 2 metros de profundidad y la corriente es lenta. Al Noreste de la Sierra San Marcos pasa a través de un humedal grande y en este punto se le unen aguas del sistema Mojarral. En este lugar tiene un ancho que va de 2 m hasta 20 m y una profundidad de 2.5 m. La descarga de este río es muy estable. En tiempos anteriores el río drenaba hacia una depresión cerrada que se encontraba en la parte Este. En la actualidad descarga hacia canales que fluyen fuera del vaso de Cuatro Ciénegas (IMTA, 2005).

Existen dos lagunas de dimensión considerable dentro del valle: Playitas y Churince, la primera representa un sistema alterado al que llega agua procedente de un canal artificial y la segunda un sistema relativamente intacto dentro del valle (IMTA, 2005).

3.3.2. Hidrología superficial

La red de drenaje de la cuenca de Cuatro Ciénegas está conformada, por arroyos de régimen transitorio que bajan de las sierras circundantes, cuyos escurrimientos torrenciales de corta duración se infiltran en su mayor parte en las porciones altas de los valles, y por otra, por arroyos de régimen perenne que conducen las aguas descargadas

por cientos de "pozas". Las "pozas" son manantiales que brotan de la roca caliza a través de oquedades naturales de diferentes dimensiones; la gran mayoría de ellas diseminadas en el flanco oriental de la sierra de San Marcos y Pinos, y unas cuantas en su flanco occidental (IMTA, 2005).

En las "pozas" de mayor tamaño y en los humedales adyacentes, se han formado ecosistemas que alojan gran variedad de especies peces, invertebrados, tortugas, reptiles, virus, algas y bacterias-, algunas de ellas únicas en el mundo, de gran importancia ecológica y científica; además, por su belleza natural tienen gran atractivo turístico y algunas de ellas, por su profundidad y la claridad de sus aguas, son especialmente propicias para la práctica del buceo. En el flanco occidental de la sierra de San Marcos y Pinos destaca la "poza" de La Becerra, una de las de mayor tamaño, suministra agua para riego de unas 400-500 hectáreas dentro de la zona de Cuatro Ciénegas (IMTA, 2005).

También en la porción occidental del valle, es notable la llamada Laguna de Churince, que no es una "poza" sino una depresión topográfica natural con dimensiones aproximadas de 1 kilómetro de largo, medio kilómetro de ancho y profundidad menor que 1 m. Es alimentada por la descarga de la "poza" del mismo nombre, por el esporádico escurrimiento superficial del área adyacente y por el acuífero de la porción occidental de Cuatro Ciénegas, que tiene su descarga natural en esta depresión topográfica; el caudal de estas alimentaciones varía estacional y anualmente en respuesta a las variaciones de la lluvia. La laguna se encoge en los intervalos (meses o años) en que la cantidad de agua evaporada en ella es mayor que la alimentación que recibe, y se expande en caso contrario. Así, en los años 2003 y 2004 la laguna se extendió porque la lluvia fue

relativamente abundante; en cambio, en el año 2005 su extensión se redujo porque fue excepcionalmente seco, la lluvia anual fue apenas de unos 130 mm en la estación climatológica Cuatro Ciénegas, mientras que la media respectiva es de unos 219 mm/año). Variaciones análogas han sido documentadas en otras épocas: en fotografía incorporada a un informe de la Universidad de Texas se observa que en diciembre de 1964 la laguna (denominada Laguna Grande en el reporte correspondiente) tenía extensión significativa, lo cual se atribuye a que recibió cuantiosa alimentación durante el ciclo lluvioso 1960-63; en cambio, otra fotografía aérea contenida en el mismo la muestra casi seca, lo que se debe a que el ciclo 1964-68 fue muy seco (IMTA, 2005).

Cuando la cuenca estaba en su estado natural, "pozas" y arroyos descargaban a lagos localizados en la parte baja del valle, donde el agua se evaporaba; el mayor de ellos ocupaba la porción oriental del valle y vertía sus excedentes a la cuenca vecina Río Salado-Nadadores (zonas de Lamadrid y Sacramento) a través de un estrechamiento. Los extensos salitrales formados ahí por evaporación, son los vestigios de ese lago. Se supone que la mayor parte del agua retenida en éste se evaporaba, por lo que su descarga hacia la cuenca vecina era intermitente y de reducida magnitud.

A fines del Siglo XIX se inició el drenado artificial de la cuenca de Cuatro Ciénegas, mediante la construcción de canales para conducir el agua de las "pozas" a las zonas agrícolas de Lamadrid y Sacramento. Ya en el siglo XX, en la década de los años sesentas, se construyeron canales de mayor capacidad, con lo cual se modificó drásticamente el ciclo hidrológico de la cuenca, se acentuó su drenado artificial y, con ello, se provocó la desecación de los principales lagos y humedales que existían en la condición natural. En esta condición, casi la totalidad del agua se evaporaba dentro de

la propia cuenca; en la actualidad, una fracción importante se utiliza en la agricultura (IMTA, 2005).

Los canales son alimentados por las "pozas" de mayor tamaño. Mediante compuertas se controlan el nivel del agua en la "poza", el caudal descargado al canal y la cantidad de agua vertida al humedal adyacente. Un porcentaje significativo del caudal conducido se pierde por filtraciones en los canales no revestidos y en los revestidos mal conservados.

Cuadro 3.15. Datos generales de los canales principales, 2008.

CANAL	Año construcción	Longitud del canal en Kilómetros	CAUDAL capacidad máxima de conducción en lts/s	Superficie de riego en hectáreas	Observaciones
Santa Tecla	1966	54.6	220-320	600	Caudal conducido a zonas agrícolas de aguas abajo.
Saca Salada	1902	65	800-1300	1500	
La Becerra	1966	57.2	580-645	400-500	
El Venado	1969	9.9	66-98	100	Caudal utilizado en el riego de Cuatro Ciénegas
Antiguos mineros del norte	Sin Información	Sin Información	30-80	100	
Julio Arredondo	Sin Información	Sin Información	40-60	Sin Información	

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2008).

La descarga de los canales presenta variaciones estacionales y anuales, en respuesta a las fluctuaciones de la descarga de las "pozas" y de la precipitación pluvial; se estima que el control mediante compuertas que se realiza en las más importantes, influye poco en esas variaciones. Varias fuentes reportan datos de aforos correspondientes a diferentes años, como se indica en el cuadro siguiente, según las cuales en su conjunto los canales descargan un caudal que varía entre 1,736 y 3,155 litros por segundo (54.7 a 99.5 millones de metros cúbicos por año). Sin embargo, los datos hidrométricos son inconsistentes, porque no se especifica el mes y el sitio donde se obtuvieron.

Según los datos obtenidos en el estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua en 2001, considerados como más confiables porque se prestó especial atención a la

hidrometría, los canales conducen un caudal total medio superior de 3,000 litros por segundo, dando un volumen del orden de 99.5 millones de metros cúbicos anuales, de los cuales unos 17.8 se utilizan para riego dentro del valle de Cuatro Ciénegas y los restantes 81.7 son conducidos a las zonas de Lamadrid, Sacramento, San Buenaventura y Nadadores, a través de los canales Saca Salada y Santa Tecla. La diferencia entre el caudal brotante y el entregado por los canales a las parcelas, corresponde al agua vertida a los humedales adyacentes a las "pozas" y a las pérdidas por conducción en la red de canales. Dentro de la cuenca de Cuatro Ciénegas, las filtraciones en los canales sostienen a la vegetación natural adyacente y alimentan al relleno acuífero del valle.

A través de un estrechamiento, la cuenca de Cuatro Ciénegas está conectada también con el valle de Calaveras, porción sur de la zona de Ocampo, ubicada al norte y aguas arriba de aquélla. Antes de que se iniciara la extracción de agua subterránea en la cuenca de Ocampo, el agua brotaba en el estrechamiento formando manantiales y un arroyo permanente, los cuales, a su vez, sostenían una densa cobertura vegetal y niveles freáticos someros en el área del poblado de Cuatro Ciénegas. Al incrementarse el bombeo de pozos en la cuenca de Ocampo, fue disminuyendo gradualmente su descarga a la de Cuatro Ciénegas, con la consiguiente reducción del caudal brotante, del escurrimiento y de la vegetación nativa en el estrechamiento, así como la consiguiente afectación a las norias, a las huertas y nogales existentes en el poblado referido y sus inmediaciones.

Recarga

La Disponibilidad Media Anual fue determinada conforme al método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, conservación del recurso agua que

establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril del 2002, aplicando la expresión:

Disponibilidad = Recarga - Descarga natural - Volumen media anual total comprometida concesionado

La recarga total media anual para el periodo 1998-2000 fue de 142.97 millones de metros cúbicos por año. Según el Registro Público de los Derechos de Agua (REPGA), el volumen de agua concesionado a la fecha de corte 30 de abril del 2002 era de 1.9 millones de metros cúbicos por año. La descarga natural comprometida, de 130.17 millones de metros cúbicos por año, tiene dos componentes:

- I) El caudal medio brotante en las "pozas", de 99.5 millones de metros cúbicos/año que sustenta a los ecosistemas y alimenta a la red de canales que conduce el agua a las zonas agrícolas fuera del valle.
- II) La evapotranspiración en áreas aledañas a "pozas", canales, cuerpos y cursos de agua, estimada en 30.7 millones de metros cúbicos por año, que sustenta cuerpos de agua y humedales de menor extensión.

Aplicando valores en la expresión anterior, resulta:

Disponibilidad media anual = 142.97 - 130.17 - 1.9 = 10.89 millones de metros cúbicos por año.

Esta disponibilidad media correspondió a la fecha de corte 30 de abril del 2002. Los datos anteriores fueron publicados en el "Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de

localización", publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 31 de enero del año 2003. Sin embargo, según los datos del REPDA a la fecha 31 de mayo del 2006, el volumen de agua concesionado de este acuífero aumentó a 3.035 millones de metros cúbicos por año, con lo cual la disponibilidad media quedó reducida a 9.76 millones de metros cúbicos por año (SEMARNAT-CONAGA, 2008).

Este resultado implica que un volumen de agua de 9.76 millones de metros cúbicos por año puede ser concesionado a usuarios asentados dentro de la propia zona de Cuatro Ciénegas. Sin embargo, conforme a la Ley de Aguas Nacionales, este resultado sólo surtirá sus efectos legales una vez que se establezca en ella un ordenamiento (veda, reglamento o reserva), pues en su situación actual es de libre alumbramiento.

Cuadro 3.16. Recarga y descarga del acuífero de Cuatro Ciénegas-Ocampo, 2008.

ENTRADAS	Millones de metros cúbicos/año
Recarga vertical ascendente y lluvia.	19.10
Entradas por flujo subterráneo horizontal	38.8
Total	57.9
SALIDAS	
Flujo subterráneo	2.50
Bombeo pozos	51.50
Descarga de manantiales	3.90
Total	57.90
Minado	0.06

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2008).

3.4.1. Infraestructura Hidráulica

La infraestructura hidráulica más relevante del Valle de Cuatro Ciénegas son un conjunto de canales que conducen el agua de los manantiales a los centros de riego dentro y fuera del valle. Estos canales se empezaron a construir desde el siglo XVI (Alessio Robles, 1938). Los canales más antiguos son: canal del Anteojo (construido 1950), la Escobeda

en 1906. La Angostura (en 1895), canal Nuevo de (1958-1962), Orozco (1906), Saca del Fuente (1906) y Becerra (1964). Además de estos canales, existen otros más nuevos.

Algunos datos concernientes a los canales son: El canal de Santa Teda que tiene una longitud de 546 km, de los cuales 523 km son revestidos y 23 km sin revestimiento. Su caudal varía entre 220 y 320 l/s. y su agua se canaliza al valle del Ejido Sacramento para el riego de 3,000 ha.

El canal Saca Salada tiene 65 km sin revestimiento y un rango de caudal de 800 a 1,300 l/s., y se aprovecha fuera del valle en el Ejido La Madrid para el riego de 673 ha.

El canal de la Becerra tiene entubado 1,200 m y 56 km sin revestimiento. Su caudal va de 580 a 645 l/s. y sus aguas son utilizadas en el riego de 772 has dentro del valle en el Ejido de Cuatro Ciénegas. El canal El Venado tiene ocho km revestidos y 1.9 km sin revestimiento. Su caudal varía de 66 a 98 l/s. e irriga los campos de cultivo del Ejido El Venado dentro del valle (IMTA, 2005).

3.4.2. Extracción del agua subterránea y su distribución por usos

En el año 2001, se censaron en la zona de Cuatro Ciénegas 71 captaciones de agua subterránea: 62 pozos, 6 norias y 3 manantiales. Del total, 44 estaban activas y 27 abandonadas. En cuanto al uso del agua, las captaciones activas tenían la distribución siguiente: 28 agrícolas, 11 doméstico-pecuario y 5 público urbano. La mayoría de las captaciones están concentradas en el área del poblado de Cuatro Ciénegas y en sus inmediaciones. La extracción total de agua subterránea se estimó en 15.12 millones de metros cúbicos por año, volumen destinado a usos agrícola, doméstico, pecuario y público urbano (IMTA, 2005).

Posteriormente, en el 2004, en un estudio del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), se censaron también 71 captaciones (pozos y norias), de las cuales sólo 34 se encontraron activas; las 37 restantes se señalan como abandonadas. Su extracción total estimada fue también de 15.1 millones de metros cúbicos por año. Asimismo, el estudio reporta la existencia de unas 300 "pozas" o manantiales, con una descarga media estimada en 3,000 litros por segundo; aunque según datos históricos de diferentes fuentes, se han aforado o estimado descargas superiores a los 4,000 litros por segundo. Conviene aclarar que ésta no es propiamente una extracción, sino una salida natural del acuífero calizo. Del volumen de agua brotante, sólo 17.8 millones de metros cúbicos por año son utilizados con fines agrícolas dentro de la zona de Cuatro Ciénegas; el volumen restante, de 81.7 millones de metros cúbicos por año, es conducido fuera de ella por el canal Saca Salada para riego en las zonas de Lamadrid y Sacramento, y por el canal Santa Tecla para riego en las zonas de San Buenaventura y Nadadores. En total, en la zona de Cuatro Ciénegas se utilizan 31.8 millones de metros cúbicos por año en la agricultura: 14.0 de agua subterránea y 17.8 de agua superficial (IMTA, 2005).

Distribución por usos.

Como parte de los estudios técnicos, en la zona de Ocampo se realizó un censo de 192 captaciones de agua subterránea: 172 pozos, 14 norias y 6 manantiales. Atendiendo al uso del agua, las 101 que se encontraron activas están distribuidas como sigue: 70 agrícolas, 24 doméstico/pecuarios y 7 público urbano (SEMARNAT-CONAGUA, 2008). Según la información recabada durante el censo, las 101 captaciones activas extraen un volumen total de 55.4 millones de metros cúbicos por año, correspondiendo 51.5 a las captaciones artificiales (pozos y norias) y 3.9 a los manantiales. La extracción total se

distribuye por usos del agua como sigue: 51.5 (93%) corresponde al uso agrícola; 2.9 (5.2%) al doméstico/abrevadero, y 1.0 (1.8%), al público-urbano. Algunos pozos suministran agua para dos o más usos.

Cuadro 3.17. Volumen de extracción del acuífero de Cuatro Ciénegas-Ocampo, 2008.

Uso	Volumen de extracción millones de metros cúbicos/año	Número de captaciones
Agrícola	51.5	70
Público urbano	1.0	7
Industrial	Inapreciable	Inapreciable
Abrevadero	2.9	24
Suma	55.4	101

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT-CONAGUA, (2008).

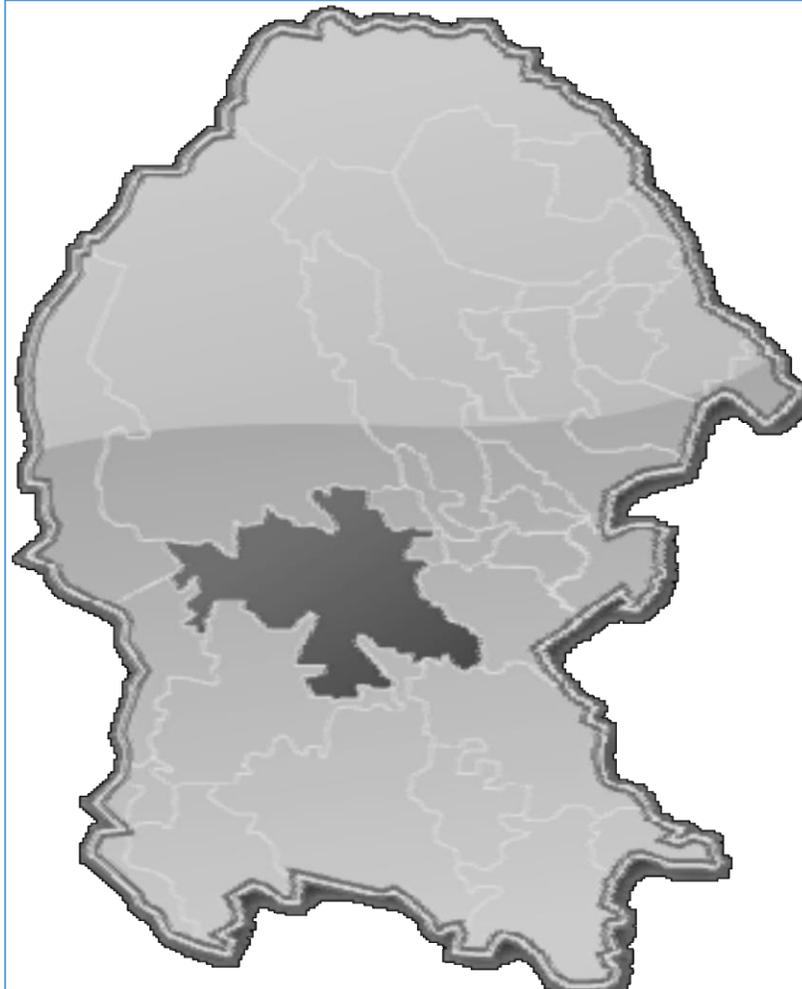
CAPÍTULO IV. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS, DEMOGRÁFICOS, INSTITUCIONALES Y ECONÓMICOS DE CUATRO CIÉNEGAS COAHUILA

4.1. ASPECTOS GENERALES

4.1.1 Ubicación geográfica

El municipio de Cuatro Ciénegas está localizado en la región desierto del estado y cuenta con una extensión territorial de 7,860.6 kilómetros cuadrados y una población de 13,013 habitantes.

Figura 4.1. Municipio de Cuatro Ciénegas: Ubicación geográfica

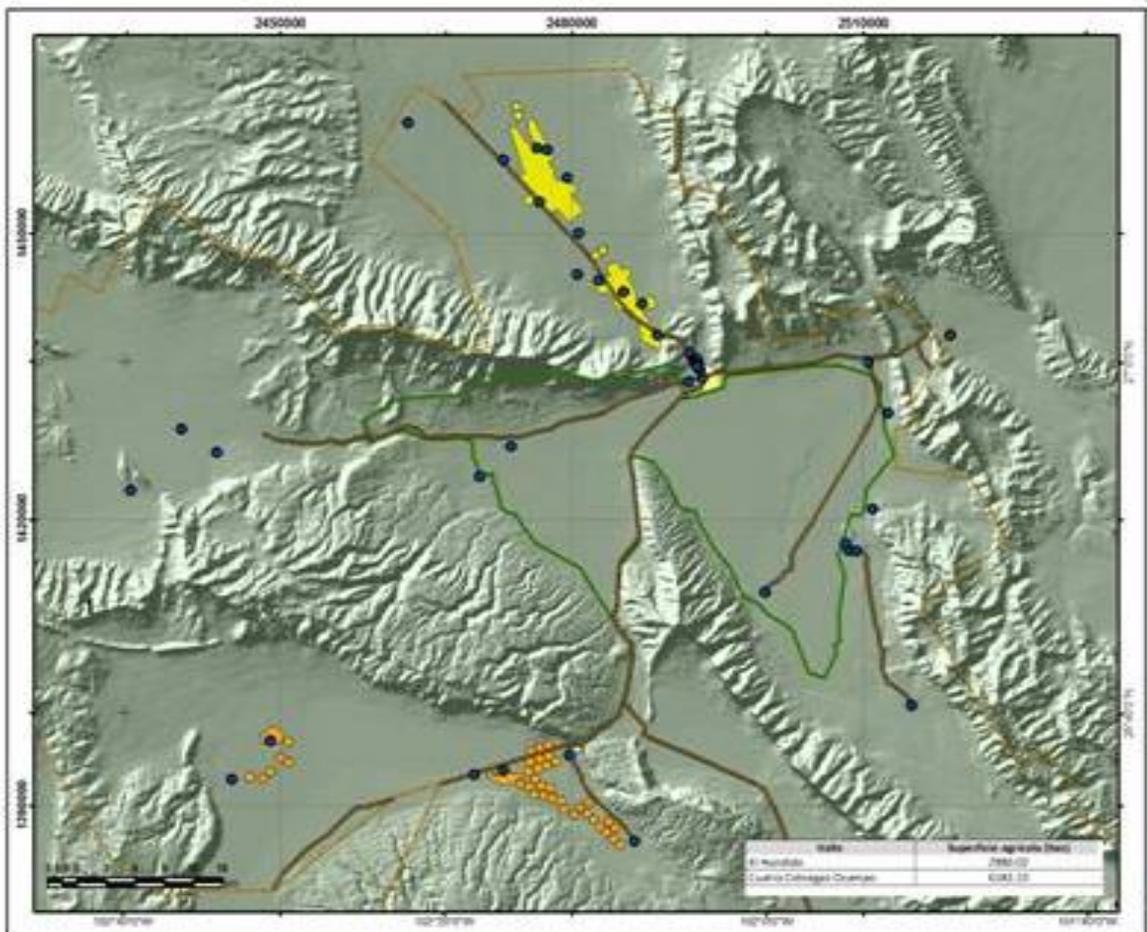


Fuente: CONANP, (2008).

El acuífero Cuatro Ciénegas-Ocampo identificado con la clave 0504, se localiza en la porción central del Estado de Coahuila, a unos 75 km al poniente de la ciudad de Monclova, Coah. Tiene una extensión superficial de 6,433 kilómetros cuadrados. Geográficamente, está comprendido entre los paralelos 26°59'22.2" y 28°04'40.7" de latitud norte y entre los meridianos 101°51'13.8" y 102°51'62" de longitud oeste; sus límites están definidos por la poligonal cuyos vértices se indican a continuación.

Aproximadamente, las tres cuartas partes de la extensión del acuífero están comprendidas en el Municipio de Ocampo; la porción complementaria corresponde a los municipios de Cuatro Ciénegas y Lamadrid (Figura 4.1 y 4.2).

Figura 3.1. Predios agrícolas en los valles de Cuatro Ciénegas-Ocampo y El Hundido



Fuente: CONANP, (2008).

4.1.1. Suelos, topografía y clima

Suelo

El valle de Cuatro Ciénegas es parte de un sistema de formaciones similares que se repiten en toda la Sub-provincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses, los estratos geológicos predominantes en las montañas de Coahuila son del Mesozoico, con un piso en la parte central del Estado de formaciones graníticas y en el Norte por estratos Precámbricos, que junto con otras rocas del Paleozoico, indican que en estos sitios hubo una masa de tierra adyacente a un mar del Pérmico (Red 4c, 2014).

En el Mesozoico, emergen las Sierras de Coahuila y el mar se reduce formando la península de Coahuila, los depósitos de yeso en la parte central de Coahuila, indican la línea costera y la recesión del mar. Los depósitos ígneos del Terciario, y los sedimentos lacustrinos se encuentran erosionados, pero no modificados, lo mismo sucede con los conglomerados depositados en los valles intermontanos y en los pies de monte (Red 4c, 2014).

El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas, está en el límite entre dos Provincias Geológicas, el Golfo de Sabinas y la Plataforma de Coahuila, donde la Sierra de La Fragua sirve como parteaguas. El Valle está rodeado por altas montañas, resultado de plegamientos, algunos de ellos, especialmente la Sierra de San Marcos y Pinos, presenta una gran cantidad de fracturas que posiblemente sean las que permitan la recarga de los manantiales. El agua de la lluvia atraviesa la formación La Peña hasta llegar a la formación Cupido, existen fracturas en el material arcilloso que permitan que el agua tienda a salir (APFFCC, 1999).

En el extremo sureste del Valle, sobre la sierra hay yacimientos metálicos, que fueron explotados desde el siglo pasado por una mina que llegó a ser muy importante regionalmente, llamada Reforma, la cual actualmente, no se encuentra en operación (APFFCC, 1999).

Fisiografía

Fisiográficamente forma parte de la Provincia de la Sierra Madre Oriental y dentro de esta a la Subprovincia denominada Sierras y Llanuras Coahuilenses. En esta Subprovincia predominan sierras de roca caliza de origen Mesozoico y de origen sedimentario marino, que fueron sometidas a esfuerzos corticales de tensión y compresión, y dieron origen a levantamientos serranos abruptos compuestos de rocas calizas, que se alternan con valles intermontanos orientadas de noroeste a sureste, en su mayoría escarpadas y más bien pequeñas. Sus ejes estructurales están bien definidos y se presentan especialmente en el sur anticlinales alargados con los lomos erosionados. Entre estas Sierras se extienden amplias bajadas, lomeríos y llanuras de materiales aluviales, como las que conforman el valle. El cual se encuentra rodeado por las siguientes sierras: al norte La Madera y La Menchaca, al oeste La Purísima y San Vicente, al sur San Marcos y Pinos y al sureste La Fragua. Siendo la de La Madera la más alta de todas, con una altitud superior a los 2,000 msnm, la región es de drenaje interno y sus aportes al Río Bravo son de escasa importancia (APFFCC, 1999).

Clima

En los terrenos de las extensas llanuras al oeste del estado de Coahuila y algunas en la parte central, se presentan climas muy secos, semicálidos, con lluvias predominantemente en verano con temperaturas altas e inviernos frescos. La influencia

de estos climas se extienden por grandes áreas del Estado, como el Bolsón de Mapimí, las Lagunas de Mayrán y Viesca, La Comarca Lagunera, en el norte de la entidad y su parte central, en el gran llano de Ocampo, San Marcos, Cuatro Ciénegas, El Sobaco y El Hundido.

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

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

Debido a que las variaciones en la temperatura en el año son muy amplias, se consideró que las medias mensuales no dan una idea clara de lo que sucede en el sitio, por ello se revisaron las temperaturas máximas y mínimas de 44 años (1943 a 1997) y se

resumieron en un cuadro donde se acumularon las frecuencias en forma porcentual dentro de un rango, el cuadro de frecuencias de temperaturas máximas y mínimas.

Cuadro 4.1. Temperatura media mensual, 2013

CUATROCIENEGAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura Media (°C)	12.5	14.8	18.8	22.4	26.2	28	28.1	27.2	25.6	21.2	16.7	12.7

Fuente: CONAGUA, 2014.

La temperatura regular es superior a los 22 grados centígrados y de mayo a septiembre son las temperaturas más altas y las temperaturas bajo cero son muy frecuentes entre diciembre y febrero.

Fauna

La fauna de la región de Cuatro Ciénegas es quizá de las más estudiadas en las zonas áridas de México, el interés surge del elevado número de taxas endémicos de la región.

Algunos de los grupos más estudiados son las siguientes:

Carcinofauna

Los hábitat de las diferentes especies conocidas pueden ser incluidos en dos grandes grupos: los cuerpos de agua salada y el resto del sistema hidrológico, donde se incluyen manantiales, pozas y zonas inundadas. La diversidad de crustáceos, incluye la presencia de 12 especies, de las cuales 6 son endémicas y otras 4 aún están pendientes de definir su nivel específico (Cole, 1984).

Malacofauna

La descripción de los moluscos de Cuatro Ciénegas se encuentra estudiada en dos vertientes, por un lado solo se tiene referencia de un molusco terrestre (Humboltiana

taylori) por Drake, (1951). Y por otro lado Minckley en (1969) reporta 7 familias de moluscos acuáticos, de los cuales la familia mejor representada es la Hidrobidae, la cual cuenta con 10 especies endémicas. A pesar de las modificaciones realizadas en el sistema hidrológico aún es posible encontrar poblaciones bien establecidas de diferentes especies en los manantiales de la región (Minckley, 1984).

Ictiofauna

Es el componente faunístico más conspicuo en cuanto a diversidad y endemismo (Taylor, 1966 y Minckley, 1966, 1969 y 1984), teniendo un total de 16 especies con 9 endémicas, inusual para una zona árida. La heterogeneidad ambiental del sistema hidrológico ha permitido la presencia de importantes grupos de peces que se distribuyen en manantiales como *Astianax* sp., *Notropis* sp. y *Micropterus* salmonoides. En los manantiales de mayor cobertura vegetal se encuentran especies como: *Lucania interioris* y *Gambusia* spp. Los canales son dominados por poblaciones de híbridos de *Cyprinodon* *atrovatus* y *Cyprinodon* *bifasciatus* además de *Notropis* *xanthiacara* y *Dionda* *episcopa* son los géneros más abundantes en sitios ribereños (Minckley, 1984).

Herpetofauna:

De las 67 especies registradas por Mac Coy, seis son endémicas, dos de ellas, *Apolone* *ater* y *Trachemys* *scripta* ocupan hábitat acuáticos, las especies *Terrapene* *coahuila* y *Scincella* *lateralis* ocurren en hábitat semiacuáticos y *Gerrhonotus* *lugoi* y *Cnemidophorus* *scalaris* se distribuyen en hábitat desérticos (Mc-Coy, 1984).

Ornitofauna

La avifauna de la región aparentemente no tiene una gran diversidad, pues solo se tiene el registro de 61 taxas, desconociendo cuales son migratorias, residentes o si constituyen

algunas formas endémicas. Los hábitat ocupados por las especies como: garza morena (*Ardea herodias*) ocupa las zonas riparias, la lechuza llanera *Speotyto* (*Athene cunicularia hypugaea*) se le encuentra en áreas de pastizales y matorral halófilo y el reyezuelo rojo (*Regulus calendula*) se le encuentra en toda el área (Contreras-Balderas, 1984). En 1997, Contreras-Balderas reporta 109 especies.

Mastofauna

Las poblaciones de mamíferos en el valle de Cuatro Ciénegas no han sido analizadas con detalle, pues solo se encuentran referencias en trabajos generales, por lo que hacen falta estudios de campo para tener un panorama más preciso. Los depredadores más comunes incluyen al coyote (*Canis latrans*) y el gato montés (*Lynx rufus*), ocupando los hábitat de vegetación arbustiva, se encuentra el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*). Aprovechando recursos del pastizal se encuentra a las liebres *Lepus californicus* y *Sylvilagus auduboni*, *Spermophilus* sp. y los ratones del género *Peromyscus*, *Reithrodontomys* y *Onychomys*. Donde los suelos son relativamente profundos se encuentran las tuza (*Thomomys umbrinus*) (Hall, 1981).

Vegetación

En el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas la vegetación se encuentra repartida entre pastizal halófilo y vegetación acuática en el piso de la cuenca; en las dunas de yeso se albergan especies endémicas de plantas gypsófilas, también matorral xerófilo y matorral submontano en las partes más elevadas. El piso del valle sobre el cual se encuentra el área de protección, es un sitio plano, sobre la cota de 700 msnm (APFFCC, 1999).

En el valle se encuentran por lo menos 837 especies de plantas vasculares y se reportan 23 taxas endémicos. Por efecto de su clima y suelos, presenta al igual que la mayor parte del estado asociaciones vegetales características del desierto Chihuahuense, las cuales se describen a continuación de acuerdo a Pinkava (1984):

Matorral desértico rosetófilo

Se localiza en las partes bajas de la sierra y hasta una altitud de 1,100 msnm. Se caracteriza por diferentes especies de agaves, como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), yucas (*Yucca* spp.), sotoles (*Dasyilirion* spp.), además de ocotillo (*Fouqueria splendens*), sangre de drago (*Jatropha dioica*) y candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*).

Matorral desértico micrófilo

Se presenta principalmente en las bajadas de la sierra. Las especies que lo caracterizan son: gobernadora (*Larrea tridentata*), ocotillo (*Fouqueria splendens*), nopal (*Opuntia bradtiana*), sangre de drago (*Jatropha dioica*), (*Koeberlinia spinosa*), mezquite (*Prosopis glandulosa*) y huizache (*Acacia greggii*).

Vegetación halófila

Estos tipos de vegetación están formados por un conjunto de hierbas, generalmente bajos de hojas pequeñas y carnosas, con alturas menores de un metro, asociadas en muchas ocasiones con especies características del pastizal halófito; resistentes a suelos con gran concentración de sales y mal drenaje. A este tipo de vegetación se le encuentra predominantemente en el piso del valle. Se presenta de dos formas: Pastizal halófilo, en el que dominan las especies de gramíneas, principalmente *Distichlis spicata*, *Clappia suaedaefolia*, *Suaeda mexicana*, *Sporobolus airoides* y *Quenopodial*; en el que predominan *Salicornia* sp., *Atriplex canescens*, *Cynodon dactylon* y *Atriplex*

acanthocarpa, el mezquite (*Prosopis glandulosa*) suele estar presente en cualquiera de los dos tipos de vegetación.

Vegetación gypsófila: Se localiza al sudoeste del valle, en los alrededores del sistema fluvial Churince. Las especies más comunes son: yuca (*Yucca treculeana*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), sotol (*Dasyilirion palmeri*), nopal (*Opuntia* spp.), ocotillo (*Fouqueria splendens*), efedra (*Ephedra trifurca* y *Sedum* sp). y algunas especies de compuestas.

Áreas sin vegetación aparente: Lo conforman pequeñas áreas que se localizan alrededor de la Laguna Churince y de las salinas, situadas al norte y este del valle, donde abunda el zacate pata de gallo (*Cynodon dactylon*) y algunas compuestas que se encuentran dispersas.

Vegetación acuática y semiacuática: Distribuida ampliamente en el valle asociada a cuerpos de agua, alrededor de la Sierra de San Marcos y Pinos. Compuesta principalmente por *Nymphaea* amplia y *Chara* spp. En las orillas de los ríos, lagunas, pozas y manantiales son comunes los tules (*Typha dominguensis*), y otras especies como *Eleocharis* sp. y *Juncus torreyi*.

4.1.2. 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 Cuatro Ciénegas de Carranza hasta la ciudad de Torreón; el ferrocarril que une la Ciudad de Saltillo, Monclova, Cuatro Ciénegas 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 (INEGI, 2014).

4.1.3. Servicio de salud y hoteles

El municipio de Cuatro Ciénegas forma parte del Distrito Sanitario Centro Desierto, con sede en la cabecera municipal y que abarca siete municipios de Coahuila, en el cual se atienden alrededor de 58,000 personas. De la población total del municipio, 3,686 personas son derecho-habientes del IMSS y 1,359 del ISSSTE (INEGI, 2014), el resto de la población recibe atención médica del sector social, por parte del programa Solidaridad del IMSS y principalmente por parte de la Secretaría de Salud, a través de las brigadas móviles o de los prestadores de servicio social.

La ciudad de Cuatro Ciénegas de Carranza cuenta con servicios telefónicos, correo, asistencia social, centros de salud, de esparcimiento, ciber café, farmacias, centros comerciales, oficinas de turismo, hoteles de categoría turística y restaurantes. El municipio cuenta con 9 Hoteles, 5 Hospitales y Clínicas pública.

4.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

4.2.1. Población urbana y rural

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 1995, el Municipio de Cuatro Ciénegas tenía una población estimada de 12,899 habitantes, de los cuales 9,185 vivían en la cabecera municipal y el resto en centros de población ejidal y en ranchos (Anexo IV).

Dentro del área protegida existen tres centros de población ejidal y algunos caseríos aislados, pero en su área inmediata de influencia se encuentra la Ciudad de Cuatro Ciénegas y los centros de población de ocho ejidos: Antiguos Mineros del Norte. Cuatro Ciénegas, Eliseo Mendoza Berrueto, El Venado, La Vega, Nueva Atalaya (San Marcos), San Juan de Boquillas, San Lorenzo, Santa Teresa de Sofía, San Vicente y Seis de Enero. En los cuadros siguientes se consideran sólo los datos de los ejidos, y no de todo el municipio.

De acuerdo con los datos del Censo Agropecuario de Coahuila (1991), los ejidos con mayor número de habitantes eran Santa Teresa de Sofía, La Vega, El Venado y San Juan, con 391, 252, 220 y 210 habitantes registrados, respectivamente. Los centros de población con menor número de habitantes son San Lorenzo y el Ejido Cuatro Ciénegas con solo 5 personas registradas, pero en el segundo caso hay que tomar en cuenta que la mayoría de los ejidatarios viven en la Ciudad de Cuatro Ciénegas.

La población económicamente activa en el municipio en 1980, correspondía a un 52% ocupado principalmente en el sector terciario. En los ejidos correspondía a un 35% de la población total, la mayor parte de ellos están ocupados en el sector primario.

Los datos más recientes sobre la población económicamente activa son los de la Secretaría de Salud y Desarrollo Comunitario (1997), de acuerdo a ese informe considerando las diferentes actividades productivas hay 3,212 personas ocupadas en el municipio que corresponde al 24.90% de la población total. Se considera esta información, debido a que la de INEGI es de nivel estatal y es difícil considerarla como general para esta región (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Actividades por sector de los habitantes de Cuatro Ciénegas

Rama de actividad	Total	Porcentaje (%)
Agricultura, ganadería y pesca	1,110	34.56
Minería	375	11.67
Comercio	225	7.00
Industria manufacturera	1,086	33.81
Institución de gobierno	205	6.38
Construcción	211	6.57
Total	3,212	100.00

Fuente: Elaboración propia con base de programa de manejo APFFCC (1999).

4.2.2. Educación

En el municipio hay un total de 63 centros educativos de los diferentes niveles, a las que asisten 3,587 alumnos y son atendidos por 188 docentes. En el Cuadro 4.3 se desglosa esta información por nivel escolar:

Cuadro 4.3. Educación en Cuatro Ciénegas,

Nivel educativo	Personal docente	Alumnos
Educación inicial	8	137
Educación Preescolar	14	430
Educación Primaria	74	1,943
Educación Secundaria	37	568
Educación en Telesecundarias	10	86
Educación Media y Terminal	45	423
Total	188	3,587

Fuente: Dirección Municipal de Educación, (2010).

El personal docente es apoyado por dos coordinadores, siete inspectores, 16 directivos, 5 asesores técnicos, 4 responsables de área, 15 administrativos y 23 manuales.

El Consejo Nacional de Fomento Educativo atiende 130 alumnos en 18 comunidades con 18 instructores. El Instituto Nacional para la Educación de los Adultos certificó en 1998 a 92 adultos mayores de 15 años. En el año 2010 atiende 414 alumnos con 43 personas de apoyo.

4.3 ASPECTOS ECONÓMICOS

Si bien Coahuila es un estado con importancia turística, la demanda del subsector turismo representa sólo el 1.32% de la producción bruta total de Coahuila, y sólo el 1.27% de la ZM de Monclova. Sin embargo, en Cuatro Ciénegas la situación es distinta, puesto que el turismo representa el 2.35%, lo que muestra una mayor importancia relativa, aunque está lejos de ser la principal actividad económica del municipio.

La importancia del turismo en la economía destaca más en su participación respecto al total del empleo. A nivel estatal el subsector turismo genera el 4.4% del empleo, cifra muy similar a la de Monclova-frontera, en donde participa con el 4.3%. En cambio, en Cuatro Ciénegas representa el 7%, una proporción significativa considerando el tamaño del municipio, y que es muestra de la relevancia de esta actividad económica en la actividad. Esto significa que el turismo es una actividad económica concentrada en servicios de baja demanda, lo que explica la mayor proporción de empleos generados que valor de producción (PERIÓDICO OFICIAL, 2007).

La población ocupada por las diferentes ramas del subsector turismo en el Estado de Coahuila suma más de 24 mil empleos, en la Zona Metropolitana de Monclova supera los 2,500 y en Cuatro Ciénegas solo 134. Mientras que en Monclova el empleo se concentra en los restaurantes de autoservicio y de comida para llevar (34.29%) y en los restaurantes con meseros (27.07%), seguidos por los hoteles y moteles (17.66%), en el municipio de Cuatro Ciénegas el empleo se encuentra distribuido más homogéneamente entre restaurantes (con y sin meseros), hoteles y moteles, transporte y centros nocturnos, bares, cantinas y similares.

Las remuneraciones promedio en el subsector turismo son sustancialmente mejores que las obtengas en el promedio de los sectores económicos. Aunque en Cuatro Ciénegas el ingreso de los trabajadores en actividades turísticas es menor al promedio de la entidad es muy superior a los otros sectores de la economía municipal, alcanzando remuneraciones anuales promedio de \$17,634 pesos. Es destacable además, que las mejores remuneraciones se ofrecen en Hoteles y Moteles y en transporte turístico por tierra.

En Cuatro Ciénegas el turismo es una actividad relevante, no sólo desde el punto de vista de su relevancia en la generación de empleos locales y su importancia relativa a nivel estatal, sino también en relación con su mayor capacidad de generar ingresos a los habitantes.

4.3.1 Valor de la producción

4.3.1.1 Producción agrícola

La agricultura es la principal actividad económica. Es sustentada, principalmente, por el agua que brota de "pozas" o manantiales diseminados en los flancos de la sierra de San Marcos y Pinos y que circula a través de una red de canales artificiales. Aunque el caudal brotante es de unos 3,000 litros por segundo, en promedio, el desarrollo agrícola local es moderada porque la mayor parte del agua es conducida por los canales hacia las zonas de Lamadrid, Sacramento, San Buenaventura y Nadadores, situadas aguas abajo y al oriente de la zona de Cuatro Ciénegas. El volumen de agua subterránea destinado al riego local es apenas de unos 14.018 millones de metros cúbicos por año (CONAGUA, 2003).

En la actividad agrícola se regó con el agua de las mismas "pozas", en el año 2013 y 2014, en las zonas de los Valles del municipio de Cuatro Ciénega, se regaron unas 8,000 hectáreas (ha) de cultivos, principalmente alfalfa. En el cuadro se presenta la superficie sembrada y cosechada de riego y de temporal que asciende un valor de la producción de 274 millones pesos en el año 2014, y se emplearon a 115 familias que representan el 28 % de la población económicamente activa.

Cuadro 4.4. Valor de producción agrícola, Cuatro Ciénegas, Coah.

Año	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Valor Producción (Miles de Pesos)
2013	9,308.80	9,238.80	274,025.13
2014	9,882.88	9,842.88	328,406.89

Fuente: Elaboración propia con datos de SAGARPA-SIAP, (2014).

4.3.1.2 Producción pecuaria

La ganadería es una de las actividades importantes del sector agropecuario a nivel nacional. En el Norte de México se practica la ganadería extensiva principalmente. Este tipo de ganadería requiere de grandes extensiones de terreno, ya que los animales pastan. En el valle de Cuatro Ciénegas, la mayoría de los productores tienen caballos, burros y vacas debido a que los suelos del valle en su mayoría contienen altos contenidos de sales, predominando pastos duros como los zacates salado y alcalino en el piso del valle, siendo preferidos por caballos y burros. Es posible encontrar otro tipo de pastos en partes altas como en el pie de monte, pero son áreas poco aptas para la realización de la actividad ganadera (Cuatro Ciénegas-CONANP, 2014).

La ganadería ha dejado de ser una actividad principal en las comunidades, debido en parte a la complejidad de los sistemas de organización en los ejidos, sumándole a esto

el manejo deficiente del recurso ganadero. Pero el problema central de la improductividad de la actividad ganadera es que existe sobrecarga animal en el valle, es decir hay más animales de los que puede mantener el terreno, esto genera que exista una sobre-extracción de forraje, la cual es acumulativa, año con año hay menos, ocasionando alta mortandad de animales, baja producción de becerros al destete, entre otras. También los efectos se ven reflejados en la condición de los agostaderos donde la cubierta de pastos, hierbas y arbustos en el suelo disminuyen y en algunos casos desaparecen áreas de pastizal y humedal así como también la pérdida de suelo. Cuando esta situación se presenta se pone en riesgo la conservación de los ecosistemas, como es el caso de los humedales que son de vital importancia para las especies que solo pueden existir en este lugar (Cuatro Ciénegas-CONANP, 2014).

Cuadro 4.5. Valor de producción pecuaria, Cuatro Ciénegas, Coah, 2011.

Especie	Miles de pesos	Porcentaje
Total	29,041	100.00%
Bovino	25,662	88.36%
Porcino	148	0.51%
Ovino	350	1.21%
Caprino	1,571	5.41%
Gallináceas	17	0.06%
Leche bovino	163	0.56%
Leche de caprino	994	3.42%
Huevo para plato	136	0.47%
Miel	0	0.00%
Valor de producción de cera en greña	0	0.00%

Fuente: Elaboración propia en base a INEGI, (2013).

En 2009 el Valle de Cuatro Ciénegas pastorean 855 vacas, 561 burros, 793 caballos, 1326 chivas, los cuales equivalen a 2,600 unidades animal. La producción bovina es la que reporta mayor valor de producción con 25.66 millones de pesos seguido por actividad caprina con 1.57 millones de pesos (Cuadro 4.5). De acuerdo al valor de producción

ganadera, significa que la mayor parte de la producción pecuaria se exporta a otro municipio o región ya que no existe mayor significancia en la actividad lechera.

4.3.1.3 Producción forestal

Las actividades básicas a las que se dedican los pobladores de estas comunidades es el aprovechamiento forestal, esencialmente de subsistencia, enfocadas habitualmente a la recolección de plantas completas o sus partes de especies forestales maderables y no maderables que se desarrollan en la zona. Dentro de los principales problemas encontrados alrededor del recurso forestal y su utilización, están: la desorganización que existe entre los productores tanto para aprovechar estos recursos como para comercializarlos; la falta de infraestructura adecuada para una correcta industrialización de las materias primas; la escasa y pésima situación que guarda la red de caminos que comunica a las diversas comunidades con las principales ciudades; las grandes distancias que los productores tienen que recorrer para ofertar sus productos; el ataque de plagas y enfermedades que sufren las diversas especies; un manejo forestal inadecuado; los largos períodos de sequía con el consecuente abatimiento de los mantos freáticos y la subutilización en muchos casos de los recursos.

La principal actividad forestal es la extracción de la materia prima para la industria que se presenta en forma de leña, madera artesanal, ixtle de palma, lechuguilla y cera de candelilla.

Cuadro 4.6. Valor de producción forestal en Cuatro Ciénegas, 2011.

Concepto	Actividad forestal
Unidades de producción que reportan corte de árboles	3
Volumen de producción forestal maderable	0
Valor de producción forestal maderable	\$ -
Valor por m3 de rollo	\$ -
Unidades de producción de productos no maderables	354
Volumen de producción forestal no maderable	342
Valor de producción forestal no maderable	\$ 12,299.00
Valor por tonelada	\$ 36.00

Fuente: Elaboración propia en base de Sistema Estatal y Municipal de base de datos (SMBAD, 2013).

La candelilla es la principal actividad forestal para la extracción de la cera considerada como actividad no maderable, asciende un valor de producción 12,299 pesos (Cuadro 4.6). Otra de las actividades es la extracción de mezquite para la elaboración de carbón sin embargo no se dispone de información

4.3.2 Sector agrícola

Destaca la agricultura, con la producción de trigo, maíz y forrajes, principalmente alfalfa. Según información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, a nivel municipal, en los años 2002 y 2003 la superficie cultivada en la zona de Ocampo fue de unas 2,848 hectáreas en su totalidad, mediante bombeo de pozos, con una lámina media de riego estimada de 1.81 metros.

De seguir la tendencia que ha presentado el sector agrícola en los últimos años, no es de esperarse un incremento significativo en la extracción del agua subterránea para este uso.

Actividades menores de este sector son: la ganadería, que tiene un desarrollo modesto y consiste en la cría de ganado bovino para carne, caprino y porcino; la minería,

representada por la explotación de yacimientos de fluorita, plata, plomo, cobre y oro, que aunque de importancia dentro del Municipio de Ocampo, a nivel del acuífero se lleva a cabo a nivel muy rudimentario, la piscicultura, practicada en pequeña escala en estanques y represas, y la explotación forestal de bosques de pino y cedro blanco, candelilla y fibras de lechuguilla y palma.

El Sector Primario en su conjunto genera el mayor porcentaje del Valor Agregado Censal Bruto (VACB) (53.7%), y utiliza la mayor parte del volumen de agua extraído (98.30%).

4.3.3 Sector secundario

Dentro del territorio que comprende al acuífero en estudio, existen solamente pequeñas unidades industriales dedicadas a la elaboración de productos alimenticios. No hay indicios de expansión en el sector industrial.

4.3.4 Sector Servicios

Se orienta al comercio al por menor: compra-venta de alimentos, bebidas, productos de tabaco, prendas de vestir y artículos de uso personal, gases, combustibles y lubricantes.

El municipio cuenta con servicios de alojamiento temporal; servicios personales para el hogar y diversos; médicos, de asistencia social y veterinarios; de preparación de alimentos y bebidas; recreativos y de esparcimiento.

El Sector Terciario genera el menor VACB (8.56%) y utiliza el 1.7% del recurso hídrico subterráneo.

El Valor Agregado Censal Bruto (VACB) por sectores económicos en los municipios de Ocampo y Cuatro Ciénegas, representa el 0.13% del total estatal.

CAPÍTULO V. FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA LA FORMULACIÓN DEL MODELO ECONOMETRICO

5.1 CURVA DE DEMANDA

Un concepto general expresado por Pindyck y Rubinfeld (1998) hace referencia al mercado como el conjunto de compradores y vendedores que por medio de sus interacciones reales o potenciales, determina el precio de uno o más productos.

Atendiendo al número de compradores y vendedores, los mercados pueden ubicarse en los tipos de competencia perfecta o imperfecta. Un mercado en competencia perfecta es aquel en el que se observa una gran cantidad de compradores y vendedores de un mismo producto homogéneo y en el que la acción aislada de uno de ellos no tiene impacto significativo en el comportamiento del precio del bien.

Supongamos un mercado en competencia perfecta en el que se ofrecen dos bienes B_1 y B_2 con precios P_1 y P_2 a un consumidor racional con un ingreso limitado (I_0). De acuerdo con el principio de optimización, bajo la restricción presupuestaria, el consumidor solo adquirirá cantidades Q_1 y Q_2 de estos, tal que le brinden la máxima utilidad (U). Considerando constantes el presupuesto y los gustos del consumidor así como el precio de alguno de los bienes ofrecidos, el modelo que expresa matemáticamente esta utilidad restringida puede ser:

$$U = Q_1 * Q_2 \tag{5.1}$$

Con la restricción:

$$I_0 = P_1 * Q_1 + P_2 * Q_2 \tag{5.2}$$

Donde:

U = Función de la utilidad del consumidor.

I_0 = Función del presupuesto del consumidor.

Obteniendo el valor máximo de la utilidad (U) a través del método de Lagrange, se tiene:

$$L = U + \lambda(I_0 - P_1 \cdot Q_1 - P_2 \cdot Q_2) \quad (5.3)$$

O bien:

$$L = Q_1 \cdot Q_2 + \lambda(I_0 - P_1 \cdot Q_1 - P_2 \cdot Q_2) \quad (5.4)$$

Donde:

L = Expresión del Lagrangeano correspondiente al modelo.

La obtención de un máximo condicionado de la utilidad del consumidor implica la obtención y cumplimiento de la condición del primero y segundo orden aplicada a la expresión anterior. Tal condición se obtiene de la derivación parcial con respecto de las cantidades Q_1 y Q_2 y el valor λ para después igualar a cero tales expresiones y aplicar las condiciones de segundo orden.

La condición de primer orden establece:

$$\circ \quad \delta L / \delta Q_i = 0 \quad \text{b) } Q_i \geq 0 \quad \text{c) } Q_i * (\delta L / \delta Q_i) = 0$$

Donde:

$\delta L / \delta Q_i$ Representa la derivada parcial del Lagrangeano con respecto de la cantidad i presente en el modelo.

Q_i Se refiere a las diferentes cantidades de los productos considerados en el modelo.

Aplicando las condiciones anteriores a la expresión (5.4) y haciendo desarrollos algebraicos, se tiene:

$$Q_1 = I_0 / 2P_1 \quad (5.5)$$

$$Q_2 = I_0 / 2P_2 \quad (5.6)$$

Las expresiones anteriores para la demanda de cada uno de los bienes solo se cumplen bajo los supuestos de la permanencia constante de los gustos del consumidor, los precios de los bienes relacionados y el nivel de presupuesto del cual dispone el individuo. De lo anterior, se desprende que la demanda puede expresarse como una función de los precios de los bienes de consumo y el presupuesto del consumidor. Esto es:

$$Q_i = P_1, P_2, I_0 \quad (5.7)$$

Ahora bien, considerando que P_2 y el presupuesto se mantienen constantes, entonces, el comportamiento de la demanda se puede expresar como:

$$Q = f(P_1) \quad (5.8)$$

La expresión anterior implica que la demanda del bien B_1 depende de su precio, P_1 , pero no dejado de depender de los otros factores, es decir, del o los bienes restantes y de su presupuesto. Es decir, la forma de la función de la demanda está determinada por la función de utilidad del consumidor (Torres, 2012).

5.1.2 Tipos de funciones de demanda

2.1.2.1 La función demanda agregada de los productos agrícolas

Se refiere a la demanda total de un producto agrícola. Es función del precio del producto (P), de los precios de los productos sustitutos (P_s), precios de los productos complementarios (P_c), el ingreso disponible (I), la población humana, edad, área geográfica, etc. (N), los gustos y preferencias de los consumidores (G), las expectativas de los consumidores (E) y la promoción, (K). La expresión de esta función para un periodo " t " dado:

$$Q_t = f(P, P_t, P_{st}, P_{ct}, I_t, N_t, G_t, E_t, K_t) \quad (5.9)$$

La variación del precio (P) del bien, manteniendo constante todos los demás factores, se origina el concepto de demanda estática (Torres, 2012).

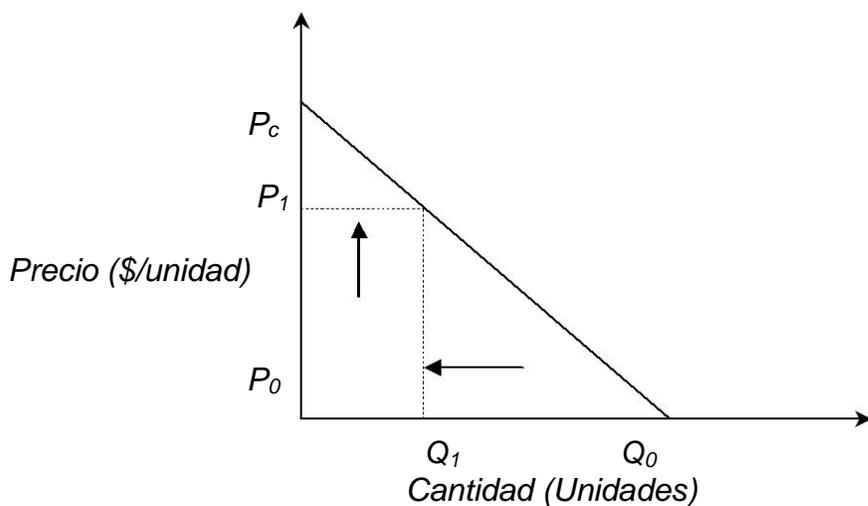
5.1.2.2 La función demanda estática primaria en consumo

Se simboliza comúnmente como Q_c y es también llamada “demanda en consumo” o “demanda de mercado”. De acuerdo con Tomek y Robinson (1991), representa las diferentes cantidades de un bien o servicio final así como los servicios de mercadeo asociados a los mismos que los consumidores desean y pueden comprar en un tiempo determinado a diferentes precios (P_c) al menudeo. Su expresión funcional para un tiempo “ t ” dado:

$$Q_{ct} = f(P_{ct}) \quad (5.10)$$

Su gráfico:

Gráfica 5.1. Demanda estática primaria en consumo



5.1.2.3 La demanda derivada

De acuerdo con García (2003) la demanda derivada se refiere a las cantidades de insumos o materias primas adquiridas para la producción de bienes finales. La producción de cortes finales de carne de res deriva la demanda de la carne de bovino en canal. La demanda de tales cortes está compuesta por la demanda de los servicios de mercadeo asociados tales como el transporte, el almacenamiento, la refrigeración y la distribución al consumidor.

5.1.2.4 La función demanda estática derivada al mayoreo agregada total (Q_m)

También es llamada demanda intermedia agregada total. Representa las distintas cantidades de un bien o servicio intermedio que los detallistas y otros agentes desean y pueden comprar en un tiempo determinado a distintos precios al mayoreo (P_m) suponiendo

$$Q_{mt} = f(P_m) \quad (5.11)$$

5.1.2.5 Demanda estática derivada o en producción (Q_p)

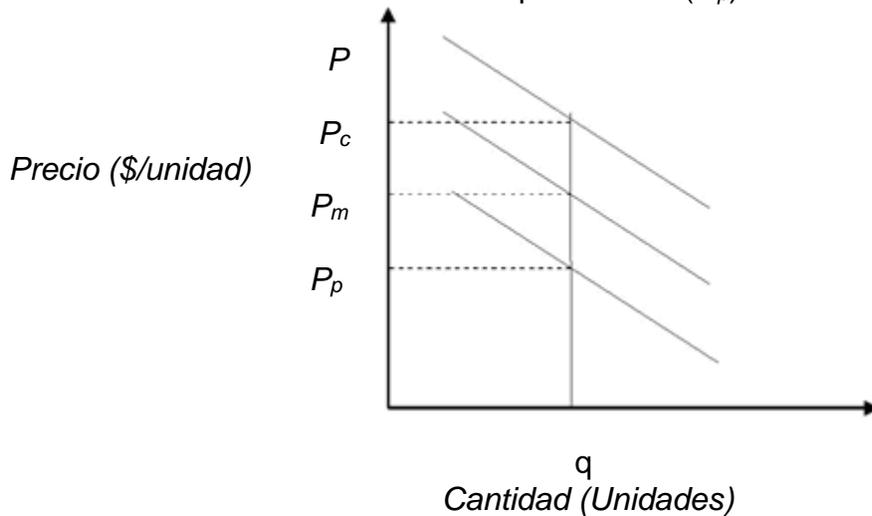
También se le llama demanda en producción agregada total. Representa la cantidad de producto, tal y como sale de la empresa, que los acopiadores desean y pueden comprar en un tiempo definido a precios alternativos (P_p) para incorporarlo a la producción de bienes finales suponiendo constantes los demás factores. La cantidad de toneladas de granos adquiridas directamente en campo y la compra de ganado en pie son ejemplo de este tipo de demanda.

Su expresión funcional es:

$$Q_p = f(P_p) \tag{5.12}$$

La ubicación en un plano cartesiano de las relaciones funcionales que caracterizan a estos tres últimos tipos de demanda puede ser:

Gráfica 5.2. Demanda primaria (D_c), demanda derivada al mayoreo (D_m) y demanda en producción (D_p)

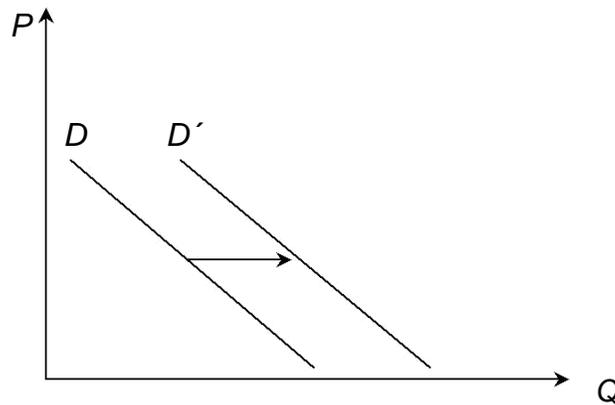


5.1.3 Elementos básicos de la demanda dinámica

El aspecto dinámico en la demanda de un bien o servicio se refleja en los desplazamientos de su curva con respecto del tiempo ocasionados por cambios en sus factores determinantes tales como: ingreso, precios de los bienes relacionados, población, gustos, entre otros. Los desplazamientos de la curva de demanda pueden ser de dos tipos: simples y estructurales. Los primeros también reciben el nombre de desplazamientos paralelos y ocurren cuando la variación de cualquiera de sus factores determinantes (ingreso, población, precios de bienes relacionados), manteniendo todos los demás constantes y suponiendo el conocimiento perfecto, provoca que la curva se mueva paralelamente en relación a su posición inicial en el plano sin cambiar su

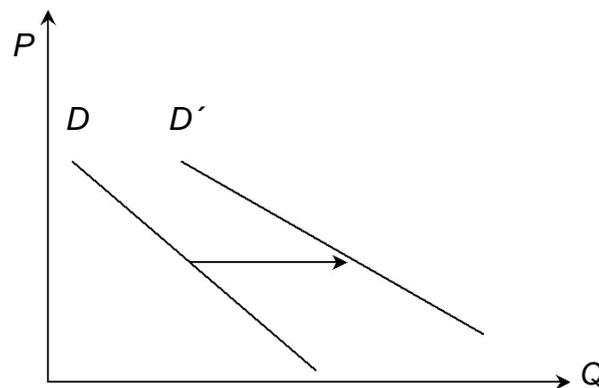
pendiente y sólo modificando el valor de su intercepto. Lo anterior se muestra en la Gráfica 5.3.

Gráfica 5.3. Desplazamiento simple o paralelo de la demanda



Los cambios estructurales corresponden a aquellos en los que la curva cambia en su pendiente e intercepto debido a la variación de algún determinante, y manteniendo los demás constantes. Este caso se muestra en la Gráfica 5.4.

Gráfica 5.4 Cambio estructural en la demanda



Otro aspecto relacionado con la dinámica de la demanda está relacionado con el tiempo de respuesta de la demanda en razón a cambios observados en sus factores determinantes. Esta respuesta no instantánea ocurre generalmente por el conocimiento imperfecto y por la necesidad de un periodo adecuado de tiempo para que ocurran los cambios. La necesidad de establecer una demanda ajustada por el retraso en la

respuesta conduce a diferenciar entre demanda de corto y largo plazo. De acuerdo con Tomek y Robinson (1991), la demanda de largo plazo representa la cantidad a adquirir de un bien determinado después de haber transcurrido el tiempo necesario para que ocurran todos los ajustes.

5.1.4 Elasticidades de la demanda

De acuerdo con Varian (1996), la elasticidad de un bien es la relación entre la variación porcentual en la cantidad de un bien dado y la variación porcentual en el precio de dicho bien. Esto es, la elasticidad de la demanda de un bien puede determinarse mediante el cociente formado por las variaciones porcentuales de la cantidad y el precio del bien en cuestión. Las principales características de las elasticidades de corto plazo, Cuadro 5.1.

Cuadro 5.1. Resumen sobre las elasticidades de la demanda.

Tipo	Fórmula		Posible resultado	Causa	Clasificación del producto
	No se conoce la función	Si se conoce la función			
E_p	$E_p = \frac{\Delta\%Q}{\Delta\%P} =$	$E_p = \frac{\partial Q}{\partial P} \left[\frac{\bar{P}}{\bar{Q}} \right]$	$> -1 $ $= -1 $ $< -1 $	$\Delta\%Q > \Delta\%P$ $\Delta\%Q = \Delta\%P$ $\Delta\%Q < \Delta\%P$	Elástico Unitario Inelástico
E_I	$E_I = \frac{\Delta\%Q}{\Delta\%I} =$	$E_I = \frac{\partial Q}{\partial I} \left[\frac{\bar{I}}{\bar{Q}} \right]$	$E_I > 1$ $0 < E_I < 1$ $E_I < 0$	$\Delta\%Q > \Delta\%I$ $\Delta\%Q < \Delta\%I$ $\uparrow I \Rightarrow \downarrow Q$ $\downarrow I \Leftarrow \uparrow Q$	Normal de lujo Normal necesario Normal inferior
E_{ij}	$E_{ij} = \frac{\Delta\%Q_i}{\Delta\%P_j} =$	$E_{ij} = \frac{\partial Q}{\partial P} \left[\frac{\bar{P}}{\bar{Q}} \right]$		$> 0 \uparrow P_j \Rightarrow \uparrow Q_i$ $\downarrow P_j \Rightarrow \downarrow Q_i$ $= 0$ No existe No existe $< 0 \uparrow P_j \Rightarrow \downarrow Q_i$ $\downarrow P_j \Rightarrow \uparrow Q_i$	Sustituto Independiente Complementario

Fuente: García et al., (2000).

Tal y como se muestra en la expresión anterior, la elasticidad es una magnitud relativa e independiente de las unidades de medida por lo que permite hacer comparaciones entre productos y países. Existen diferentes tipos de elasticidades relacionadas con la demanda de un bien: la elasticidad precio propia, cruzada e ingreso. Considerando el tiempo en el que ocurren, podemos decir que existen elasticidades de corto y largo plazo. En general, de acuerdo con Pindyck y Rubinfeld (1998), la elasticidad de largo plazo o dinámica es mayor, en términos absolutos, que la de corto plazo. Se entiende por elasticidad de largo plazo a la respuesta porcentual de la cantidad demandada durante el periodo de ajuste considerando un cambio de 1% en un factor determinante, manteniendo a los demás sin cambio. El valor de la elasticidad de largo plazo se determina dividiendo la elasticidad de corto plazo por el coeficiente de ajuste de la demanda.

Si un bien tiene una elasticidad de demanda mayor que 1 en término absoluto, se dice que tiene una demanda elástica. Es decir, a un cambio porcentual unitario en el precio le corresponde un cambio porcentual mayor que uno a la cantidad demandada. Si el bien tiene una elasticidad menor que uno, en valor absoluto, su demanda es inelástica y poco sensible a cambios en el precio. Si la elasticidad de la demanda es exactamente igual a menos uno, es elasticidad unitaria (Varian, 1996).

En general, la elasticidad de la demanda de un bien depende en gran medida de las cantidades de los bienes sustitutos cercanos que tenga. Si el precio de un bien A se incrementa teniendo un bien B sustituto perfecto y cercano, la demanda del bien A tenderá a ser cero. Es decir su demanda responde de manera elástica dada la existencia

del bien B sustituto. De lo anterior, se desprende que la demanda de aquellos bienes que carecen de sustitutos se comporta de manera inelástica.

5.1.5 Modelos econométricos dinámicos

5.1.5.1 Modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos

Considerando el valor común de la respuesta de un gran número de variables Económicas ante los cambios de sus variables explicativas, los modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos son de extensa aplicación en análisis econométrico.

De acuerdo Gujarati (2004), en el análisis de regresión que contiene información expresada en series de tiempo, cuando el modelo de regresión incluye no solamente los valores actuales sino además los valores rezagados o pasados de las variables explicativas, entonces se dice que el modelo es del tipo de rezagos distribuidos. Su forma general es:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 X_{t-2} + u_t \quad (5.13)$$

En el caso en el que el modelo incluya uno o más valores rezagados de la variable dependiente entre sus variables explicativas, se dice que se trata de un modelo autorregresivo o dinámico. Su forma general:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 Y_{t-1} + u_t \quad (5.14)$$

El carácter dinámico obedece a que muestra la trayectoria en el tiempo de la variable dependiente en relación con sus valores rezagados.

Los modelos de rezagos distribuidos pueden ser del tipo finito:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 X_{t-2} + \dots + \beta_k X_{t-k+1} + u_t \quad (5.15)$$

En el que se define la longitud del rezago. O bien pueden contener un rezago infinito:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 X_{t-1} + \beta_3 X_{t-2} + \dots + u_t \quad (5.16)$$

En el que no se especifica la longitud del rezago.

5.1.5.2 Estimación de un modelo de rezagos distribuidos y autorregresivo

El método de Koyck, el de expectativas adaptativas y el de ajuste parcial son solo algunos que han abordado la estimación de estos modelos, Gujarati (2004).

Uno de los primeros métodos para solucionar este tipo de modelos fue planteado por Koyck. Este método parte de un modelo de rezago distribuido infinito suponiendo que los parámetros β tienen todos los mismos signos y da por hecho que estos se reducen geométricamente de la siguiente manera:

$$B_k = \beta_0 \lambda^k \quad k=0, 1, 2 \quad (5.17)$$

Donde λ se le conoce como tasa de descenso o de caída del rezago distribuido y $(1-\lambda)$ se le conoce como la velocidad de ajuste.

El método de Koyck postula que cada coeficiente β sucesivo es numéricamente menor al β anterior, lo cual significa que a medida que se retorna al pasado distante, el efecto de ese rezago sobre Y_t se hace progresivamente menor. En general el procedimiento encontrado por Koyck para la estimación de modelos de rezagos distribuidos, se reduce a estimar el modelo:

$$Y_t = \alpha(1-c) + \beta_0 X_t + \lambda Y_{t-1} + v_t \quad (5.18)$$

Evidentemente, mucho más simple pues solo requiere estimar tres incógnitas: β_0 y en lugar de la estimación de α y un número infinito de β^s .

La estimación de un modelo con rezagos distribuidos a través de este procedimiento debe considerar los siguientes puntos:

- La aparición de la variable endógena retrasada Y_{t-1} como explicativa de Y_t , dada su naturaleza estocástica, representa un posible problema de correlación con el término estocástico " Y_t ".
- La presencia de variables explicativas estocásticas y correlación serial impide la aplicación de la teoría clásica de los mínimos cuadrados.
- La aparición de Y_{t-1} como variable explicativa viola los supuestos de la prueba d de Durbin-Watson por lo que se requiere el uso de otra prueba para verificar la correlación serial.

5.1.5.3 Modelos de ecuaciones simultáneas

Se basa en la determinación simultánea de las variables endógenas y exógenas en una ecuación. Es decir, los valores de Y , como variable dependiente, son ciertamente determinados por los valores de las X_s , variables independientes o explicativas, sin embargo, la simultaneidad implica la determinación de los valores de algunas X a través de los valores de Y es decir, hay una relación simultánea de definición en dos sentidos que hace que la distinción entre variables dependientes y explicativas sea algo dudosa. Dada esta relación, en un sistema de ecuaciones simultáneas no es posible determinar los parámetros de una ecuación aisladamente sin considerar la información proporcionada por las demás ecuaciones que componen al sistema. Un modelo de ecuaciones simultáneas puede tener la siguiente estructura:

$$Y_1 = B_{01} + B_1 Y_2 + \gamma_1 X_1 + u_1 \quad (5.19)$$

$$Y_2 = B_{02} + B_2 Y_1 + \gamma_2 X_1 + u_2 \quad (5.20)$$

Donde Y_1 y Y_2 son variables mutuamente dependientes, o endógenas, X_1 una variable exógena y u_1 y u_2 son los términos de perturbación estocástica.

La solución del modelo anterior mediante mínimos cuadrados ordinarios está condicionada a la demostración de la existencia de independencia entre las distribuciones de las variables estocásticas Y_2 y u_1 y de la distribución de Y_1 con relación a u_2 . Fuera de esta condición, la estimación del modelo a través de mínimos cuadrados ordinarios conduce a estimadores inconsistentes.

2.1.5.4 Mínimos cuadrados de dos etapas.

Un sistema de ecuaciones lineales se puede estimar a través de dos métodos: los uniecuacionales, también llamados de información limitada y los métodos de sistemas o de información completa. En el primer método las ecuaciones se estiman individualmente sin considerar la información contenida en el resto y se obtiene una solución limitada a la información contenida en las variables de la ecuación. En el método de sistemas, la estimación se realiza simultáneamente incluyendo todas las variables consideradas en el modelo. La estimación de cada parámetro incluye los efectos de cada variable considerada en el modelo.

El método de mínimos cuadrados de dos etapas se utiliza ampliamente en la estimación simultánea de sistemas de ecuaciones lineales. De acuerdo con Gujarati (2004) este método busca purificar la variable explicativa estocástica Y_t de la influencia de la perturbación estocástica u_t . Lo anterior se logra efectuando la regresión de Y_t sobre todas las variables predeterminadas en el sistema para obtener los estimados de Y_t y reemplazando por valores de Y_t de la ecuación original por los estimados Y_t , para

enseguida aplicar MCO a la ecuación as. Transformada. Los estimadores así estimados son consistentes, es decir, convergen a sus verdaderos valores a medida que la muestra aumenta indefinidamente.

Supongamos el sistema:

$$Y_{1t} = B_{10} + B_{12} Y_{2t} + \gamma_{11} X_{1t} + \gamma_{12} X_{2t} + U_{1t} \quad (5.21)$$

$$Y_{2t} = B_{20} + B_{21} Y_{1t} + \gamma_{23} X_{3t} + \gamma_{24} X_{4t} + U_{2t} \quad (5.22)$$

Etapa 1. Se efectúa la regresión de las variables endógenas sobre todas las variables predeterminadas en el sistema:

$$Y_{1t} = \Pi_{10} + \Pi_{11} X_{1t} + \Pi_{12} X_{2t} + \Pi_{13} X_{3t} + \Pi_{14} X_{4t} + U_{1t} \quad (5.23)$$

$$Y_{2t} = \Pi_{20} + \Pi_{21} X_{1t} + \Pi_{22} X_{2t} + \Pi_{23} X_{3t} + \Pi_{24} X_{4t} + U_{2t} \quad (5.24)$$

Etapa 2. Se reemplazan Y_{1t} y Y_{2t} en las ecuaciones originales por sus valores estimados de las dos regresiones anteriores y luego se efectúan las regresiones buscando los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) de la siguiente manera:

$$Y_{1t} = B_{10} + B_{12} Y_{2t} + \gamma_{11} X_{1t} + \gamma_{12} X_{2t} + U_{1t} \quad (5.25)$$

$$Y_{2t} = B_{20} + B_{21} Y_{1t} + \gamma_{23} X_{3t} + \gamma_{24} X_{4t} + U_{2t} \quad (5.26)$$

Donde: $U_{1t} = u_{1t} + B_{12} u_{2t}$ y $U_{2t} = u_{2t} + B_{21} u_{1t}$. De acuerdo con la teoría de mínimos cuadrados ordinarios (MCO), las estimaciones serán consistentes.

2.1.6 Justificación de la estructura del modelo

El modelo se justifica con evidencia empírica y se apoya en trabajos relacionados con la determinación de la demanda de agua en los sectores consumidores. Se consideran dos ecuaciones para cada sector consumidor, una para precio y otra para demanda. La

estructura responde a la necesidad de solucionar el problema de la definición simultánea de la demanda y el precio en que, de acuerdo con Olmstead y Hanemann (2007), incurre el usuario al situarse en un rango de consumo, o al adoptar la siembra de un cultivo específico. Lo anterior implica que el usuario elige de manera simultánea el precio y el consumo de agua y, bajo esta condición, de acuerdo con Nieswiadomy y Molina (1989) y Olmstead y Hanemann (2007), la estimación de los parámetros usando mínimos cuadrados ordinarios conduce a parámetros sesgados e inconsistentes. En base a los resultados obtenidos por autores como Foster y Beattie (1979), Nieswiadomy y Molina (1991) y Bachrach y Vaughan (1994), se plantea la estimación de los parámetros de cada ecuación mediante mínimos cuadrados de dos etapas.

CAPÍTULO VI. MODELO ECONÓMICO PARA LA DEMANDA DEL AGUA EN CUATRO CIÉNEGAS

Con el objetivo de obtener un modelo cercano al comportamiento real de la demanda de agua en Cuatro Ciénegas, tal que sea útil para determinar la elasticidad precio de la demanda de este bien, se ha recopilado información relacionada con las variables tanto económicas como climatológicas consideradas como determinantes en cada sector. En este capítulo se da a conocer los factores que afectan la demanda de cada uno de los consumidores de agua que existen en la región. Se formula y estima un modelo de ecuaciones simultáneas para conocer la sensibilidad del consumo a cambios en el precio del agua en los distintos sectores consumidores, y otros factores que afectan la demanda.

6.1 RELACIONES FUNCIONALES DEL MODELO

Consumo per cápita de agua de riego

Se establecieron como factores determinantes el consumo de agua por hectárea irrigada (CPA_t) al precio real de agua potable para uso agrícola (PRA_t), el precio real de la alfalfa verde ($PRAF_t$), Precio real de electricidad agrícola como variable proxy del precio de electricidad para riego ($PRELA_t$), el precio real de nitrógeno como insumo agrícola ($PRNI_t$), y en las variables climatológicas se consideraron la temperatura media anual de la región ($TEMA_t$) y la precipitación anual ($PRECA_t$).

$$CPA_t = f_1 (PRA_t, PRAF_t, PRELA_t, PRNI_t, TEMA_t, PRECA_t) \quad (6.1)$$

Se espera una relación inversa entre el consumo del agua por hectárea y el precio real de agua para uso agrícola, el precio real de electricidad agrícola y el precio del nitrógeno.

Demanda total de agua para uso agrícola

La cantidad demandada de agua para uso agrícola (QDA_t) se especificó como producto entre el promedio de la superficie total irrigada (6204 hectáreas) en Cuatro Ciéneas y el consumo de agua por hectárea irrigada (CPA_t).

$$QDA_t = 6204.34 \times CPA_t \quad (6.2)$$

Consumo de agua per cápita en el sector pecuario

Los factores determinantes en el consumo per cápita de agua para uso pecuario (CPP_t) que se establecieron fueron precio real del agua para uso pecuario ($PRAP_t$), el precio real de la carne de bovino en canal ($PRCB_t$), el precio real de electricidad pecuario como variable proxy del precio de agua por bombeo ($PRELP_t$), la temperatura media anual de la región ($TEMP_t$) y la precipitación anual ($PRECP_t$).

$$CPP_t = f_2 (PRAP_t, PRCB_t, PRELP_t, TEMP_t, PRECP_t) \quad (6.3)$$

Se espera una relación inversa entre el consumo de per cápita de agua para uso pecuario y el precio real del agua para uso pecuario de igual manera con el precio real de electricidad pecuario y una relación directa con el precio real de la carne de bovino en canal.

Demanda total de agua para uso pecuario

La cantidad demandada de agua para uso pecuario (QDP_t) se detalló como el producto entre el promedio ponderado de la población animal a unidad animal durante el periodo de estudio (14520 unidad animal) y el consumo per cápita de agua para uso pecuario (CPP_t)

$$QDP_t = 14520 \times CPP_t \quad (6.4)$$

Consumo per cápita de agua para uso doméstico

Se constituyeron como factores del consumo per cápita de agua para uso doméstico ($CPUD_t$): precio real de agua potable para uso doméstico ($PRED_t$), al producto interno bruto per cápita real de la región ($PIBRP_t$), la temperatura media anual de la región ($TEMD_t$) y la precipitación anual ($PRECD_t$).

$$CPUD_t = f_3 (PRED_t + PIBRP_t + TEMD_t + PRECD_t) \quad (6.5)$$

Se espera una relación inversa entre el consumo per cápita de agua para uso doméstico y el precio real de agua potable para uso doméstico y una relación directa con el producto interno bruto per cápita real de la región.

Demanda total de agua doméstico

La cantidad demandada de agua doméstico (QDD_t) se especificó como el producto de la población promedio de Cuatro Ciénegas 12576 habitantes durante el periodo 1993-2013, y el consumo per cápita de agua para uso doméstico ($CPUD_t$).

$$QDD_t = 12576 \times CPUD_t \quad (6.6)$$

Demanda total de agua en los tres valles

La cantidad demanda total de agua en Cuatro Ciénegas se determinó como la suma de la cantidad demandada de agua para uso agrícola (QDA_t), cantidad demandada de agua para uso pecuario (QDP_t) y cantidad demandada de agua doméstico (QDD_t)

$$QDT_t = QDA_t + QDP_t + QDD_t \quad (6.7)$$

6.2 FORMULACIÓN DEL MODELO ECONÓMICO

Se usó un modelo econométrico de ecuaciones simultáneas, que relaciona la función de consumo de agua en cierta medida de las variables como precios y otros factores como los ingresos y las condiciones ambientales en los diferentes sectores de la región de Cuatro Ciénegas. El modelo considera el consumo de agua en los sectores doméstico, agrícola y pecuario del municipio compuesto de tres ecuaciones de demanda y cuatro identidades.

6.2.1 Clasificación de variables del modelo

Los modelos se aprobaron respecto a los signos de los coeficientes considerando bajo la teoría económica de la demanda del consumidor y con sus elasticidades. Se parte bajo el supuesto de que cada sector es independiente a su consumo debido a que el origen de la extracción se ubica en diferentes puntos geográficos, el abastecimiento y distribución previa a su uso son particulares.

La formulación del modelo econométrico en la que se expresen, además de las relaciones funcionales anteriormente citadas, los términos de error y los valores de los parámetros asociados a cada variable explicatoria, nos lleva a lo que comúnmente se le llama forma estructural del modelo. Para este caso, la forma estructural del presente modelo será la siguiente:

$$QDA_t = 6204.34 \times CPA_t \quad (6.8)$$

$$CPA_t = \beta_{11} + \beta_{12}PRA_t + \beta_{13}PRAF_t + \beta_{14}PRELA_t + \beta_{15}PRNI_t + \beta_{16}TEMA_t + \beta_{17}PRECA_t + \varepsilon_{1t} \quad (6.9)$$

$$QDP_t = 14520 \times CPP_t \quad (6.10)$$

$$CPP_t = \beta_{21} + \beta_{22}PRAP_t + \beta_{23}PRCB_t + \beta_{24}PRELP_t + \beta_{25}TEMP_t + \beta_{26}PRECP_t + \varepsilon_{2t} \quad (6.11)$$

$$QDD_t = 12576 \times CPUD_t \quad (6.12)$$

$$CPUD_t = \beta_{31} + \beta_{31}PRED_t + \beta_{32}PIBRP_t + \beta_{33}TEMD_t + \beta_{34}PRECD_t + \varepsilon_{3t} \quad (6.13)$$

$$QDT_t = QDA_t + QDP_t + QDD_t \quad (6.14)$$

Dónde: QDA_t = Cantidad de demandada de agua para uso agrícola (m^3); CPA_t = Consumo per cápita de agua de riego (m^3 por ha); QDP_t = Cantidad demandada de agua para uso pecuario (m^3); CPP_t = Consumo per cápita de agua para uso pecuario (m^3); QDD_t = Cantidad demandada de agua doméstico (m^3); $CPUD_t$ = Consumo per cápita de agua para uso doméstico (m^3); QDT_t = Cantidad demandada total de agua en los tres valles (m^3); PRA_t = Precio real de agua potable para uso agrícola (\$ por m^3); $PRAF_t$ = Precio real de la alfalfa verde (\$ por ton.); $PRELA_t$ = Precio real de electricidad agrícola (\$/Kw por hora); $PRNI_t$ = Precio real de nitrógeno (\$ por ton.); $PRAP_t$ = Precio real del agua para uso pecuario (\$ por m^3); $PRCB_t$ = Precio real de la carne de bovino en canal

(\$ por ton); $PRELP_t$ = Precio real de electricidad pecuario (\$/Kw por hora); $PRED_t$ = Precio real de agua potable para uso doméstico (\$ por m^3); $PIBRP_t$ = Producto Interno Bruto per-percapita real de la region base 2010 (\$ por habitante); $TEMA_t$, $TEMP_t$ y $TEMD_t$ = Temperatura media anual ($^{\circ}C$); $PRECA_t$, $PRECP_t$ y $PRECD_t$ = Precipitación anual (mm);

La estimación del modelo anterior se basa en los siguientes supuestos:

- Existe una relación del tipo lineal entre el comportamiento de las variables endógenas y exógenas.
- Las variables endógenas y los errores asociados a cada una de ellas son del tipo estocástico.
- La $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$ para $i \neq j$
- La $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = \sigma^2$, tienen varianzas constantes.
- La $E(\varepsilon_t \varepsilon_{t-1}) = 0$. Es decir, los errores no presentan correlación serial.
- Las variables QDA , QDP y QDD , se definen como identidades, por lo que no contienen perturbaciones estocásticas.

El modelo anterior que contiene tres ecuaciones lineales y cuatro identidades, se puede despejar, en relación con los términos de error, de la siguiente manera:

$$QDA_t - [6204.34 \times CPA_t] = 0 \quad (6.15)$$

$$CPA_t - \beta_{11} - \beta_{12}PRA_t - \beta_{13}PRAF_t - \beta_{14}PRELA_t - \beta_{15}PRNI_t - \beta_{16}TEMA_t - \beta_{17}PRECA_t = \varepsilon_{1t} \quad (6.16)$$

$$QDP_t - [14520 \times CPP_t] = 0 \quad (6.17)$$

$$CPP_t - \beta_{21} - \beta_{22}PRAP_t - \beta_{23}PRCB_t - \beta_{24}PRELP_t - \beta_{25}TEMP_t - \beta_{26}PRECP_t = \varepsilon_{2t} \quad (6.18)$$

$$QDD_t - [12576 \times CPUD_t] = 0 \quad (6.19)$$

$$CPUD_t - \beta_{31} - \beta_{32}PRED_t - \beta_{33}PIBRP_t - \beta_{34}TEMD_t - \beta_{35}PRECD_t = \varepsilon_{3t} \quad (6.20)$$

$$QDT_t - QDA_t - QDP_t - QDD_t = 0 \quad (6.21)$$

El modelo se puede representar la forma matricial de la siguiente manera:

$$\Gamma Y_t + BX_t = E_t \quad (6.8)$$

Donde:

Γ : Corresponde a la matriz de parámetros estructurales asociados a las variables endógenas del modelo.

Y_t =Vector compuesto por las variables endógenas del modelo.

B =Matriz de parámetros estructurales asociados a las variables exógenas del modelo.

X_t =Vector compuesto por las variables exógenas del modelo más la ordenada al origen.

E_t = Vector compuesto por los términos de error aleatorios.

Los vectores Y_t y E_t son de orden $m \times 1$, donde m es el número de variables endógenas del modelo y el vector X_t es de orden $K + 1 \times 1$, donde K es el número de variables exógenas del modelo más ordenada al origen. Γ es una matriz cuadrada de $m \times m$. A su vez, B es una matriz de orden $K + 1 \times m$; en general, K puede ser igual o no a m . para que el sistema esté completo, debe existir la inversa de Γ , esto es, Γ debe ser una matriz no singular de orden m , para derivar el modelo reducido del sistema de la siguiente manera:

$$Y_t = \Pi X_t + V_t$$

donde:

$\Pi = \Gamma^{-1}B$ es la matriz de los parámetros de la forma reducida

$V_t = -\Gamma^{-1}E_t$ es la matriz de las perturbaciones de la forma reducida

Los elementos de cada vector y de matrices son las siguientes:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 1 & 6204.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 14520 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 12576 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad 7 \times 7$$

$$B \begin{bmatrix} \text{QDA} \\ \text{CPA} \\ \text{QDP} \\ \text{CPP} \\ \text{QDD} \\ \text{CPUD} \\ \text{QDT} \end{bmatrix} \quad 7 \times 1$$

$$X_t \begin{bmatrix} \text{PRA} \\ \text{PRAF} \\ \text{PRELA} \\ \text{PRNI} \\ \text{TEMA} \\ \text{PRECA} \\ \text{PRAP} \\ \text{PRCB} \\ \text{PRELP} \\ \text{TEMP} \\ \text{PRECP} \\ \text{PRED} \\ \text{PIBRP} \\ \text{TEMD} \\ \text{PRECD} \end{bmatrix} \quad 15 \times 1$$

$$E_t \begin{bmatrix} 0 \\ \varepsilon_{1t} \\ 0 \\ \varepsilon_{2t} \\ 0 \\ \varepsilon_{3t} \\ 0 \end{bmatrix} \quad 7 \times 1$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta_{11} & -\beta_{12} & -\beta_{13} & -\beta_{14} & -\beta_{15} & -\beta_{16} & -\beta_{17} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{22} & -\beta_{23} & -\beta_{24} & -\beta_{25} & -\beta_{26} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta_{31} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{32} & -\beta_{33} & -\beta_{34} & -\beta_{35} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad 7 \times 15$$

6.1.2 Datos y fuentes de información

El consumo de agua en el sector agrícola se obtuvo al multiplicar la superficie sembrada en el municipio por la lámina de riego promedio ponderado de los diferentes cultivos en Cuatro Ciénegas reportada en el Diario Oficial de la Federación (SIAP, 2014; SEMARNAT, 2008). El consumo de agua para el sector pecuario se determinó al multiplicar el inventario ganadero por el consumo per cápita anual (SIACON, 1993-2013). El consumo de agua en el sector residencial se obtuvo de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2014). Para calcular las funciones de demanda en el sector residencial se usaron las tarifas mensuales cobradas por el organismo operador de Cuatro Ciénegas; la información provino también de la CNA (2014). Para el sector agrícola, el precio usado es igual a los costos de mantenimiento de los equipos de bombeo más el costo de la energía eléctrica. Dichos costos se obtuvieron de CNA (2014) y SIE (2014). El consumo per cápita del sector pecuario se calculó mediante una ponderación del consumo de agua promedio de las diferentes actividades ganaderas en Cuatro Ciénegas (SIACON, 1980-2013).

La fuente de información agrícola y pecuaria fueron INEGI-BIE (2014), SIAP-SIACON (1993-2013), CNA-REPDA (2012), SIE (2013), y PEMEX (1993-2013). Para el sector doméstico SNIM (2013), INEGI-BIE (2014), CNA (2013).

Los índices para deflactar las series fueron el Índice Nacional de Precios al Productor (Actividades Secundarias Base 2010), Índice Nacional de Precios al Productor (Actividades Secundarias Base 2010), Índice Nacional de Precios al Productor (Actividades Primarias Base 2010), Índice Nacional de Precios al Consumidor

(Actividades Energéticas) y tarifas autorizadas por el gobierno, Índice Nacional de Precios al Consumidor (base 2010). Los datos fueron obtenidos INEGI-BIE (2014).

El modelo se estimó con el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E), usando el programa SAS con el sistema de análisis estadístico SYSLIN. La elasticidad precio de la demanda de cada sector se estimó con los coeficientes de forma estructural obtenidos en el modelo. La validación estadística se determinó bajo la significancia de cada coeficiente con la t de Student y la significancia general de los coeficientes de cada ecuación con la prueba de F. Los coeficientes de las variables exógenas se validaron con la teoría económica.

CAPÍTULO VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 MODELO ECONÓMICO

7.1.1 Análisis estadístico

El resultado del modelo mide el efecto del precio del agua, de energía eléctrica y el ingreso de los diferentes consumidores sobre la demanda de agua de cada sector. La estimación del modelo en su forma estructural y reducida se muestra los resultados en los Cuadros 6.1 y 6.2. La significancia estadística de cada variable fue desigual. Los coeficientes de determinación (R^2) de las tres ecuaciones se ubicaron en un rango de 0.20 a 0.96. Los valores F para las expresiones de demanda de agua para el sector pecuario y doméstico fueron menores a 0.0001 y 0.0581 e indicaron que los factores considerados en el modelo son significativos en el comportamiento del precio y la demanda. Respecto con la razón t , todos los coeficientes fueron significativos y los signos señalan coherencia con la teoría económica, esto señala que los factores de cada ecuación propuesta son determinantes en el consumo de agua en los tres sectores.

Los coeficientes del modelo de la demanda de forma estructural, precios medios y consumo per cápita permitieron calcular la elasticidad sobre consumo del agua. Los resultados confirmaron la hipótesis planteada. La demanda de agua en los sectores agrícola, pecuaria y doméstica responde inelásticamente a los cambios del precio, con coeficientes de -0.045 para el consumo agrícola, -0.160 para el consumo pecuario, -0.034 para el consumo doméstico (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Coeficiente de la forma estructural del modelo, 1993-2013.

Variables endógenas	Intercepto		Variables exógenas					R ²	Prob>F
	<i>PRA</i>	<i>PRAF</i>	<i>PRELA</i>	<i>PRNI</i>	<i>TEMA</i>	<i>PRECA</i>			
							0.20	0.7509	
<i>CPA_t</i>	6756.193	-618.487	4.371585	-5106.95	-0.08148	282.8377	3.208097		
Error estándar	6172.437	1104.11	4.553276	7054.111	0.391158	301.0124	3.252997		
Razón de t	1.09	-0.56	0.96	-0.72	-0.21	0.94	0.99		
							0.4793	0.0581	
			<i>PRAP</i>	<i>PRCB</i>	<i>PRELP</i>	<i>TEMP</i>	<i>PRECP</i>		
<i>CPP_t</i>	4.845552	-5.95774	0.000084	-4.25225	0.594439	0.000575			
Error estándar	5.549071	6.634997	0.000053	4.698815	0.257777	0.002693			
Razón de t	0.87	-0.9	1.58	-0.9	2.31	0.21			
							0.9635	<0.0001	
			<i>PRED</i>	<i>PIBRP</i>	<i>TEMD</i>	<i>PRECD</i>			
<i>CPUD_t</i>	29.85715	-0.25669	0.000265	0.941004	0.008601				
Error estándar	8.450241	0.217408	0.000028	0.353041	0.004053				
Razón de t	3.53	-1.18	9.32	2.67	2.12				

Fuente: Elaboración propia con datos de la salida de SAS.

Cuadro 6.2. Coeficiente de la forma reducida del modelo, 1993-2013.

	Variables exógenas		Variables endógenas				
	QDA	CPA	QDP	CPP	QDD	CPUD	QDT
<i>PRA</i>	-3837305	-618.487	0	0	0	0	-3837305
<i>PRAF</i>	27122.8	4.371585	0	0	0	0	27122.8
<i>PRELA</i>	-31690000	-5106.95	0	0	0	0	-31690000
<i>PRNI</i>	-505.502	-0.08148	0	0	0	0	-505.502
<i>TEMA</i>	1754821	282.8377	0	0	0	0	1754821
<i>PRECA</i>	19904.12	3.208097	0	0	0	0	19904.12
<i>PRAP</i>	0	0	-86506.3	-5.95774	0	0	-86506.3
<i>PRCB</i>	0	0	1.221615	0.000084	0	0	1.221615
<i>PRELP</i>	0	0	-61742.6	-4.25225	0	0	-61742.6
<i>TEMP</i>	0	0	8631.255	0.594439	0	0	8631.255
<i>PRECP</i>	0	0	8.355949	0.000575	0	0	8.355949
<i>PRED</i>	0	0	0	0	-3228.13	-0.25669	-3228.13
<i>PIBRP</i>	0	0	0	0	3.32735	0.000265	3.32735
<i>TEMD</i>	0	0	0	0	11834.07	0.941004	11834.07
<i>PRECD</i>	0	0	0	0	108.1607	0.008601	108.1607
Intercepto	41917719	6756.193	70357.41	4.845552	375483.5	29.85715	42363560

Fuente: Elaboración propia con datos de la salida de SAS.

Una elasticidad precio de la demanda mínima se debe a la falta de sustituto del recurso hídrico, y las condiciones ambientales en que se encuentra los diferentes actores que influyen en la extracción del agua por ser una zona desértica y una escasez muy alta.

La elasticidad de la demanda en el sector doméstico es la más baja por razones que es un bien indispensable para la sobrevivencia de los habitantes, en los hogares se cuentan con acceso a baños, un jardín o con una lavadora todos parecen mantener su consumo de agua y los efectos son mínimas al aumentar una cuota sobre su uso.

Para la elasticidad de la demanda en el sector agrícola, a diferencia del doméstico igual los efectos son mínimos ante una variación en los precios dado que en Cuatro Ciénegas la mayor fuente de ingresos proviene de la actividad agrícola y a una ausencia de actividad industrial, el cierre de las principales áreas recreativas que existían en las áreas protegidas, y con una superficie de riego limitado parece ser que los consumidores no tienen mayor efecto en el consumo del agua a una variación de los factores de la función de la demanda. La demanda es menos inelástica en el sector pecuario debido a la presencia de actividades dedicadas a la engorda, donde cambios en el precio del agua el consumidor puede tomar la decisión de aumentar o disminuir su unidad de producción.

Cuadro 6.3. Elasticidades precio propia y precio de la energía eléctrica

Variable endógena	Precio del agua			Precio de electricidad		Ingreso
	<i>PRA</i>	<i>PRAP</i>	<i>PRED</i>	<i>PRELA</i>	<i>PRELP</i>	<i>PIBRP</i>
<i>QDA</i>	-0.045				-0.143	
<i>CPA</i>	-0.045				-0.142	
<i>QDP</i>		-0.159				-0.090
<i>CPP</i>		-0.160				-0.090
<i>QDD</i>			-0.043			0.467
<i>CPUD</i>			-0.034			0.369
<i>QDT</i>	-0.045	0.000	0.000		-0.141	0.005

Fuente: Elaboración propia con datos de la salida de SAS.

El resultado obtenido indica que una disminución de 1% en consumo de agua para el sector agrícola requeriría 22.22% de aumento sobre precio del agua, esto corresponde a aumentar el precio promedio de \$ 0.92 a \$1.1244 pesos por m³ de agua en donde se puede disminuir un consumo de 0.784 hm³, lo que equivale reducir la lámina de riego promedio ponderado. La enorme escasez de agua en el desierto de Coahuila hace indispensable el vital líquido para la sobrevivencia de los habitantes y como resultado

existe una respuesta inelástica. Una disminución de 1% del consumo de agua doméstico se necesitaría aumentar el 29.41%, aplicar esta medida hace que no sea factible considerando que el valor de uso para este sector es la más alta. En otras regiones similares se han calculado las elasticidades de demanda de agua doméstico con los factores similares. En la Comarca Lagunera la elasticidad obtenida fue de -0.003 (Guzmán-Soria et al., 2006). En el sector pecuario disminuir el 5 % del consumo de agua se tendrá que aumentar 31.25 % de los precios del agua (Cuadro 6.2).

El precio de la energía también influye en el uso sustentable del agua para el sector agrícola y pecuario. La elasticidad cruzada del precio de la electricidad y la demanda de agua agrícola es -0.142 y para pecuario es de -0.090 (Cuadro 6.3). El precio de la electricidad tiene un mayor sensibilidad en el sector agrícola, esto se debe a que el recurso explotado viene de aguas subterránea por lo que se recurre a un fuerte costo de bombeo, la elasticidad indica que una reducción de 1% de la demanda de agua para el sector agrícola el precio de la electricidad debe aumentar el 7% pasando de \$ 0.35 a 0.37 por kilowatt en precios reales. Para el sector pecuario una reducción de 1% de la demanda el precio de la electricidad debe aumentar 11.11%.

Otro factor importante que puede afectar la demanda de agua para el sector doméstico es el ingreso medido en PIB per cápita. La elasticidad cruzada del PIB per cápita en relación la demanda del agua es de 0.369 que resultó con un efecto positivo. Reducir el consumo de agua de 1% tendría que disminuir el PIB per cápita 2.7%, así cumpliéndose la teoría económica de que es un bien normal.

La cantidad demandada total del agua también resulta inelástica con una nula variación respecto a la demanda de los diferentes sectores. En el agrícola se obtuvo una elasticidad de -0.045, pecuario -0.159 y en el doméstico -0.043 (Cuadro 6.3).

El volumen total de agua concesionada para los tres sectores es de 70.03 hm³. Sin embargo el volumen promedio de la demanda total es de 79.45 hm³. En relación a este resultado existe una sobreexplotación de 9.42 hm³. El sector agrícola es el mayor demandante del recurso ocupando el 98.72% del total. Reducir el consumo de agua a la cantidad concesionada se requiere aumentar el precio del agua agrícola a 229.91% que equivale a un aumento del precio de \$ 0.92 a \$ 2.12 m³, reduciendo 739.13 ha. de superficie sembrada.

Los productos finales e insumos también tienen efecto en la demanda total de agua, como los precios de la alfalfa, la carne y los fertilizantes. La elasticidad del precio de la alfalfa fue 0.1527, de la carne en canal 0.1843 y el precio del nitrógeno de -0.0264. Tal parece que los consumidores son más sensibles a los cambios en los precios de los productos finales, ya que un aumento en los precios les genera más rentabilidad y, como efecto, el aumento de la demanda de agua. Estas elasticidades no pueden ser determinantes al momento de implementar una política de precios porque responden a las condiciones de mercado.

Otros elementos que tienen relación en la demanda del agua son la temperatura y la precipitación pluvial anual acumulada, aunque son factores muy importantes no se puede intervenir, ya que dependen de las condiciones ambientales.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

1. La demanda de agua en los tres sectores; agrícola, pecuario y doméstico en Cuatro Ciénegas, Coahuila responde de manera inelástica a cambios en las tarifas y cuotas cobradas por el consumo de agua. Con relación a las hipótesis planteadas, la demanda de agua para los tres sectores responde de manera inversa a incremento en su precio. La menor inelasticidad se observa en el sector pecuario. Para el caso del sector doméstico y agrícola se observa una fuerte inelasticidad respecto al precio esto indica la necesidad de incrementos significativos en el precio del agua que los hace poco viables.
2. La demanda de agua para el sector agrícola y pecuario responde de manera inelástico a cambios en los precios de la energía eléctrica. La mayor inelasticidad respecto al precio de la energía eléctrica se observa para el sector agrícola ya que el consumo de agua en este sector depende en su totalidad el uso de la energía eléctrica por lo que la variación del precio de este rubro tendrá un impacto significativo en el comportamiento de la demanda de agua en el sector.
3. La mayor demanda de agua es en el sector agrícola y su menor elasticidad se sugiere centrar esfuerzos en la concientización de los empresarios para un uso sustentable del agua. Es necesario llevar a cabo una mayor inversión en equipo y tecnología de riego para reducir las pérdidas en las filtraciones, evaporación y uso exagerado del agua. Se de poner énfasis en lograr una disminución en la demanda de agua para el sector agrícola, y esto requiere de un incremento en la cuota en tal dimensión que no afecte significativamente la rentabilidad los cultivos.

4. La aplicación de un precio bajo a la demanda de agua para uso agrícola lo hace ineficiente como instrumento de control para un uso más sustentable del recurso. Aumentar de manera significativa el precio de agua para el sector agrícola adquirirá externalidades negativas en la economía de los habitantes que es una de las principales fuentes de ingreso en la región. Se recomienda, lograr un mejor control de la demanda del agua y un uso más eficiente, se debe establecer una cuota e incrementar el precio del agua con el objetivo inducir al productor hacia la inversión en infraestructuras y tecnificación de riego.
5. El modelo utilizado de este trabajo, la capacidad anual de recarga subterránea es de 142.97 hm³, la recarga superficial 57.9 hm³, una descarga natural subterránea de 132.37 hm³ y 3.2 hm³ de superficial que sustenta el ecosistema y alimenta la red de canales. El volumen concesionado para riego, uso pecuario y doméstico es de 70.03 hm³ con datos de REPDA (2014). De acuerdo a datos promedios usados de 1993 a 2013 la demanda total del agua en Cuatro Ciénegas es de 79.46 hm³. Esto genera una sobreexplotación de 11.96 hm³. La principal sector demandante es el agrícola con 78.43 hm³ anuales. La superficie sembrada de riego ha aumentado considerablemente a la autorizada y se está explotando el recurso de manera ilícita sin una regularización del organismo competente. ES necesario el establecimiento de una medida cuyos objetivos sean disminuir la demanda del agua principalmente para el sector agrícola, e impulsar un uso sostenible del recurso.

8.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se presentan a continuación

Aplicar una cuota para el sector agrícola como factor de que motive un menor consumo del agua. La cuota debe establecerse de modo que los productores sigan obteniendo rentabilidad.

Se debe establecer tarifas a la energía eléctrica que logre disminuir el alto consumo de electricidad por el bombeo de agua en la actividad agrícola, y permita reducir el consumo de agua per cápita.

Se debe promover un mayor control y aplicación a la ley federal de derechos relacionados con la concesión y uso de bienes nacionales que evite las perforaciones clandestinas de pozos profundos y motive el uso eficiente del recurso. Lo anterior es porque existe una sobreexplotación de 11.96 hm³ y, por otro lado, los volúmenes concesionados de aguas nacionales no exige una cuota fija en la actividad agrícola porque se realiza un único pago al momento de obtener la concesión. Esto ha inducido a que las tarifas aplicadas recuperen solo los costos de operación.

Se debe instituir una rotación de cultivos e implementación de programas que promueva la siembra de cultivos con menor demanda de agua.

Se debe promover la creación de un comité de vigilancia en el uso del agua que controle la extracción y perforación de pozos profundos.

Se recomienda un mayor apoyo a la adopción de tecnologías y tecnificación de riego. La implementación a estas tecnologías puede reducir la pérdida del agua en las infiltraciones, desviaciones y por la alta temperatura se evita una mayor evaporación.

Se debe establecer un sistema de medición, facturación y cobranza en el area urbana. Un mayor control sobre de uso del agua permitirá que los consumidores sean más conscientes y se evité el inadecuado desperdicio del agua.

Se debe crar campañas sobre la cultura del agua para un uso eficiente y sustentable de los acuíferos de Cuatro Ciénegas.

BIBLIOGRAFÍA

- APFFC. (Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas). 2007. Plan Proyecto: Diplomado en Educación para la Conservación de los Recursos Naturales Universidad de Guadalajara, CUCSUR México.
- APFFCC (Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas). 1999. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Arbues, F.; et. al. (2003): "Estimation of Residential Water Demand: A State of the Art Review". *Journal of Socio-Economics*, 32, pp. 81-102.
- Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas Anexos al Informe Final 2007.
- Bachrach M. and Vaughan W. 1994. Household water demand estimation. Inter-American Development Bank Productive Sector and Environment Sub department. Environment Protection Division. Tech. Rep. Working Paper ENP 106.
- Beattie B.R. and Foster H.S. 1980. Can prices tame the inflationary tiger American Water Works Association. Vol. 72, No. 8:441-445.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 1998. Programa Hidráulico Estatal 1996-2020. Unidad de Programación de la Gerencia Estatal en Coahuila. Saltillo, Coahuila.
- CNA (Comisión Nacional del agua). 2014. Consulta a la base de datos del REPDA (Registro Público de Derechos del Agua). <http://www.conagua.gob.mx/Repda.aspx?n1=5&n2=37&n3=115>. (Consulta: enero 2014).
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Tarifas de agua para uso residencial. Gerencia Estatal en Coahuila. Saltillo, Coahuila.
- CONANP, (1994) Plan de manejo del Área de Protección de Flora y Fauna de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.
- Contreras, B. S. 1984. Environmental impacts in Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico: a commentary. In Paul C. Marsh (ed). *Biota of Cuatro Cienegas, Coahuila, Mexico: Proceedings of a Special Symposium. Fourteenth Annual Meeting, Desert Fish Council, Tempe, Arizona USA, 18-20 November 1983.*
- Cuatro Ciénegas-CONANP (Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas). 2014. Disponible en: <http://cuatrocienegas.conanp.gob.mx/manejo.php>
- Domínguez, J. (2007). "La Gobernanza del agua en México y el reto de la adaptación en zonas urbanas: el caso de la Ciudad de México". *Anuario de Estudios Urbanos, UAM-Azcapotzalco, México D.F.*
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. *Política de desarrollo agrícola*, Roma, Italia.

- Foster, Henry S. and Bruce R. Beattie. 1979. Urban Residential Demand for Water in the United States. *Land Economics*, Vol. 55, No.1: 43-58.
- García M. R., J. A. García S y R.C. García S. 2003. Teoría del Mercado de Productos Agrícolas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 382p.
- Gottlieb, M. Vol. 39, No. 2 (May 1963), Urban Domestic Demand for Water: A Kansas Case Study. Págs... 204-210.
- Gujarati, D. N. 2003. *Econometría*. 4ta ed. Mc Graw Hill. México, D.F. 972 p.
- Gutiérrez, G. 2004. Cuatro Ciénegas: Oasis en el desierto de Coahuila. Escenario de una gran diversidad biológica. *Revista Ciencia y Desarrollo Nueva Época Volumen 30(176):7-15*.
- Guzmán, E. (2005). La Demanda de Agua en la Comarca Lagunera, México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Economía. Montecillo, Edo. de México.
- Guzmán, S. E.; García S. J.; Mora, F. J.; Fortis, H. M.; Valdivia A. R y Portillo, V. M. 2006. La demanda de agua en la Comarca Lagunera, México. *Agrociencia* 40:793-804.
- Hoffmann, M. and Worthington, A.C. (2008): "An Empirical Survey of Residential Water Demand Modelling". *Journal of Economic Surveys*, 22, pp. 842-71.
- Howe, C.W. and Linaweaver F. P. 1967. The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure. *Water Resources Research*. Vol.3, No.1:13-32.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2005. Estudio Hidrogeológico de los Acuíferos El Hundido y Cuatro Ciénegas, Coahuila. Disponible en: http://www.desertfishes.org/cuatroc/literature/pdf/IMTA_2005_Hidrogeologia_Hundido_Cuatrociénegas.pdf (Consulta: febrero 2014).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014.
- INE-SEMARNAP. 1999. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas. México.
- McCarl, B. A., W. R. Jordan, R. L. Williams, L. L. Jones and C. R. Dillon.:1993, Economic and Hydrologic Implications of Proposed Edwards Aquifer Management Plans. Texas Water Resources Institute, Texas A&M University, College Station, Texas. TR-158.
- Merrett, S. (1997): *Introduction to the Economics of Water Resources*, London: Routledge.
- Moore, M. R. 1999. Estimating Irrigators' ability to pay for reclamation water. *Land Economics*, 75(4). pp 562-78.
- Nieswiadomy M. and Molina D. 1991. A Note on Price Perception in Water Demand Models. *Land Economics*. Vol. 67, No: 352-359.
- OCDE, 2010. *Getting It Right. Una agenda estratégica para las reformas en México*, OECD Publishing.

- Olmstead S., Hanemann M. and Stavins R. 2007. Water Demand Under Alternative Price Structures. *Environmental Economics and Management*. Vol. 54, No.2: 181-198.
- ONU-DAES (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas). 2014. Centro de Documentación de Naciones Unidas sobre agua y saneamiento.
- PERIÓDICO OFICIAL. 2007. Poder Ejecutivo del Estado: Convenio que celebra la Nacional Financiera, S.N.C. como fiduciaria en el fideicomiso Fondo Nacional al Turismo, el Gobierno del Estado de Coahuila y el municipio de Cuatro Ciénegas, Coahuila.
- PNUMA 2000. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000. Vivendi Environment. Annual Report 2000.
- Red 4c (Red civil de coordinación para la conservación de Cuatrociénegas). 2014. Disponible en: <http://red4c.weebly.com/>
- Reglamento de la ley general de equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de áreas naturales protegidas, 2006. México.
- Reglamento interior de la secretaría de medio ambiente y recursos naturales, D.F. del 29 de noviembre de 2006.
- Renzetti, S. (2002): *The Economics of Water Demands*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- SAGARPA-SIAP (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2011. Precio anual de la carne de bovino en canal en Cuatrociénegas, Coah. durante el periodo: 1993-2013. www.siap.gob.mx. (Consultado: junio 2014).
- SAGARPA-SIAP (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2011. Precio anual de los cultivos de riego en Cuatrociénegas, Coah. durante el periodo: 1993-2013. <http://www.siap.gob.mx>. (Consultado: junio 2014).
- Saurí, D., (2003). "Lights and Shadows of Urban Water Demand Management. The case of the Metropolitan Region of Barcelona". *European Planning Studies*. nº 11 (3), págs. 233-247.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del acuífero 0504 Cuatro Ciénegas-Ocampo Diario Oficial de la Federación, 11 de junio de 2008.
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 2000. Diario Oficial: Acuerdo por el que se delegan en favor del titular del órgano desconcentrado comisión nacional del agua las facultades que en favor de la suscrita otorgan la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público, así como la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, Ciudad de México, Distrito Federal.

- SIACON (Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta). 1993-2013.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Producción Anual, Cierre de la Producción Agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (Consulta: julio 2014).
- SIE (Sistema de Información Energética). 2014. Precios medios de energía eléctrica por sector tarifario. <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>. (Consulta: julio 2014).
- SNIM (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2005. Consulta PIB per cápita municipio de Cuatro Ciénegas, Coah. Disponible en: <http://www.snim.rami.gob.mx/>
- Sulber, N. and Sabbaghi, A. (1994): Economics of Water Resources: From Regulation to Privatisation, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Torres, J. (2012). Demanda y distribución de agua en el norte de Sinaloa, México. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Economía. Montecillo, Edo. de México.
- UNESCO-WWAP, 2003. Agua para todos, Agua para toda la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>.
- Valdés, C.M. 1996. La gente del mezquite. Los nómadas del noreste en la época colonial. 2a edición. Centro de Investigaciones Superiores en Antropología Social. México.

ANEXOS

ANEXO 1. IDENTIFICACIÓN DEL MODELO

La identificación del modelo

“El problema de la identificación pretende establecer si las estimaciones numéricas de los parámetros. De una ecuación estructural pueden ser obtenidas de los coeficientes estimados de la forma reducida. Si puede hacerse, se dice que la ecuación particular está identificada o está subidentificada. Una ecuación puede estar exactamente (o total o precisamente) identificada o sobreidentificada. Se dice que está exactamente identificada si puede obtenerse más de un valor numérico para algunos de los parámetros de las ecuaciones estructurales” (Gujarati, 200, p.642).

Condición de orden. En un modelo de M ecuaciones simultáneas, para que una ecuación esté identificada, el número de variables exógenas excluidas de esa ecuación no debe ser menor que el número de variables endógenas incluidas en la ecuación menos 1, es decir,

$$K-k \geq m-1$$

Si $K-k = m-1$, la ecuación está exactamente identificada

Si $K-k > m-1$, la ecuación estará sobreidentificada

Donde:

m = número de variables endógenas en una ecuación dada.

K = número de variables exógenas en el modelo

k = número de variables exógenas en una ecuación dada

1. Identidad de la demanda de agua para uso agrícola (QDA_t)

$$K=15, k=0 \text{ y } m=2$$

Por tanto:

$$K-k= 15$$

$$m-1= 1$$

$15 > 1 \rightarrow$ la ecuación está sobreidentificada

2. Ecuación del consumo per cápita de agua de riego (CPA_t)

$$K=15, k=6 \text{ y } m=1$$

Por tanto:

$$K-k= 9$$

$$m-1= 0$$

$9 > 0 \rightarrow$ la ecuación está sobreidentificada

3. La identidad de demanda del agua para uso pecuario (QDP_t)

$$K=15, k=0 \text{ y } m=2$$

Por tanto:

$$K-k= 15$$

$$m-1= 1$$

$15 > 1 \rightarrow$ la ecuación está sobreidentificada

4. Ecuación del consumo per cápita de agua para uso pecuario (CPP_t)

$$K=15, k=5 \text{ y } m=1$$

Por tanto:

$$K-k= 10$$

$$m-1= 0$$

$10 > 0 \rightarrow$ la ecuación está sobreidentificada

5. La identidad de demanda del agua doméstico (QDDt)

$K=15$, $k=0$ y $m=2$

Por tanto:

$K-k= 15$

$m-1= 1$

$15 > 1 \rightarrow$ la ecuación está sobreidentificada

6. Ecuación del consumo per cápita de agua para uso doméstico (CPUDt)

$K=15$, $k=4$ y $m=1$

Por tanto:

$K-k= 11$

$m-1= 0$

$11 > 0 \rightarrow$ la ecuación está sobreidentificada

7. La identidad de demanda total de agua en Cuatro Ciénegas (QDTt)

$K=15$, $k=0$ y $m=3$

Por tanto:

$K-k= 15$

$m-1= 2$

$15 > 2 \rightarrow$ la ecuación está sobreidentificada

Según la condición de orden, todas las ecuaciones que conforman el modelo están sobreidentificadas; sin embargo, ésta es una condición necesaria pero no suficiente para la identificación ya que aun si ésta se cumple, puede suceder que una ecuación no está

identificada porque las variables predeterminadas excluidas de la ecuación, pero presentes en el modelo, pueden no todas ser independientes de tal manera que puede no haber una correspondencia uno a uno entre los coeficientes estructurales y los coeficientes de la forma reducida. Por lo tanto, se requiere de una condición que sea tanto necesaria como suficiente para la identificación y ésta es la condición de rango de la identificación.

Condición de rango para la identificación. “En un modelo que contiene M ecuaciones con M variables endógena, una ecuación está identificada si y sólo si puede construirse por lo menos un determinante diferente de cero, de orden $(M-1)$ $(M-1)$, a partir de los coeficientes de las variables (endógenas y predeterminadas) excluidas de esa ecuación en particular pero incluidas en las otras ecuaciones del modelo.

Según Gujarati (2000), se puede aplicar la condición de rango de la siguiente manera:

1. Escribese el sistema de la forma tabular,
2. Elimínese los coeficientes de la fila en la cual aparece la ecuación bajo consideración.
3. Elimínense también las columnas que corresponden a aquellos coeficientes en los que son diferentes de cero.
4. Los datos que quedan en la tabla corresponden únicamente a los coeficientes de las variables incluidas en el sistema pero no en la ecuación bajo consideración. Con estos datos, fórmense todas las matrices posibles de orden $M-1$ y obténgase los determinantes correspondientes. Si es posible encontrar al menos un determinante

diferente de cero, la ecuación en cuestión estará identificada (en forma exacta o sobreidentificada).

El estudio de las condiciones de orden y de rango para la identificación conduce a los siguientes principios generales de identificabilidad de una ecuación estructural en un sistema de M ecuaciones simultáneas.

1. Si $K-k > m-1$ y el rango de la matriz A es $M-1$, la ecuación está sobreidentificada;
2. Si $K-k = m-1$ y el rango de la matriz A es $M-1$, la ecuación está exactamente identificada;
3. Si $K-k \geq m-1$ y el rango de la matriz A es menor que $M-1$, la ecuación está subidentificada;
4. Si $K-k < m-1$ la ecuación estructural no está identificada. El rango de la matriz A en este caso debe ser menor que $M-1$.

De acuerdo a los teoremas de los determinantes se tiene que:

El determinante de cualquier matriz con dos hileras o columnas iguales es cero.

El determinante de cualquier matriz que contenga al menos una hilera o columna nula igual a cero.

El determinante de una matriz, cuyas hileras o columnas son proporcionales, siempre es igual a cero.

	QDA _t	CPA _t	QDP _t	CPP _t	QDD _t	CPUD _t	QDT _t	PRA _t	PRAF _t	PRELA _t	PRNI _t	TEMA _t
1	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
0	1	-6204.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-β ₁₁	0	1	0	0	0	0	0	-β ₁₂	-β ₁₃	-β ₁₄	-β ₁₅	-β ₁₆
0	0	0	1	-14520	0	0	0	0	0	0	0	0
-β ₂₁	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	-12576	0	0	0	0	0	0
-β ₃₁	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	-1	0	-1	0	-1	0	1	0	0	0	0	0

PRECA _t	PRAPT	PRCB _t	PRELP _t	TEMP _t	PRECP _t	PRED _t	PIBRP _t	TEMD _t	PRECD _t
X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-β ₁₇	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-β ₂₂	-β ₂₃	-β ₂₄	-β ₂₅	-β ₂₆	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-β ₃₂	-β ₃₃	-β ₃₄	-β ₃₅
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1. Ecuación QDA_t:

$$A = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & Y_3 & Y_4 & Y_5 & Y_6 & Y_7 & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 \end{matrix} \\ \begin{matrix} -\beta_{11} \\ 0 \\ -\beta_{21} \\ 0 \\ -\beta_{31} \\ 0 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{12} & -\beta_{13} & -\beta_{14} & -\beta_{15} & -\beta_{16} & -\beta_{17} \\ 1 & -14520 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -12576 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} X_7 & X_8 & X_9 & X_{10} & X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} & X_{15} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta_{22} & -\beta_{23} & -\beta_{24} & -\beta_{25} & -\beta_{26} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{32} & -\beta_{33} & -\beta_{34} & -\beta_{35} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \quad ; |A| \neq 0$$

10x21

2. Ecuación CPA_t;

	Y ₁	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇
A=	1	0	0	0	0	0
	0	1	-14520	0	0	0
	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	1	-12576	0
	0	0	0	0	1	0
	-1	-1	0	-1	0	1

X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	; A ≠0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-β ₂₂	-β ₂₃	-β ₂₄	-β ₂₅	-β ₂₆	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	-β ₃₂	-β ₃₃	-β ₃₄	-β ₃₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	

6X15

3. Ecuación QDP_t;

	1	Y ₁	Y ₂	Y ₅	Y ₆	Y ₇	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
A=	0	1	-6204.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-β ₁₁	0	1	0	0	0	-β ₁₂	-β ₁₃	-β ₁₄	-β ₁₅	-β ₁₆	-β ₁₇
	-β ₂₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	-12576	0	0	0	0	0	0	0
	-β ₃₁	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	-1	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0

X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	; A ≠0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-β ₂₂	-β ₂₃	-β ₂₄	-β ₂₅	-β ₂₆	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	-β ₃₂	-β ₃₃	-β ₃₄	-β ₃₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	

6X21

4. Ecuación CPP_t;

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₅	Y ₆	Y ₇
A=	1	-6204.3	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	1	-12576	0
	0	0	0	0	1	0
	-1	0	-1	-1	0	1

X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	; A ≠0
-β ₁₂	-β ₁₃	-β ₁₄	-β ₁₅	-β ₁₆	-β ₁₇	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	-β ₃₂	-β ₃₃	-β ₃₄	-β ₃₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

6X16

5. Ecuación QDD_t;

	1	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₇	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
A=	0	1	-6204.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-β ₁₁	0	1	0	0	0	-β ₁₂	-β ₁₃	-β ₁₄	-β ₁₅	-β ₁₆	-β ₁₇
	0	0	0	1	-14520	0	0	0	0	0	0	0
	-β ₂₁	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	-β ₃₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	-1	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0

X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	; A ≠0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-β ₂₂	-β ₂₃	-β ₂₄	-β ₂₅	-β ₂₆	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	-β ₃₂	-β ₃₃	-β ₃₄	-β ₃₅	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	

6X21

6. Ecuación CPUD_t;

$$A = \begin{matrix} & Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_4 & Y_5 & Y_6 & Y_7 \\ \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{matrix} & \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{matrix} & \begin{matrix} -6204.3 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -14520 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -12576 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 & X_7 & X_8 & X_9 & X_{10} & X_{11} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta_{12} & -\beta_{13} & -\beta_{14} & -\beta_{15} & -\beta_{16} & -\beta_{17} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{22} & -\beta_{23} & -\beta_{24} & -\beta_{25} & -\beta_{26} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \quad ; |A| \neq 0$$

6X18

7. Ecuación QDT_t;

$$A = \begin{matrix} & Y_1 & Y_2 & Y_4 & Y_6 & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 & X_6 \\ \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ -\beta_{11} \\ 0 \\ -\beta_{21} \\ 0 \\ -\beta_{31} \end{matrix} & \begin{matrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} -6204.3 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -14520 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -12576 \\ 1 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -\beta_{12} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -\beta_{13} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -\beta_{14} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -\beta_{15} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -\beta_{16} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -\beta_{17} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} X_7 & X_8 & X_9 & X_{10} & X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} & X_{15} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\beta_{22} & -\beta_{23} & -\beta_{24} & -\beta_{25} & -\beta_{26} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\beta_{32} & -\beta_{33} & -\beta_{34} & -\beta_{35} \end{matrix} \quad ; |A| \neq 0$$

6X19

De acuerdo a la condición de rango, al menos una de las matrices resultantes de rango M-1 de cada una de las ecuaciones estructurales del sistema de M=6 ecuaciones resultó ser diferente a cero, cumpliéndose así esta condición y pudiéndose estimar los parámetros del sistema.

**ANEXO 2. INFORMACIÓN ESTADÍSTICA USADA PARA COMPLETAR SERIES
ESTADÍSTICAS**

Cuadro 2.1. Índice de precios al productor

INPP BASE 2010 ACTIVIDADES PRIMARIA	INPP BASE 2010 ACTIVIDADES SECUNDARIAS
16.97	5.74
19.85	14.15
25.30	17.93
36.16	22.52
42.00	26.88
47.18	29.75
51.26	33.64
52.48	40.62
55.62	43.39
57.27	47.70
60.14	59.94
67.66	70.45
72.58	75.38
76.16	80.66
82.02	84.67
89.24	99.00
97.07	92.57
100.98	100.00
110.94	104.07
119.04	105.22
121.89	107.66

Cuadro 2.2. Inventario ganadero

AÑO	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO	EQUINO	AVES
1992	12736	528	801	17216		4912
1993	13777	544	825	18516		4994
1994	13197	535	464	16200		5130
1995	8605	566	805	12767	1299	
1996	8605	566	805	12767	1299	
1997	6061	472	242	11352	4515	14500
1998	6061	472	242	11352	4515	14500
1999	5489	406	250	10667		17400
2000	5489	406	250	10667		17400
2001	6055	406	330	10987		18000
2002	6266	423	343	11481	3957	18270
2003	7516	410	367	12974	3798	18635
2004	7090	385	350	12075	2592	15300
2005	7743	93	3838	7082	2117	1156
2006	16546	102	707	19018	2341	4041
2007	11086	328	1396	8298	6292	3278
2008	10996	320	1461	8029	8636	3210
2009	10906	312	1526	7761	10981	3142
2010	10817	305	1590	7492	13325	3074
2011	10727	297	1655	7223	15669	3005
2012	10637	289	1720	6955	18014	2937
2013	10547	281	1785	6686	20358	2869

Cuadro 2.3. Lámina de riego y superficie sembrada

AÑO	SUPERFICIE SEMBRADA DE RIEGO	LAMINA DE RIEGO
1993	6752.85	1.32
1994	6423.53	1.13
1995	6789.27	1.22
1996	5770.37	1.22
1997	5733.12	1.22
1998	5714.66	1.19
1999	5865.65	1.19
2000	5624.21	1.39
2001	5660.00	1.42
2002	4853.00	1.54
2003	5789.00	1.49
2004	4672.00	1.48
2005	5705.00	1.39
2006	6353.00	1.23
2007	6642.00	1.24
2008	7125.00	1.19
2009	5683.00	1.19
2010	5897.00	1.19
2011	6919.00	1.16
2012	8155.92	1.19
2013	8164.30	1.18

ANEXO 3. PROC SYSLIN ESTRUCTURAL DEL MODELO

SAS PROCESSED MODEL STATEMENTS

DATA AGUA; MERGE AGUAA AGUAP AGUAR AGUAT; BY T;

PROC SYSLIN 2SLS DATA=AGUA OUTEST=B REDUCED OUT=AGUA2;

ENDOGENOUS QDA CPA QDP CPP QDD CPUD QDT;

INSTRUMENTS PRA PRAF PRELA PRNI TEMA PRECA PRAP PRCB PRELP TEMP
PRECP PRED PIBRP TEMD PRECD;

QDA: IDENTITY QDA=6204.34*CPA;

CPA: MODEL CPA=PRA PRAF PRELA PRNI TEMA PRECA/DW; OUTPUT P=CPAP;

QDP: IDENTITY QDP=14520*CPP;

CPP: MODEL CPP=PRAP PRCB PRELP TEMP PRECP/DW; OUTPUT P=CPPP;

QDD: IDENTITY QDD=12576*CPUD;

CPUD: MODEL CPUD=PRED PIBRP TEMD PRECD/DW; OUTPUT P=CPUDP;

QDT: IDENTITY QDT=QDA+QDP+QDD;

DATA AGUAS; SET AGUA;

PROC PRINT DATA=AGUA2; VAR QDA CPA CPAP QDP CPP CPPP QDD CPUD
CPUDP QDT;

RUN;

The SYSLIN Procedure
Two-Stage Least Squares Estimation

Model CPA
Dependent Variable CPA

Análisis de varianza

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	media de la		
Model	6	5937777	989629.4	0.57	0.7509
Error	14	24489853	1749275		
Corrected Total	20	30427629			

Root MSE 1322.60167 R-Square 0.19514
Dependent Mean 12744.6476 Adj R-Sq -0.14979
Coeff Var 10.37770

Estimadores de parámetros

Variable	DF	Estimadores		Error	
		de parámetros	estándar	Valor t	Pr > t
Intercept	1	6756.193	6172.437	1.09	0.2922
PRA	1	-618.487	1104.110	-0.56	0.5842
PRAF	1	4.371585	4.553276	0.96	0.3533
PRELA	1	-5106.95	7054.111	-0.72	0.4810
PRNI	1	-0.08148	0.391158	-0.21	0.8380
TEMA	1	282.8377	301.0124	0.94	0.3633
PRECA	1	3.208097	3.252997	0.99	0.3408

Durbin-Watson 0.825688

Number of Observations 21

First-Order Autocorrelation 0.566655

Sistema SAS 02:22 Wednesday, November 3, 2015 206

The SYSLIN Procedure
Two-Stage Least Squares Estimation

Model CPP
Dependent Variable CPP

Análisis de varianza

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media		
Model	5	14.54708	2.909417	2.76	0.0581
Error	15	15.80052	1.053368		
Corrected Total	20	30.34760			

Root MSE 1.02634 R-Square 0.47935
Dependent Mean 16.76000 Adj R-Sq 0.30580
Coeff Var 6.12373

Estimadores de parámetros

Variable	DF	Estimadores		Error	Pr > t
		de parámetros	estándar		
Intercept	1	4.845552	5.549071	0.87	0.3963
PRAP	1	-5.95774	6.634997	-0.90	0.3834
PRCB	1	0.000084	0.000053	1.58	0.1358
PRELP	1	-4.25225	4.698815	-0.90	0.3798
TEMP	1	0.594439	0.257777	2.31	0.0358
PRECP	1	0.000575	0.002693	0.21	0.8336

Durbin-Watson 1.78222
Number of Observations 21
First-Order Autocorrelation 0.099584
Sistema SAS 02:22 Wednesday, November 3, 2015 207

The SYSLIN Procedure
Two-Stage Least Squares Estimation

Model CPUD
Dependent Variable CPUD

Análisis de varianza

Fuente	DF	Cuadrado		F-Valor	Pr > F
		Suma de cuadrados	de la media		
Model	4	1330.941	332.7352	105.80	<.0001
Error	16	50.32030	3.145019		
Corrected Total	20	1381.261			

Root MSE 1.77342 R-Square 0.96357
Dependent Mean 77.97286 Adj R-Sq 0.95446
Coeff Var 2.27441

Estimadores de parámetros

Variable	DF	Estimadores de parámetros	Error estándar	Valor t	Pr > t
Intercept	1	29.85715	8.450241	3.53	0.0028
PRED	1	-0.25669	0.217408	-1.18	0.2550
PIBRP	1	0.000265	0.000028	9.32	<.0001
TEMD	1	0.941004	0.353041	2.67	0.0169
PRECD	1	0.008601	0.004053	2.12	0.0498

ANEXO 4. PROC SYSLIN FORMA REDUCIDA DEL MODELO (MC2E)

The SYSLIN Procedure
Two-Stage Least Squares Estimation

Inverse Endogenous Variables

	CPA	CPP	CPUD	QDA	QDP	QDD	QDT
QDA	6204.34	0	0	1	0	0	0
CPA	1	0	0	0	0	0	0
QDP	-885E-16	14520	0	0	1	0	0
CPP	0	1	0	0	0	0	0
QDD	0	0	12576	0	0	1	0
CPUD	0	0	1	0	0	0	0
QDT	6204.34	14520	12576	1	1	1	1

Reduced Form

	Intercept	PRA	PRAF	PRELA	PRNI	TEMA	PRECA	PRAP
QDA	41917719	-3837305	27122.8	-3.169E7	-505.502	1754821	19904.12	0
CPA	6756.193	-618.487	4.371585	-5106.95	-0.08148	282.8377	3.208097	0
QDP	70357.41	5.47E-11	-387E-15	4.52E-10	7.21E-15	-25E-12	-284E-15	-86506.3
CPP	4.845552	0	0	0	0	0	-5.95774	0
QDD	375483.5	0	0	0	0	0	0	0
CPUD	29.85715	0	0	0	0	0	0	0
QDT	42363560	-3837305	27122.8	-3.169E7	-505.502	1754821	19904.12	-86506.3

Reduced Form

	PRCB	PRELP	TEMP	PRECP	PRED	PIBRP	TEMD	PRECD
QDA	0	0	0	0	0	0	0	0
CPA	0	0	0	0	0	0	0	0
QDP	1.221615	-61742.6	8631.255	8.355949	0	0	0	0
CPP	0.000084	-4.25225	0.594439	0.000575	0	0	0	0
QDD	0	0	0	0	-3228.13	3.32735	11834.07	108.1607
CPUD	0	0	0	0	-0.25669	0.000265	0.941004	0.008601
QDT	1.221615	-61742.6	8631.255	8.355949	-3228.13	3.32735	11834.07	108.1607

**ANEXO 5. INFORMACIÓN UTILIZADA PARA LA ESTIMACIÓN DEL MODELO Y
LOS VALORES MEDIOS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE LAS
ELASTICIDADES**

A.6.1. Información utilizada para la estimación del Modelo de la Demanda de Agua en el valle de Cuatro Ciénegas y valle el Hundido.

OBS	T	QDA	CPA	PRA	PRAF	PRELA	PRNI	TEMA	PRECA
1	1993	89019401.72	13182.50	2.4441	466.78	0.1254	2206.26	18.53	163.30
2	1994	72617349.74	11304.89	2.0956	419.19	0.1276	2962.80	20.71	90.00
3	1995	83144867.30	12246.52	1.6536	346.03	0.1346	3486.90	20.75	91.50
4	1996	70495749.36	12216.86	1.1774	541.37	0.1677	3858.19	18.95	221.21
5	1997	70040709.38	12216.86	1.0279	317.96	0.1963	3175.79	18.08	406.00
6	1998	67769996.37	11858.97	0.9251	364.99	0.2110	2353.83	19.33	126.00
7	1999	69564739.21	11859.68	0.8690	554.06	0.2573	1873.98	18.29	162.00
8	2000	78032723.06	13874.43	0.8586	442.71	0.2868	2899.63	21.90	136.50
9	2001	80542659.50	14230.15	0.8220	464.48	0.3133	2572.98	21.80	230.00
10	2002	74718886.97	15396.43	0.8049	593.59	0.3282	2720.84	22.40	230.00
11	2003	86057497.15	14865.69	0.7818	491.83	0.3678	4763.81	21.50	337.00
12	2004	69084405.29	14786.90	0.7146	385.88	0.3979	5027.25	21.30	186.00
13	2005	79074192.51	13860.51	0.6846	389.41	0.4377	5317.28	23.10	133.20
14	2006	78257537.23	12318.20	0.6625	417.89	0.4533	4783.96	24.00	263.90
15	2007	82422800.99	12409.33	0.6319	441.03	0.4814	4530.73	23.30	251.60
16	2008	84708201.93	11888.87	0.6029	510.42	0.5224	6992.23	23.20	115.20
17	2009	67453852.83	11869.41	0.5438	462.10	0.4424	4092.42	24.20	126.00
18	2010	70407303.96	11939.51	0.5412	443.02	0.4918	4758.52	22.80	428.40
19	2011	79971078.41	11558.18	0.5226	406.58	0.5561	5902.93	24.10	69.60
20	2012	97296608.32	11929.57	0.5056	459.98	0.5851	6223.60	24.50	91.20
21	2013	96535849.64	11824.14	0.4841	431.86	0.5366	6367.24	22.80	187.20

A.6.1. Continuación...

OBS	T	QDP	CPP	PRAP	PRCB	PRELP	TEMP	PRECP
1	1993	320823.94	18.66	0.19	49793.27	0.13	18.53	163.30
2	1994	304445.91	18.81	0.28	35513.66	0.13	20.71	90.00
3	1995	221652.75	18.03	0.32	44306.20	0.13	20.75	91.50
4	1996	268706.07	18.03	0.31	31475.45	0.17	18.95	221.21
5	1997	220799.82	15.48	0.33	42792.31	0.20	18.08	406.00
6	1998	196259.11	15.48	0.35	41303.84	0.21	19.33	126.00
7	1999	233962.88	16.85	0.39	46139.21	0.26	18.29	162.00
8	2000	129211.08	16.85	0.43	38808.47	0.29	21.90	136.50
9	2001	141593.26	17.05	0.46	37927.89	0.31	21.80	230.00
10	2002	193465.21	15.58	0.49	37641.73	0.33	22.40	230.00
11	2003	221200.46	16.09	0.52	37395.25	0.37	21.50	337.00
12	2004	197707.48	16.53	0.52	39295.17	0.40	21.30	186.00
13	2005	206409.80	17.83	0.53	41072.36	0.44	23.10	133.20
14	2006	409517.24	18.58	0.54	39063.06	0.45	24.00	263.90
15	2007	329875.92	17.47	0.55	34435.58	0.48	23.30	251.60
16	2008	271410.70	16.91	0.55	32929.15	0.52	23.20	115.20
17	2009	267276.24	16.40	0.52	29482.69	0.44	24.20	126.00
18	2010	258748.43	15.94	0.54	30400.00	0.49	22.80	428.40
19	2011	254704.53	15.51	0.54	28735.03	0.56	24.10	69.60
20	2012	241690.71	15.12	0.54	26635.28	0.59	24.50	91.20
21	2013	235264.03	14.76	0.54	26987.60	0.54	22.80	187.20

A.6.1. Continuación...

OBS	T	QDD	CPUD	PRED	PIBRP	TEMD	PRECD
1	1993	803910.00	63.50	19.47	76907.86	18.53	163.30
2	1994	808974.00	66.14	10.26	78526.91	20.71	90.00
3	1995	813926.90	67.46	9.59	76810.71	20.75	91.50
4	1996	801975.00	68.79	11.55	81304.12	18.95	221.21
5	1997	790082.70	70.11	12.62	90430.95	18.08	406.00
6	1998	778250.00	71.43	12.52	94493.06	19.33	126.00
7	1999	766476.90	72.75	12.97	96391.67	18.29	162.00
8	2000	754763.40	74.07	12.46	99835.09	21.90	136.50
9	2001	753137.30	75.39	12.69	97829.69	21.80	230.00
10	2002	751506.00	76.71	12.16	101874.58	22.40	230.00
11	2003	749931.00	78.04	10.20	104156.21	21.50	337.00
12	2004	748289.10	79.36	9.02	108894.84	21.30	186.00
13	2005	746385.38	80.68	8.43	128273.00	23.10	133.20
14	2006	753589.72	82.00	7.88	112663.59	24.00	263.90
15	2007	760668.97	83.32	8.48	118294.74	23.30	251.60
16	2008	767744.70	84.64	7.25	127873.75	23.20	115.20
17	2009	774695.75	85.96	8.56	113091.56	24.20	126.00
18	2010	781642.86	87.29	7.92	131086.53	22.80	428.40
19	2011	774277.99	88.61	7.61	143303.54	24.10	69.60
20	2012	776789.22	89.93	8.44	146798.05	24.50	91.20
21	2013	779265.62	91.25	8.25	150292.56	22.80	187.20

A.6.1. Continuación...

OBS	T	QDA	QDP	QDU
1.00	1993	89,019,401.72	219,588.51	1,155,225.00
2.00	1994	72,617,349.74	206,717.49	1,166,175.00
3.00	1995	83,144,867.30	157,021.67	1,177,033.75
4.00	1996	70,495,749.36	190,354.84	1,163,437.50
5.00	1997	70,040,709.38	182,266.50	1,149,841.25
6.00	1998	67,769,996.37	162,008.56	1,136,245.00
7.00	1999	69,564,739.21	177,385.36	1,122,648.75
8.00	2000	78,032,723.06	97,964.91	1,109,052.50
9.00	2001	80,542,659.50	106,114.00	1,110,238.75
10.00	2002	74,718,886.97	158,600.91	1,111,425.00
11.00	2003	86,057,497.15	175,674.95	1,112,702.50
12.00	2004	69,084,405.29	152,805.04	1,113,888.75
13.00	2005	79,074,192.51	147,865.47	1,115,075.00
14.00	2006	78,257,537.23	281,503.44	1,129,583.75
15.00	2007	82,422,800.99	241,251.12	1,144,001.25
16.00	2008	84,708,201.93	205,059.13	1,158,510.00
17.00	2009	67,453,852.83	208,196.06	1,172,927.50
18.00	2010	70,407,303.96	207,424.78	1,187,436.25
19.00	2011	79,971,078.41	209,784.93	1,180,227.50
20.00	2012	97,296,608.32	204,220.84	1,188,075.00
21.00	2013	96,535,849.64	203,658.31	1,195,922.50

A.6.1. Continuación...

OBS	T	QDT	QDA	QDP	QDU
1	1993	90394215.23	89019401.72	219588.51	1155225.00
2	1994	73990242.23	72617349.74	206717.49	1166175.00
3	1995	84478922.72	83144867.30	157021.67	1177033.75
4	1996	71849541.70	70495749.36	190354.84	1163437.50
5	1997	71372817.14	70040709.38	182266.50	1149841.25
6	1998	69068249.94	67769996.37	162008.56	1136245.00
7	1999	70864773.31	69564739.21	177385.36	1122648.75
8	2000	79239740.47	78032723.06	97964.91	1109052.50
9	2001	81759012.25	80542659.50	106114.00	1110238.75
1	2002	75988912.87	74718886.97	158600.91	1111425.00
11	2003	87345874.59	86057497.15	175674.95	1112702.50
12	2004	70351099.08	69084405.29	152805.04	1113888.75
13	2005	80337132.98	79074192.51	147865.47	1115075.00
14	2006	79668624.42	78257537.23	281503.44	1129583.75
15	2007	83808053.36	82422800.99	241251.12	1144001.25
16	2008	86071771.06	84708201.93	205059.13	1158510.00
17	2009	68834976.39	67453852.83	208196.06	1172927.50
18	2010	71802164.99	70407303.96	207424.78	1187436.25
19	2011	81361090.83	79971078.41	209784.93	1180227.50
20	2012	98688904.16	97296608.32	204220.84	1188075.00
21	2013	97935430.45	96535849.64	203658.31	1195922.50

A.6.2. Valores predichos

Obs	CPAP	CPPP	CPUDP
1	12229.81	18.459	64.0489
2	12545.87	17.9751	68.2624
3	12437.09	18.5012	68.0308
4	13293.29	16.3158	68.1383
5	12665.39	16.6104	71.0491
6	12381.74	16.9054	70.9176
7	12866.96	16.2638	70.6354
8	13091.63	17.4124	74.8551
9	13372.39	17.0689	74.9755
10	14028.95	17.1377	76.7463
11	13318.41	16.2948	77.9265
12	12180.63	16.1213	77.9962
13	12327.45	17.0807	84.5144
14	13103.25	17.4198	82.4967
15	12863.02	16.4201	83.0681
16	12308.49	15.9853	84.651
17	13096.12	16.815	81.4376
18	13281.92	15.9022	87.6463
19	11929.12	16.0307	89.0957
20	12181.28	15.9767	90.3694
21	12134.79	15.2637	90.5687

A.6.3. Valores medios usados en el cálculo de las elasticidades usadas del modelo

Variable	1993-1998	1998-2003	2003-2008	2008-2013	1993-2013
QDA	75514678.98	76114417.04	79934105.85	82728815.85	78438876.71
CPA	12171.10	13680.89	13354.92	11834.95	12744.65
PRA	1.55	0.84	0.68	0.53	0.92
PRAF	409.39	485.28	439.41	452.33	445.29
PRELA	0.16	0.29	0.44	0.52	0.35
PRNI	3007.30	2864.18	5235.88	5722.82	4136.72
TEMA	19.39	20.87	22.73	23.60	21.69
PRECA	183.00	203.58	214.48	169.60	192.66
QDP	255447.93	185948.67	272686.93	254849.11	244034.55
CPP	17.42	16.32	17.24	15.77	16.76
PRAP	0.30	0.44	0.54	0.54	0.45
PRCB	40864.12	39869.40	37365.10	29194.96	36768.25
PRELP	0.16	0.30	0.44	0.52	0.35
TEMP	19.39	20.87	22.73	23.60	21.69
PRECP	183.00	203.58	214.48	169.60	192.66
QDD	799519.77	759010.77	754434.81	775736.02	773156.31
CPUD	67.91	74.73	81.34	87.95	77.97
PRED	12.67	12.17	8.54	8.01	10.40
PIBRP	83078.94	99096.72	116692.69	135407.67	108530.14
TEMD	19.39	20.87	22.73	23.60	21.69
PRECD	183.00	203.58	214.48	169.60	192.66
QDT	76858998.16	77377760.57	81263759.25	84115722.98	79771978.58

ANEXO 6. ELASTICIDADES

A.7.1. Valle de Cuatro Ciénegas y valle El Hundido: Elasticidades de la forma estructural del modelo, por periodos, 1993-2013.

	1993-1998	1998-2003	2003-2008	2008-2013	1993-2013
Sector agrícola					
E_{PRA}^{CPA}	-0.0790	-0.0381	-0.0315	-0.0279	-0.0447
E_{PRAF}^{CPA}	0.1470	0.1551	0.1438	0.1671	0.1527
E_{PRELA}^{CPA}	-0.0673	-0.1098	-0.1696	-0.2254	-0.1416
E_{PRNI}^{CPA}	-0.0201	-0.0171	-0.0319	-0.0394	-0.0264
E_{TEMA}^{CPA}	0.4506	0.4315	0.4815	0.5640	0.4814
E_{PRECA}^{CPA}	0.0482	0.0477	0.0515	0.0460	0.0485
Sector pecuario					
E_{PRAP}^{CPP}	-0.1015	-0.1607	-0.1849	-0.2033	-0.1598
E_{PRCB}^{CPP}	0.1971	0.2053	0.1821	0.1555	0.1843
E_{PRELP}^{CPP}	-0.0395	-0.0769	-0.1094	-0.1411	-0.0899
E_{TEMP}^{CPP}	0.6619	0.7603	0.7841	0.8894	0.7694
E_{PRECP}^{CPP}	0.0060	0.0072	0.0072	0.0062	0.0066
Sector doméstico					
E_{PRED}^{CPUD}	-0.0479	-0.0418	-0.0270	-0.0234	-0.0342
E_{PIBRP}^{CPUD}	0.3242	0.3514	0.3802	0.4080	0.3689
E_{TEMD}^{CPUD}	0.2687	0.2628	0.2630	0.2525	0.2618
E_{PRECD}^{CPUD}	0.0232	0.0234	0.0227	0.0166	0.0213

Fuente: Elaboración propia con dato de los anexos 4 y 6.

A.7.2. Valle de Cuatro Ciénegas y valle El Hundido: Elasticidades de la forma reducida del modelo respecto a las cantidades demandadas totales por periodos, 1993-2013.

	1993-1998	1998-2003	2003-2008	2008-2013	1993-2013
Sector agrícola					
E_{PRA}^{QDA}	-0.0790	-0.0425	-0.0326	-0.0247	-0.0451
E_{PRAF}^{QDA}	0.1470	0.1729	0.1491	0.1483	0.1540
E_{PRELA}^{QDA}	-0.0673	-0.1224	-0.1758	-0.2001	-0.1428
E_{PRNI}^{QDA}	-0.0201	-0.0190	-0.0331	-0.0350	-0.0267
E_{TEMA}^{QDA}	0.4506	0.4812	0.4991	0.5006	0.4853
E_{PRECA}^{QDA}	0.0482	0.0532	0.0534	0.0408	0.0489
Sector pecuario					
E_{PRAP}^{QDP}	-0.1005	-0.2047	-0.1697	-0.1827	-0.1593
E_{PRCB}^{QDP}	0.1954	0.2619	0.1674	0.1399	0.1841
E_{PRELP}^{QDP}	-0.0391	-0.0980	-0.1004	-0.1268	-0.0896
E_{TEMP}^{QDP}	0.6552	0.9687	0.7196	0.7993	0.7672
E_{PRECP}^{QDP}	0.0060	0.0091	0.0066	0.0056	0.0066
Sector doméstico					
E_{PRED}^{QDD}	-0.0511	-0.0517	-0.0366	-0.0333	-0.0434
E_{PIBRP}^{QDD}	0.3457	0.4344	0.5147	0.5808	0.4671
E_{TEMD}^{QDD}	0.2870	0.3254	0.3566	0.3600	0.3320
E_{PRECD}^{QDD}	0.0248	0.0290	0.0307	0.0236	0.0270

Fuente: Elaboración propia con dato de los anexos 5 y 6.

A.7.3. Valle de Cuatro Ciéneas y valle El Hundido: Elasticidades de la forma reducida del modelo respecto a la cantidad demandada total de Cuatro Ciéneas (QDT) por periodos, 1993-2013.

	1993-1998	1998-2003	2003-2008	2008-2013	1993-2013
Sector agrícola					
E_{PRA}^{QDT}	-0.0776	-0.0418	-0.0321	-0.0243	-0.0443
E_{PRAF}^{QDT}	0.1445	0.1701	0.1467	0.1459	0.1514
E_{PRELA}^{QDT}	-0.0661	-0.1204	-0.1729	-0.1968	-0.1404
E_{PRNI}^{QDT}	-0.0198	-0.0187	-0.0326	-0.0344	-0.0262
E_{TEMA}^{QDT}	0.4427	0.4733	0.4909	0.4923	0.4772
E_{PRECA}^{QDT}	0.0474	0.0524	0.0525	0.0401	0.0481
Sector pecuario					
E_{PRAP}^{QDT}	-0.000334	-0.000492	-0.000570	-0.000554	-0.000487
E_{PRCB}^{QDT}	0.000650	0.000629	0.000562	0.000424	0.000563
E_{PRELP}^{QDT}	-0.000130	-0.000235	-0.000337	-0.000384	-0.000274
E_{TEMP}^{QDT}	0.002178	0.002328	0.002415	0.002422	0.002347
E_{PRECP}^{QDT}	0.000020	0.000022	0.000022	0.000017	0.000020
Sector doméstico					
E_{PRED}^{QDT}	-0.00053208	-0.000508	-0.000339	-0.000307	-0.000421
E_{PIBRP}^{QDT}	0.003596621	0.0042613	0.004778	0.0053563	0.0045269
E_{TEMD}^{QDT}	0.002985758	0.0031918	0.0033106	0.0033202	0.003218
E_{PRECD}^{QDT}	0.000257531	0.0002846	0.0002855	0.0002181	0.0002612

Fuente: Elaboración propia con dato de los anexos 5 y 6.