

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



***“Modelo de Gestión para la administración del acuífero de la
Costa de Hermosillo, Sonora, México”***

***Tesis para obtener el grado de
DOCTOR EN INGENIERÍA***

Presenta:

María Victoria Olavarrieta Carmona.

Director: Dr. Christopher Watts Thorp

Codirector: Dr. Juan Arcadio Saiz Hernández

Mexicali, B. C.

Julio de 2010

Dedicatoria.

A mis amados hijos:

Leonardo Antonio

Marco Luciano

Agradecimientos.

Al Dr. Christopher Watts y Dr. Juan Sainz, por su apoyo y motivación para la realización de esta tesis y la calidez de su acompañamiento a lo largo de estos años de estudio.

A los Doctores Jorge Ramírez, José Luis Moreno, Julio Rodríguez y Miguel Rangel, por su apoyo y disponibilidad para asesorarme y revisar esta tesis.

A mis hijos, por su comprensión y apoyo en los momentos difíciles, su colaboración en la captura de información, la elaboración del documento y presentación, pero sobre todo por el tiempo que no me tuvieron.

A la Universidad de Sonora por su apoyo para realizar los estudios de maestría y doctorado.

Al Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, sus docentes y administrativos por su apoyo para realizar los estudios de doctorado y concluirlo con éxito.

Al personal del Organismo de Cuenca Noroeste, DR051, DDR144 y Agua de Hermosillo, por su disposición para proporcionar información de manera oportuna.

Resumen.

El Acuífero Costa de Hermosillo, Sonora, México, se ha utilizado primordialmente durante más de seis décadas para la producción de alimentos para el consumo nacional y de exportación, con volúmenes de extracción poco significativos para uso público rural. A partir de 2007 se iniciaron las extracciones en la zona los Bagotes para el abastecimiento de la ciudad de Hermosillo, Sonora, surgiendo en esta zona un nuevo usuario que cada día demanda más agua, originando la competencia entre usuarios agrícolas y público urbano, ejerciendo mayor presión sobre el recurso hídrico.

Las extracciones se han mantenido en los últimos 25 años en un promedio superior a los 450 hm³ muy superior a la recarga estimada de 250 hm³, de los cuales 152 hm³ son de agua dulce y 98 hm³ son de agua de mar, manifestándose sensiblemente la contaminación por intrusión salina y el abatimiento del manto acuífero.

Se elaboró un diagnóstico del modelo de gestión actual para la administración del acuífero analizando la legislación vigente en México y su aplicación en esta zona de estudio en todos los ámbitos y actores, el impacto de los programas de apoyo y subsidios a la actividad agrícola y las prácticas en el uso y manejo del recurso hídrico, para dar sustento a la propuesta de mejoras al modelo de gestión que promueva en la medida de lo posible la sostenibilidad de este acuífero minado, con equidad en su aprovechamiento, incrementando el valor intrínseco del recurso con valores sociales, culturales, ambientales y económicos de la región.

Abstract

Coast of Hermosillo aquifer, Sonora, Mexico, has primarily been used for more than six decades for the production of food for domestic consumption and export, with little significant volumes of extraction for rural public use.

2007 started the extractions in the Bagotes zone for the supply of the city of Hermosillo, Sonora, emerging in this area a new user every day demand more water, causing competition between agricultural users and urban public, putting more pressure on water resources.

The extractions been 25 years in an average of more than 450 hm³ much higher than the estimated of the 250 hm³, this are 152 hm³ of freshwater and the 98 hm³ are of seawater, demonstrating significantly pollution by saline intrusion and the abatement of the aquifer mantle.

Was elaborated diagnosed of current for aquifer management model, analyzing existing legislation in Mexico and its implementation in this area of study in all ambits and actors, the impact of farming support programs and subsidies and the practices in the use and management of water, to livelihood improvement proposal model management that promotes the sustainability of this aquifer mined with equity in their use as far as possible, increasing the intrinsic value of the resource with social, cultural, environmental and economic values of the region was developed.

Abreviaciones y siglas

AGUAH	Organismo operador de Agua de Hermosillo.
ALR	Abelardo L. Rodríguez.
ASERCA	Apoyos y Servicios de Comercialización Agropecuaria.
AUDR051	Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 051 Costa de Hermosillo, A.C.
CEA	Comisión Estatal del Agua.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua.
CONAPO	Consejo Nacional de Población.
COTAS	Comité Técnico de Agua Subterránea.
COUSSA	Conservación y Uso Sustentable del Suelo y Agua.
DDR144	Distrito de Desarrollo Rural 144.
DR037	Distrito de Riego 037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora.
DR038	Distrito de Riego 038 Río Mayo, Sonora.
DR051	Distrito de Riego 051 Costa de Hermosillo, Sonora.
DR055	Distrito de Riego 055 Delicias, Chihuahua.
DR066	Distrito de Riego 066 Santo Domingo, BCS.
DR084	Distrito de Riego 084 Valle de Guaymas, Sonora.
DR090	Distrito de Riego 090 Bajo Río Conchos, Chihuahua.
DOF	Diario Oficial de la Federación.
GIRH	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.
INE	Instituta Nacional de Ecología.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
LAES	Ley de Aguas del Estado de Sonora.
LAN	Ley de Aguas Nacionales.
LEC	Ley de Energía para el Campo.
LFD	Ley Federal de Derechos.

LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
NOM	Norma Oficial Mexicana.
OCNO	Organismo de Cuenca Noroeste.
ONU	Organización de Naciones Unidas.
PACC	Programa de Atención a Contingencias Climatológicas.
PADUA	Programa de Adecuación de Derechos de Uso del Agua y Redimensionamiento de Distritos de Riego.
PIDEFIMER	Programa de Inducción y Desarrollo del Financiamiento al Medio Rural.
PROCAMPO	Programa de apoyos directos al campo.
PRODDER	Programa de Devolución de Derechos.
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua.
RHA	Región Hidrológica Administrativa.
SAGARPA	Secretaría de Agricultura y Ganadería.
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
SAHOP	Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
SEGOB	Secretaría de Gobernación.
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
SEMARNAT	Secretaría de Medio ambiente y Recursos Naturales.
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
SIG	Sistema de Información Geográfico.
SMN	Sistema Meteorológico Nacional.
SNIDRUS	Sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural Sustentable.
SRH	Secretaría de Recursos Hidráulicos.
SS	Secretaría de Salud.
SSA	Secretaría de Salubridad y Asistencia.
UNISON	Universidad de Sonora.

Unidades

\$	Pesos mexicanos.
cm	Centímetros.
ha	Hectáreas.
hm ³	Hectómetro cúbico.
HP	Caballos de fuerza.
km	Kilómetros.
Km ²	Kilómetros cuadrados.
kpa	Kilos pascal.
kW	Kilo watt.
kWh	Kilo watt hora.
l/h/d	Litros por habitante al día.
lps	Litros por segundo.
m ³	Metros cúbicos.
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo.
mm	Milímetros.
msnm	Metros sobre el nivel del mar.
t	Toneladas.

Índice General

Contenido	Página
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Abreviaciones y siglas	vi
Unidades.....	viii
Índice General.....	ix
Figuras.....	xiii
Tablas	xiv
I. Introducción.....	17
1.1. Objetivo general.....	19
1.2. Objetivos específicos.....	19
1.3. Hipótesis.....	20
II. Revisión de literatura.....	21
2.1. El recurso hídrico.....	21
2.2. El recurso hídrico en México.....	25
2.2.1. Componentes del ciclo hidrológico.....	25
2.2.2. Contraste entre desarrollo y disponibilidad de agua.....	26
2.2.3. Precipitación pluvial.....	28
2.2.4. Concesiones y asignaciones.....	30
2.2.5. Origen del agua utilizada.....	31
2.2.6. Agua subterránea.....	31
2.3. La gestión del agua en México.....	33
2.3.1. Estructura organizacional de CONAGUA.....	33
2.3.2. Derechos de uso o aprovechamiento.....	36
2.3.3. Usos.....	37
2.3.3.1. Uso público urbano.....	37
2.3.3.2. Uso agrícola.....	37
2.3.3.3. Uso en otras actividades productivas.....	38

2.3.3.4. Uso en generación de energía eléctrica.....	38
2.3.4. Sustento jurídico para la administración del agua.	38
2.3.4.1. Constitución Política.....	38
2.3.4.2. Ley General del Equilibrio Ecológico.....	39
2.3.4.3. Instrumentos para la administración del agua.....	40
2.3.4.4. Ley de Aguas Nacionales.	40
2.3.4.5. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.	41
2.3.4.6. Ley Federal de Derechos.....	42
2.3.4.7. Ley General de Salud.	43
2.3.4.8. Reglamento de distritos de riego.....	43
2.3.4.9. Normas Oficiales Mexicanas.....	43
2.3.5. Instrumentos que inciden en el sector agua.	43
2.3.5.1. PADUA.....	45
2.3.5.2. Programa de Devolución de Derechos (PRODDER).	46
2.3.5.3. Subsidio a la energía eléctrica.	47
2.3.5.4. Padrón de beneficiarios de cuota energética.	49
2.3.5.5. Subsidio energía eléctrica de SAGARPA.....	49
2.4. Acuífero Costa Hermosillo.	49
2.4.1. DR051 Costa de Hermosillo.	57
2.4.1.1 Administración del DR051.....	62
2.4.2. Agua de Hermosillo.	63
2.4.2.1. Demanda.	64
2.4.2.2. Oferta.	65
2.4.2.2.1. Aguas subterráneas.	66
2.4.2.2.2. Aguas superficiales.	68
III. Materiales y métodos.....	70
3.1. El sitio de estudio.....	70
3.2. Información utilizada.	71
3.3. Análisis de la información.	74
IV. Resultados y discusión.	81
4.1. Diagnóstico del modelo de gestión actual.....	81

4.1.1. Problemática.....	82
4.1.2. Características biofísicas.....	84
4.1.3. Actores.	85
4.1.3.1. Instituciones gubernamentales.....	86
4.1.3.2. Usuarios.....	87
4.1.3.3. Académicos.....	89
4.1.3.4. Organismos no gubernamentales	89
4.1.4. Agua de Hermosillo.	89
4.1.4.1. Infraestructura.	92
4.1.5. Distrito de Riego 051.	93
4.1.5.1. Infraestructura.	94
4.1.5.1.1. Caminos.	94
4.1.5.1.2. Pozos.	95
4.1.5.1.3. Riego tecnificado.	95
4.1.5.1.4. Estaciones agro-climatológicas.	96
4.1.5.1.5. Superficie cultivada.	97
4.1.5.1.6. Apoyos.	98
4.2. Usos del agua.....	100
4.2.1. Uso Agrícola.	101
4.2.1.1. Cuota energética.....	102
4.2.1.2. Pozos.....	103
4.2.1.3. Empresas.....	108
4.2.1.4. Cultivos.	109
4.2.2. Uso Público.	114
4.2.2.1. Tarifas eléctricas.	115
4.2.2.2. Costos de energía eléctrica.....	115
4.2.2.3. Extracciones en la Costa de Hermosillo.....	117
4.3. Propuesta de modelo de gestión.	118
4.3.1. Organismo de Cuenca Noroeste.	119
4.3.2. Sistema de información integral.	120
4.3.3. Administración del DR051.	120
4.3.3.1. Transmisión de derechos de agua.	121
4.3.3.2. Medición.....	122

4.3.3.3. Permisos de siembra.	122
4.3.3.4. Infraestructura.	122
4.3.3.4.1. Equipos de bombeo.....	123
4.3.3.4.2. Medidores de flujo.	123
4.3.3.4.3. Tecnificación del riego.....	123
4.3.4. Reorientación de subsidios.....	123
4.3.4. Agua de Hermosillo.	124
4.3.4.1. Sistema de información.....	124
4.3.4.2. Compra de derechos de agua.....	124
4.3.4.3. Medición.....	125
4.3.4.4 Infraestructura.	125
4.3.4.4.1. Sistema de distribución.	125
4.3.4.4.2. Equipos de bombeo.....	125
4.3.4.4.3. Medidores de flujo.	126
4.3.4.4.4. Control de fugas.	126
V. Conclusiones y recomendaciones	127
5.1. Uso agrícola.....	128
5.2. Uso público.	129
5.3. Aportaciones originales.....	130
5.3.1. Modelo de gestión.	130
5.3.2. Metodología para la estimación de extracciones.....	130
5.3.3. Sistema de Información Geográfico (SIG).	130
5.4. Investigaciones futuras.	132
5.4.1. Uso agrícola.	133
5.4.2. Uso público.....	133
Referencias y bibliografía consultada	134
Anexo 1. Temperaturas 2009 Costa de Hermosillo.	144
Anexo 2. Precipitación y Evapotranspiración.....	145
Anexo 3. Instrumentos jurídicos.....	146
Anexo 4. Normas Oficiales Mexicanas.	150
Anexo 5. Programas de apoyo al campo.	153

Figuras

Figura 1. Contraste regional entre desarrollo y disponibilidad de agua.	27
Figura 2. Precipitación y temperaturas, estación climatológica Hermosillo.	29
Figura 3. Acuíferos sobreexplotados en México.	32
Figura 4. Estructura organizacional en RHA-II Noroeste de CONAGUA.	36
Figura 5. Estructura jurídica para la administración del agua en México.	40
Figura 6. Programas y apoyos para usuarios de aguas nacionales.	44
Figura 7. Piezometría del acuífero Costa de Hermosillo.	53
Figura 8. Evolución histórica. Extracciones acuífero Costa de Hermosillo.	55
Figura 9. Evolución de la superficie cultivada en el DR051.	56
Figura 10. Lámina neta por cultivo en DR051.	57
Figura 11. Localización del Acuífero Costa de Hermosillo.	59
Figura 12. Distribución de agua potable en Hermosillo, Sonora.	64
Figura 13. Evolución de la calidad del agua subterránea.	68
Figura 14. Localización de la Costa de Hermosillo, Sonora.	71
Figura 15. Localización de pozos Costa de Hermosillo.	77
Figura 16. Modelo de gestión actual acuífero Costa de Hermosillo.	82
Figura 17. Temperaturas E. climatológicas Costa de Hermosillo, 2009.	84
Figura 18. Precipitación E. climatológicas Costa de Hermosillo, 2009.	85
Figura 19. Organigrama AUDR051.	93
Figura 20. Localización estaciones climatológicas Costa de Hermosillo.	96
Figura 21. Relación: consumo de energía eléctrica / cuota energética	104

Figura 22. Costo promedio por kWh en pozos de AUDR051.....	105
Figura 23. Relación: extracción / dotación en pozos AUDR051.	107
Figura 24. Consumo de energía eléctrica en pozos de AUDR051.	108
Figura 25. Ingresos por litro de agua de cultivos en DR051.	111
Figura 26. Participación del costo del agua sobre costo de producción. ..	112
Figura 27. Rentabilidad de cultivos con precio de venta y apoyos.	113
Figura 28. Rentabilidad de cultivos con precio de venta sin apoyos.....	114
Figura 29. Consumo promedio de energía eléctrica para uso público.....	116
Figura 30. Costos promedio de extracción de agua para uso público.	116
Figura 31. Extracciones 2007 en pozos Los Bagotes.....	118
Figura 32. Modelo de gestión propuesto acuífero Costa de Hermosillo. ..	119
Figura 33. Selección por atributos.	131
Figura 34. Información específica de un pozo.	132

Tablas

Tabla 1. Valores medios del ciclo hidrológico en México.....	26
Tabla 2. Población y densidad de población en regiones de México.....	27
Tabla 3. Participación del PIB en regiones de México.	28
Tabla 4. Precipitación pluvial normal histórica.	28
Tabla 5. Normales climatológicas, estación 26138 Hermosillo, Sonora.....	29
Tabla 6. Volumen de agua concesionada para usos consuntivos, 2007. ...	30
Tabla 7. Porcentaje de agua concesionado para usos consuntivos, 2007. ...	30
Tabla 8. Origen del agua utilizada, 2008.	31

Tabla 9. Beneficiarios cuota energética DDR144, 2007.	49
Tabla 10. Programa extracción anual por pozo y grupo AUDR051.	52
Tabla 11. Extracción anual del acuífero Costa de Hermosillo.....	54
Tabla 12. Laminas recomendadas por INIFAP y utilizadas en DR051.	56
Tabla 13. Volumen concesionado acuífero Costa de Hermosillo, 2002.....	57
Tabla 14. Distribución del volumen concesionado AUDR051, 1993.....	60
Tabla 15. Distribución por sector de derechos de agua AUDR051, 1994...	60
Tabla 16. Distribución del volumen concesionado AUDDR051, 2006.	61
Tabla 17. Distribución por sector de derechos de agua AUDR051, 2006...	62
Tabla 18. Diferencias de distribución de derechos 1994-2006 AUDR051. .	62
Tabla 19. Evolución histórica de captaciones para Hermosillo, Sonora.	66
Tabla 20. Producción de agua potable 2004-2007.	67
Tabla 21. Elementos para análisis del acuífero Costa de Hermosillo.	75
Tabla 22. Suministro de agua potable a Hermosillo, Sonora	90
Tabla 23. Superficie con riego presurizado DR051, 2007.....	95
Tabla 24. Estaciones climatológicas en la Costa de Hermosillo.	97
Tabla 25. Superficies cultivadas y distribución del agua DR051.....	97
Tabla 26. Apoyos directos en DR051 Costa de Hermosillo.	99
Tabla 27. Tarifas de estímulo para el riego agrícola.....	100
Tabla 28. Inscripciones REPDA acuífero Costa de Hermosillo, 2010.....	101
Tabla 29. Diferencias de cuota energética AUDR051	102
Tabla 30. Extracciones pozos DR051 ciclo 2006-2007	105
Tabla 31. Extracciones agrupadas por empresas de AUDR051.....	109
Tabla 32. Importe de energía eléctrica por cultivo DR051	110

Tabla 33. Tarifa promedio de energía eléctrica para uso público	115
Tabla 34. Costo promedio por kWh para uso público	115
Tabla 35. Tarifas de aguas nacionales para diversos usos.	147
Tabla 36. Ingreso objetivo para los ciclos 2009-2013.	155
Tabla 37. Cuota anual de diesel por hectárea.	157

I. Introducción.

La actividad agrícola en la Costa de Hermosillo, Sonora se caracteriza por tener altos índices de calidad y productividad, tecnología de riego eficiente y una notable sanidad vegetal, con lo que ha logrado posicionar algunos de sus productos en los mercados internacionales aportando un porcentaje significativo del valor total de la producción agrícola estatal, por lo que constituye una importante fuente generadora de divisas y de empleo para miles de mexicanos.

Esta lucrativa actividad se ha mantenido por más de 60 años, en el marco de un modelo de gestión forjado por buenas voluntades, esfuerzos e intereses tanto de los distintos actores, como de las exigencias de los mercados nacionales e internacionales de los productos agrícolas que aquí se producen, provocando un daño irreversible al acuífero costero, que es el principal elemento de este emporio agrícola, con grandes volúmenes de extracción que han superado la recarga de manera significativa, ocasionando severos efectos de intrusión salina y un gran abatimiento del manto acuífero.

Bajo la premisa de que las políticas administrativas y económicas que se aplican actualmente para el aprovechamiento de los recursos hídricos en actividades agropecuarias, no propician ni incentivan el desarrollo sostenible de esta zona, se propone un nuevo modelo de gestión, basado en un mejor y más eficiente sistema de información y comunicación entre los usuarios y responsables de la administración del agua, la delimitación y adopción de responsabilidades de todos los actores involucrados, que establezca el instrumento operativo legal con

el que se mejore la eficiencia, se optimice la producción y coadyuve a la creación de un esquema productivo más equitativo y justo, que garantice la preservación por muchos años más de la riqueza de esta importante zona agrícola.

Para el desarrollo de esta tesis, se hizo una revisión exhaustiva del marco jurídico y sus consecuencias en todos los ámbitos y actores que intervienen en el aprovechamiento del acuífero. También fue necesario definir con claridad el impacto de los distintos programas de apoyo del gobierno federal a las actividades agrícolas, que inciden en el manejo y administración del recurso hídrico en el DR051, así como, considerar los estudios técnicos y sociales relacionados con la Costa de Hermosillo.

Cabe destacar que muchos de los datos que se utilizaron, fueron recabados en diversas instancias gubernamentales como CONAGUA, SAGARPA, CFE, entre otras y muchos de ellos fueron proporcionados impresos y en menor cantidad de manera electrónica, aunque algunos de ellos con grandes deficiencias de captura e inconsistencias, lo que requirió depurarlos y corregirlos para su análisis. También se requirió recabar información de manera directa, como en el caso de los consumos históricos de electricidad, que se obtuvieron registro por registro y posteriormente se realizó su captura para poder construir una base de datos extensa y confiable, lo que permitió el análisis profundo para lograr los resultados puntuales que se presentan en este documento.

El diagnóstico del modelo de gestión actual se obtiene a partir del análisis de la información recabada y del estudio de las condiciones actuales de la administración del acuífero por parte de las dependencias gubernamentales, asociaciones civiles como la AUDR051 y usuarios, que constituye el punto de

partida para proponer mejoras al modelo de gestión actual que permita el uso eficiente del recurso, la conservación y la preservación del acuífero.

También se presentan resultados sobre el aprovechamiento del acuífero para los diversos usos, principalmente el agrícola y público, lo que da sustento a la propuesta del modelo de gestión deseable, para el aprovechamiento sostenible del acuífero, considerando aspectos sociales, políticos, culturales y económicos de la región.

1.1. Objetivo general.

Generar una propuesta de modelo de gestión para la administración del acuífero de la Costa de Hermosillo, Sonora, que aporte a los usuarios esquemas de ingeniería para promover en la medida de lo posible la preservación de un recurso hídrico ya minado en cantidad y calidad de manera suficiente para las futuras generaciones del actual almacenamiento del acuífero, aún con la inclusión de nuevos tipos de usuarios. Este modelo propone una gestión que permita la equidad en su aprovechamiento, incrementando el valor intrínseco del recurso con valores culturales, sociales, ambientales y económicos.

1.2. Objetivos específicos.

- 1.2.1. Realizar un diagnóstico del modelo de gestión actual, que constituya el punto de partida para promover mejoras a este modelo.
- 1.2.2. Identificar claramente a todos los actores con su participación activa dentro del esquema de administración actual.

- 1.2.3. Identificar y evaluar los programas nacionales, estatales y locales que impactan en la administración y aprovechamiento del acuífero.
- 1.2.4. Investigar la aplicación del marco jurídico regulatorio en esta región, como base para elaborar la propuesta del modelo de gestión.

1.3. Hipótesis.

- 1.3.1. Actualmente las políticas administrativas económicas para el aprovechamiento de los recursos hídricos en actividades agropecuarias, no incentivan el uso eficiente del agua, al exentar del pago de derechos de agua para este sector y con tarifas de energía eléctrica preferenciales, resultando poco significativo en el costo total de producción de los cultivos y por tanto, poco interés para cuidar y conservar este insumo.
- 1.3.2. La compra de derechos por Agua de Hermosillo, ha producido la competencia entre usuarios agrícolas y público urbano, ejerciendo una gran presión sobre el recurso hídrico del acuífero de la Costa de Hermosillo.

II. Revisión de literatura.

Se revisaron documentos y estadísticas de organismos internacionales y nacionales sobre la disponibilidad y usos del recurso hídrico, lo que permite dimensionar la problemática ocasionada por la desigualdad en la disposición, valor y uso del agua que se da en las distintas regiones y culturas del mundo.

Se revisó el marco jurídico del sector agua en México (leyes, reglamentos, acuerdos, decretos, lineamientos, programas y normas), así como toda la información relativa a los apoyos vigentes que reciben los usuarios de las aguas nacionales, que darán sustento legal a la propuesta del modelo de gestión del acuífero Costa de Hermosillo.

Esencial fue recopilar todos los estudios y proyectos, tanto técnicos como socioeconómicos, políticos, históricos e incluso literarios, que se han realizado sobre diversos aspectos del área de estudio.

2.1. El recurso hídrico.

El agua es indispensable para la supervivencia humana y es uno de los elementos más abundantes en la tierra, sin embargo, también podemos considerar el agua dulce como un recurso natural escaso dado que su presencia en la naturaleza es irregular en el tiempo y el espacio (ONU, 2007). El incremento del uso del agua plantea la necesidad de buscar mecanismos para el uso eficiente del agua considerando el recurso como un bien ambiental, social y económico (Sanchez, 2004). El uso excesivo de agua conlleva la disminución de caudales de

ríos, agotamiento de acuíferos, reducción de caudales ecológicos que permitan el sustento de los ecosistemas, incluso hasta conflictos sociales por el cambio de uso del recurso (Cirelli, 1999).

La asignación del agua para los diversos usos debe ser fundamentalmente para promover el desarrollo socioeconómico, a través de una gestión que promueva el uso sostenible y la equidad, considerando la importancia del agua como medio para aliviar la pobreza, a través de la producción de alimentos, la higiene y el cuidado de la salud (ONU, 2007). El uso sostenible del agua es uno de los mayores retos del mundo, considerando la competencia entre los usuarios, su conservación y su impacto en el medio ambiente a través de su dimensión social, económica, política y ambiental. Un problema creciente es la competencia desenfrenada por el agua dulce entre la agricultura y los usos urbanos e industriales, lo que causa tensión entre las zonas urbanas y rurales (Cirelli, 1999).

El desafío para los líderes políticos y científicos del siglo XXI será aumentar el suministro de alimentos para la creciente demanda de la población mundial, así como el abastecimiento de agua en cantidad y calidad adecuada para la población, los ecosistemas y los sectores económicos, frente al problema del cambio climático (Easterling, 2007).

A principios del siglo XXI en el mundo se extrae el 54% del volumen total de agua dulce disponible, lo que ha ocasionado escasez, disminución de su calidad e inequidad en su acceso (Silva, 2004). El mayor volumen de agua dulce es demandado por la agricultura con un 70% a nivel mundial, sin embargo, en países menos desarrollados puede alcanzar porcentajes mayores al 90%, las zonas con uso excesivo de agua son regiones muy dependientes de la agricultura de

irrigación (ONU, 2007). A lo largo de los últimos cincuenta años, la agricultura ha estado afrontando el gran reto de proveer alimentos a una población mundial que se ha duplicado, esto ha dado como resultado extracciones de agua que superan con creces las de cualquier otro sector. A pesar de ello, el 13% de la población humana sufre desnutrición, viviendo la mayoría en las zonas rurales de los países en vías de desarrollo (ONU, 2007).

Se debe seguir explorando e implementando nuevas formas de gestión del agua en la agricultura, entre las que se incluye la gestión del riego, promoviendo el cambio de los patrones de cultivo hacia aquellos que necesiten menos agua, la aplicación precisa del agua necesaria en los puntos críticos del ciclo de crecimiento del cultivo, a través del uso de nuevas tecnologías, mejorando así la productividad y la eficiencia del agua de riego, sin embargo, esto no implica necesariamente que la conservación del agua de riego aumenten la cantidad de agua disponible para las ciudades y el medio ambiente (Ward, 2008).

Por la competencia entre usuarios del recurso hídrico y siendo éste cada vez más escaso, es necesario que los responsables de formular políticas sobre esta materia, consideren el valor generado por el uso del agua, teniendo en cuenta que las reformas en la agricultura están forzadas a competir con los desarrollos en el sector industrial y en el de servicios, con la producción de cultivos de mayor productividad y de gran valor económico. Para asociar un valor económico al recurso hídrico, además de considerar los aspectos sociales, económicos, ambientales, culturales y hasta políticos, es importante considerar algunos aspectos inherentes al uso del recurso, tales como: el costo de producirlo, la eficiencia en su uso, el valor en el mercado, el costo de oportunidad, el costo de

no tener el bien y el costo de los beneficios impuestos a la sociedad por su aprovechamiento (Pérez, 2000). Para la valoración económica del recurso hídrico, los economistas clasifican los distintos valores a considerar que dependen del uso a que se destine (Freeman, 2003).

Por otra parte, el impacto humano en la cantidad y calidad del agua disponible, dañan gravemente la capacidad de recuperación de las fuentes de abastecimiento, así mismo, la contaminación producida por la agricultura, la industria y el agua residual doméstica están provocando que el recurso hídrico, tanto superficial como subterráneo sea cada vez más escasos y de peor calidad (ONU, 2007).

La gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) fue definida en 2000 por *Global Water Partnership* como un proceso que promueve el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos conexos para maximizar el bienestar económico y social de forma equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas. Los objetivos del GIRH son promover el acceso más equitativo del recurso hídrico y de los beneficios que se derivan de su uso y aprovechamiento, el uso eficiente del agua para el beneficio de un mayor número de personas y, el uso sostenible del agua, incluyendo el mejoramiento del medio ambiente (Moriarty et al., 2006)

En resumen se puede decir que la combinación de factores naturales con factores originados por el ser humano, provocan presión sobre el recurso hídrico y el deterioro de las fuentes, debido principalmente al crecimiento de la población en regiones con escasez de agua, los cambios demográficos a medida que la población se desplaza de entornos rurales a urbanos, el incremento de demandas

alimentarias y bienestar socioeconómico, la creciente competencia entre usuarios y usos y, la contaminación del agua por desecho de los sectores industrial, municipal y agrícola.

2.2. El recurso hídrico en México.

La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al ejecutivo federal, quien la ejerce directamente o a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (SRH, 1989).

El manejo del agua en México se realiza tomando como base 13 regiones hidrológicas administrativas en que se dividió el país. Las regiones hidrológicas administrativas (RHA) están formadas con la agrupación de las 37 regiones hidrológicas definidas en los 1960's por la entonces Dirección de Hidrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH).

2.2.1. Componentes del ciclo hidrológico.

En la República Mexicana se calcula que el 72.5% del agua de lluvia regresa a la atmósfera por el fenómeno de evapotranspiración, el 22.1% escurre por ríos y arroyos, y el 5.4% restante se infiltra en el subsuelo y recarga los acuíferos. La precipitación media anual en la República Mexicana es de 759.6 mm de acuerdo a la precipitación media mensual histórica en el periodo 1971-2000 (SEMARNAT, 2009).

Los valores medios de los componentes del ciclo hidrológico en México se presentan en la tabla 1 estimados de acuerdo a la norma NOM-011-CNA-2000

(SEMARNAT, 2002) que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales (SEMARNAT, 2009).

Tabla 1. Valores medios del ciclo hidrológico en México.

	hm ³
Precipitación anual	1'488,192
Evapotranspiración	1'079,404
Escurrecimiento natural medio superficial interno	329,137
Escurrecimiento superficial total (Incluye importaciones y exportaciones)	378,449
Recarga media de acuíferos	79,651
Disponibilidad natural media total	458,100

Fuente: CONAGUA (SEMARNAT, 2009).

2.2.2. Contraste entre desarrollo y disponibilidad de agua.

Los recursos hídricos incluyen las aguas superficiales provenientes de ríos, arroyos, lagos y lagunas, así como de las aguas subterráneas y los océanos. La distribución del agua dulce en México, no guarda un equilibrio con el crecimiento demográfico y económico, por ejemplo, las zonas donde hay mayor infraestructura productiva y social, son aquellas donde hay menos disponibilidad media natural de agua como es el centro del país.

De acuerdo a la geografía y clima, en México se distinguen dos grandes zonas de disponibilidad del recurso (figura 1), una que comprende el sur y sureste donde la disponibilidad media de agua Per Cápita es 7.5 veces mayor que el resto del país, y otra el norte, centro y noroeste, donde se asienta el 77% de la población, se genera el 87% del PIB y solo se tiene el 31% de la disponibilidad natural media del recurso, con una dotación Per Cápita de 1,734 m³/hab./año. En las zonas sur y sureste habita el 23% de la población, se genera el 13% del PIB y ocurre el 69% del agua renovable con una dotación Per Cápita de 13,097

m³/hab./año, lo cual muestra el contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad de agua (SEMARNAT, 2009).



Figura 1. Contraste regional entre desarrollo y disponibilidad de agua.
Fuente: (CONAGUA, 2009).

En las tablas 2 y 3 se presenta las cifras correspondientes a estas dos zonas y se desglosa la información de la RHA-II Noroeste y del estado de Sonora, para visualizar con detalle la región donde se asienta la zona de estudio.

Tabla 2. Población y densidad de población en regiones de México.

	Población 2007 (Millones de habitantes)	Participación	Superficie (Miles de km ²)	Participación
Zona Norte, Centro y Noroeste. RHA I,II, III, IV, VI, VII, VIII, IX y XIII	82.130	77%	1538	78%
Zona Sureste. RHA V, X, XI y XII	24.107	23%	421	22%
Nacional	106.237	100 %	1959	100%
RHA-II Noroeste	2.572	2.4%	205	10%
Estado de Sonora	2.475	2.3%	179	9%

Fuente: INEGI, Censo Nacional de Población 2000 y Conteo 2005.

Tabla 3. Participación del PIB en regiones de México.

	Participación del PIB	Disponibilidad natural media de agua anual (hm ³)	Participación	Disponibilidad Per Cápita de agua (m ³ /hab./año)
Zona Norte, Centro y Noroeste. RHA I,II, III, IV, VI, VII, VIII, IX y XIII	87%	142,452	31%	1,734
Zona Sureste. RHA V, X, XI y XII	13%	315,648	69%	13,094
Nacional	100.00	458,100	100%	4,312
RHA-II Noroeste	2.86	8,204	1.8%	3,190
Estado de Sonora	2.85	6,733	1.5%	2,719

Nota: El PIB en 2007 fue de 893,400 millones de dólares. Fuente: Banco de México. Informe anual 2007. www.banxico.org.mx. México Abril 2008.

2.2.3. Precipitación pluvial.

La precipitación promedio anual en México en el periodo de 1971 a 2000 es de 759.6 mm, en la RHA-II Noroeste es de 448.1 mm y, en el estado de Sonora de 421.2 mm anuales, ambos menores que la media nacional (SEMARNAT, 2009). En la tabla 4 se presentan los promedios históricos mensuales, donde se observa que el 62% de la precipitación en el estado de Sonora, ocurre en los meses de julio a septiembre.

Tabla 4. Precipitación pluvial normal histórica.

Mes (1971 a 2000)	Nacional (mm)	RHA-II Noroeste (mm)	Sonora (mm)
Enero	25.0	25.4	24.5
Febrero	17.2	22.9	22.3
Marzo	13.6	13.2	13
Abril	18.4	5.6	5.2
Mayo	41.4	4.8	4.0
Junio	104.4	18.1	14.7
Julio	136.9	112.9	105.4
Agosto	139.8	107.3	101.0
Septiembre	136.4	57.6	53.4
Octubre	69.3	28.3	27.2
Noviembre	30.6	19.7	18.9
Diciembre	26.5	32.3	31.7
Total	759.6	448.1	421.2

Fuente: CONAGUA. (SEMARNAT, 2009).

Con las estadísticas de la estación climatológica N° 26138 Hermosillo en un periodo de 30 años de 1971 a 2000, el Servicio Meteorológico Nacional determinó los promedios mensuales de temperatura y precipitación que se presentan en la tabla 5 y en la figura 2, donde la precipitación media anual es menor incluso a la del estado de Sonora (SMN, 2010).

Tabla 5. Normales climatológicas, estación 26138 Hermosillo, Sonora.

Variable	Anual
Temperatura máxima media	32.1 °C
Temperatura máxima extrema	47.5 °C
Temperatura mínima media	17.1 °C
Temperatura mínima extrema	-4.0 °C
Temperatura media	24.6 °C
Precipitación	320 mm
Número de días con lluvia	31

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2010).

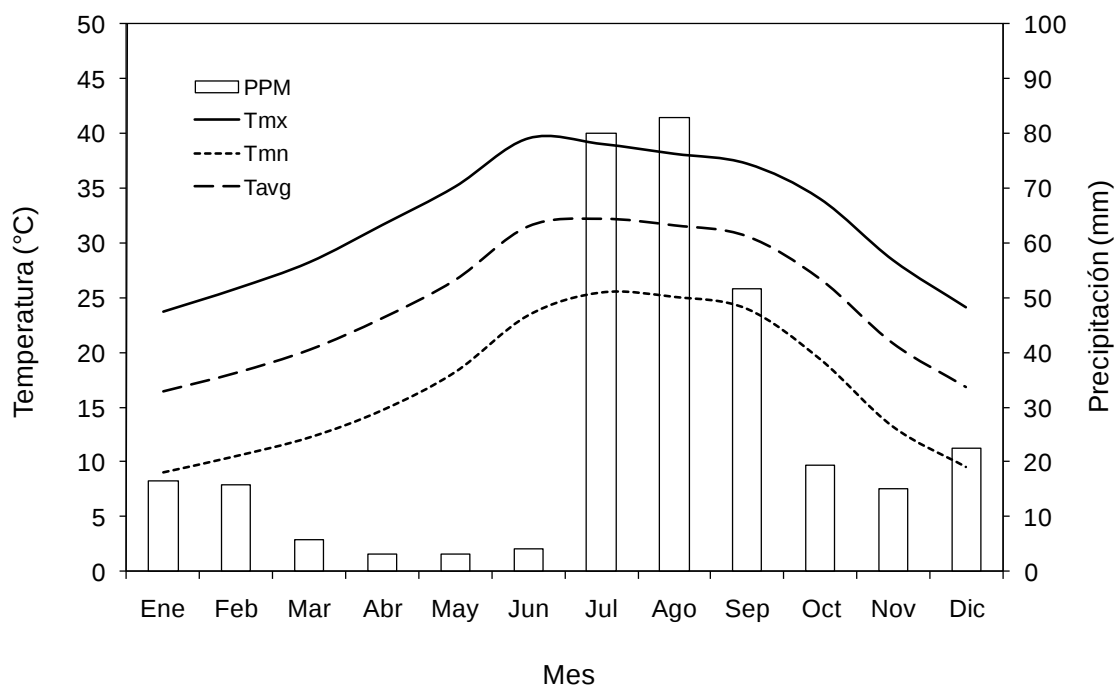


Figura 2. Precipitación y temperaturas, estación climatológica Hermosillo.

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional. CONAGUA

<http://smn.cna.gob.mx/climatología/normales/estación/son/NORMAL26138.TXT>.

2.2.4. Concesiones y asignaciones.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) (SEMARNAT, 2008), establece que para utilizar las aguas nacionales es necesaria una concesión o asignación y, para descargar las aguas residuales se requiere un permiso de descarga, ambos expedidos por la CONAGUA a través de títulos y permisos que se inscriben en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), creado el 1 de diciembre de 1992 con la expedición de esta ley (SEMARNAT, 2002).

Al 31 de diciembre de 2007 el REPDa tiene inscritos 354,238 títulos de concesión y asignación a nivel nacional para los diversos usos. Los volúmenes concesionados o asignados para usos consuntivos, se presentan en la tabla 6 con los datos nacionales, RHA-II Noroeste y el estado de Sonora y, en la tabla 7 los porcentajes de participación correspondientes.

Tabla 6. Volumen de agua concesionada para usos consuntivos, 2007.

	Agrícola (hm ³)	Abastecimiento público (hm ³)	Industria autoabastecida (hm ³)	Termo- eléctricas (hm ³)	Total (hm ³)
Nacional	60,571.9	11,158.0	3,133.4	4,086.2	78,949.5
RHA-II Noroeste	6,517.1	976.7	79.0	0	7,572.8
Estado de Sonora	6,361.6	954.6	78.0	0	7,394.2

Fuente: Estadísticas del Agua. (SEMARNAT, 2009).

Tabla 7. Porcentaje de agua concesionado para usos consuntivos, 2007.

	Agrícola	Abastecimiento público	Industria autoabastecida	Termo- eléctricas	Total
Nacional	76.72%	14.13%	3.97%	5.18%	100%
RHA-II Noroeste	86.06%	12.90%	1.04%	0	100%
Estado de Sonora	86.04%	12.91%	1.05%	0	100%

Fuente: Estadísticas del Agua. (SEMARNAT, 2009).

2.2.5. Origen del agua utilizada.

El origen del agua utilizada a nivel nacional está compuesta por el 63% de agua superficial y el 37% de agua subterránea, en la RHA-II Noroeste su composición es de 58% y 42%, en el estado de Sonora es de 59% y 41% respectivamente, en la tabla 8 se presenta desglosado el uso a que están destinadas las aguas superficiales y subterráneas disponibles a nivel nacional, en RHA-II Noroeste y en el estado de Sonora.

Tabla 8. Origen del agua utilizada, 2008.

	Agrícola (hm ³)	Abastecimiento público (hm ³)	Industria autoabastecida (hm ³)	Termo- eléctricas (hm ³)	Total (hm ³)
Superficial:					
Nacional	40,481	4,222	1,718	3,588	50,009
RHA-II Noroeste	4,011	608	10	0	4,629
Estado de Sonora	3,972	596	10	0	4,578
Subterránea:					
Nacional	20,091	6,936	1,415	498	28,940
RHA-II Noroeste	2,506	369	69	0	2,944
Estado de Sonora	2,390	359	68	0	2,817

Fuente: (SEMARNAT, 2009).

2.2.6. Agua subterránea.

En México se tienen identificados 653 acuíferos (SEMARNAT, 2001), de los cuales 101 están sobreexplotados y 17 de ellos con intrusión salina, asimismo, se han identificado 17 zonas con salinización de suelos y aguas. La recarga media anual estimada total en México es de 79,651 hm³, el volumen concesionado es de 28,940 hm³ y la extracción estimada de 27,554 hm³ (SEMARNAT, 2009).

La sobreexplotación de los acuíferos en las zonas de menor recarga se ha incrementado sustancialmente en los últimos 30 años, sin embargo, en 2008 se redujo de 104 a 101 (figura 3), ya que 7 acuíferos cambiaron su condición donde 4 de ellos ya no se consideran sobreexplotados (SEMARNAT, 2007), (SEMARNAT,

2009), entre los que se encuentran Coyotillo y el Valle del Mayo en el estado de Sonora.

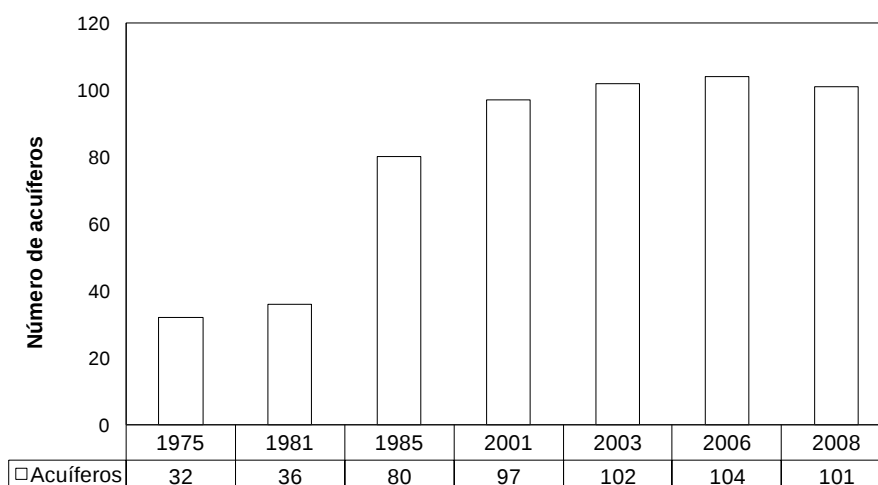


Figura 3. Acuíferos sobreexplotados en México.
Fuente: (SEMARNAT, 2009).

En la RHA-II Noroeste se localizan 63 acuíferos con una recarga media total de 3,130 hm³ y extracción anual de 2,944 hm³, sin embargo, 13 acuíferos están sobreexplotados, entre los cuales está el acuífero Costa de Hermosillo, con una relación extracción/recarga de 1.72 (SEMARNAT, 2009), cuya recarga media anual es de 250 hm³ y un volumen medio de extracción consignado en estudios técnicos de 430.4 hm³ con un déficit de disponibilidad media anual de agua de 181.4 hm³ (SEMARNAT, 2003).

Existen 17 acuíferos en el país con problemas de intrusión salina, ubicados en los estados de Baja California, Baja California Sur, Colima, Sonora y Veracruz de Ignacio de la Llave. Entre éstos se encuentran Maneadero y San Quintín en Baja California, Santo Domingo en Baja California Sur, Caborca, Costa de Hermosillo, Valle de Guaymas y San José de Guaymas en Sonora. (SEMARNAT, 2009).

2.3. La gestión del agua en México.

La última reforma de Ley de Aguas Nacionales (SEMARNAT, 2008) define la gestión del agua como un proceso mediante el cual el Estado, los usuarios y las organizaciones de la sociedad, promueven el desarrollo sustentable del recurso en beneficio de la población y su medio social, económico y ambiental a través del control y manejo del agua, la regulación de la explotación, la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos. Asimismo, define “la gestión integral de los recursos hídricos” como un proceso para promover la gestión y desarrollo del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, para maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas.

El modelo de gestión del agua en México promueve la participación activa de los usuarios del agua, así como representantes de la sociedad en general, aunque en la práctica sus resultados son escasos. Es lo más cercano a un sistema de gestión integral que se tiene en América Latina (Ballesteros et al., 2005).

2.3.1. Estructura organizacional de CONAGUA.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) fue creada como un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH, 1989) y actualmente lo es de la SEMARNAT, con funciones de derecho público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión. A nivel nacional cuenta con un director general que se apoya en un consejo técnico que

está integrado por los titulares de las secretarías de estado, dos representantes de los gobiernos de los estados y un representante de una organización ciudadana.

Con el propósito de descentralizar la administración en materia de agua están los organismos de cuenca adscritos directamente al titular de la CONAGUA, se conforman como unidades técnicas, administrativas y jurídicas especializadas, con carácter autónomo para la gestión integrada de los recursos hídricos de cada una de las 13 regiones hidrológico–administrativas en que se dividió al país.

Cada organismo de cuenca cuenta con un consejo consultivo que está integrado por representantes de las secretarías de estado, un representante del consejo técnico por cada uno de los estados comprendidos en el ámbito de la competencia del organismo de cuenca, un representante de las presidencias municipales de cada estado y un representante de los usuarios.

Los consejos de cuenca son órganos colegiados de integración mixta, que constituyen la instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría entre la CONAGUA incluyendo el organismos de cuenca correspondiente y las dependencias de orden federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad de la cuenca hidrológica correspondiente.

Los consejos de cuenca no están subordinados a la CONAGUA ó a los organismos de cuenca, consideran la pluralidad de intereses, demandas y necesidades en la cuenca, cuentan con representantes de los tres órdenes de gobierno, usuarios del agua y organizaciones de la sociedad, en la siguiente proporción: representantes de los tres niveles de gobierno cuando menos un 35%,

representantes de usuarios en diferentes usos, organizaciones ciudadanas y organizaciones no gubernamentales, con al menos el 50%.

La RHA-II Noroeste comprende todo el estado de Sonora constituido por 72 municipios y adicionalmente 7 municipios del estado de Chihuahua. Tiene una superficie de 205,300 km², en esta región se han establecido tres consejos de cuenca: Alto Noroeste, Ríos Yaqui-Mátape y Río Mayo.

Para atender problemáticas muy específicas se crearon comisiones de cuenca que atienden sub-cuencas y, comités de cuencas para micro-cuencas y comités técnicos de aguas subterráneas (cotas) para acuíferos.

Dentro del consejo de cuenca Alto Noroeste se establecieron 3 comisiones de cuenca: Río Sonora, Río Concepción y San Pedro, y 5 cotas para la administración de los acuíferos: Zanjón, San Miguel, Mesa del Seri-La Victoria, San José de Guaymas en el estado de Sonora y Guerrero Yepomera en el estado de Chihuahua.

En la figura 4, se esquematiza la estructura de organización, enfocada hacia la RHA-II Noroeste, de acuerdo al avance en la creación de consejos, comisiones y cotas (CONAGUA, 2007).

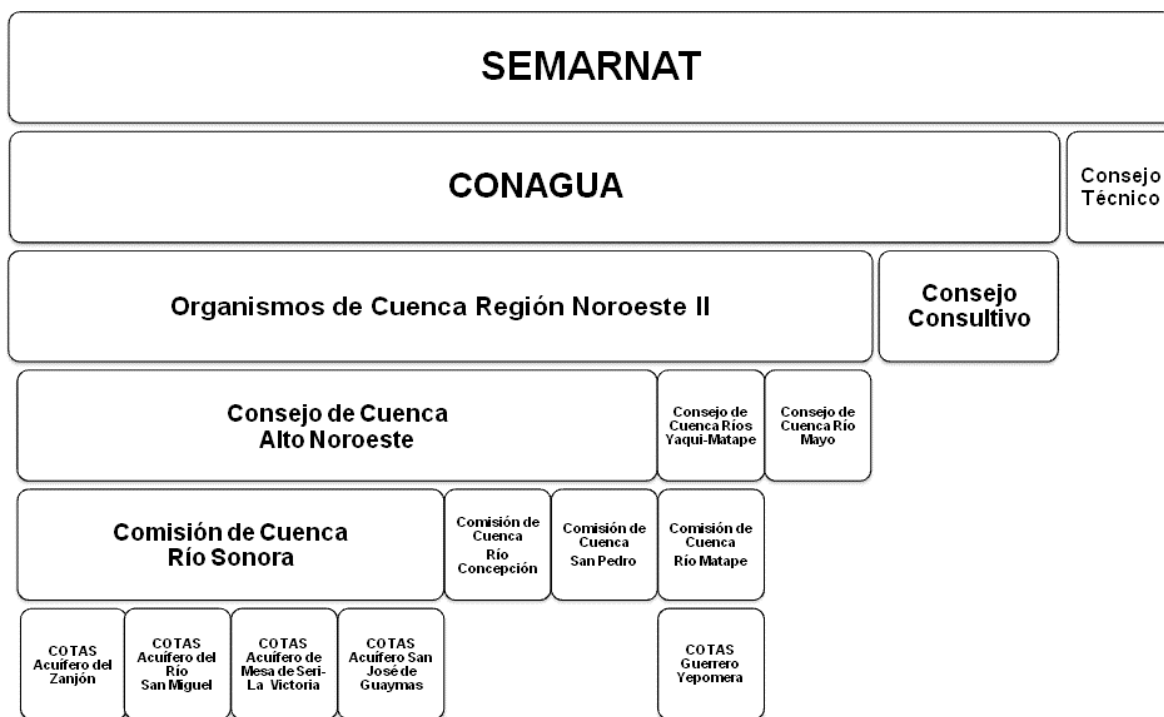


Figura 4. Estructura organizacional en RHA-II Noroeste de CONAGUA.

2.3.2. Derechos de uso o aprovechamiento.

El uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realiza mediante concesiones o asignaciones, con las que se otorga derechos y obligaciones a los usuarios.

El título de asignación lo otorga la CONAGUA o el organismo de cuenca a los municipios o estados para el aprovechamiento de las aguas nacionales en los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico. Los derechos amparados por asignación no pueden ser objeto de transmisión.

El título de concesión lo otorga la CONAGUA a través de los organismos de cuenca a las personas físicas o morales de carácter público o privado para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, exceptuando los

títulos de asignación. En ambos casos se debe tomar en cuenta la disponibilidad media anual del agua, como lo establece el artículo 22 de la LAN.

2.3.3. Usos.

Se considera el uso consuntivo a la aplicación del agua a una actividad que implique el consumo parcial o total del recurso, entre los que se encuentran los usos doméstico, público urbano, agrícola, industrial, acuícola, pecuario y ambiental. El uso no consuntivo es aquel que no consume agua como la generación de energía eléctrica, a través de las hidroeléctricas que no requieren título de concesión.

2.3.3.1. Uso público urbano.

El aprovechamiento de aguas nacionales por parte de los sistemas de agua potable y alcantarillado estatales, municipales o concesionados a particulares, se realiza mediante “asignación” que otorga la CONAGUA para la prestación del servicio público.

2.3.3.2. Uso agrícola.

La explotación, uso o aprovechamiento nacionales por parte de ejidatarios, comuneros, pequeños propietarios y sociedades que posean tierras agrícolas, ganaderas o forestales lo harán mediante “concesión” que otorga la CONAGUA, a personas físicas o morales para el uso con fines agrícolas. La LAN establece las condiciones de la administración y operación del agua de las personas morales. Los distritos de riego serán administrados, operados, conservados y mantenidos por los mismos usuarios.

El acuífero Costa Hermosillo desde el inicio de su aprovechamiento en 1945 se destinó para uso agrícola, en 1992 con la promulgación de la LAN los títulos de concesión inscritos en el REPDA en 1993 son primordialmente agrícolas y a partir de 2007 con la compra de derechos por Agua de Hermosillo se comparte para uso público.

2.3.3.3. Uso en otras actividades productivas.

La explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales para actividades industriales se realiza mediante “concesión” otorgada por la CONAGUA a personas físicas o morales.

2.3.3.4. Uso en generación de energía eléctrica.

Aplica para aguas superficiales concesionadas a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para la generación de energía eléctrica y enfriamiento de plantas termoeléctricas.

2.3.4. Sustento jurídico para la administración del agua.

La base de todos los instrumentos jurídicos regulatorios son la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (SEGOB, 2009) y, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (SEMARNAT, 2008).

2.3.4.1. Constitución Política.

El Artículo 27 constitucional, establece desde su dieciseisava reforma del 28 de enero de 1992 que las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponden originalmente a la nación, la cual tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la

propiedad privada, especificando que el uso o aprovechamiento de los recursos naturales por los particulares o las sociedades, podrán realizarse solo mediante concesiones, otorgadas por el ejecutivo federal y, que las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización (SEGOB, 2009).

2.3.4.2. Ley General del Equilibrio Ecológico.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), promueve el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de las sociedades, con la preservación de los ecosistemas (SEMARNAT, 2008). Además garantiza la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.

Las atribuciones en materia ambiental corresponde a los tres órdenes de gobierno, siendo la SEMARNAT quién emite las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en materia ambiental para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, en coordinación con la Secretaría de Salud expiden las NOM para el establecimiento y manejo de zonas de protección de ríos, manantiales, depósitos y en general, fuentes de abastecimiento de agua para el servicio de las poblaciones e industrias y promueve el establecimiento de reservas de agua para consumo humano.

2.3.4.3. Instrumentos para la administración del agua.

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) conjuntamente con la Ley Federal de Derechos (LFD) considera diversos tipos de instrumentos para la administración del agua. En la figura 5, se presenta la estructura jurídica donde se sustenta la administración del uso de las aguas nacionales.



Figura 5. Estructura jurídica para la administración del agua en México.

2.3.4.4. Ley de Aguas Nacionales.

La autoridad y administración en materia de aguas nacionales y de sus bienes públicos inherentes corresponde al ejecutivo federal, quien la ejercerá directamente o a través de la CONAGUA. (SEMARNAT, 2008). Las atribuciones, funciones y actividades en materia de agua y su gestión se realizan a través de los organismos de cuenca. En cada distrito de riego se establece un comité hidráulico,

el cual actúa como órgano colegiado de concertación para un manejo adecuado del agua e infraestructura.

En el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) se inscriben los títulos de concesiones y asignaciones, permisos, operaciones de transferencias y expedición de certificados. Esta dependencia regula el aprovechamiento de las aguas nacionales para usos público, agrícola, generación de energía eléctrica y otras actividades productivas. Asimismo, prevé la inversión privada en la construcción de la infraestructura hidráulica, el pago de derechos para uso de aguas nacionales y, el pago de derechos de descargas de aguas residuales para evitar contaminación de ríos y mantos acuíferos.

Los títulos de concesión o asignación son individuales para cada uno de los usuarios, sin embargo, debido al retraso que había en el registro, se inscribieron tres títulos de concesión globales para los distritos de riego DR037 Altar–Pitiquito–Caborca y DR051 Costa de Hermosillo, en Sonora y DR066 Santo Domingo, en Baja California Sur.

Es importante señalar que esta ley permite los mercados de aguas vía transferencia de derechos para explotar, usar o aprovechar aguas nacionales, incluso del subsuelo en zonas de veda. También faculta a los concesionarios la cesión de derechos parciales o totales, pero de manera definitiva.

2.3.4.5. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.

Para la aplicación de la LAN se expidió un reglamento (SARH, 1994), mismo que se modificó (SEMARNAT, 2002) y del que actualmente se tiene un

proyecto de reforma debido a que algunos de sus artículos contraviene a la LAN, como se explica más adelante.

Este instrumento reglamenta las atribuciones en materia de agua del ejecutivo federal, la CONAGUA, del consejo técnico, así como la composición y atribuciones de los consejos de cuenca, así mismo, reglamenta las concesiones y asignaciones, establece los derechos y obligaciones de los concesionarios y los asignatarios y, todos los elementos consignados en la LAN.

Es importante señalar que el reglamento en su artículo 72, especifica que la transmisión total o parcial de derechos puede efectuarse en forma separada del derecho de propiedad de la tierra y puede ser de manera definitiva o temporal, lo cual es contrario a la LAN que en su artículo 33 establece que la cesión de derechos puede ser parcial o total pero de manera definitiva.

En el artículo 58, se especifica que las inscripciones en el REPDA se harán por cada título de concesión, asignación o permiso. En los distritos de riego, las asociaciones de usuarios que sean concesionarios de agua y de la infraestructura de riego respectiva, podrán inscribir el padrón de usuarios que estén integrados conforme a la ley y estén debidamente actualizados.

2.3.4.6. Ley Federal de Derechos.

Esta ley establece los pagos que se deben realizar por el uso o aprovechamiento de los bienes de dominio público de la nación, así como por recibir los servicios que presta el estado (SHCP, 2009). Conjuntamente con la LAN contienen diversos instrumentos para la aplicación de la normatividad, como son:

económicos, de orden y control, regulatorios y participativos, los cuales se describen en el anexo 3.

2.3.4.7. Ley General de Salud.

Esta ley contempla la protección de la salud humana ante los riesgos y daños por efectos del ambiente, a través de normas y lo dispuesto en sus artículos del 116 al 122 (Salud, 2009).

2.3.4.8. Reglamento de distritos de riego.

El reglamento de los distritos de riego debe ajustarse a lo dispuesto en el artículo 51 de la LAN, para regular la administración, operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura, así como la distribución de las aguas y el servicio de riego a los usuarios del distrito. El reglamento del DR051 se puso a consideración de la CONAGUA en 2002 y aún no han recibido respuesta, por lo que no está formalizado y contiene inconsistencias en las cifras que maneja, además, no es acorde al reglamento general propuesto por la CONAGUA.

2.3.4.9. Normas Oficiales Mexicanas.

Las normas que están relacionadas con el tema de la investigación, emitidas por SEMARNAT, CONAGUA, Secretaría de Salud y Secretaría de Energía, se presentan en el anexo 4.

2.3.5. Instrumentos que inciden en el sector agua.

Para promover el desarrollo rural del país, se han creado apoyos económicos para fortalecer los procesos productivos de las actividades agropecuarias, los cuales inciden significativamente ya que esta actividad utiliza

más del 80% de los recursos hídricos del país. En la Costa de Hermosillo, este porcentaje actualmente es del 90%, de acuerdo al padrón actual de usuarios.

El ejecutivo federal a través de diversas dependencias ha implementado programas y apoyos a los diversos usuarios de las aguas nacionales (figura 6), los cuales tienen efecto en el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos del país.

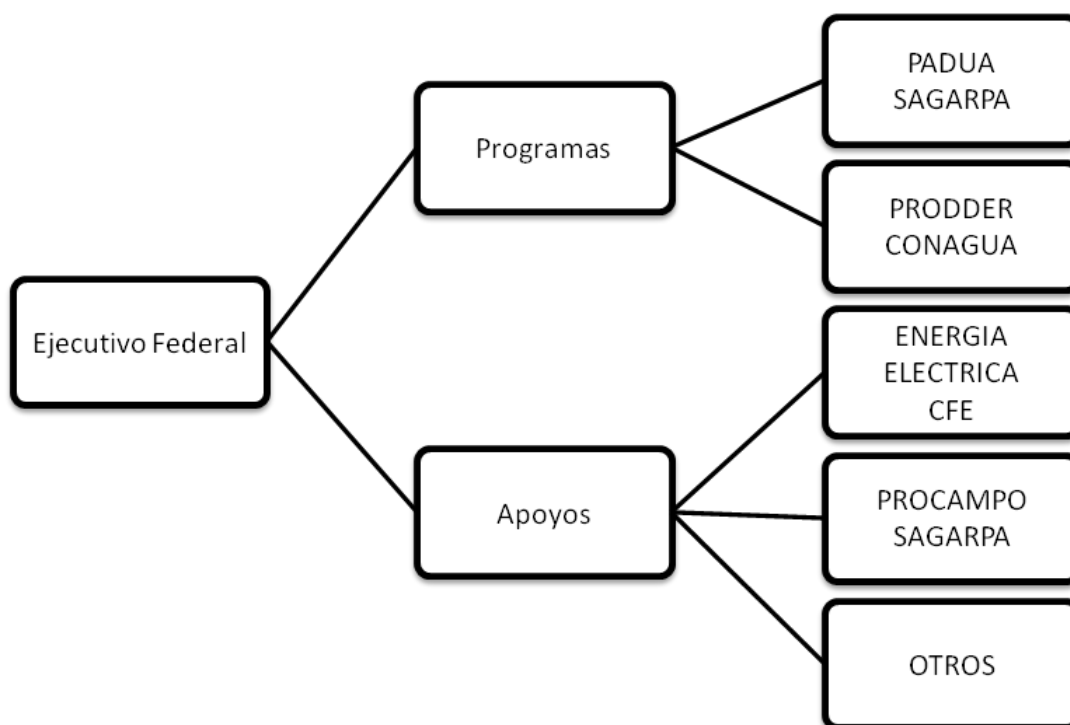


Figura 6. Programas y apoyos para usuarios de aguas nacionales.

Las reglas de operación vigentes para la aplicación de los programas de apoyo (SAGARPA, 2009), en base al Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 pretenden lograr una economía competitiva y generadora de empleos, así como garantizar la igualdad de oportunidades y la sustentabilidad ambiental, considerando que el sector agropecuario y pesquero es estratégico y prioritario para el desarrollo del país, porque ofrece los alimentos que consumen las familias

mexicanas y provee de materias primas a las industrias manufacturera y de transformación.

Los programas de apoyo vigentes para el sector agrícola son: (1) Programa de adquisición de activos productivos, (2) Programa de apoyos directos al campo (PROCAMPO), (3) Programa de inducción y desarrollo del financiamiento al medio rural (PIDEFIMER), (4) Programa de uso sustentable de recursos naturales para la producción primaria: conservación y uso sustentable del suelo y agua (COUSSA), (5) Programa de atención a problemas estructurales: diesel agropecuario, (6) Programas soporte: sanidades e inocuidad, sistema nacional de información para el desarrollo rural sustentable (SNIDRUS), asistencia técnica y capacitación, e innovación y transferencia de tecnología, (7) Programa de atención a contingencias climatológicas (PACC) y (8) Programa de fortalecimiento a la organización rural (Organízate), que se describen en el anexo 5.

También se contempla el programa de apoyo a los organismos operadores de agua para uso público, relacionado con el pago de derechos de agua (PRODDER), porque a partir de 2007 el acuífero Costa Hermosillo es una fuente de abastecimiento importante para la ciudad de Hermosillo, con una aportación del 20% de los requerimientos de la población (AGUAH, 2008).

2.3.5.1. PADUA.

La SAGARPA estableció las reglas de operación del programa de adecuación de derechos de uso del agua (PADUA) (SAGARPA, 2003), que tuvo modificaciones (SAGARPA, 2004), donde se adiciona el redimensionamiento de los distritos de riego, para promover la sustentabilidad de los distritos de riego con

problemas de disponibilidad de agua, con prioridad para aquellos con abatimiento evidente de los mantos acuíferos y con intrusión salina.

En este programa están inscritos 7 distritos de riego: DR066 Santo Domingo en Baja California Sur; DR005 Delicias y DR090 Bajo Río Conchos en Chihuahua; DR037 Altar-Pitiquito-Caborca, DR038 Río Mayo, DR051 Costa de Hermosillo y DR084 Valle de Guaymas en Sonora. Está dirigido a las asociaciones civiles de usuarios o productores poseedores de títulos de concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales con fines agrícola, ganadero o forestal y que de manera voluntaria se inscriban para participar de sus beneficios.

El DR051 se incorporó al PADUA en el programa 2005-2006 con 53 pozos (derechos) con un volumen de 39.825 hm³ que equivalen a un monto de apoyo de casi 100 millones de pesos.

En el informe del 29 de Junio de 2006 sobre los resultados y evaluación del programa en el estado de Sonora, se registra un avance en este distrito con 31 pozos (derechos) con un volumen de 23.36 hm³ y un monto de apoyo ejercido de 58.4 millones de pesos, sin registrarse avances posteriores a 2006.

2.3.5.2. Programa de Devolución de Derechos (PRODDER).

El programa de devolución de derechos (CONAGUA, 2008) tiene como objetivo apoyar a la realización de acciones de mejoramiento de eficiencia y de infraestructura de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales a los municipios, mediante la devolución de este pago a los prestadores de estos servicios que lo soliciten, con el compromiso de reinvertir estos recursos federales

con al menos otra cantidad igual en obras de infraestructura para mejoramiento de los sistemas.

2.3.5.3. Subsidio a la energía eléctrica.

El programa especial de energía para el campo ((Energía, 2002), tiene por objeto impulsar la productividad y el desarrollo de las actividades agropecuarias a través de la cuota energética a precios y tarifas de estímulo.

El reglamento de la Ley de Energía para el Campo (LEC) (SAGARPA, 2003), señala como requisito para beneficiarse con el programa que se debe contar con título de concesión debidamente registrado en el REPDA, o en su caso, la acreditación de los derechos de posesión precaria. La SAGARPA integra el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios que se aplica para el bombeo y rebombes de agua para uso agrícola, a través de los distritos de desarrollo rural.

De acuerdo con los lineamientos para aplicar este programa (SAGARPA, 2005), se determina la cuota energética tomando como base en el cálculo del promedio de energía eléctrica de uso agrícola los consumos de los últimos dos años de cada sujeto productivo que proporcionará la Comisión Federal de Electricidad (CFE), o bien, para los nuevos solicitantes que no tengan un consumo de energía eléctrica de dos años, se realiza la estimación del consumo anual de los equipos electromecánicos declarados en la solicitud, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Cuota\ Energética = (HP * 0.746 * 365 * 24) * 0.75 + 438$$

Donde:

H.P.	Capacidad del motor de la bomba.
0.746	Constante para convertir los HP en kW.
365	Días del año.
24	Horas del día.
438	Consumo promedio anual correspondiente al alumbrado del local donde se encuentra instalado el equipo de bombeo.

Cabe mencionar que no se limita la cuota energética al volumen de agua concesionado como lo establecía el lineamiento anterior del mes de abril (SAGARPA, 2005), sino por el contrario, establece que es accesoria e indivisible de la unidad de producción, por lo que la transmisión de derechos del agua lo hará conjuntamente con la cuota energética.

La ley de energía para el campo se aplica para el bombeo y rebombeo de agua para usos agropecuarios. Los precios y tarifas de estímulo en el consumo de energía eléctrica son iguales para todos los productores del país y sin incrementos en el año, lo que les permite reducir sus costos de producción.

La cuota energética aplica para el bombeo y rebombeo de aguas, la tarifa de energía eléctrica asignada es la 9-CU, con una reducción del 50% para el bombeo nocturno de 0:00 a 8:00 horas con la tarifa 9-N. En 2007 el precio por kWh fue de \$0.38 y \$0.19 y en 2010 de \$0.44 y \$0.22, respectivamente.

Cuando los subsidios a energéticos dependen del consumo y no de la productividad, se incentiva el desperdicio, generando nuevos problemas paralelos para los beneficiados y para la sociedad en general. En un estudio realizado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) se propone deslindar el subsidio hacia un beneficio directo, incentivando la tecnología de riego, que promueva el uso

eficiente, el aumento de la productividad y la mejora tecnológica, entre otros. (Ávila, 2005).

2.3.5.4. Padrón de beneficiarios de cuota energética.

El distrito de desarrollo rural DDR144, abarca los municipios de Hermosillo, Carbó y San Miguel de Horcasitas, Sonora. El padrón actual de beneficiarios en este distrito es de 945 equipos de los cuales el 53% corresponden a la Costa de Hermosillo, en la tabla 9 se resume la cuota energética asignada y sus porcentajes de participación en 2007.

Tabla 9. Beneficiarios cuota energética DDR144, 2007.

	Número de equipos	Capacidad instalada (HP)	Cuota energética (kWh)	Participación
Hermosillo (sin Costa de Hermosillo)	382	40,848	238,148,615	25.47%
Costa de Hermosillo	497	117,651	684,659,635	68.74%
SMH	6	1,125	6,309,171	0.64%
Carbó	60	9,196	50,395,229	5.14%
Total:	945	168,820	979,312,650	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos del DDR144 Octubre de 2007.

2.3.5.5. Subsidio energía eléctrica de SAGARPA.

Adicional a la cuota energética, los productores agropecuarios que no tuvieron adeudos con la CFE, recibieron en 2007 un subsidio a la energía eléctrica por parte de SAGARPA de \$0.04/kWh, hasta por el monto autorizado en el presupuestos de egresos de la federación en ese año (SHCP, 2006).

2.4. Acuífero Costa Hermosillo.

La Costa de Hermosillo se localiza en la porción centro poniente del estado de Sonora, entre la ciudad de Hermosillo y Bahía Kino. La CONAGUA ubica el acuífero 2619 Costa de Hermosillo dentro de la Región Hidrológica N° 9 Sonora

Sur (SEMARNAT, 2009), agrupada dentro de la Región Hidrológica Administrativa II (RHA-II) Noroeste (SEMARNAT, 2003). Este acuífero originalmente fue alimentado por los escurrimientos superficiales del río Sonora y el arroyo Bacoachi.

El río Sonora nace en la Sierra San José en Cananea, Sonora, baja hacia el sur atravesando los municipios Arizpe, Banámichi, Baviácora, Ures y Hermosillo hasta desembocar en el Golfo de California. El agua es interceptada por la presa Rodolfo Félix Valdés (El Molinito) a 22 kilómetros aguas arriba de la presa Abelardo L. Rodríguez (ALR) en la ciudad de Hermosillo, por lo cual, los escurrimientos superficiales hacia la Costa son nulos a excepción de cuando ocurren precipitaciones extraordinarias o cuando hay desfogue de la presa ALR. La última vez que vertió esta presa fue en enero de 1995, por la ocurrencia de lluvias extraordinarias.

Este acuífero ha sido estudiado en varias ocasiones, desde la década de los 60's a la fecha, destacándose:

- . “Estudio hidrogeológico completos de los acuíferos de la Costa de Hermosillo, Sonora, México”, por Ariel Construcciones donde se estimó la recarga en 350 hm^3 (Ariel Construcciones, 1968).
- . “Estudio de cuantificación de la recarga del acuífero Costa de Hermosillo, Municipio de Hermosillo, Sonora”, por la Universidad de Sonora (UNISON, 2001).
- . “Estudio para la estimación del volumen de agua subterránea extraídos para uso agrícola en la zona de Hermosillo: Costa de Hermosillo, Sonora

y Janos, Chihuahua, aplicando técnicas de percepción remota”, por el Colegio de Postgraduados de la Universidad de Chapingo (CONAGUA, 1999).

- . "Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Costa de Hermosillo, Sonora” (Monreal et al., 2002) por la Universidad de Sonora para la Gerencia de Aguas Subterráneas de la CONAGUA, donde se determinó la recarga media anual en 250 hm^3 , de los cuales 151.6 hm^3 son de agua dulce y 98.4 hm^3 son de agua de mar (CONAGUA, 2002), con una disponibilidad de -180.91 hm^3 , debido a las concesiones registradas en REPDA de 430.96 hm^3 (SEMARNAT, 2003).
- . Estimation of the vulnerability to saline intrusion of the coast of Hermosillo aquifer, Sonora, México, Geofísica International (Rangel et al., 2004).

La CONAGUA administra el manejo del agua del acuífero Costa Hermosillo como DR051, el cual ha sido motivo de veda en numerosas ocasiones (SRH, 1951), (SRH, 1954), (SRH, 1967).

El acuífero se ha utilizado primordialmente para la producción de alimentos agrícolas para consumo nacional y de exportación, las primeras extracciones datan de 1945 con el primer pozo profundo en el rancho El Fundador de Herminio Ciscomani (Moreno, 2006), con un volumen de 17 hm^3 (Ariel Construcciones, 1968), incrementándose hasta alcanzar la cifra más alta de $1,137 \text{ hm}^3$, que da lugar a la última veda impuesta el 2 de junio de 1967 (SRH, 1967), en el que se inicia el descenso de las extracciones y con ello la reducción de las superficies de siembra de 132,500 en 1969 a 56,000 hectáreas en un periodo de 30 años.

En 1977 se aprobó uno de los acuerdos más importantes en la Costa de Hermosillo para reducir en 50% las extracciones en un periodo de 13 años; los descensos más significativos se apreciaron en el ciclo 1982-1983 con la caída internacional del precio del algodón, otro a partir del ciclo 1987-1988 ahora debido a los precios del trigo y finalmente en 1990 con el incremento a los precios de la energía eléctrica por el retiro del subsidio (Moreno, 2006).

En 1996 en otro intento por reducir gradualmente los volúmenes hasta alcanzar la cifra cercana a la recarga de 350 hm³ consignada en estudios técnicos (Ariel Construcciones, 1968), se acordó un programa de reducción de extracciones (figura 8) que tampoco se cumplió. No obstante las medidas adoptadas la sobreexplotación a la que ha sido sometido por más de seis décadas provocaron en el acuífero severos efectos de intrusión salina (Saiz, 1995).

La tabla 10 presenta el programa de reducción de extracciones de los volúmenes autorizados a cada pozo profundo para uso agrícola y pecuario, agrupado de acuerdo al tipo de tenencia de la tierra y las características constructivas de los pozos, mismo que contempla el acuerdo de reducción gradual de las extracciones.

Tabla 10. Programa extracción anual por pozo y grupo AUDR051.

GRUPO	Nº de Pozos	Diámetro descarga (cm)	1994 a 1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003 a 2005
I	6	25 y 30	2107	2063	2019	1975	1931	1888	1844	1800
II	3	25 y 30	1555	1522	1490	1457	1425	1393	1360	1328
III	78	25 y 30	1053	1031	1009	987	965	943	921	900
IV	352	25 y 30	777.5	761	745	729	713	697	681	665
V	34	25 y 30	777.5	761	745	729	713	697	681	665
VI	5	20	622	609	596	583	570	557	544	532
VII	20	15	350	342	335	328	321	314	307	300
Total	498		399170	390678	382441	374201	365964	357728	349488	341334

Notas tabla 10:

Los volúmenes están en miles de metros cúbicos.

Identificación de Grupos:

I Ejido establecidos hasta 1968

II Ejidos establecidos ente 1968 y 1980

III Colonias y grupos solidarios hasta 1968

IV Pequeños propietarios

V Colonias establecidas a partir de 1980, sociedades y grupos solidarios a partir de 1968

VI Todos

VII Todos

Fuente: CONAGUA. OCNO. (Antes Gerencia Estatal en Sonora).

Las extracciones en la Costa de Hermosillo se han mantenido en los últimos 25 años en un promedio superior a los 450 hm³, sin percibirse una voluntad real para reducirlas a límites aceptables que permitan preservar el acuífero, el cual manifiesta sensiblemente su contaminación por intrusión de agua de mar, que a la fecha alcanza una franja entre 10 y 30 km de la costa (Rangel et al., 2004) observándose abatimientos de los mantos acuíferos, donde los niveles estáticos están entre -20 msnm y hasta -65 msnm, figura 6. (Monreal et al., 2002).

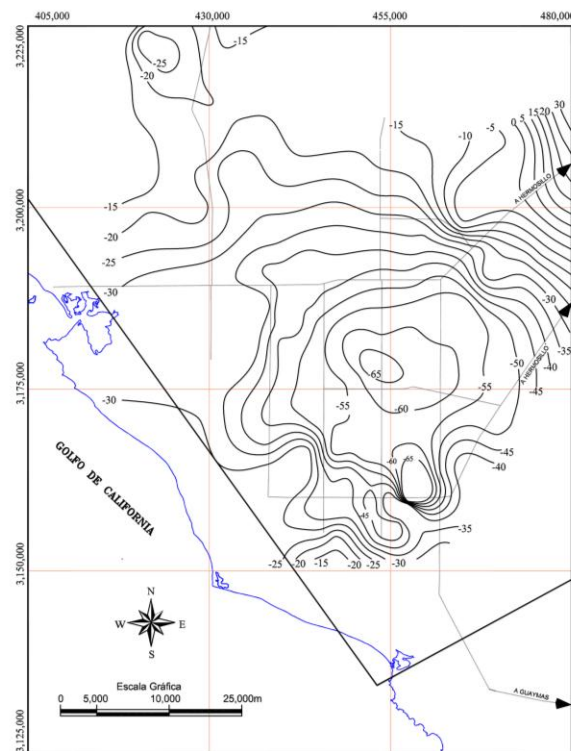


Figura 7. Piezometría del acuífero Costa de Hermosillo.
Fuente: (Monreal et al., 2002).

En la tabla 11 se resumen las extracciones anuales y el nivel medio estático, asimismo en la figura 8, se presentan de manera gráfica las extracciones anuales y el programa propuesto de reducción de las extracciones, producto de acuerdos entre los usuarios para la protección del acuífero Costa de Hermosillo.

Tabla 11. Extracción anual del acuífero Costa de Hermosillo.

Año	Extracción anual hm ³	Nivel medio estático msnm	Año	Extracción anual hm ³	Nivel medio estático msnm
1945	17.50	10.91	1977	825.70	-21.39
1946	41.00		1978	783.90	-22.51
1947	87.80		1979	758.50	-23.28
1948	152.10		1980	784.90	-24.20
1949	227.00		1981	785.50	-25.20
1950	302.90	8.05	1982	760.00	-25.96
1951	386.90		1983	638.70	-26.49
1952	463.90		1984	588.30	-27.15
1953	531.80		1985	594.10	-27.82
1954	646.10	5.83	1986	616.00	-28.50
1955	757.70	3.80	1987	610.40	-29.28
1956	759.00	1.95	1988	552.30	-30.09
1957	801.00	0.54	1989	473.10	-30.78
1958	807.00	-0.25	1990	448.70	-31.14
1959	804.60	-1.64	1991	422.30	-31.64
1960	988.60	-1.30	1992	346.70	-32.08
1961	969.90	-3.46	1993	388.50	-31.49
1962	882.10	-3.88	1994	431.20	-32.34
1963	915.80	-5.53	1995	395.30	-32.50
1964	1136.80	-7.48	1996	471.20	-34.80
1965	1015.00	-8.68	1997	459.80	-34.87
1966	910.00	-9.38	1998	393.70	-35.41
1967	902.80	-10.27	1999	380.80	-35.71
1968	771.00	-11.01	2000	356.00	-36.94
1969	876.50	-12.01	2001	347.00	-36.57
1970	939.70	-13.35	2002	399.00	-37.24
1971	955.90	-14.62	2003	486.20	-35.57
1972	855.70	-15.73	2004	488.10	
1973	861.00	-16.79	2005	446.40	
1974	845.50	-18.22	2006	462.60	
1975	774.30	-18.96	2007	441.53	
1976	810.00	-20.06	2008	461.84	

Fuente: CONAGUA. OCNO, 2006 Reportes anuales.

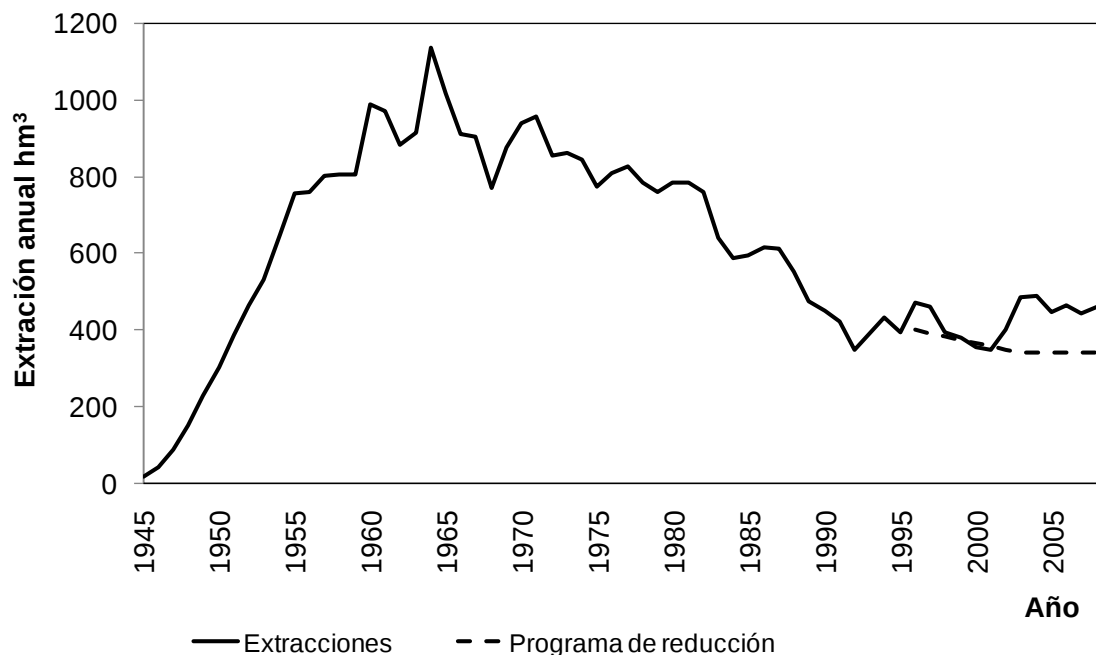


Figura 8. Evolución histórica. Extracciones acuífero Costa de Hermosillo.
Fuente: OCNO, reportes anuales.

Los acuerdos para disminuir las extracciones no han cumplido su objetivo, la superficie de siembra se ha conservado por arriba de las 45,000 hectáreas, en la figura 9 se presenta la evolución histórica de las superficies cultivadas en el DR051, si bien es cierto que las superficies de riego tecnificado han aumentado, las láminas de riego no han disminuido, además son superiores a las recomendadas por el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en la tabla 12 se comparan las láminas propuestas por el INIFAP Delegación Sonora y las aplicadas en los cultivos perennes en la Costa de Hermosillo durante los ciclos agrícolas 2006-2007 y 2007-2008.

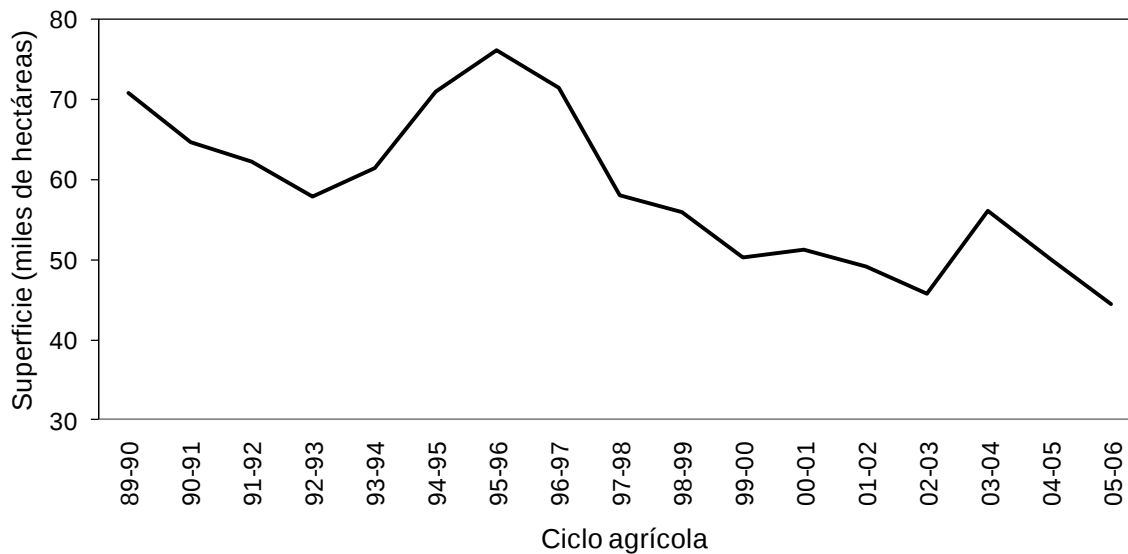


Figura 9. Evolución de la superficie cultivada en el DR051.
Fuente: CONAGUA. OCNO. Reporte anual.

Tabla 12. Laminas recomendadas por INIFAP y utilizadas en DR051.

Cultivo	Lamina con riego presurizado (cm)	Lamina aplicada ciclo 2006-2007 (cm)	Diferencia (cm)	Lamina aplicada ciclo 2007-2008 (cm)	Diferencia (cm)
Uva de mesa	100	124	24	106	6
Cítricos	120	153	33	140	20
Nogal	140	141	1	140	0
Hortalizas	50	57	7	80	30

Fuente: SAGARPA y CONAGUA (Reporte anual).

Con el incremento del riego tecnificado se esperaba que las laminas de riego disminuyeran, sin embargo, éstas han conservado una tendencia a la alza como se muestra en la figura 10.

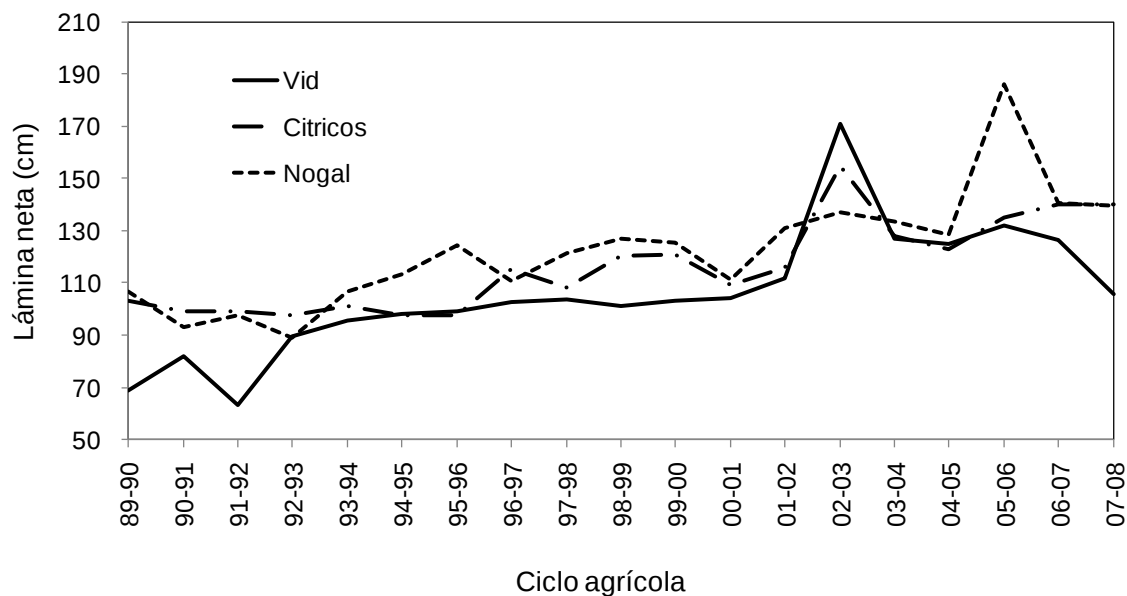


Figura 10. Lámina neta por cultivo en DR051.
Fuente: CONAGUA. OCNO. Reporte anual.

En 2002 el REPDA tenía inscritos con título de concesión un total de 838 aprovechamientos con un volumen global de 423.3115 hm³ del acuífero Costa de Hermosillo, para diversos usos, como se resume en la tabla 13.

Tabla 13. Volumen concesionado acuífero Costa de Hermosillo, 2002.

Núm. de Pozos	Título	Volumen (hm ³ anuales)
509	Asociación de Usuarios del DR051, A.C.	409.7000
11	Uso agrícola con Título Independiente	6.0000
11		0.0175
6	Uso Industrial	0.3040
118	Usos múltiples	3.7800
96	Usos Pecuarios	1.0400
76	Uso Público urbano	1.5800
11	Servicios	0.8900
838	Suma:	423.3115

Fuente: CONAGUA. REPDA, 2002.

2.4.1. DR051 Costa de Hermosillo.

El DR051 se creó mediante decreto presidencial el 28 de octubre de 1953 (SRH, 1953) el cual fue ampliado posteriormente y delimitado en 1962 (SRH,

1963), tiene una superficie aproximada de 14,900 km² y se encuentra ubicado en el municipio de Hermosillo, Sonora.

Está delimitado de la siguiente manera: partiendo de la cúspide del cerro Tepopa, situado en el litoral del Golfo de California, se liga con una línea recta con rumbo noreste hasta la cumbre del cerro Anacoretas, de donde por medio de una recta en dirección norte se llega a la cima del cerro el Burro, del cual parte con derrotero noreste en línea recta hasta llegar al poblado denominado Puerto Cornelio, vértice del que arranca una recta en dirección sureste y que termina en la cresta de la sierra Rinconada; sigue posteriormente en línea recta hasta encontrar el extremo norte de la cortina de la presa ALR en Hermosillo y continúa sobre la corona del muro de dicha presa hasta llegar al extremo sur, punto del cual parte otra recta hasta llegar a la cumbre del cerro Villa de Seris, y enlaza esta cima con la carretera Guaymas-Hermosillo mediante una línea recta. El límite continúa por esta carretera hasta el poblado La Palma, a partir de aquí continúa en línea recta hasta la parte más elevada de la loma Colorada; de este punto continua en línea recta hasta enlazar la parte más alta del cerro La Bocana, para continuar hasta la costa sur de la Bahía Tastiota; de aquí continua por el litoral del Golfo de California hasta terminar en la cumbre del cerro Tepopa, punto de partida de este perímetro. Su localización se presenta en la figura 11.

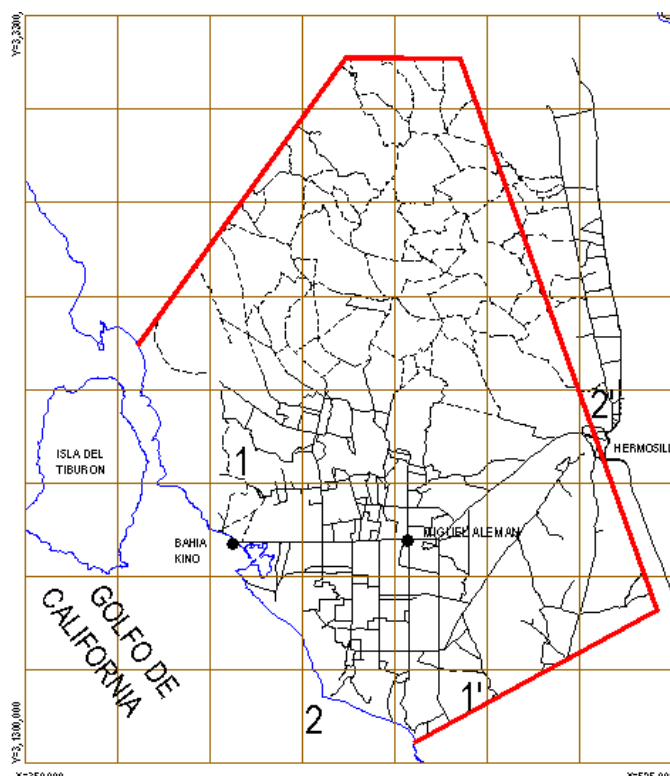


Figura 11. Localización del Acuífero Costa de Hermosillo.
Fuente: (Monreal et al, 2002).

La fuente de abastecimiento aprovechable en el DR051 la constituyen las aguas del subsuelo del acuífero Costa Hermosillo concesionadas y extraídas mediante pozos profundos. La zona de recarga conceptual de esta agua comprende la cuenca baja del río Sonora y la cuenca del arroyo Bacoachi, así como la cuenca alta de los ríos Sonora, San Miguel y Zanjón.

El volumen de extracción total concesionado a la AUDR051 es de 409.7 hm³ mediante el título de concesión N° 1SON40001/09AMDG93 con fecha 22 de octubre de 1993, a través de 509 pozos profundos distribuidos a los usuarios del distrito por dotación volumétrica, cuyo cálculo se basa en el volumen de agua autorizada para extraer y en los derechos registrados en el padrón de usuarios, como se presenta en la tabla 14.

Tabla 14. Distribución del volumen concesionado AUDR051, 1993.

Volumen de extracción anual por pozo (miles de m ³)	Número de pozos	Volumen de extracción anual (hm ³)
Menos de 350	15	1.0485
350	20	7.0000
622	5	3.1100
775.5	384	298.5600
1053.50	77	81.1195
1555.00	4	6.2200
2107.00	6	12.6420
Suma:	509	409.7000

Fuente: Anexos Título de Concesión N° 1SON40001/09AMDG93.

El padrón de usuarios que formó parte de este título de concesión el 18 de mayo de 1994, se redujo a 498 pozos y se conformó por usuarios del sector ejidal, colonos y pequeña propiedad, con la distribución que se presenta en la tabla 15.

Tabla 15. Distribución por sector de derechos de agua AUDR051, 1994.

Sector	Pozos	Volumen anual (hm ³)	Participación
Ejidal	34	27.42	6.69%
Colonos	112	108.60	26.50%
Pequeña propiedad	352	273.68	66.80%
Total	498	409.70	100.00%

Fuente: (Quevedo, 2007).

Con el fin de reducir el volumen concesionado la CONAGUA presenta el proyecto de modificación del título de concesión a la AUDR051 Costa de Hermosillo, A.C., bajo el número 02SON405101/09AMGR06 con fecha 22 de septiembre de 2006, donde se le otorga la concesión un volumen de 324.635 hm³ anuales, por un plazo de veinte años, contados a partir del 22 de octubre de 1993. (CONAGUA, 2006). A este título global se anexan las condiciones generales a las que deben sujetarse la concesionaria, mismas que se desprenden de la LAN y su reglamento, se incluyen 2 anexos con la identificación y volumen de los pozos y, sus características y equipamiento.

La CONAGUA presenta el proyecto para la actualización del título de concesión a la AUDR051, aprovechando los cambios que se han suscitado por la implementación del programa PADUA (SAGARPA, 2004) y la venta de derechos a Agua de Hermosillo, sin embargo, la asociación de usuarios, presentó su inconformidad al jurídico de la CONAGUA, debido a los cambios estructurales de la propuesta, la cual continúa siendo un título global pero con un número de anexos igual al número de pozos asignados, lo cual permite aplicar la normatividad de la LAN vigente.

En la tabla 16 se presentan los volúmenes asignados por tipo de pozo, y el volumen concesionado parcial por tipo de pozo, donde se reduce el número de pozos a 475, por la venta de derechos de agua de usuarios que se inscribieron en el programa PADUA.

Tabla 16. Distribución del volumen concesionado AUDDR051, 2006.

Volumen de extracción anual por pozo (m ³)	Número de pozos	Volumen de extracción anual (m ³)
5,000	1	5,000
15,000	9	135,000
257,300	1	257,300
300,000	17	5'100,000
316,160	1	316,160
362,800	1	362,800
532,000	4	2'128,000
639,350	1	639,350
644,000	1	644,000
665,000	362	240'730,000
729,000	1	729,000
757,729	1	757,729
897,000	1	897,000
900,000	66	59'400,000
1'328,000	3	3'984,000
1'350,000	1	1'350,600
1'800,000	4	7'200,000
	475	324'635,339

Fuente: Anexos Título de Concesión N° 02SON405101/09AMGR06.

A finales de 2006 el padrón de usuarios cambió el volumen concesionado y el número de pozos, asimismo las proporciones del volumen para los diversos sectores agrícolas, como se presenta en la tabla 17.

Tabla 17. Distribución por sector de derechos de agua AUDR051, 2006.

Sector	Pozos	Volumen anual (hm ³)	Participación
Ejidal	14	13.505	4.16%
Colonos	50	41.400	12.73%
Pequeña propiedad	397	270.057	83.11%
Total	461	324.962	100.00%

Fuente: (Quevedo, 2007).

Los cambios en el padrón de usuarios de la AUDR051 entre 1994 y 2006 se presentan en la tabla 18, donde se observa la disminución del volumen concesionado y la reducción de la participación de los sectores ejidal y colonos.

Tabla 18. Diferencias de distribución de derechos 1994-2006 AUDR051.

Sector	Pozos	Volumen anual (hm ³)	Diferencia de participación
Ejidal	-20	-13.915	-2.53%
Colonos	-62	-67.200	-13.77%
Pequeña propiedad	+45	-3.623	+16.31%
Total	-37	-84.738	

Desde la creación del DR051 se observa la tendencia al acaparamiento del agua y de la tierra por algunos grupos, que a lo largo de los años van sufriendo modificaciones que se evidencia en la evolución de los padrones de usuarios desde 1958 a 1995 (Moreno, 2006), hasta el padrón actual donde se observa tanto la permanencia por décadas de algunas familias como la incursión y crecimiento de nuevos grupos familiares.

2.4.1.1 Administración del DR051.

El distrito de riego es administrado y operado por la AUDR051, a quién la CONAGUA le otorgó la concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo del distrito, bajo un título de concesión global.

La CONAGUA realiza la supervisión de la operación y conservación de las obras a cargo de la AUDR051, la supervisión y control de las extracciones de las aguas del subsuelo y su distribución entre los usuarios, así como las actividades de ingeniería de riego y drenaje, a través de la Jefatura del Distrito a cargo de un Ingeniero en Jefe que tiene a su cargo las siguientes áreas de trabajo: Jefatura de Operación, Jefatura de Ingeniería de Riego y Drenaje y Jefatura Administrativa.

El acuífero Costa Hermosillo fue explotado en sus inicios para la producción de alimentos agrícolas, pero en los últimos años han surgido nuevos usuarios debido a la escasez de agua en la región, sin embargo, aún está siendo explotado principalmente para uso agrícola 90%, para uso público y doméstico 8.5% y en menor proporción para uso industrial y de servicios.

2.4.2. Agua de Hermosillo.

En el año 2002 se creó el organismo operador del sistema de agua potable y alcantarillado municipal formando parte de la administración paramunicipal con organización y funcionamiento propio, atendiendo a lo dispuesto en la Ley de Aguas del Estado de Sonora (LAES) (Sonora, 2006) y a la legislación que regula la administración paramunicipal. Agua de Hermosillo (AGUAH) cuenta con personalidad jurídica y patrimonio propio para su administración y funcionamiento a través de una junta de gobierno, un consejo consultivo, un director general y un comisario.

La junta de gobierno es el órgano superior del organismo y está integrada por el presidente municipal quién la preside, representantes de la Comisión Estatal del Agua (CEA), CONAGUA, el presidente del consejo consultivo, el síndico, el

tesorero municipal, el director general de desarrollo urbano y obras públicas y el contralor municipal.

2.4.2.1. Demanda.

El municipio de Hermosillo, con una población actual de 768,954 habitantes (CONAPO, 2009), tiene una demanda media de 2,937 litros por segundo (lps), misma que se incrementa en el verano a 3,818 lps, esto representa un volumen anual de 92.62 hm³, considerando una dotación media de 330 litros por habitante al día (l/h/d) y un coeficiente de 1.3 para los días de máxima demanda.

El sistema de distribución de la ciudad, se divide en 4 zonas: Norte Alto, Norte Bajo, Centro y Sur, como se muestra en la figura 12, éstas son abastecidas por 28 tanques de almacenamiento con capacidad total de 75,040 m³, que a su vez son alimentados por los 122 pozos en operación de las diversas zonas de captación de agua.

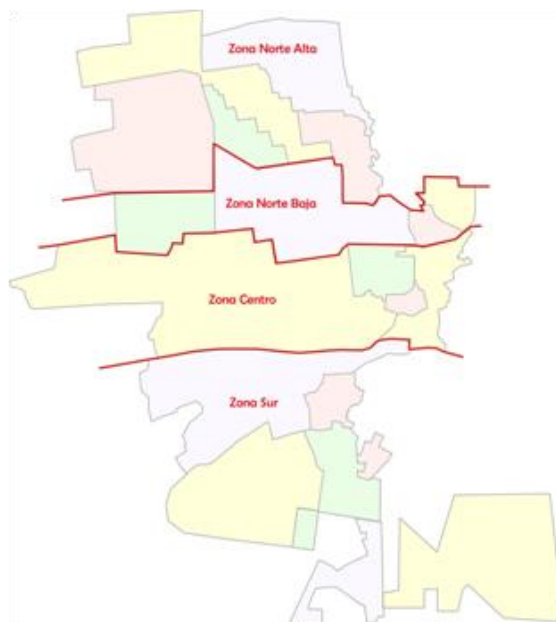


Figura 12. Distribución de agua potable en Hermosillo, Sonora.
Fuente: AGUAH, 2007.

Agua de Hermosillo, también está a cargo del suministro de agua a comunidades rurales, entre las que se encuentran Bahía de Kino, San Pedro y el poblado Miguel Alemán, con una demanda aproximada de 5 hm³ al año.

2.4.2.2. Oferta.

La oferta en 2008 fue de 99.8 hm³, considerando las aportaciones de la presa Rodolfo Félix Valdés (El Molinito), sin embargo, en 2009 el servicio de agua potable fue parcial a través del tandeo de 8 horas, debido al descenso de los niveles estáticos de las zonas de captación subterránea y a la falta de aportaciones de agua superficial de dicha presa.

El sistema de agua potable de la ciudad ha incrementado continuamente su capacidad instalada para la captación y potabilización del agua, a fin de satisfacer las demandas de la población, sin embargo, estas obras solo cumplen su cometido por periodos muy cortos, por falta de consistencia de las fuentes de abastecimiento.

En la tabla 19 se presenta la evolución histórica de las obras de captación, tal cual se fueron integrando al sistema, con la capacidad instalada original y la producción en 2007. También es importante mencionar que la calidad del agua se deteriora continuamente, debido al abatimiento de los acuíferos y a la falta de fuentes de agua superficial que permita la mezcla del agua, a fin de reducir las concentraciones de algunos elementos como flúor y arsénico que se encuentran en proporciones mayores a las permitidas por la norma NOM-SSA-127-1994 (Salud, 2000).

La capacidad total de producción en 2007 de las fuentes de abastecimiento, es de 0% de las aguas superficiales y 30% de las aguas subterráneas. En 2010 la ciudad de Hermosillo sigue recibiendo parcialmente el suministro de agua a través de tandeos de 8 a 12 horas al día, sin poder regularizar el abastecimiento con servicio las 24 horas.

Tabla 19. Evolución histórica de captaciones para Hermosillo, Sonora.

Año	Zona de captación	Producción inicial (lps)	Producción 2007 (lps)	Utilidad actual	Antigüedad (años)
1940	Central	300	147	49%	69
1942	Hacienda de loa flor	130	40	31%	67
1950	Pitic	70	20	29%	59
1957	Ranchito	30	0	0%	0
1958	Sauceda	480	123	26%	51
1977	Hacienda de la flor	180	54	30%	32
1981	Planta potabilizadora 1	600	0	0%	28
1981	Willard	200	138	69%	28
1982	Planta potabilizadora 2	600	0	0%	27
1986	Victoria	600	77	13%	23
1988	Victoria	500	66	13%	21
	Parque industrial	210	97	46%	21
1991	Planta potabilizadora 3	600	0	0%	17
1997	Galería filtrante	500	0	0%	12
1998	Mesa de Seri	950	225	24%	11
	Parque industrial	95	52	55%	11
	Victoria	100	0	0%	11
1999	Mesa del Seri	350	142	41%	10
2000	Mesa del Seri	350	133	38%	9
	Sauceda	80	20	25%	9
2003	Mesa del Seri	233	170	73%	6
	Victoria	85	0	0%	6
	Pueblitos	190	113	59%	6
	Sur	450	224	50%	6
	Realito	510	167	33%	6
2004	Realito	60	40	67%	5
2005	Las Malvinas (particular)	250	232	93%	5
2007	Los Bagotes	634	546	86%	2
	Suma:	9337	2826	30%	

Fuente: AGUAH

2.4.2.2.1. Aguas subterráneas.

Con información de la producción de agua en 2004 y la más reciente en 2007 se elaboró la tabla 20, en la que se observa una reducción total de la oferta

del 23%, incluyendo las captaciones más recientes de las Malvinas y los Bagotes (AGUAH, 2008).

El suministro actual proviene principalmente de los acuíferos: Mesa de Seri, Victoria, Saucedá y Costa de Hermosillo que entró en operación en 2007 para cubrir el déficit de suministro de agua potable a la ciudad de Hermosillo (AGUAH, 2008), en esta misma tabla se muestra la producción en 2007 en hm³ de cada una de las zonas de captación.

Tabla 20. Producción de agua potable 2004-2007.

Zona de Captación	2004 (lps)	2007 (lps)	Diferencia (lps)	Producción 2007 (hm ³)
Zona urbana	177	100	-77	3.15
Mesa de Seri	1238	670	-568	21.14
Victoria	451	143	-308	4.51
Sauceda	237	143	-94	4.52
Central	117	147	30	4.64
Hacienda de la flor	65	94	29	2.96
Pitic	30	20	-10	0.63
Parque industrial	265	149	-116	4.69
Willard	170	122	-48	3.84
Realito	475	207	-268	6.53
Sur	400	224	-176	7.07
Malvinas	0	232	232	7.33
Bagotes	0	546	546	17.23
Suma:	3625	2797	-828	88.24

Fuente: AGUAH, Reportes anuales.

El deterioro de la calidad del agua por el sensible incremento de las concentraciones de flúor y en algunos pozos la detección de arsénico en el agua, se debe al abatimiento de los acuíferos y en algunos casos a que el agua que se extrae es de zonas más profundas con mayores concentraciones de metales pesados, el contenido mínimo y máximo de flúor en el agua registrado en el periodo de 2002 a 2005, se presenta en la figura 13 de los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos realizados anualmente por el laboratorio Analítica del Noroeste S.A. de C.V. para AGUAH, especialmente en los pozos del Realito y la

Victoria, que están fuera de la norma NOM-SSA-127-1994 (Salud, 2000) desde hace muchos años y que fueron reactivados por la necesidad apremiante de suministrar agua a la ciudad.

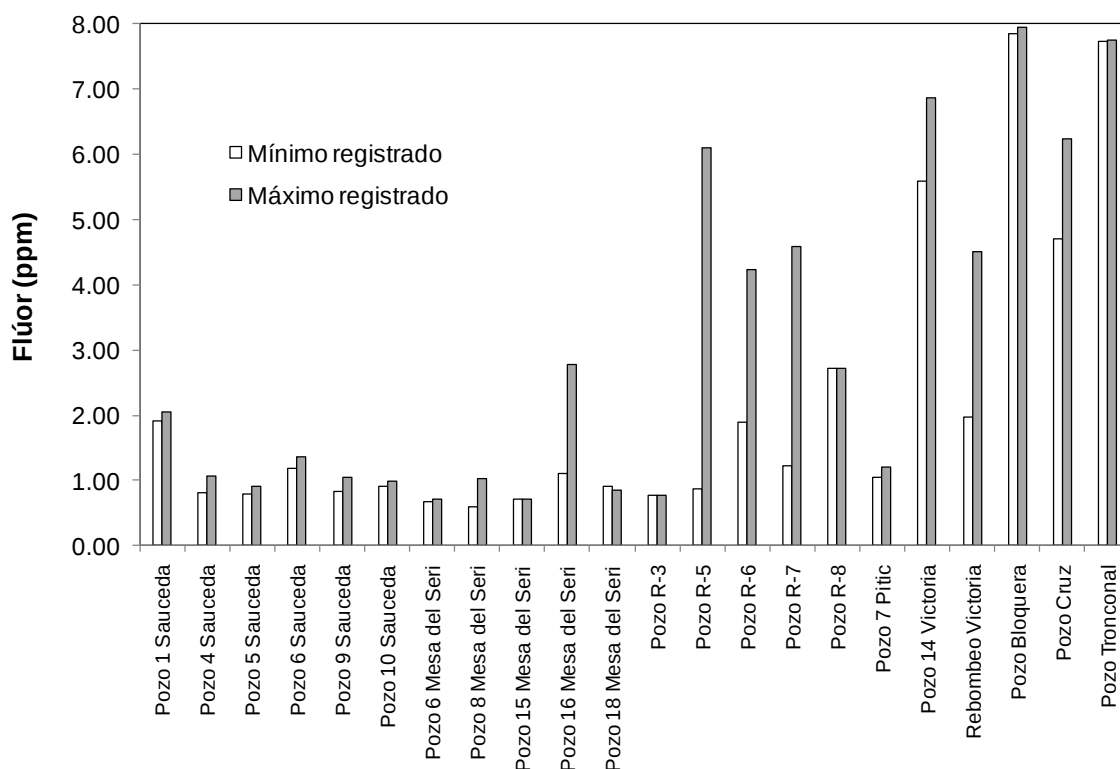


Figura 13. Evolución de la calidad del agua subterránea.
Fuente: Análisis físico-químicos anuales, AGUAH.

2.4.2.2.2. Aguas superficiales.

Con la rehabilitación de las 3 plantas potabilizadoras existentes, que dejaron de operar en 1998 y la oportunidad de aprovechar los desfogues de la presa Rodolfo Félix Valdés “El Molinito”, se construyó un acueducto de 12.9 km de longitud, con tubería de fibra de vidrio de 1.20 m (48”) de diámetro con capacidad de conducción de 1.5 m³/s, hasta conectarse al acueducto Mesa del Seri y conducir el caudal por bombeo hasta las plantas potabilizadoras.

En 2008 entró en operación el acueducto El Molinito, con la finalidad de aprovechar una parte de las aguas superficiales que se desalojan con motivo de la operación de esta presa reguladora. Este acueducto funciona de manera muy irregular, ya que depende de la operación de esta presa que no almacena grandes volúmenes de agua que permitan contar con un gasto definido de manera permanente.

El común denominador en esta región árida del noroeste de México en el periodo 1995-2005 fue la presencia de un régimen de lluvias muy por debajo de lo normal, el aporte de las fuentes de abastecimiento superficial fue casi nulo, por lo que el suministro a la ciudad depende primordialmente del agua subterránea.

III. Materiales y métodos.

3.1. El sitio de estudio.

El Municipio de Hermosillo está ubicado al oeste del estado de Sonora; su cabecera es la ciudad de Hermosillo que también es capital del estado, se localiza en el paralelo 29°05' de latitud norte y el meridiano 110°57' de longitud oeste de Greenwich a una altura promedio de 282 msnm colinda al noreste con los municipios de Carbó y San Miguel de Horcasitas, al este con los municipios de Ures y Mazatán, al sureste con los municipios de La Colorada y Guaymas, al noroeste con el municipio de Pitiquito y al suroeste con el Golfo de California.

La Costa de Hermosillo se localiza en la porción centro poniente del estado de Sonora. Esta zona conjuntamente con Hermosillo, Carbó y San Miguel de Horcasitas conforman el DDR144 y forma parte de la RHA-II Noroeste. La CONAGUA la ubica en la RH-9, Sonora sur, Cuenca “E” río Bacoachi, Subcuenca “b” arroyo La Manga, figura 14. El acuífero originalmente fue alimentado por los escurrimientos superficiales de los ríos Sonora y Bacoachi, comprende la planicie costera que se extiende entre la ciudad de Hermosillo ubicada en la porción central occidental del estado de Sonora y Bahía Kino, está enmarcado dentro de un polígono irregular con un área aproximada de 14,900 km².

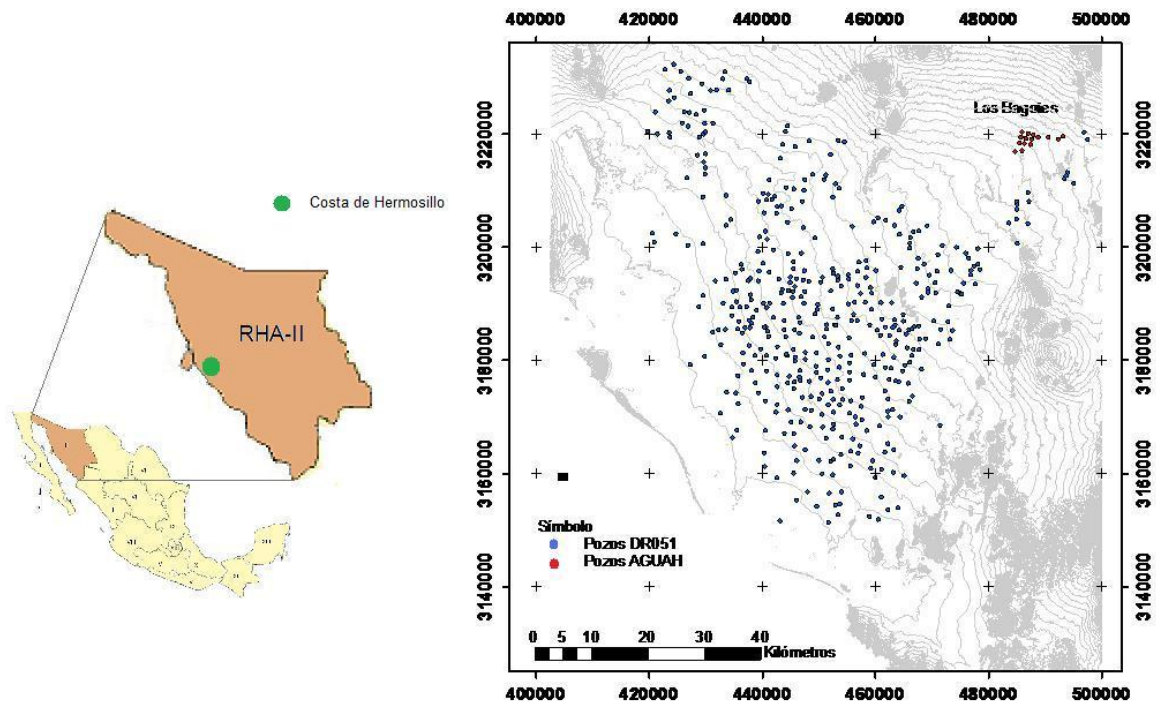


Figura 14. Localización de la Costa de Hermosillo, Sonora.

3.2. Información utilizada.

Los materiales requeridos para llevar a cabo esta tesis que se enlistan a continuación, corresponden al municipio de Hermosillo, Sonora y en específico a la Costa de Hermosillo.

Información general:

- . Planos topográficos de la zona de estudio de INEGI, ubicación de predios y pozos, que se obtuvieron de bases de datos y planos proporcionados por OCNO.
- . Leyes, reglamentos, decretos, normas, lineamientos, acuerdos y políticas vigentes, para la administración del recurso hídrico, consultando diarios oficiales de la federación (DOF) a través de internet.

- . Estudios, proyectos y propuestas que se han realizado para conocer y conservar y mejorar las condiciones del acuífero, que se recopilaron en diversas dependencias principalmente de la CONAGUA y la Universidad de Sonora.
- . Títulos de concesión y asignación para el aprovechamiento de las aguas nacionales en el sitio de estudio, para los diversos usos, inscritos o no en el REPDA, proporcionados por OCNO.
- . Padrón de usuarios, tipo de uso y volúmenes de aguas anuales asignados o concesionados, proporcionados por OCNO.
- . Información estadística de riego en el DR051, para los ciclos de cultivo: otoño-invierno, primavera-verano y perennes desde el periodo 1989-1990 a la fecha, que se recabaron de manera impresa en OCNO y DDR144.
- . Información estadística de volúmenes de extracción para cada uno de los periodos, recabada de manera impresa en OCNO.
- . Estadística de lámina neta de agua para cada uno de los cultivos en los diversos ciclos de cultivo, recabada de manera impresa en OCNO y DDR144.
- . Información de las características de pozos, equipos de bombeo y medidores de flujo, recabada de manera impresa en OCNO.
- . Número de servicio de medidores de energía eléctrica, recabado de manera electrónica en DDR144 y de manera impresa en AGUAH.

- . Padrón de beneficiarios de la cuota energética y subsidio SAGARPA, para pozos de uso agrícola y rebombes, recabado de manera electrónica en DDR144.
- . Entrevistas con los diversos actores: autoridades gubernamentales de CONAGUA, personal del DR051, DDR144, AGUAH, representantes de la AUDR051 y agricultores.

Información específica:

- . Consumos de energía eléctrica e importes pagados por el servicio, de cada uno de los pozos para uso agrícola y rebombes de la Costa de Hermosillo, los cuales se obtuvieron directamente de los registros históricos de CFE, a través del servicio de cajeros automáticos, con el número de servicio de cada medidor de energía eléctrica.
- . Consumo total de energía eléctrica para los años 2006 y 2007 para uso agrícola en la Costa de Hermosillo y el importe correspondiente, los cuales fueron proporcionados directamente por CFE.
- . Las extracciones de agua para uso agrícola durante el ciclo 2006–2007, estimadas o calculadas con las lecturas realizadas directamente de los medidores volumétricos de cada pozo agrícola por personal del DR051.
- . Superficies por cultivo, rendimiento y consumo de agua, así como las cédulas de costos promedio de producción durante este ciclo fueron proporcionadas de manera electrónica por el DDR144.
- . Ubicación de los pozos y características de los equipos de bombeo, así como el padrón de usuarios fueron proporcionados por OCNO.

- . Consumos de energía eléctrica e importes pagados por el servicio, de cada uno de los pozos para uso público, de la zona los Bagotes, los cuales se obtuvieron directamente de los registros históricos de CFE, a través del servicio de cajeros automáticos, con el número de servicio de cada medidor de energía eléctrica.
- . Las extracciones de agua mensuales o trimestrales durante los años 2007 y 2008 reportadas por AGUAH para cada uno de los pozos ubicados en la zona de los Bagotes, informe proporcionado por OCNO.
- . Extracciones de agua durante el año 2007 y el consumo de energía eléctrica y la tarifa utilizada en todas las zonas de captación para uso público que abastecen de agua potable a la ciudad de Hermosillo, los cuales fueron proporcionados de manera impresa por el departamento de mantenimiento del organismo operador AGUAH.

3.3. Análisis de la información.

La información para caracterizar la problemática de sobreexplotación y manejo del acuífero Costa Hermosillo, se organizó de forma matricial para abordar los diversos aspectos que tienen un impacto sobre el uso del recurso hídrico, donde se incluyen todos los elementos que inciden en la oferta y la demanda del agua, así como todos los sectores que potencialmente puedan generar un impacto sobre el acuífero. Los elementos a considerar se presentan en la tabla 20.

El propósito de utilizar esta estructura es para integrar, ordenar y analizar la información recabada, que permita visualizar con mayor claridad las relaciones e

interdependencias que se generan entre los diversos sectores, y cada uno de los aspectos que tienen un efecto directo o indirecto sobre el recurso.

Tabla 21. Elementos para análisis del acuífero Costa de Hermosillo.

Elementos:	Sectores: Agrícola, Servicio público, Industrial, Energía y Medio Ambiente
Aspectos jurídicos regulatorios	Leyes, reglamentos, decretos, tratados, normas, lineamientos, y políticas vigentes.
Derechos de agua y Transferencias	Asignaciones, concesiones, transferencias, costos, pago de derechos, REPDA, PADUA, Mercado de agua.
Actores	Gobierno: federal, estatal y municipal; Usuarios: organismo operador de agua para servicio público urbano y rural; asociación de usuarios agrícolas; usuarios agrícolas independientes y otros usuarios. Investigadores y Académicos Organizaciones no gubernamentales
Medio ambiente	Calidad del agua y de los suelos, estado del ecosistema, normatividad vigente, reserva de agua para el ecosistema, etc.
Programas y apoyos	Planes de desarrollo, programas hidráulicos, programas de apoyo a los diversos sectores, subsidios y otros.
Aspectos Técnicos	Normas, nuevas tecnologías para medición, tratamiento y reuso, estudios y proyectos relacionados con el acuífero.
Aspectos Económicos	Pago de derechos de uso, derechos de descargas, tarifas de agua, productividad del agua como insumo, subsidios, valor económico del agua, tarifas eléctricas y otros.
Aspectos Sociales	Calidad y cobertura del servicio.
Aspectos Culturales	Cultura del uso del agua, pago de derechos, subsidios, otros.
Productividad	Estándares nacionales y regionales
Información y estadística	Indicadores de productividad, medición, padrón de usuarios, padrón de beneficiarios, usos de agua, calidad, disponibilidad, infraestructura, padrón de cultivos, planes de riego, laminas de riego recomendadas y utilizadas, comportamiento y operación histórica del acuífero, etc.
Salud	Normatividad, incidencia de enfermedades relacionadas con el agua.

Con esta información, las investigaciones desarrolladas en distintas áreas, los estudios, proyectos y propuestas para tratar de dar soluciones a los diversos problemas de esta zona, se analizan los aspectos sociales, técnicos, políticos y económicos, que permitan realizar el diagnóstico del modelo de gestión actual del acuífero Costa Hermosillo.

Con la información específica recabada en diversas dependencias y otras de manera directa, se crearon bases de datos que fueron manipuladas con un Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS 9 v9.2 con el que se realizaron los siguientes análisis:

- . Filtraje de información para detectar discrepancias donde la información resulta inconsistente.
- . Cruce de información de los pozos y equipos de bombeo para determinar rendimientos y eficiencias.
- . Análisis comparativo de la cuota energética asignada y la calculada de acuerdo a los lineamientos vigentes.
- . Análisis estadístico relacionando volúmenes de extracción y consumo de energía eléctrica de los equipos de bombeo de cada uno de los pozos para uso agrícola.
- . Relación de los volúmenes de agua asignados y las extracciones de cada uno de los pozos para uso agrícola.
- . Clasificación de usuarios por grupos empresariales. Esto se realizó relacionando los campos, nombre y dirección fiscal del padrón de usuarios con los registros del servicio de energía eléctrica.
- . Análisis estadístico relacionando volúmenes de extracción y consumo de energía eléctrica de los equipos de bombeo de cada uno de los pozos para uso público.

- Análisis comparativo con los volúmenes y costos promedio de extracción de los pozos para uso público y agrícola, en la zona de estudio para 2007.

En el SIG también se incorporaron los planos topográficos escala 1:250,000 de la zona de estudio que se adquirieron en Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El uso del SIG permitió una clara visualización de los datos espacialmente referenciados y fue de gran utilidad para apreciar en forma cualitativa y cuantitativa el comportamiento de los pozos en relación a la topografía y otros rasgos fisiográficos de la zona (figura 15), referenciados con coordenadas UTM.

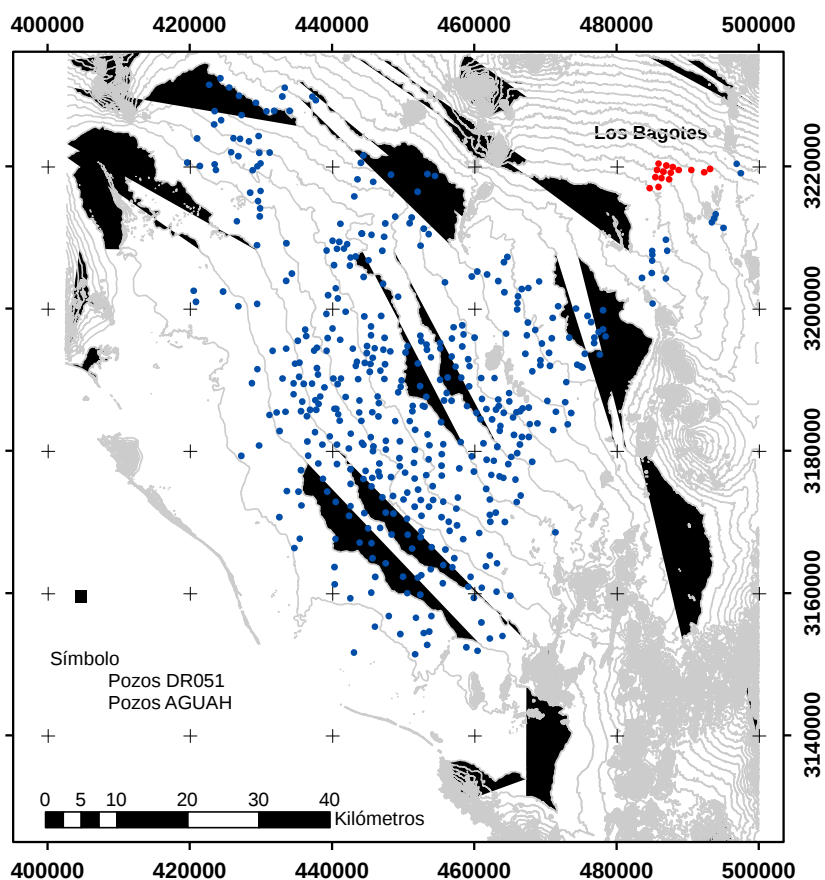


Figura 15. Localización de pozos Costa de Hermosillo.
Fuente: Elaboración propia 2008, con datos de INEGI, CONAGUA, DDR144.

La manipulación y análisis de la información del agua para uso agrícola, se realizó de varias maneras: comportamiento de cada pozo como unidad de riego independiente, comportamiento del conjunto de pozos de un mismo productor y el análisis de la producción para cada uno de los cultivos, a saber:

Análisis del comportamiento de cada pozo como una unidad de riego independiente, lo que permite conocer su eficiencia en el consumo de energía eléctrica y la extracción de agua durante todo el ciclo. La relación del volumen extraído sobre la dotación asignada y el comportamiento estadístico de los pozos en operación.

Análisis del conjunto de pozos administrado por una misma empresa, lo que permite conocer el comportamiento global de los pozos operados por cada grupo empresarial.

Análisis sobre la producción total en el DR051 para determinar el impacto del subsidio sobre los cultivos.

Análisis del consumo total de energía eléctrica con tarifas agrícolas para la Costa de Hermosillo para deducir el monto total del subsidio en esta zona durante el ciclo agrícola estudiado.

Como resultado de estos análisis, se trata de realizar los siguientes estudios:

- 1) Determinación del impacto de la reducción del subsidio a la energía eléctrica para el bombeo de agua para uso agrícola sobre la rentabilidad de los diversos cultivos en el DR051, integrando a los costos medios de producción de cada uno de los cultivos y el costo de la energía eléctrica.

2) Estimación del volumen de extracción de agua del acuífero a través de métodos indirectos, comparando la estimación con los volúmenes reportados por la AUDR051 y AGUAH. El método de estimación indirecta se basa en el consumo de energía eléctrica, ya que se cuenta con el 100% de medidores de energía y solo con aproximadamente 60% de medidores de flujo en operación en 2007.

3) Determinación de la relación del volumen total de extracción reportado con el volumen concesionado y asignado.

4) Determinación de manera indirecta el volumen de extracción en los pozos localizados en la zona los Bagotes, a través del consumo histórico de energía eléctrica y compararlo con los volúmenes reportados por Agua de Hermosillo.

5) Análisis comparativo de láminas de agua real y reportada, para los diversos cultivos de la zona de estudio, cotejando la información de los permisos de siembra con los volúmenes de agua utilizada.

6) Análisis comparativo de productividad del agua para los diversos cultivos de la región, con los costos promedio de agua con la tarifa regular 9 y la tarifa subsidiada 9CU y 9N, para conocer el impacto en la rentabilidad de los cultivos de la Costa.

8) Análisis del impacto del programa PADUA en el sitio de estudio, comparando el padrón de usuarios y los volúmenes concesionados en 2003 cuando se publicó este programa, el informe del avance del programa a mayo de 2006 y el padrón de usuarios actualizado a diciembre de 2009 por la Dirección de Administración del Agua de la OCNO.

9) Análisis del procedimiento, condiciones y estado actual de la compra de derechos de agua a la AUDR051 y cambio de uso para el suministro de agua potable a la ciudad de Hermosillo. Asimismo, establecer la relación de la compra de derechos por parte del organismo operador de AGUAH y el programa PADUA.

IV. Resultados y discusión.

Los resultados se presentan en el siguiente orden: primero el diagnóstico de la situación actual, puntualizando sobre las condiciones actuales del acuífero y sus características biofísicas, con el análisis crítico de cómo se está llevando a cabo la administración del agua en la Costa de Hermosillo, a través de los distintos actores y, posteriormente se presentan los resultados sobre el análisis y manipulación de la investigación referente al manejo del agua y su productividad en el distrito de riego DR051 y del organismo operador AGUAH.

4.1. Diagnóstico del modelo de gestión actual.

Incorporando la información más reciente y el resumen de los resultados obtenidos en el análisis de información histórica, se elaboró el diagnóstico de la situación actual de la Costa de Hermosillo que se esquematiza en la figura 15, la cual tiene como objeto de estudio, el manejo del agua del acuífero Costa Hermosillo, que como se mencionó anteriormente está sobreexplotado y presenta graves efectos de intrusión salina. Recientemente con la venta de derechos para uso público, se identifican conflictos y competencia por el agua, entre los diversos tipos de usuarios de esta zona, con una gran presión sobre el recurso hídrico.

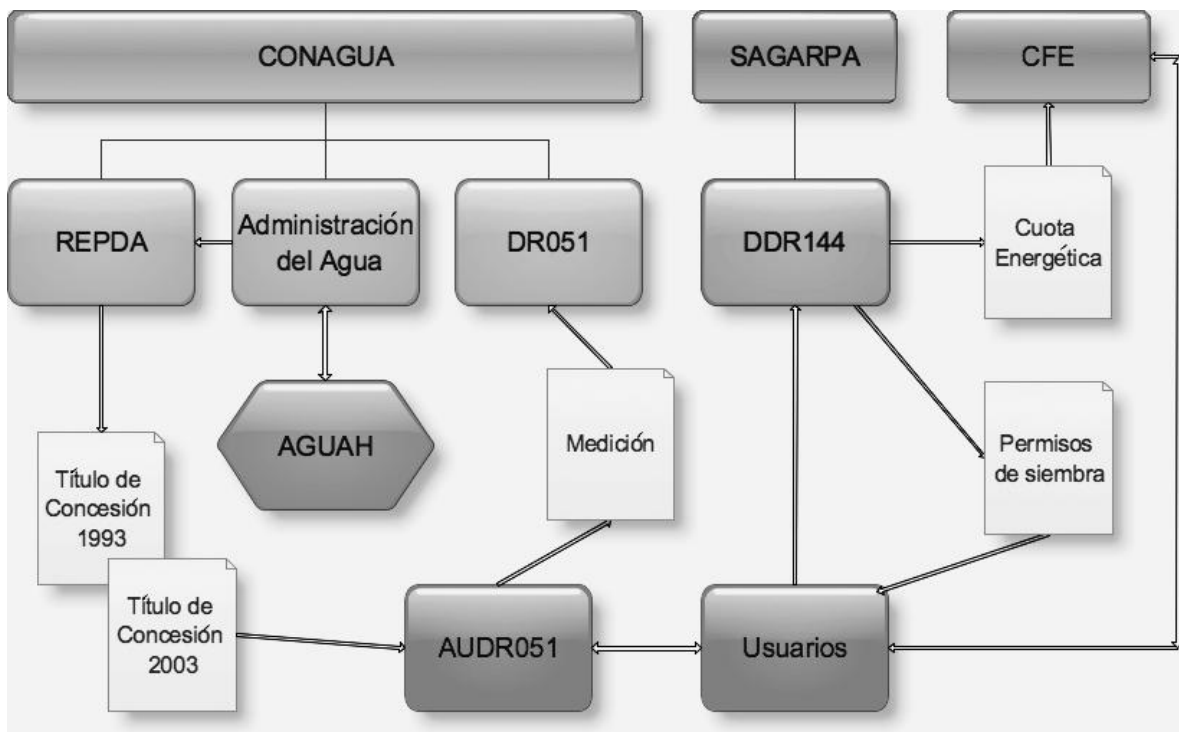


Figura 16. Modelo de gestión actual acuífero Costa de Hermosillo.

4.1.1. Problemática.

Hasta 2006 la explotación del acuífero fue preponderantemente agrícola, con extracciones muy pequeñas para uso público rural para las poblaciones de Bahía de Kino y Miguel Alemán principalmente; en 2007 se inició la extracción en la zona Los Bagotes para uso público urbano, destinado a la ciudad de Hermosillo, Sonora, para complementar el suministro requerido por la población.

Hay que resaltar que tanto los usuarios agrícolas como el sistema de agua potable de Hermosillo, están operando con muy baja eficiencia; los primeros utilizando láminas de riego superiores a las recomendadas para cada uno de los cultivos, grandes superficies con riego sin tecnificar y muy baja eficiencia de sus equipos de bombeos; por otro lado, el organismo operador reporta 45% de agua no contabilizada, sin identificar donde se pierde este volumen, insuficiente macro y

micro medición e innumerables fugas, baja eficiencia en sus equipos de bombeo; personal directivo poco calificado y sistemas informáticos limitados.

En el caso de los usuarios agrícolas, éstos tienen concesiones individuales pero integradas en un título de concesión global, lo cual facilita el mercado de agua con la venta de derechos entre ellos de manera temporal, sin que se les apliquen las sanciones que establece la LAN; con este mercado de agua, algunos usuarios reciben dinero sin producir cultivos, solo por el hecho de contar con derechos de agua.

Los problemas más significativos que se han identificado se encuentran:

- . Falta de coordinación entre las dependencias gubernamentales y civiles, encargadas de la administración de los recursos naturales, económicos y financieros en la zona de estudio.
- . Falta de un sistema de información adecuado e integral entre estas instituciones, que garantice una adecuada gestión de los recursos.
- . Las extracciones son superiores al volumen total de agua concesionado y asignado, siendo éste superior a la recarga media anual estimada del acuífero, lo que agrava la problemática de sobreexplotación y en la que están implicados todos los actores.
- . Deficiencia en la medición de las extracciones, por falta de medidores volumétricos y por el reporte de éstas por parte de los usuarios.
- . Insuficiente riego tecnificado y cultivos con alto consumo de agua y baja rentabilidad económica.

- Los apoyos al campo y subsidios para actividades agrícolas, están orientados al consumo y no a la productividad, lo que deja fuera a productores del sector social más bajo como colonos y ejidatarios.

4.1.2. Características biofísicas.

La zona de estudio está comprendida dentro de la cuenca baja del río Sonora, la ciudad de Hermosillo, el DR051 y la parte correspondiente del DDR144, está localizada entre los paralelos 28°22' y 29°45' de latitud norte y entre los meridianos 111°00' y 112°25' de longitud oeste.

El clima en esta región es extremo y Köppen lo tipifica como muy seco semicálido BW(h) y, muy seco y cálido Bw(h') con lluvias en verano e invierno (INEGI, 2009). En 2009 la temperatura media anual fue de 23°C, con temperaturas extremas de menos -2.3°C y 47.2°C, las temperaturas máxima, promedio y mínima de las 13 estaciones climatológicas localizadas en la zona de estudio, se presentan en la figura 17.

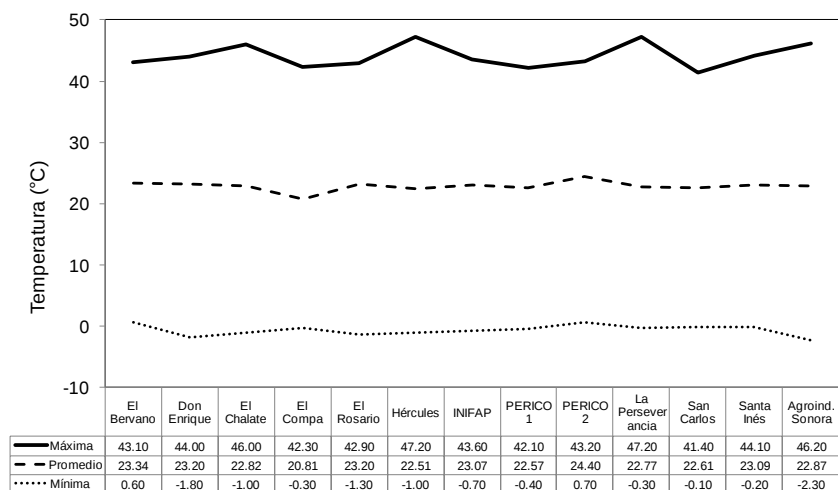


Figura 17. Temperaturas E. climatológicas Costa de Hermosillo, 2009.
Fuente: Sistema de Información Agroclimática Fundación Produce Sonora A.C.

La precipitación media anual promedio es de 200 mm y la evapotranspiración potencial media es del orden de 2560 mm (CONAGUA, 2002). La precipitación es muy irregular en el tiempo y en las distintas zonas donde se localizan las estaciones climatológicas de la zona de estudio, en la figura 18, se presentan las precipitaciones totales en 2009 de las 13 estaciones del sistema de información agroclimática.

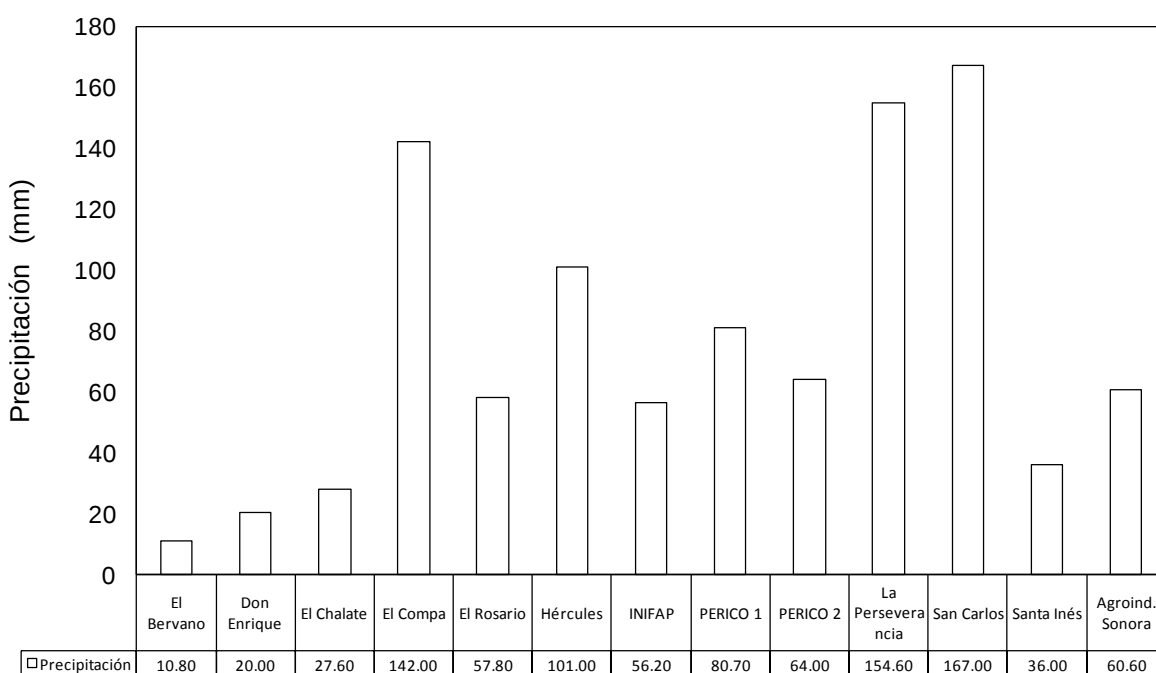


Figura 18. Precipitación E. climatológicas Costa de Hermosillo, 2009.
Fuente: Sistema de Información Agroclimática Fundación Produce Sonora A.C.

4.1.3. Actores.

De acuerdo al esquema de la figura 16, se identifican a las instituciones gubernamentales relacionadas con el manejo de los recursos naturales, energéticos y económicos, así como a los diversos usuarios y entre los más importantes por el aprovechamiento del agua son la AUDR051 y AGUAH. También se considera de manera somera actores externos como académicos y

organismos no gubernamentales preocupados por la preservación de los recursos naturales.

4.1.3.1. Instituciones gubernamentales.

Las instituciones gubernamentales relacionadas con la administración del agua y apoyos para las actividades agrícolas de la región, carecen de sistemas de información adecuados que permitan la adecuada coordinación entre las diversas dependencias.

A pesar de que la zona de estudio tiene innumerables vedas desde 1954 hasta declararlo de utilidad pública en 1980 (SAHOP, 1980) y que se cuenta con estudios técnicos sobre el deterioro del acuífero, la OCNO a través de la Dirección de Administración del Agua, sigue otorgando permisos para perforación de nuevos pozos o su relocalización, sin disminuir las concesiones o asignaciones otorgadas a los usuarios, lo cual representa una mala práctica para la conservación y preservación del acuífero y del suelo.

En el marco regulatorio de la jefatura del distrito de riego, su reglamento no está actualizado, tiene deficiencias en cuanto a las cifras que maneja, tanto para la recarga como la concesión de derechos de agua, se elaboró en abril del 2002, mismo que se presentó para su validación al jurídico de CONAGUA y a la fecha no han recibido respuesta, lo que indica que están basando sus actividades en un reglamento no oficial.

El título de concesión a la AUDR051 es global y ésta tiene las funciones de administración del distrito, lo cual cumple con lo estipulado en la ley sobre la participación de los usuarios, solo que ésta interviene en las funciones de control y

las instituciones gubernamentales confían plenamente en ella, sin existir regulación alguna, por lo que no existe la aplicación de sanciones por la venta temporal del agua y la transferencia del recurso de un pozo a otro.

La CFE es la institución encargada de proporcionar la energía eléctrica y de aplicar las tarifas a las actividades agrícolas que correspondan, anteriormente era la encargada de asignar la cuota energética y en la actualidad es asignada por la SAGARPA, en la zona de estudio es a través del DDR144, el cual recibió el padrón que manejaba la CFE, con grandes inconsistencias en la capacidad de los equipos de bombeo, ya que algunos están afectados por un coeficiente de eficiencia y esto marca sensibles errores en el cálculo como se presenta en los resultados de la investigación.

Un aspecto a resaltar es la falta de un sistema de información integral al que tengan acceso las dependencias y puedan realizar las gestiones necesarias con los mismos datos, evitando que los usuarios manejen distintos documentos dependiendo del trámite que desean realizar.

4.1.3.2. Usuarios.

Los principales usuarios del acuífero Costa Hermosillo son la AUDR051 para uso agrícola y AGUAH para uso público urbano y, en menor escala existen otros usuarios como productores agrícolas independientes, industrias, servicios y uso público rural que aprovechan menos del 2% del agua.

Tanto la AUDR051 como AGUAH tienen la facultad de tomar la lectura a los medidores volumétricos o en su caso estimar las extracciones para posteriormente reportarlas a la CONAGUA. Para los productores agrícolas el agua es un recurso

necesario que no tiene un costo intrínseco y la energía eléctrica para el bombeo está subsidiada. Para el organismo operador el agua es la materia prima para proporcionar el servicio y la obtiene de donde sea factible extraerla, sin importar el deterioro de las fuentes como se advierte en el comportamiento histórico de las zonas de captación a las que ha tenido acceso.

La política generalizada de los organismos operadores ha sido la de tener acceso a más agua y se invierte poco en el sistema de distribución, control de fugas y a relacionar la producción con el suministro y la comercialización, que le permita ser un organismo productivo, eficiente y con finanzas sanas. AGUAH es un organismo municipal, por lo que cada 3 años es administrado por nuevo personal, que en muchos de los casos no está calificado para cubrir sus funciones adecuadamente.

La población urbana en general, no tiene la cultura del cuidado del agua, no hay conciencia de que es un recurso escaso, caro y que debe preservarse para las generaciones futuras, solo se limita a usarla en la medida que se proporcione el servicio, con buena o mala calidad, con tandeo o sin él. Por esta razón y muchas más que plantean los diputados integrantes del grupo parlamentario del Partido Acción Nacional en la exposición de motivos de la iniciativa de Ley de Fomento de la Cultura del Cuidado del Agua para el Estado de Sonora, con el fin de establecer las bases generales que fomenten el uso racional del agua y promover una cultura de austeridad y aprovechamiento eficiente del recurso, con el objeto de darle la verdadera importancia y buscar desterrar las costumbres de derroche y crear una cultura del cuidado y uso racional del agua entre los sonorenses.

4.1.3.3. Académicos.

La participación de académicos en la preservación de los recursos naturales y la buena convivencia entre todos los sectores de la sociedad es importante y necesaria, ya que el interés es genuino, con estudios científicos sin sesgo en los resultados, con una visión integradora de la diversidad de culturas, intereses y sobre todo con objetividad, a través del desarrollo de nuevas tecnologías, modelación hidrológica, conocimiento del ciclo hidrológico de la cuenca, fortalecimiento del conocimiento del acuífero y de gran importancia es la difusión de los estudios generados entre los usuarios, las dependencias encargadas de la administración del agua y la población en general. Sin embargo, buena parte de los estudios y proyectos que realizan los académicos son financiados por dependencias gubernamentales de los tres niveles de gobierno.

4.1.3.4. Organismos no gubernamentales

Es destacada la labor de la Unión de Usuarios de Hermosillo, A.C. por su participación en foros de discusión y por sus acciones en pro de buenas prácticas en materia de agua por los usuarios, así como la integración de propuestas de académicos, profesionales y población en general que aporten soluciones al problema del agua en la ciudad.

4.1.4. Agua de Hermosillo.

La demanda de la población es satisfecha parcialmente debido a que el régimen de lluvias en los últimos 15 años ha estado por debajo de la media, es por ello que el suministro actual solo es de aguas subterráneas como se muestra en la tabla 22, lo que es insuficiente en cantidad y calidad adecuada.

Tabla 22. Suministro de agua potable a Hermosillo, Sonora

Zona de Captación	Extracción 2007 (hm ³)	Participación
Mesa de Seri	21.14	23.96%
Bagotes	17.23	19.53%
Rebombeo San Pedro	7.33	8.30%
Zona sur	7.07	8.02%
Realito	6.53	7.40%
Parque industrial	4.69	5.32%
Central	4.64	5.26%
Sauceda	4.52	5.12%
Victoria	4.51	5.11%
Willard	3.84	4.35%
Zonas urbanas	3.15	3.57%
Hacienda de la flor	2.96	3.35%
Pitic	0.63	0.71%
Suma:	88.24	100.00%

Fuente: (AGUAH, 2008).

En 2006 AGUAH adquirió derechos de agua del acuífero Costa Hermosillo de usuarios agrícolas que se inscribieron en el programa PADUA por un volumen total de 23.82 hm³, a un precio de \$5.83/m³, el cual fue pagado parcialmente con recursos de ese programa que fijó un precio de \$2.50/m³ y la diferencia de \$3.33/m³ con recursos del gobierno del estado. Esta es la causa por la cual no se han podido inscribir en el REPDA, es importante mencionar que el acuerdo inicial era comprar derechos de agua y extraer únicamente 2 de cada 3 hm³ que se adquirieran, sin embargo, esto no se ha cumplido.

En 2007 inició operaciones la zona de captación los Bagotes en el acuífero Costa Hermosillo con 15 pozos de los cuales operan 14, con una extracción reportada de 17.23 hm³ que aportan cerca del 20% del suministro a la ciudad; a principios del 2010 se inició la perforación de 4 pozos más en esta zona, con el propósito de poder extraer el total de derechos adquiridos, o bien, aumentar las extracciones en época de mayor demanda.

De acuerdo al análisis estadístico de las extracciones en esta zona confrontado con el consumo de energía eléctrica, se estima que se reporta un volumen de agua menor al extraído, la medición volumétrica de cada pozo se transmite directamente de manera satelital al organismo operador, quien posteriormente reporta a CONAGUA y el medidor volumétrico totalizador localizado en el cárcamo de rebombeo no funciona.

El servicio a la población urbana en 2010 está racionado con el tandeo de 8 horas al día para cada una de las zonas de distribución, programa establecido por AGUAH por la falta de disponibilidad del recurso, comprometiéndose a proporcionar 12 horas de servicio durante el verano, lo cual no pudo cumplir generando inconformidad en la población y con ello la renuncia del director general y del director de operaciones.

Por otra parte, se está socializando entre los diversos sectores de la población el proyecto gubernamental “Sonora SI”, donde se plantea dar solución integral al problema de escasez de agua para las ciudades y distritos de riego del estado. Respecto al abastecimiento de la ciudad de Hermosillo, contempla la construcción de un acueducto desde la presa Plutarco Elías Calles “El Novillo” construida sobre el río Yaqui a 130 kilómetros de la ciudad, la cual este año logró su capacidad total de almacenamiento, con desfogues en enero del 2010 de 34.75 m³/s, lo que equivale a 3 hm³ diarios. Este proyecto tiene una problemática de carácter político, ya que dicha presa se localiza en el municipio de Cajeme, y los usuarios agrícolas del valle del Yaqui están en desacuerdo con exportar el agua a otro municipio.

4.1.4.1. Infraestructura.

Es importante señalar algunas fallas en las instalaciones, ya que la falta de agua se debe en gran parte a la baja eficiencia del sistema, en 2008 se reportan pérdidas del 45%, es decir, de cada 100 litros de agua que se suministran solo 55 litros se contabilizan para su facturación y de éstos solo el 82% se cobra, por lo cual el organismo operador no cuenta con recursos económicos suficientes para el mantenimiento adecuado de los sistemas de agua potable y alcantarillado.

El sistema de distribución está dividido en 110 sectores hidrométricos, con un avance en su construcción del 85%, estos tienen la finalidad de mejorar el servicio a través de circuitos que cuentan con una válvula reguladora de presión, operando durante el día con 147 kPa y por la noche con 39 kPa. Sin embargo, actualmente estas válvulas están calibradas para una presión máxima de 147 kPa durante las 8 horas en que se proporciona el servicio y con cierre total para las 16 horas restantes, esto provoca que haya fallas en la calibración de las válvulas y su potencial deterioro, ya que el diseño de éstas es para regular presión y no para el cierre total del caudal, asimismo, la tubería trabaja con presión en las horas de servicio y se vacía diariamente por el programa de tandeo, sometiendo a fatiga la red, su deterioro inminente y el incrementando del número de fugas.

Los equipos de bombeo están operando con muy baja eficiencia electromecánica, por lo que se requiere verificarlos para su rehabilitación y mantenimiento o bien realizar el cambio de equipos. En el caso específico de los pozos los Bagotes está documentado que los equipos electromecánicos no cumplen con las especificaciones de diseño.

4.1.5. Distrito de Riego 051.

El distrito de riego Costa de Hermosillo participó con menos del 8% de la superficie de siembra del estado de Sonora, pero con el 30% del valor total de la producción estatal (Sonora, 2008).

La operación del distrito la realiza la AUDR051 a partir de 1994, sus funciones son: administrar, operar, conservar y mantener el distrito para la explotación, uso o aprovechamiento común, así como la divulgación de reglamentos, coordinar su operación con la planeación y programación agrícola del DDR144 al que pertenece. La organización de la AUDR051 se aprecia en la figura 19, conformada por un Consejo Directivo y un Consejo de Vigilancia, con el personal que actualmente está a cargo de cada uno de los puestos.

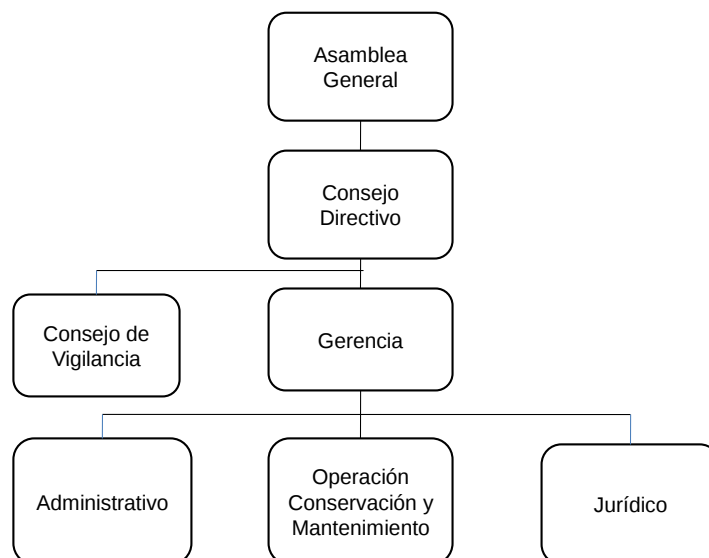


Figura 19. Organigrama AUDR051.

Consejo Directivo		Consejo de Vigilancia	
Puesto	Nombre	Puesto	Nombre
Presidente	Ing. Alejo Bay Rogel	Presidente	Lic. Eduardo Coppel L. Meyer
Vice-presidente	Ing. Julio César Corona V.	Suplente	Lic. Marco Antonio Molina R.
Secretario	Ing. Miguel Ángel Castillo R.	Secretario	Ing. Jorge Cortez Chávez
Pro-secretario	Ing. Jesús Manuel Yáñez M.	Suplente	C. Carlos Velásquez Salazar

Tesorero	Ing. Luis Sierra Maldonado	Vocal	Ing. Alan R. Aguirre Ibarra
Pro-tesorero	Ing. Gilberto Salazar E,	Suplente	Lic. René Martínez de Castro
Vocal	Ing. Fausto Baranzini Hurtado	CONAGUA	
Vocal	Ing. Ricardo Ramonet Rascón	Ing. en Jefe DR051	Lic. Luis Armando Cuevas S.
Vocal	Ing. Everardo García Suárez		
Vocal	C. Felipe Herrera Bazán		

Esta administración como las anteriores, la componen algunos grandes productores de la Costa o personas allegadas a ellos, lo que presupone imparcialidad en sus funciones de gestión ante las instituciones gubernamentales. Los usuarios afiliados a la AUDR051 aportan una cuota en función al volumen de agua anual que utilizan, para la gestión que permita el desarrollo agrícola de la zona, estos recursos son ejercidos en un 70% por la AUDR051 y solo el 30% por la Jefatura del Distrito de Riego perteneciente al OCNO, lo que no es suficiente para cumplir adecuadamente con sus funciones.

4.1.5.1. Infraestructura.

A diferencia de otros distritos de riego, la infraestructura con que cuentan los predios, son propiedad de los usuarios, ya que fueron construidos con recursos propios. El mantenimiento de la infraestructura de apoyo se refiere a los caminos vecinales y carreteras para el acceso a los predios, entrada y salida de insumos y de productos agrícolas.

4.1.5.1.1. Caminos.

El mantenimiento y conservación de la red de caminos pavimentados está a cargo de la Junta de Caminos Vecinales del gobierno del estado de Sonora, con una longitud total de 525 kilómetros. El mantenimiento y conservación de los caminos de acceso a los predios es realizada por los propietarios.

4.1.5.1.2. Pozos.

El mantenimiento y conservación de los equipos de bombeo está a cargo de los propietarios de los pozos, los cuales reciben un subsidio del 50% por parte de la CONAGUA del costo del servicio de mantenimiento y refacciones. En 2009 se estima que más del 22% de los equipos requieren rehabilitarse para mejorar su eficiencia que en general es muy baja y, de los 461 pozos existentes solo el 80% cuenta con medidor volumétrico en buenas condiciones de operación, el 20% restante no cuenta con medidor o requiere rehabilitación.

4.1.5.1.3. Riego tecnificado.

De 2000 al 2007 se duplicó la superficie con riego tecnificado; actualmente hay 19,478 hectáreas con sistema de riego presurizado, esto representa el 42% de la superficie total cultivada; los principales cultivos que cuentan con riego tecnificado son los que se muestran en la tabla 23, de los cuales 18575 hectáreas son de cultivos perennes con un 74.65% con riego presurizado, y la superficie de 7,499 hectáreas de hortalizas con un 74.84% de riego presurizado

Tabla 23. Superficie con riego presurizado DR051, 2007.

Cultivo	Superficie cultivada 2007-2008 (ha)	Superficie con riego presurizado (ha)	Participación
Uva de mesa	6,600	6,384	96.72%
Uva industrial	676	608	89.94%
Cítricos	4,508	2,224	49.33%
Nogal	5,654	4,353	76.99%
Durazno	243	226	93.00%
Manzano	13	13	100%
Pérsimo	13	8	61.50%
Alfalfa	758	50	6.60%
Buffel	110	0	0.00%
Suma:	18,575	13,866	74.65%
Hortalizas	7,499	5,612	74.84%
Suma:	26,074	19,478	74.70%

Fuente. CONAGUA. OCNO, 2007.

Otros cultivos como el trigo, maíz, garbanzo, con una superficie de 18,600 hectáreas, se realiza con agua rodada.

4.1.5.1.4. Estaciones agro-climatológicas.

El DR051 cuenta con 13 estaciones agro-climatológicas, mismas que integran el Sistema de Información Agroclimática propiedad de los usuarios y operada por ellos mismos con apoyo de Fundación Produce Sonora A.C. En la figura 20 se presenta la localización de las estaciones y en la tabla 24 la ubicación geográfica de las mismas.

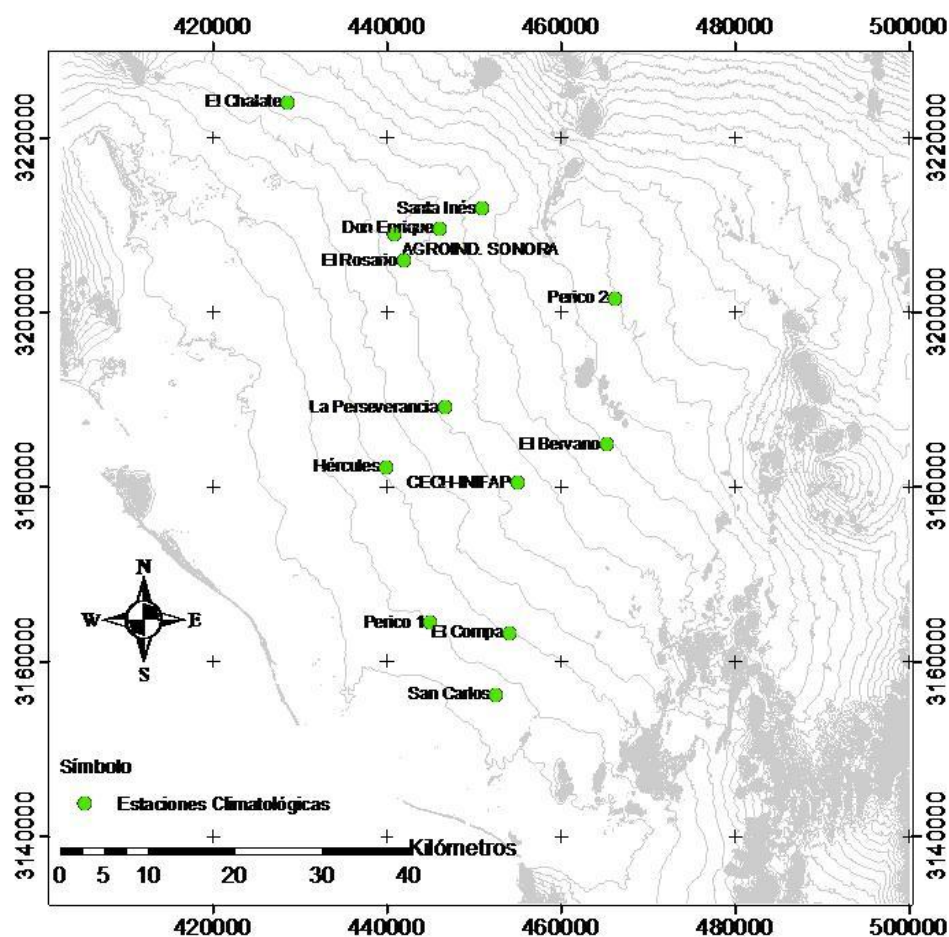


Figura 20. Localización estaciones climatológicas Costa de Hermosillo.
Fuente: Elaboración propia con datos de Fundación Produce Sonora A.C.

Tabla 24. Estaciones climatológicas en la Costa de Hermosillo.

Estación	Cooperante	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud (msnm)
AGROIND. SON.	Carlos Baranzini Coronado	29.0069	-111.606	47
CECH-INIFAP		28.7506	-111.460	61
Don Enrique	Alán Aguirre Ibarra	29.0133	-111.553	63
El Bervano	Carlos Baranzini Coronado	28.7911	-111.356	69
El Chalate	Humberto Romero Salazar	29.1425	-111.733	71
El Compa	Alán Aguirre Ibarra	28.5956	-111.469	
Hércules	Carlos J. García Martínez	28.7667	-111.615	31
El Rosario	Agustín Baranzini Coronado	28.9831	-111.595	49
La Perseverancia	Julio Cesar Corona Valenzuela	28.8283	-111.546	69
Perico 1	Gustavo de la Serna	28.6058	-111.562	35
Perico 2	Luis Enrique Alonso Venegas	28.9417	-111.347	97
San Carlos	Carlos Iberri Rodríguez	28.5314	-111.484	19
Santa Inés	Gilberto Salazar Serrano	29.0342	-111.503	82

Fuente: Fundación Produce Sonora A.C.

4.1.5.1.5. Superficie cultivada.

En la tabla 25 se presentan las superficies por cultivo en el DR051 durante los ciclos 2006-2007 y 2007-2008 y de acuerdo a los informes de distribución de agua del distrito Modulo 01, de CONAGUA, se determinaron las láminas de riego promedio utilizadas.

Tabla 25. Superficies cultivadas y distribución del agua DR051.

Cultivo	Superficie ciclo 2006-2007 (ha)	Agua (hm ³)	Lámina (cm)	Superficie ciclo 2007-2008 (ha)	Agua (hm ³)	Lámina (cm)
Anterior P-V						
Maíz	209	731.50	35	209	832.70	40
Otros hortalizas	3,673	11,819.00	32	3,673	8,814.92	24
Otras cultivos	42	58.80	14	42	187.00	45
Suma:	3,924	12,609.30	32	3,924	9,834.62	25
Otoño-Invierno						
Forrajes asociados	95	40,567.40	81	100	820.00	82
Garbanzos	10,628	1,000.00	38	10,853	56,285.86	52
Otras hortalizas	250	770.00	40			0
Trigo grano	4,473	32,824.80	73	3,370	27,938.01	83
Suma:	15,446	75,162.20	49	14,323	85,043.88	59
Primavera-Verano						
Calabacita	0	0	0	818	6,544.00	80
Chile verde	0	0	0	10	80.00	80
Frijol	170	1,592.99	94	473	2,852.40	60
Garbanzo	1,685	5,055.04	30	3,360	23,343.00	69
Maíz grano	735	2,535.00	34	105	385.00	37
Melón	0	0	0	55	440.00	80
Otra hortalizas	6,036	34,040.65	56	2,366	14,199.60	60

Pepino	0	0	0	5	40.00	80
Sandia	0	0	0	572	2,959.00	52
Sorgo grano	0	0	0	120	100.00	8
Otro forrajes	130	889.99	68	0	0	0
Suma:	8,756	44,113.67	50	7,884	50,943.00	65
Perennes						
Alfalfa	749	13,269.73	177	758	14,737.40	194
Buffel	110	649.00	59	110	770.00	70
Cítricos asociados	4,882	68,381.69	140	4,508	63,111.90	140
Durazno	243	2,785.99	115	243	2,551.50	105
Manzano	13	109.00	84	13	130.50	100
Nogal	5,353	75,307.94	141	5,654	78,989.78	140
Persimonio	9	74.00	82	13	130.00	100
Vid industrial	676	9,705.76	144	676	9,469.00	140
Vid de mesa	6,013	74,804.20	124	6,600	69,887.02	106
Suma:	18,048	245,087.32	136	18,575	239,777.10	129
Total:	46,174	376,972.48	82	44,706	385,598.59	86

Fuente: OCNO, Reportes anuales.

La lámina total promedio se incrementó 4 cm reduciendo la eficiencia en el riego en 4.9% durante el último ciclo estudiado. La superficie cultivada se redujo 1,468 hectáreas que representa una disminución del 3.2% y el agua utilizada aumentó en 8,626 hm³ que representa un incremento del 2.2%.

4.1.5.1.6. Apoyos.

Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria (ASERCA), es un órgano administrativo desconcentrado de SAGARPA, creado para impulsar la comercialización de la producción agropecuaria en beneficio de los productores del campo.

Otorga apoyos fiscales a la comercialización de granos y oleaginosas, estímulos al uso de coberturas de riesgos de precios; además opera y administra el programa PROCAMPO, en el que se transfiere directamente la ayuda gubernamental como ingreso de los productores

ASERCA instrumenta un esquema de ingreso objetivo por tonelada producida y comercializada para los granos y oleaginosas de los 10 cultivos

incluidos en el programa; cuando el precio del mercado no alcanza el mínimo marcado, el gobierno federal compensa la diferencia, se puede entender como un seguro en contra de las caídas de los precios

Los ingresos objetivo aplicables en esta zona de estudio son los que se indican en la tabla 26, además se incluyen los otros apoyos directos que opera ASERCA.

Tabla 26. Apoyos directos en DR051 Costa de Hermosillo.

Cultivo	Ingreso Objetivo (\$/ton)	O-I 2007 (\$/t)	Competitividad 2007 (\$/ha)	Agricultura por contrato (\$/t)	Rendimiento (t/ha)	Precio mínimo de venta	Procampo (\$/ha)
Maíz	1,650	250	400		6.5	1,961.54	963
Trigo Cristalino	1,800	337	400	189.50	5.1	2,215.43	963
Cártamo	3,300	1,200	400		2.0	4,700	963

Fuente: SAGARPA, DDR144, 2007.

Para 2010 el ingreso objetivo se incrementó, siendo para el maíz de \$2,100/t, para el trigo cristalino de \$2,415/t y, para el cártamo de \$4,200/t.

Diesel.- A través del subsidio SAGARPA, que consiste en un apoyo de \$2.00/litro de diesel en 2007 y se mantiene así hasta 2010, se asigna al productor agropecuario una cuota de 135 litros/ha.

Energía eléctrica.- Las tarifas regulares que aplican para el servicio de energía eléctrica destinada para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras para el cultivo de productos agrícolas, son: en baja tensión la tarifa 9 y en media tensión la tarifa 9M. Estas tarifas se incrementan mensualmente y difieren por rango de consumo. Aplican las mismas tarifas en toda la república.

Las tarifas de estímulo que se aplican en la operación de los equipos de bombeo y rebombeo de agua de riego agrícola, que estén inscritos en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios hasta por la cuota energética

determinada por la SAGARPA, son 9CU y 9N las cuales se mantienen a precio constante durante el año, como se muestra en la tabla 27. Aplican las mismas tarifas en toda la república. Además por parte de SAGARPA se otorga un subsidio adicional que en 2007 fue de \$0.04/kWh consumido, para los usuarios agrícolas que están dentro del padrón de beneficiarios y que no tienen adeudos con la CFE hasta por el monto estipulado en el presupuesto de egresos de la federación.

Tabla 27. Tarifas de estímulo para el riego agrícola.

Año	Tarifa 9 Promedio (\$/kWh)	Incremento Anual	Tarifa 9CU (\$/kWh)	Tarifa 9N (\$/kWh)	Incremento Anual
2007	1.03		0.38	0.19	
2008	1.30	26.21%	0.40	0.20	5.26%
2009	1.65	26.92%	0.42	0.21	5.00%
2010	2.09	26.67%	0.44	0.22	4.76%

Fuente: Tarifas eléctricas anuales, CFE.

El subsidio a la energía eléctrica así como los demás apoyos de CONAGUA y SAGARPA, están orientados al consumo beneficiándose los grandes productores y marginando al sector social como colonos y ejidatarios que por falta de recursos económicos y financiamientos no tienen acceso a estos beneficios, por lo que muchos de ellos no han podido subsistir como productores agrícolas y han tenido que rentar sus tierras y ocuparse como jornaleros, además de vender sus derechos de agua, por lo que reciben un beneficio económico.

4.2. Usos del agua.

El REPDA tiene inscritos a diciembre de 2009, en la Costa de Hermosillo 896 aprovechamientos, con un volumen global concesionado de 344.68 hm³ para diversos usos como se registra en la tabla 28, siendo uso agrícola y pecuario el 95.75%, público 2.12%, otros 2.13%. Estos porcentajes no contemplan los 23.82

hm³ de derechos asignados al organismo operador AGUAH a través de 15 pozos, ya que no pueden ser registrados debido a que la compra de derechos se realizó parcialmente utilizando recursos del programa PADUA.

Tabla 28. Inscripciones REPDA acuífero Costa de Hermosillo, 2010.

N° de pozos	Uso	Volumen anual (hm ³)
20	Agrícola	7.83
87	Público urbano	7.30
11	Industrial	1.55
111	Pecuario	1.33
14	Servicios	0.42
19	Doméstico	0.03
186	Múltiple	5.37
448	DR051	320.86
896	Suma:	344.68

Fuente: OCNO. Dirección de Administración del Agua. REPDA Diciembre 2009.

Actualmente las extracciones autorizadas aunque no todas registradas son de 368.50 hm³ y, se distribuyen de la siguiente manera: para uso agrícola y pecuario el 89.56%, para uso público el 8.45% y otros el 1.99%, observándose una clara competencia entre usuarios del acuífero.

4.2.1. Uso Agrícola.

Los resultados de la investigación para uso agrícola se presentan en el siguiente orden:

- . Análisis de la asignación de la cuota energética.
- . Comportamiento de los pozos como unidades independientes de riego.
- . Análisis agrupando los pozos que son administrados por una misma entidad.
- . Análisis considerando la totalidad del distrito de riego para conocer el impacto sobre cada uno de los cultivos para el ciclo agrícola 2006-2007.

4.2.1.1. Cuota energética.

El padrón de beneficiarios de cuota energética del estado de Sonora cuenta con 4468 inscripciones, de los cuales 945 corresponden al DDR144, que agrupa los municipios de Hermosillo con 879, Carbó con 60 y San Miguel de Horcasitas con 6 registros.

El DR051 Costa de Hermosillo forma parte del municipio de Hermosillo. La AUDR051 bajo el título de concesión 01SON400001/09AMDG93 cuenta en 2007, con 497 inscripciones en SAGARPA, éstas corresponden a 409 equipos de bombeo, 79 rebombeos y 9 no especifican, las cuales son objeto de este estudio.

Aplicando la fórmula para el cálculo de la cuota energética de acuerdo a los lineamientos vigentes a las 497 inscripciones de la AUDR051, se determinó que se les asignó en promedio en los 3 años un 19% adicional a la calculada con la fórmula, observándose que en los pozos registrados en 2007 es marcada la tendencia a otorgarles un 34% más de la cuota energética que les corresponde, como se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Diferencias de cuota energética AUDR051

Año de Inscripción	Número de equipos	Diferencia Promedio C.E asignada/C.E. calculada	Equipos con 34% y más adicional	Porcentaje de pozo
2005	294	17,63% adicional	176	60%
2006	98	10,21% adicional	37	38%
2007	105	31,42% adicional	96	91%
Suma:	497	19% adicional	309	62%

Fuente: Elaboración propia con datos de DDR144.

La cuota energética total asignada en 2007 es de 684.7 millones de kWh, y la calculada de 576.9 millones de kWh, es decir, que se otorgó 107.8 millones de kWh adicionales. La asignación de cuota energética no se limita por el volumen

concesionado, por lo cual es posible bombear volúmenes mayores a la dotación asignada a cada uno de los pozos agrícolas.

4.2.1.2. Pozos.

En cuanto al aprovechamiento de la cuota energética, el 98% de los pozos no utilizaron el total que les fue asignada y el 76% de los pozos utilizaron menos del 60% de la cuota con la que fueron beneficiados, como se observa en la figura 21. Esto es consecuencia de las deficiencias en el padrón de usuarios y al cálculo de la cuota energética, pero sobre todo a que el lineamiento vigente para su asignación no contempla en el cálculo el volumen concesionado, como lo establecía el lineamiento anterior, que fue derogado.

Los resultados se obtuvieron de dividir el consumo de energía eléctrica entre la cuota energética asignada a cada pozo, de los 367 pozos beneficiados con la cuota energética durante el periodo de estudio, con lo cual se determinó el porcentaje en que aprovecharon este beneficio:

- . 30 pozos no operaron durante el ciclo agrícola en estudio
- . 37 pozos utilizaron hasta un 20%
- . 98 pozos utilizaron del 21% al 40%
- . 119 pozos utilizaron del 41% al 60%
- . 59 pozos utilizaron del 61 al 80%
- . 16 pozos utilizaron del 81 al 100%
- . 8 pozos rebasaron el consumo de la cuota energética asignada.

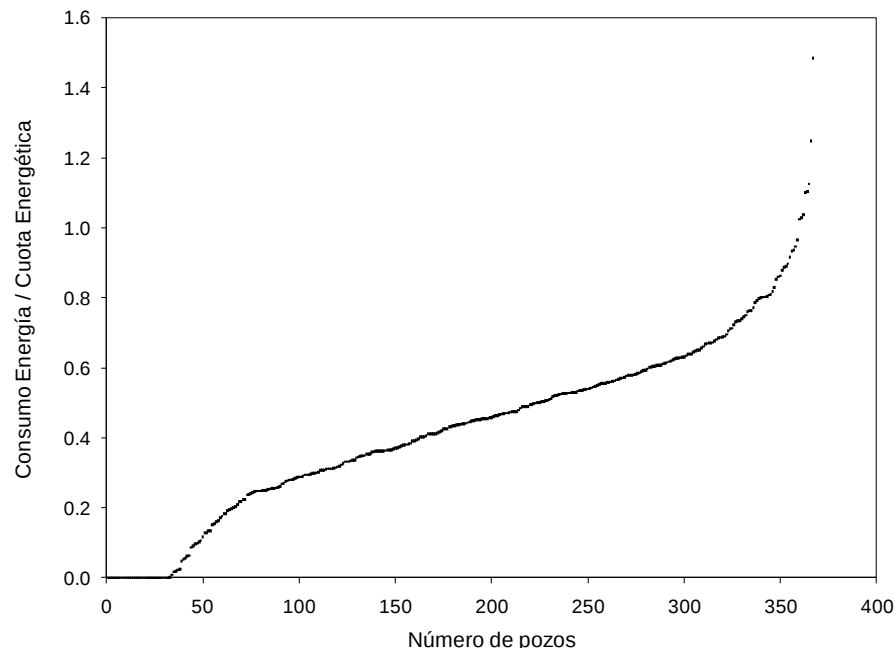


Figura 21. Relación: consumo de energía eléctrica / cuota energética

Los costos promedio pagados por cada uno de los pozos en operación durante el ciclo 2006-2007, oscilan entre \$1.12 y \$0.05, como se aprecia en la figura 22, localizándose la mayoría alrededor de los \$0.30 por kWh, ya que predominan las tarifas 9CU de \$0.38 y la 9N de \$0.19 y el subsidio SAGARPA de \$0.04/kWh. Los pozos con costos de energía eléctrica más elevado, se debe a que no contaron durante alguna parte del ciclo con el beneficio de la cuota energética.

Los resultados se obtuvieron de dividir el pago total anual por concepto de energía eléctrica entre el consumo en kWh de cada uno de los pozos en operación, que se desglosan como sigue:

- . 8 pozos tuvieron un costo promedio menor de \$0.20/kWh
- . 288 pozos con un costo promedio por kWh entre \$0.21 y \$0.40
- . 26 pozos con un costo promedio por kWh entre \$0.41 y \$0.60

13 pozos con un costo promedio por kWh entre \$0.61 y \$1.12

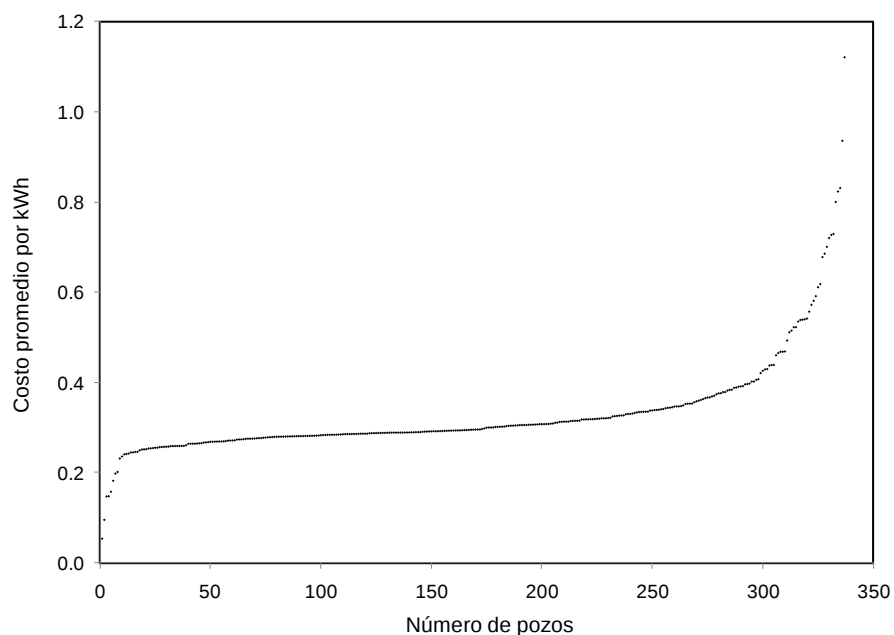


Figura 22. Costo promedio por kWh en pozos de AUDR051.

La tabla 30 muestra la extracción promedio por pozo de la AUDR051 considerando rangos de consumo, de los cuales más del 50% sobrepasaron la dotación asignada, con la compra de derechos de agua en forma temporal de otros pozos dentro del mismo distrito.

Tabla 30. Extracciones pozos DR051 ciclo 2006-2007

Rango de Consumo hm ³	N° de Pozos	Extracción total hm ³	Consumo Promedio hm ³
Más de 2.000	11	24.660	2.242
De 1.501 a 2.000	52	90.871	1.748
De 1.001 a 1.500	116	140.274	1.209
De 0.501 a 1.000	133	101.376	0.762
De 0.001 a 0.500	66	17.758	0.269
Sin Consumo	91	0	0
Suma:		374.939	

Fuente: Elaboración propia con datos de 2007 de la Jefatura del DR051.

La transmisión de derechos de agua dentro del distrito se realiza conjuntamente con la cuota energética, ya que ésta es accesoria e indivisible de la unidad de producción como lo expresa el acuerdo de modificación de los lineamientos para regular el programa de energía para el campo.

La extracción total para uso agrícola en el ciclo 2006-2007 fue de 377 hm³, aun cuando el 20% de pozos estuvo fuera de servicio, lo cual indica que la gran mayoría de los pozos en operación excedió el volumen concesionado, como se observa en la figura 23, donde:

- . 91 pozos no registraron extracciones.
- . 126 pozos registraron extracciones menores al volumen concesionado.
- . 179 pozos registraron extracciones superiores hasta por el doble del volumen concesionado.
- . 72 pozos con extracciones superiores al doble del volumen concesionado.

Estos resultados se obtuvieron de dividir el volumen de extracción de cada pozo entre la dotación correspondiente por la concesión de derechos de agua, esta información forma parte de la base de datos con que se alimentó el SIG, que permite visualizar el conjunto de pozos por atributos y con ello se puede inferir de donde se transmiten los derechos y donde se realiza la extracción.

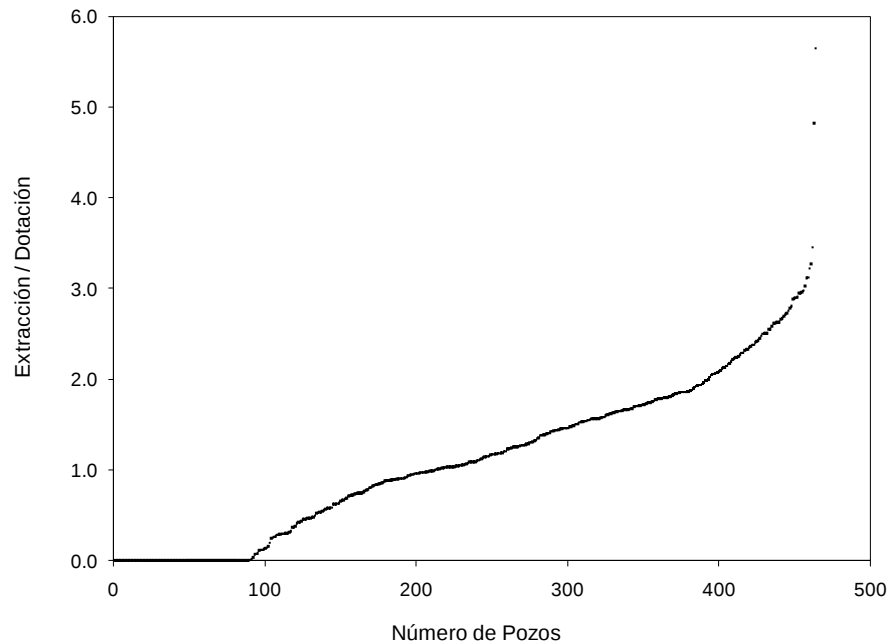


Figura 23. Relación: extracción / dotación en pozos AUDR051.

El análisis del consumo de energía eléctrica necesaria para la extracción de un hm³, durante el ciclo 2006-2007, reporta un comportamiento normal como se aprecia en la figura 24, siendo la media de 720,000 kWh/hm³ y la desviación estándar de 281,000 kWh/hm³ que resulta ser muy grande. Esto puede deberse en cierta medida a la profundidad de bombeo, pero mayormente a la eficiencia de los equipos, lo que indica que también se está subsidiando la ineficiencia del bombeo.

En el caso de los pozos que consumen más de 1'300,000 kWh/hm³, esto se debe a que la eficiencia del equipo de bombeo es muy baja, o bien, que la energía eléctrica con tarifa para bombeo de agua se destina a otros usos.

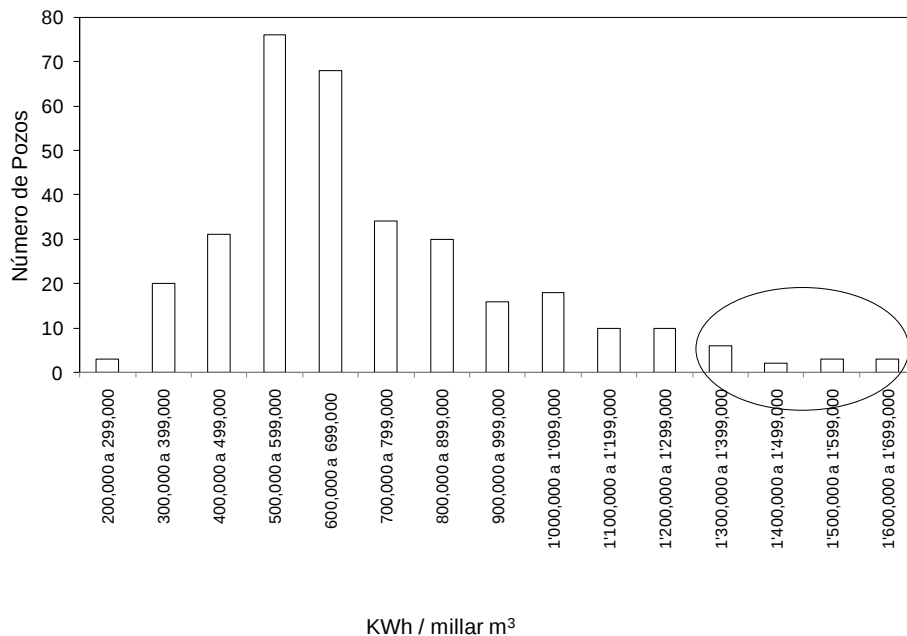


Figura 24. Consumo de energía eléctrica en pozos de AUDR051.

4.2.1.3. Empresas.

Para conocer el comportamiento actual de las extracciones por empresa, agrupamos los pozos de los campos con propietarios de una misma familia, utilizando información del padrón de usuarios que contiene las direcciones fiscales de las mismas, así como la información recopilada de los registros históricos de CFE.

De esta forma encontramos que el 30% de las extracciones corresponde únicamente a 7 empresas, 5 más extraen un 10% adicional y el resto de los usuarios el 60% restante. Lo que indica que el 40% de los subsidios a la energía eléctrica se otorga a 12 empresas de la región como se observa en la tabla 31. Esto representa un monto de 85 millones de pesos del subsidio otorgado en ese año por concepto de energía eléctrica. El padrón actual de usuarios del DR051

muestra tanto la permanencia por décadas de algunas familias como la incursión y crecimiento de nuevos grupos.

Tabla 31. Extracciones agrupadas por empresas de AUDR051.

Empresa	N° de Pozos	Extracción Ciclo 2006-2007 (hm ³)	Dotación (hm ³)	Relación Extracción/Dotación	Participación de Extracción
1	17	19.812	12.533	1.58	5.28 %
2	19	18.324	12.935	1.42	4.89 %
3	15	16.687	10.795	1.55	4.45 %
4	15	16.467	12.767	1.29	4.39 %
5	23	15.480	14.648	1.06	4.13 %
6	17	12.268	12.385	0.99	3.27 %
7	12	11.196	7.980	1.40	2.99 %
8	7	10.267	5.620	1.83	2.74 %
9	9	8.965	6.745	1.33	2.39 %
10	5	8.613	4.928	1.75	2.30 %
11	10	6.754	6.950	0.97	1.80 %
12	5	5.530	3.325	1.66	1.47 %
Suma:	154	150.363	111.612	1.35	40.10 %

4.2.1.4. Cultivos.

La superficie sembrada en el ciclo 2006-2007 fue de 45,774 hectáreas, de las cuales 17,648 corresponden a cultivos perennes, 15,446 al ciclo Otoño-Invierno, 8,756 al ciclo Primavera-Verano y 3,924 al ciclo anterior.

Considerando el precio promedio pagado por kWh durante el ciclo de \$0.32 y los requerimientos para bombeo y rebombeo de agua de 793,000 kWh/hm³, se determinó un costo promedio de \$253,662 por hm³ de agua. Este mismo consumo con la tarifa eléctrica 9 con un costo promedio de \$1.03/kWh, equivale a \$816,474 por hm³, es decir, que el subsidio representa el 69% del costo de energía para el bombeo de agua.

En la tabla 32 se presentan las superficies por cultivos del ciclo 2006-2007, los consumos de agua, y el costo promedio pagado por concepto de energía eléctrica, así mismo el costo promedio correspondiente de acuerdo a la tarifa

eléctrica 9 para actividades agropecuarias. La diferencia total por este concepto es de 212.17 millones de pesos, que se distribuye en los mismos porcentajes que se utilizó el agua para cada uno de los cultivos de ciclo agrícola estudiado.

Tabla 32. Importe de energía eléctrica por cultivo DR051

Cultivo	Superficie (ha)	Volumen de agua (hm ³)	Lamina (cm)	Participación del consumo agua	Importe con \$0.32/kWh *	Importe con \$1.03/kWh **
Maíz	944	3.27	35	0.87%	828,459	2,666,603
Hortalizas	9,959	47	47	12.43%	11,886,590	38,259,962
Garbanzo	12,313	46	37	12.10%	11,572,557	37,249,167
Forrajes	267	2	64	0.46%	436,045	1,403,518
Trigo	4,473	33	73	8.71%	8,326,447	26,800,752
Frijol	170	2	94	0.42%	404,083	1,300,643
Alfalfa	749	13	177	3.52%	3,366,092	10,834,607
Buffel	110	1	59	0.17%	164,626	529,891
Cítricos	4,882	68	139	18.14%	17,345,898	55,832,111
Durazno	243	3	115	0.74%	706,702	2,274,696
Manzano	13	0	84	0.03%	27,649	88,996
Nogal	5,353	75	141	19.98%	19,102,760	61,487,008
Persimo	9	0	82	0.02%	18,771	60,419
Vid Industrial	676	10	144	2.57%	2,462,041	7,924,695
Vid Mesa	6,013	75	124	19.84%	18,974,914	61,075,505
Suma:	46,174	377	82	100.00%	95,623,635	307,788,574

Notas:

* Costo promedio pagado por hm³ extraído de \$253,662.

** Costo promedio calculado por hm³ extraído de \$816,474 con tarifa 9 equivalente a \$1.03/KWh.

Con el precio de venta esperado, rendimiento y consumo de agua de los cultivos en este ciclo, se determinó la utilidad por litro de agua para los dos escenarios de costo de energía eléctrica correspondientes a la tarifa regular 9 y las tarifas subsidiadas 9CU y 9N, siendo las hortalizas las que aportan mayores ingresos por litro de agua utilizado, en contraste con el trigo y el maíz que reportaron pérdidas como se observa en la figura 25.

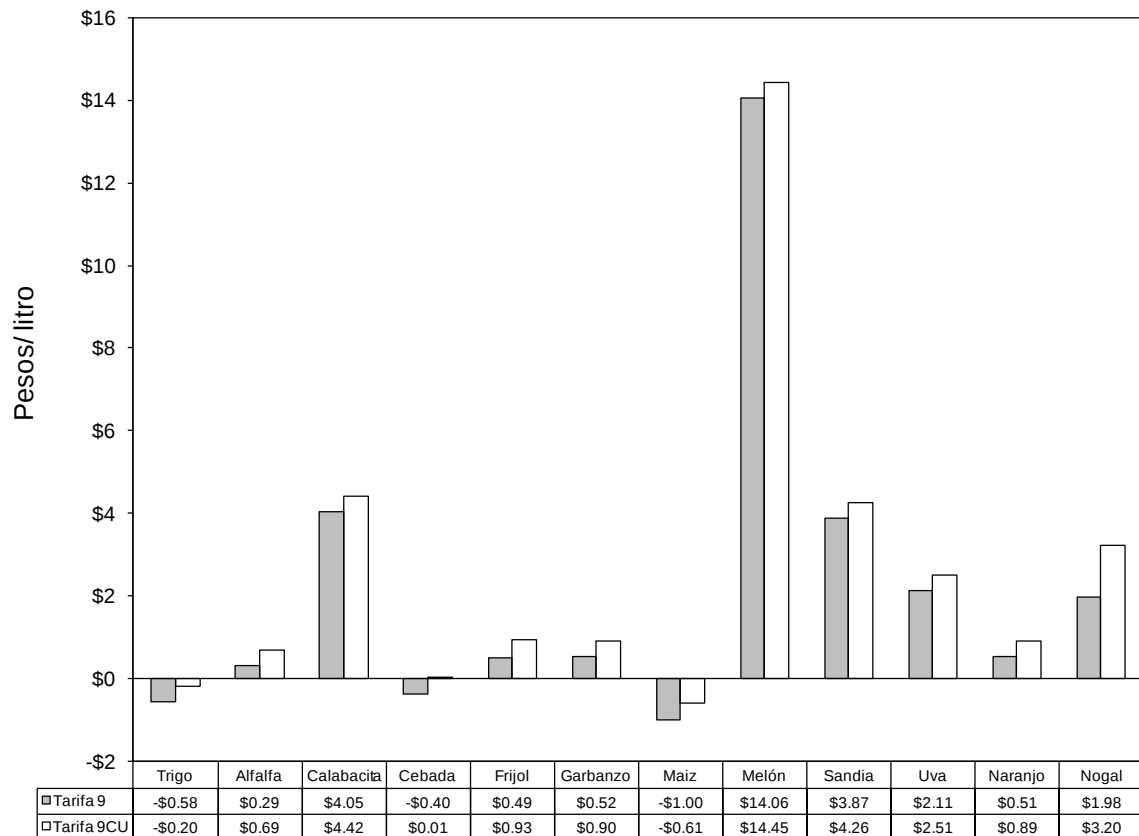


Figura 25. Ingresos por litro de agua de cultivos en DR051.
Fuente: Elaboración propia con datos de DDR144.

La composición de los costos de producción es muy variable entre cultivos, algunos como las hortalizas y la uva requieren grandes porcentajes por concepto de mano de obra, otros son más sensibles al costo del agua por el gran consumo requiere, tal es el caso de los cítricos y el nogal, así como los granos. En la figura 26 se relaciona el costo del agua con el costo total de producción de cada uno de los cultivos, donde se observa que este costo impacta menos en las hortalizas y la uva y hay menor impacto con la diferencia de tarifas eléctricas, lo que no ocurre con los otros cultivos.

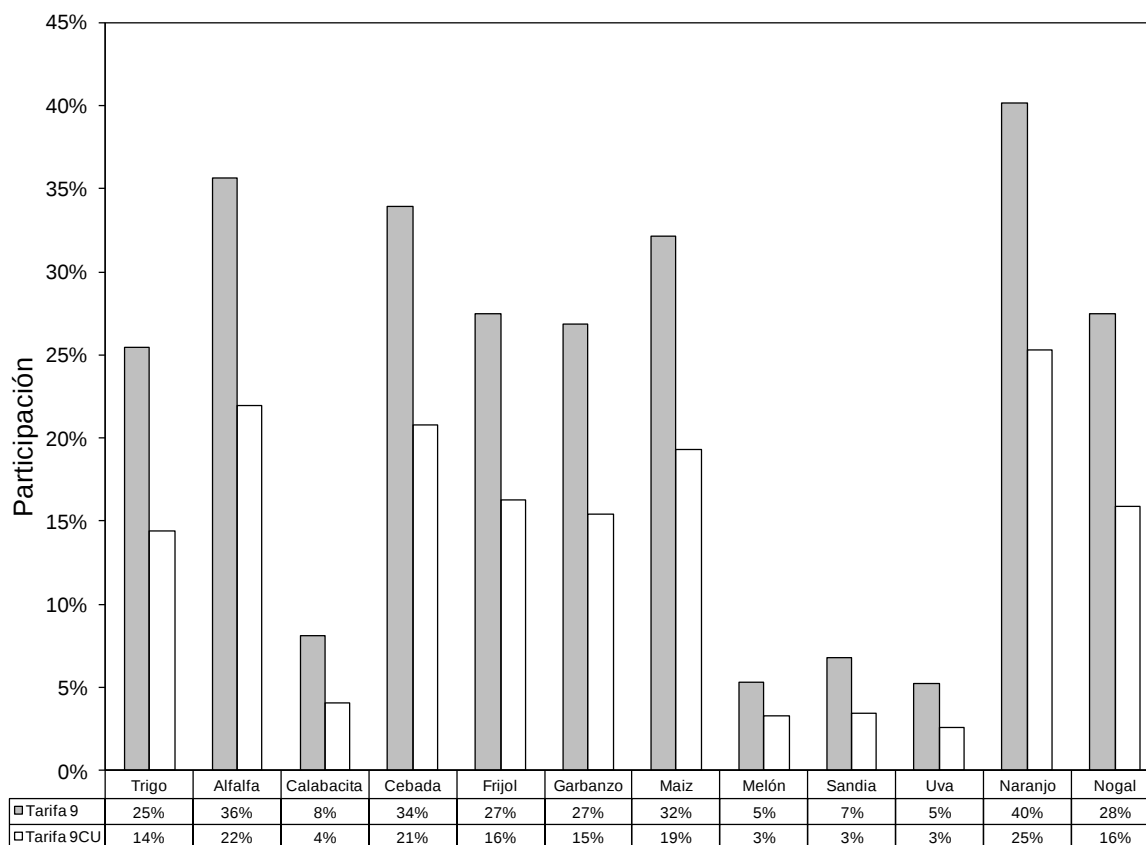


Figura 26. Participación del costo del agua sobre costo de producción.
Fuente: Elaboración propia con datos de DDR144.

En el DR051 han disminuido considerablemente las superficies cultivadas con trigo, sin embargo, se continua sembrando principalmente por los apoyos recibidos vía subsidios directos que en este ciclo fueron de \$1,186/ha, \$360/t y Procampo con \$963/ha, además en 2008 el precio de venta esperado para el trigo se incrementó más del 22% de \$1,800/t a \$2,200/t.

En un ejercicio similar para las dos tarifas eléctricas en el ciclo 2006-2007, se determinó la rentabilidad considerando los apoyos directos al trigo y PROCAMPO para los otros cultivos, donde se observa que el nogal y los cítricos son más sensibles al cambio de tarifa debido a la gran cantidad de agua que requieren, figura 27.

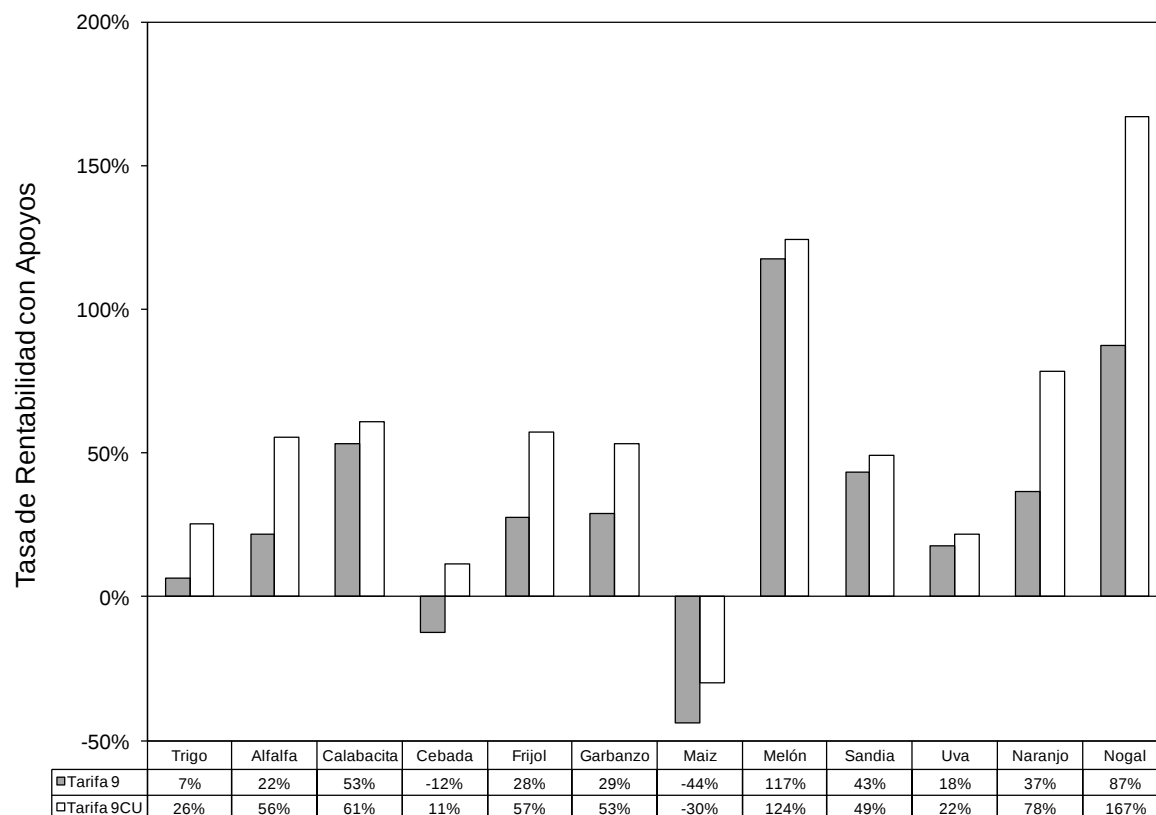


Figura 27. Rentabilidad de cultivos con precio de venta y apoyos.
Fuente: Elaboración propia con datos de DDR144.

Las hortalizas y la uva no son tan sensibles al cambio de tarifa a pesar de sus requerimientos de agua, debido a la composición de sus costos de producción que requieren utilizar mayor cantidad de jornales para la cosecha y el empaque.

En el estudio realizado por OCNO para 5 ciclos agrícolas de 1998-1999 a 2002-2003 en el DR051 reportaron resultados similares, con mayor utilidad por metro cúbico de agua utilizado en las hortalizas y vid y con menor rentabilidad o pérdidas para otros cultivos como el trigo (Leyva, 2004).

Si solo se considera el precio de venta esperado y no se integran los apoyos gubernamentales a los productos agrícolas, los granos como el trigo y el

maíz no generan utilidades, aun si se considerara el subsidio a la energía eléctrica, como se observa en la figura 28.

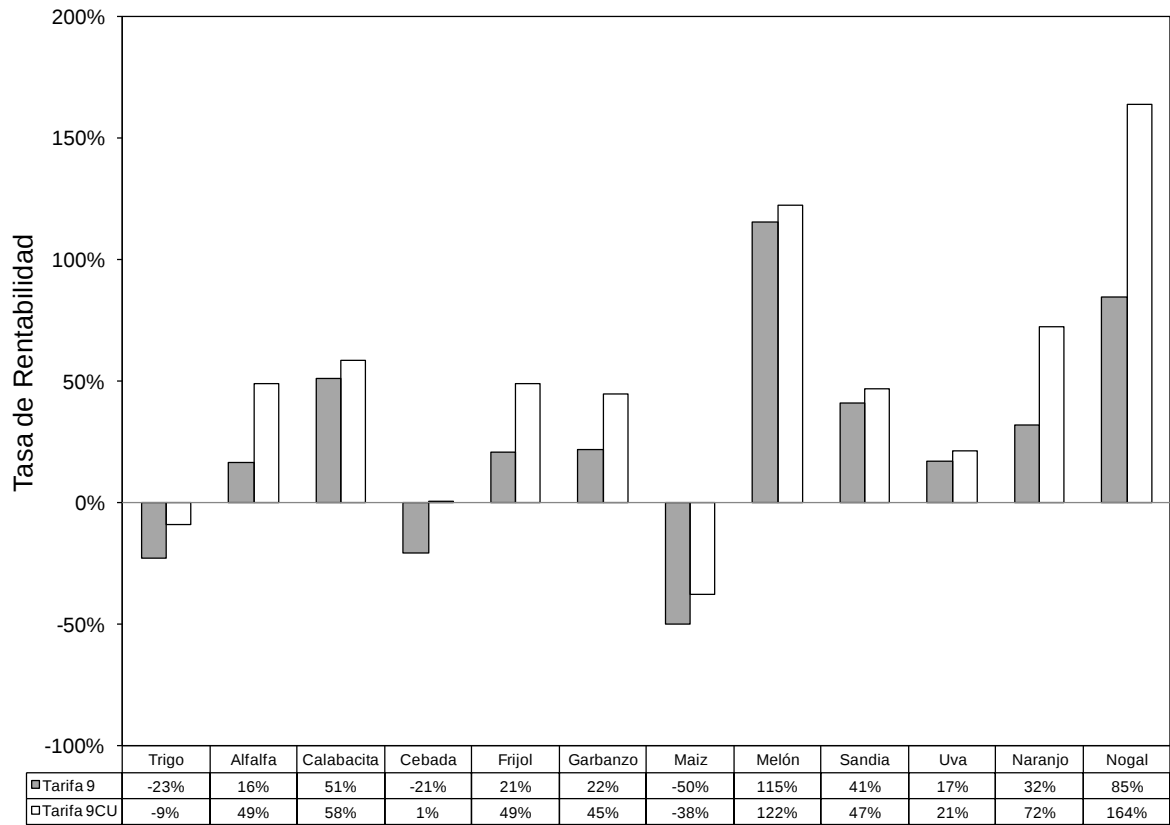


Figura 28. Rentabilidad de cultivos con precio de venta sin apoyos.
Fuente: Elaboración propia con datos de DDR144.

4.2.2. Uso Público.

Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente orden: tarifas para uso público y costos promedio de energía eléctrica pagados para uso público en las diversas zonas de captación en 2007, eficiencia promedio del uso de energía por hm^3 extraído para uso público en las diferentes zonas de captación, costos promedio por hm^3 extraído para uso público en la Costa de Hermosillo.

4.2.2.1. Tarifas eléctricas.

Las tarifas eléctricas que se aplican para uso público se establecen por rangos de consumo, por lo cual se realizó el cálculo del costo promedio pagado por el organismo operador de agua potable para cada una de las tarifas que tiene contratada en los diversos pozos. La tabla 33 muestra los costos promedio pagados por kWh de todos los pozos que estuvieron en operación en las diversas zonas de captación en 2007 y que se agruparon por tarifa la eléctrica con la que operan.

Tabla 33. Tarifa promedio de energía eléctrica para uso público

Tarifa (2007)	Costo Promedio (\$/kWh)	Porcentaje de consumo
2 (Baja tensión)	3.84	0.01 %
6 (A.P. y negras)	1.33	1.15 %
OM (Ordinaria) Media tensión	1.23	16.87 %
HM (Horaria) Media tensión	1.27	81.97 %

Fuente: Elaboración propia con datos de AGUAH, 2007.

4.2.2.2. Costos de energía eléctrica.

El costo promedio por kWh pagado por los pozos para uso público fue de \$1.31/kWh, en la tabla 34 se muestran los costos promedio pagados en las diferentes zonas de captación.

Tabla 34. Costo promedio por kWh para uso público

Zona de captación (Uso Público)	\$/kWh
Bagotes (Costa de Hermosillo)	1.24
Sauceda, Centro	1.29
Victoria, Mesa de Ser, Realito	1.27
Otros	1.55
Promedio	1.31

Fuente: Elaboración propia con datos de AGUAH, 2007.

En el análisis del consumo de energía eléctrica necesaria para la extracción de un hm^3 se determinó una media de 814,000 kWh/ hm^3 en los pozos de uso público, donde se registra un consumo de 930,000 kWh/ hm^3 en la zona de

captación los Bagotes, lo que puede deberse a la altura de bombeo y la baja eficiencia de los equipos, aunado a que no se están reportando correctamente los volúmenes extraídos. En la figura 29 se muestran los consumos promedios en las diferentes zonas de captación para uso público.

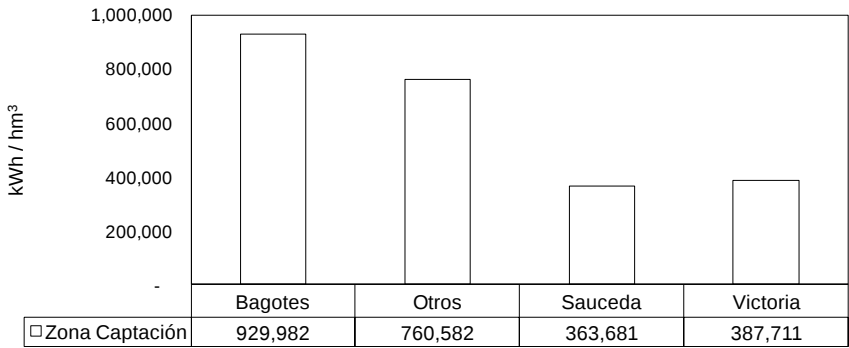


Figura 29. Consumo promedio de energía eléctrica para uso público.

Con los costos promedios pagados por kWh y el consumo promedio de energía para extraer un hm³ de agua se determinó el costo promedio de extracción de agua por concepto de energía eléctrica, siendo de \$ 1'148,164/hm³ para uso público de la zona de captación los Bagotes, todos localizados dentro del perímetro del acuífero Costa Hermosillo. En la figura 30 se muestran los costos promedios para cada una de las zonas de captación para el suministro de agua potable a la ciudad de Hermosillo, Sonora.

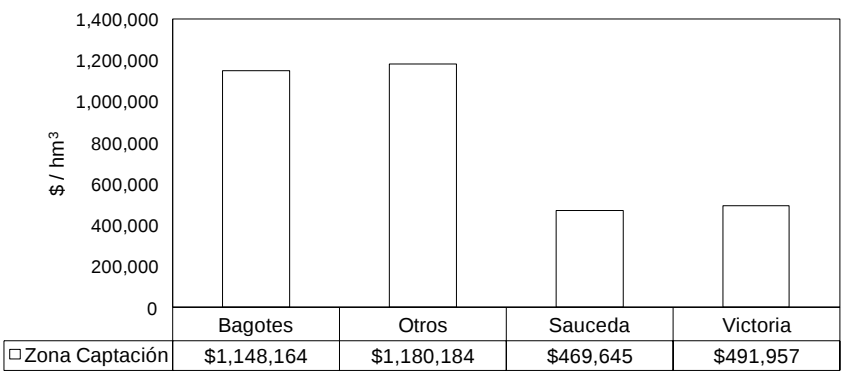


Figura 30. Costos promedio de extracción de agua para uso público.

Fuente: Elaboración propia con datos de AGUAH, 2007.

4.2.2.3. Extracciones en la Costa de Hermosillo.

Las extracciones reportadas por el organismo operador en 2007 de la zona de captación los Bagotes son de 17.23 hm^3 y de acuerdo al análisis estadístico con base en el consumo de energía eléctrica durante ese año se determinó una extracción de 18.85 hm^3 , lo que indica una variación de 1.62 hm^3 que representa un incremento del 9.4% sobre el volumen reportado. En la figura 31 se presentan las extracciones mensuales reportadas y estimadas en base al consumo de energía eléctrica en 2007 para cada uno de los pozos.

Considerando las extracciones reportadas y el consumo de energía en 2008 se incrementa la extracción calculada en 2007, sin embargo, no se consideró este análisis debido a que el reporte de extracción en 2008 se hizo por trimestre de algunos pozos.

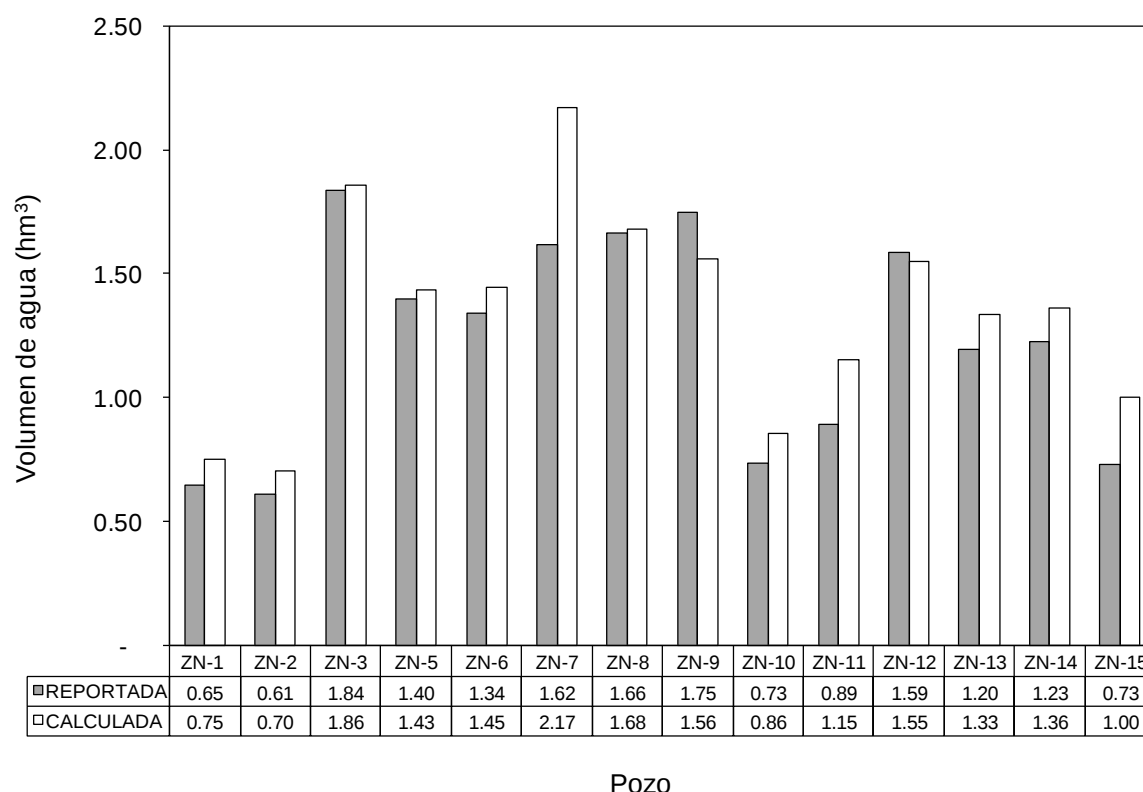


Figura 31. Extracciones 2007 en pozos Los Bagotes.
Fuente: Elaboración propia con datos de AGUAH, 2007 y CFE.

4.3. Propuesta de modelo de gestión.

Con base en el diagnóstico del modelo actual de gestión, el marco regulatorio vigente y en el estudio estadístico realizado tanto para el uso agrícola como público en la zona de estudio, se proponen cambios en la estructura regulatoria y de manejo del recurso, sin contravenir el marco legal y jurídico que rige a nivel nacional, sino por el contrario, hacer énfasis en la aplicación de la normatividad actual, con responsabilidad y objetividad de cada uno de los actores, que se muestran en la figura 32.

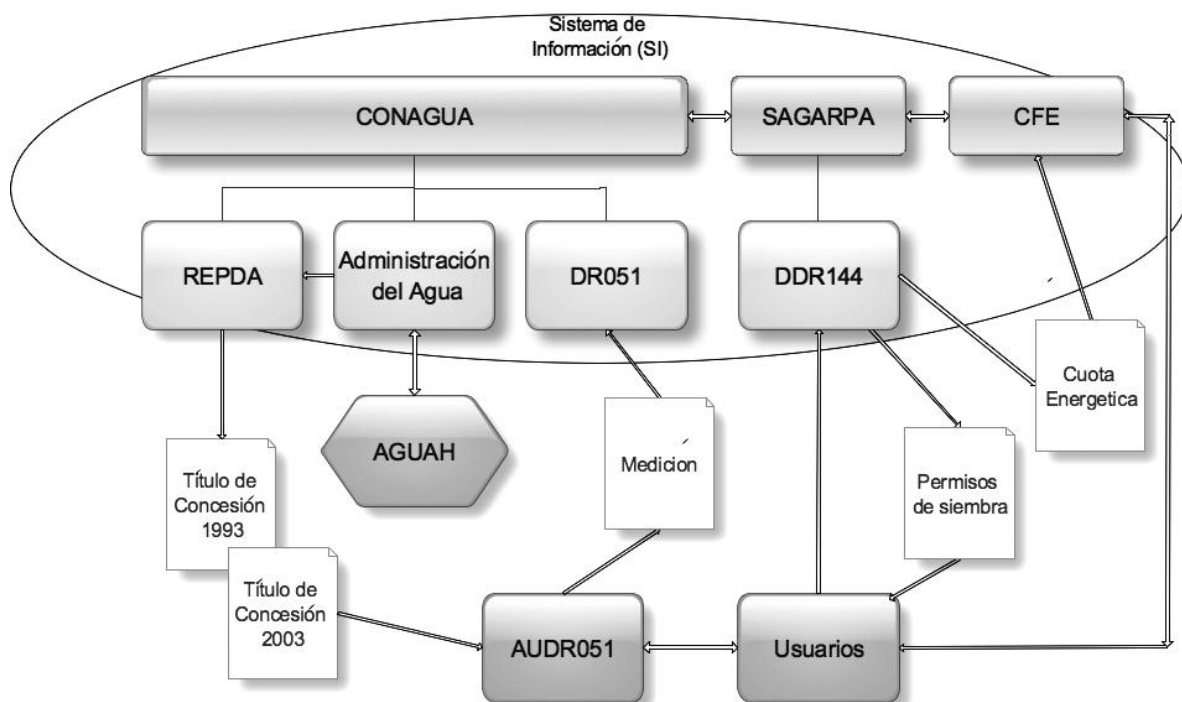


Figura 32. Modelo de gestión propuesto acuífero Costa de Hermosillo.

4.3.1. Organismo de Cuenca Noroeste.

A través de la Dirección de Administración del Agua se integran los expedientes para la concesión y asignación de los derechos de agua a los diversos usuarios para el aprovechamiento y uso de las aguas nacionales, por lo cual se propone que la gestión para la perforación y relocalización de pozos y la transmisión de derechos, sea regulada de acuerdo a las condiciones hidrológicas del acuífero, respetando los acuerdos de veda vigentes y los volúmenes estimados de recarga; ya que actualmente el volumen concesionado y asignado supera la recarga media del acuífero.

En la actualidad se siguen otorgando permisos de perforación y relocalización de pozos, y no se aplican las sanciones que establece la LAN por

irregularidades en el uso y manejo del recurso, así como las transferencias de derechos temporales, que año con año se registran en este distrito de riego.

4.3.2. Sistema de información integral.

El propósito de un sistema de información integral es apoyar la coordinación entre las dependencias encargadas de la administración de los recursos naturales y económicos, relacionadas con el acuífero Costa Hermosillo.

Con el uso de las nuevas tecnologías actualmente disponibles, integrar una base de datos de los usuarios, predios, pozos, equipos e infraestructura en general, que permita el acceso a todas las dependencias involucradas para su alimentación y retroalimentación de dicha información, con lo cual, se gestionen los permisos y apoyos correspondientes, sin discrepancias en la información de una dependencia a otra.

El uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) permite dar seguimiento puntual a los usuarios, pozos y cultivos, así como, permite la identificación de predios que muestren inconsistencias en el uso del agua, tales como: mayores volúmenes de extracción, consumos de energía eléctrica fuera de rango, superficies y tipos de cultivos, sistemas de riego, entre otros, de tal forma que las visitas de verificación estén orientadas y no se requiera realizar inspecciones al azar.

4.3.3. Administración del DR051.

Tanto la Jefatura del Distrito de Riego, como la AUDR051, requieren actualizar y formalizar sus reglamentos de acuerdo a lo estipulado en la LAN, a las políticas estratégicas para la conservación de esta zona y los acuerdos entre los

usuarios y el OCNO y demás dependencias encargadas de la administración de los recursos naturales, de manera que se defina con claridad y puntualidad sus responsabilidades en la administración del agua del acuífero.

Integrar la información estadística que se genere en el distrito de manera oportuna y relevante para la actualización permanente del padrón de usuarios, volúmenes de extracción, superficies de cultivos, laminas aplicadas, entre otros, que permitan dar seguimiento y aplicar los correctivos necesarios para el uso eficiente del recurso hídrico; asimismo, proveer de informes auditados de la administración de los recursos económicos que genera la recaudación de las cuotas de los usuarios, para cubrir los costos de operación y administración del distrito de riego.

4.3.3.1. Transmisión de derechos de agua.

El título de concesión global para la AUDR051, da lugar a la venta de agua entre usuarios, sin embargo, debe regularse de acuerdo a la LAN, que permite la transferencia parcial o total de derechos de manera definitiva; cuando sea el caso de venta de derechos deberá reglamentarse las zonas donde podrán extraerse los volúmenes adicionales a los concesionados a cada pozo, para evitar el incremento de los abatimientos en los sitios más afectados.

De acuerdo a la LAN, deberán aplicarse las sanciones correspondientes cuando la transmisión de derechos se realice de manera temporal, y cuando no se utilice parcial o total, el volumen concesionado por dos ciclos agrícolas consecutivos.

4.3.3.2. Medición.

Inspección periódica del funcionamiento correcto de los medidores de flujo, para contar con datos reales de las extracciones, que permitan verificar la eficiencia del uso y manejo del agua en los cultivos y con ello preservar el desarrollo sustentable del acuífero.

Verificar por parte de la Jefatura del distrito de riego los reportes de extracción emitidos por la AUDR051, con el análisis estadístico que se realice de una muestra representativa y al azar; como corresponsable del reporte de extracciones realizadas que envían al OCNO.

4.3.3.3. Permisos de siembra.

Los permisos de siembra deberán gestionarse y aprobarse, de acuerdo a las políticas estratégicas que se establezcan de acuerdo a la disponibilidad hídrica, requerimiento de agua de los cultivos, tecnificación del riego, los precios de los cultivos en el mercado nacional e internacional, con el propósito de fortalecer el desarrollo sustentable del acuífero y obtener los mayores beneficios económicos posibles.

4.3.3.4. Infraestructura.

Como ya se mencionó la infraestructura en los predios, son propiedad de los usuarios, sin embargo, es necesario orientar los apoyos gubernamentales hacia el mejoramiento de sus instalaciones.

4.3.3.4.1. Equipos de bombeo.

Revisión, mantenimiento y rehabilitación de los equipos de bombeo de los pozos, a fin de mejorar la eficiencia electromecánica de los mismos y con ello la reducción de consumo de energía eléctrica.

4.3.3.4.2. Medidores de flujo.

Equipamiento del 100% de los pozos con medidores de flujo, a través de la instalación de dispositivos de medición en los pozos que no cuentan con ellos, adecuación de la tubería de descarga cuando no cumpla con las especificaciones para el buen funcionamiento del medidor y verificación de los dispositivos en los pozos que ya cuentan con medidores.

4.3.3.4.3. Tecnificación del riego.

Contar con el mayor porcentaje de la superficie de cultivo con riego tecnificado, lo que requiere seleccionar aquellos cultivos con demanda en el mercado nacional o internacional y que generen mayores utilidades; esto conlleva a eliminar cultivos que requieren mayores volúmenes de agua y baja rentabilidad.

4.3.4. Reorientación de subsidios.

Los subsidios en su mayoría son federales y tienen impacto en las actividades agrícolas de todo el país, sin embargo, se propone que estos sean orientados a la productividad y en el caso de los subsidios a la energía eléctrica se recomienda revisar los lineamientos para la asignación de la cuota energética, que tome en cuenta la dotación que tiene asignada el pozo correspondiente como lo establece el lineamiento anterior derogado (SAGARPA, 2005).

4.3.4. Agua de Hermosillo.

El organismo operador de agua potable y alcantarillado tiene a su cargo el suministro de agua potable a zonas rurales que se abastecen del acuífero Costa Hermosillo, como son Bahía de Kino y el poblado Miguel Alemán y otras comunidades con menor población en esta zona, a partir de 2007 se integró la zona de captación los Bagotes con 14 pozos y actualmente está perforando 4 nuevos pozos para el abastecimiento de la ciudad de Hermosillo.

4.3.4.1. Sistema de información.

Es necesario que el organismo operador cuente con un sistema de información confiable sobre las extracciones que realiza en todas las zonas de captación, a fin de mejorar la eficiencia del uso y manejo que hace del agua; las estadísticas que se tienen actualmente muestran grandes inconsistencias, lo que hace presumir de la manipulación y maquillaje de los datos que presenta.

Integrar la información de la macro-medición en los sistemas de producción y distribución con información de micro-medición de los servicios prestados, para disminuir el porcentaje de agua no contabilizada.

4.3.4.2. Compra de derechos de agua.

Regularizar y formalizar la compra de derechos de agua que realizó en 2006, a agricultores de la Costa de Hermosillo, los cuales a la fecha no se han inscrito en el REPDA, y adquirir los derechos correspondientes para la extracción de mayor volumen de agua, ya que con la perforación de nuevos pozos es posible que tenga capacidad de extraer más agua que la que le fue asignada, en perjuicio del desarrollo sostenible del acuífero.

4.3.4.3. Medición.

Realizar la lectura de medidores mensualmente de cada uno de los pozos, así como del medidor totalizador que se localiza en el cárcamo de rebombeo, para conciliar y reportar correctamente los volúmenes de extracción.

Permitir la verificación periódica del funcionamiento de los equipos y las lecturas reportadas por parte de la Dirección de Agua Potable de la OCNO, para verificar los volúmenes de extracción.

4.3.4.4 Infraestructura.

Al igual que los usuarios agrícolas, la infraestructura es propiedad del organismo operador de agua potable y alcantarillado, sin embargo, es necesario orientar los apoyos gubernamentales hacia el mejoramiento del sistema.

4.3.4.4.1. Sistema de distribución.

Mejorar el sistema de distribución, adicionando válvulas de seccionamiento y medidores de flujo en cada uno de los sectores hidrométricos construidos y retomar el programa de construcción de los sectores faltantes en la red municipal.

4.3.4.4.2. Equipos de bombeo.

Revisión, mantenimiento y rehabilitación de los equipos de bombeo de los pozos localizados en la Costa de Hermosillo, los cuales fueron equipados con equipos electromecánicos que no cumplen con los requerimientos adecuados.

4.3.4.4.3. Medidores de flujo.

Rehabilitar y mantener en buen estado los medidores de flujo instalados y equipar los pozos faltantes, así como los medidores totalizadores de cada una de las zonas de captación y de sectores hidrométricos.

4.3.4.4.4. Control de fugas.

Poner en marcha un programa agresivo de control de fugas, mejorar la eficiencia del sistema para reducir el volumen de agua no contabilizada. Esta acción permitirá el ahorro de agua y retrasar la construcción de nuevas obras de captación que lejos de beneficiar, provocan el deterioro de las fuentes de abastecimiento, con el abatimiento de los niveles de los acuíferos y no coadyuvan al desarrollo sustentable de los mismos.

V. Conclusiones y recomendaciones

La propuesta del modelo de gestión para la administración del acuífero Costa de Hermosillo, permite el aprovechamiento sostenible de esta fuente, a través de incrementar la eficiencia del uso y manejo del recurso hídrico, promueve la acción responsable de los usuarios y dependencias para maximizar la productividad del agua, incrementando su valor intrínseco con equidad en la distribución de los recursos naturales y económicos.

Generar y utilizar el sistema de información integral entre dependencias, así como un Sistema de Información Geográfico (SIG) que mejore el flujo de información entre ellas, permita evaluar el desempeño de los usuarios y programar de manera selectiva las inspecciones necesarias.

El costo de extracción de agua para uso público es 5 veces más caro que para uso agrícola ya que éste no cuenta con el subsidio y los apoyos del sector agrícola, sin embargo, por la falta de fuentes de abastecimiento para satisfacer a la ciudad de Hermosillo se inició la operación de los pozos los Bagotes en la Costa de Hermosillo, surgiendo en esta zona un nuevo usuario que cada día demanda más agua.

A fin de contabilizar las extracciones reales tanto de los pozos para uso público como para uso agrícola en el acuífero Costa Hermosillo, se propone que el control de las mediciones sean verificadas regularmente por la CONAGUA, ya que en el caso de los pozos los Bagotes que cuentan con medidores satelitales, las

lecturas las realiza el organismo operador de agua y en el caso de los pozos agrícolas la lectura de medidores corre a cargo de la AUDR051.

5.1. Uso agrícola.

El aprovechamiento de agua para uso agrícola en el DR051, redujo su eficiencia bruta en 5.4% en el ciclo 2007-2008 con respecto al ciclo agrícola anterior, presionando aún más la sostenibilidad del acuífero.

El subsidio a la energía es un factor que influye en el dispendio del agua, permite que se extraigan grandes volúmenes de agua incrementando las láminas de riego necesarias para cada uno de los cultivos, poco interés por mejorar la eficiencia de los equipos, el retraso en el incremento de las superficies con riego tecnificado y, la producción de cultivos no rentables y de gran consumo de agua.

Hay poco interés para cuidar este insumo, a pesar de que se ha demostrado que el incremento a las tarifas de energía eléctrica provoca la disminución del consumo de agua para uso agropecuario de hasta un 15% y se incentiva paulatinamente una tecnología de riego más eficiente, además de obtenerse un beneficio directo por la disminución del uso de energía eléctrica.

Los subsidios al campo están orientados al consumo, por lo que se recomienda orientarlos hacia la productividad y con mayor impacto a los sectores con menor capacidad económica que promueva la mejoría de los sistemas de riego y el uso eficiente del recurso hídrico.

Se recomienda la aplicación de las sanciones estipuladas en la LAN sobre el retiro parcial o total del volumen concesionado a los usuarios agrícolas que no

la utilizan y, la penalización de la pérdida de derechos por no utilizar el recurso por 2 años consecutivos como lo marca la LAN.

A fin de que la Jefatura del DR051 para que cumpla adecuadamente con sus funciones, se recomienda Incrementar el porcentaje de los recursos obtenidos por cuotas de los usuarios agrícolas a la

Es importante promover el uso de nuevas tecnologías a los productores que optimicen el uso de los recursos naturales, los insumos y obtener mayores beneficios.

5.2. Uso público.

La compra de derechos de agua para uso público en 2006 se realizó de manera irregular, utilizando recurso del programa PADUA administrado por SAGARPA y con recursos estatales, por lo cual no se han regularizados los derechos en el REPDA. Tampoco se ha cumplido con el compromiso de utilizar 2 terceras partes de los derechos adquiridos, ya que se está extrayendo todo el volumen posible, además se están perforando 4 nuevos pozos en esta zona.

El organismo operador debe pagar anualmente a la CONAGUA los derechos de extracción, mismos que son devueltos de acuerdo al programa PRODDER administrado por CONAGUA con el compromiso de invertirlos junto con otra cantidad igual en infraestructura. La necesidad de contar con mayor volumen de agua para satisfacer las necesidades de la población es quizá la razón por la que no se reportan con exactitud las extracciones realizadas.

Se recomienda mejorar la eficiencia neta del abastecimiento de agua potable a la ciudad, con el objeto de reducir el porcentaje de pérdidas de agua en

la red e incrementar la eficiencia comercial, de manera que el organismo obtenga los recursos económicos para mantener en buen estado el sistema.

5.3. Aportaciones originales.

5.3.1. Modelo de gestión.

El diagnóstico del modelo de gestión actual que permite identificar la problemática en las prácticas administrativas del acuífero en la que están involucrados todos los actores.

La propuesta del modelo de gestión para la administración del acuífero de la Costa de Hermosillo, que pretende en la medida de lo posible la preservación del almacenamiento actual del acuífero en cantidad y calidad suficientes para las futuras generaciones.

5.3.2. Metodología para la estimación de extracciones.

Se estableció la metodología para determinar la eficiencia en el uso de la energía por volumen extraído, con el fin de alimentar el SIG y actualizarlo periódicamente para darle seguimiento al uso y manejo del agua del acuífero.

5.3.3. Sistema de Información Geográfico (SIG).

Se aportan los elementos básicos para el SIG con ArcGIS 9 v9.2, el cual debe actualizarse permanentemente para crear la plataforma de información para el seguimiento de los usuarios del recurso hídrico.

En la figura 33 se presenta un ejemplo de la selección por atributos, en la cual se muestran resaltados los pozos que extraen más de 2,000 millares m³, así

mismo en la figura 34 se seleccionaron los pozos con una relación extracción/dotación de 3 o más y se señalo un pozo para desplegar sus características y datos con que se alimentó el sistema.

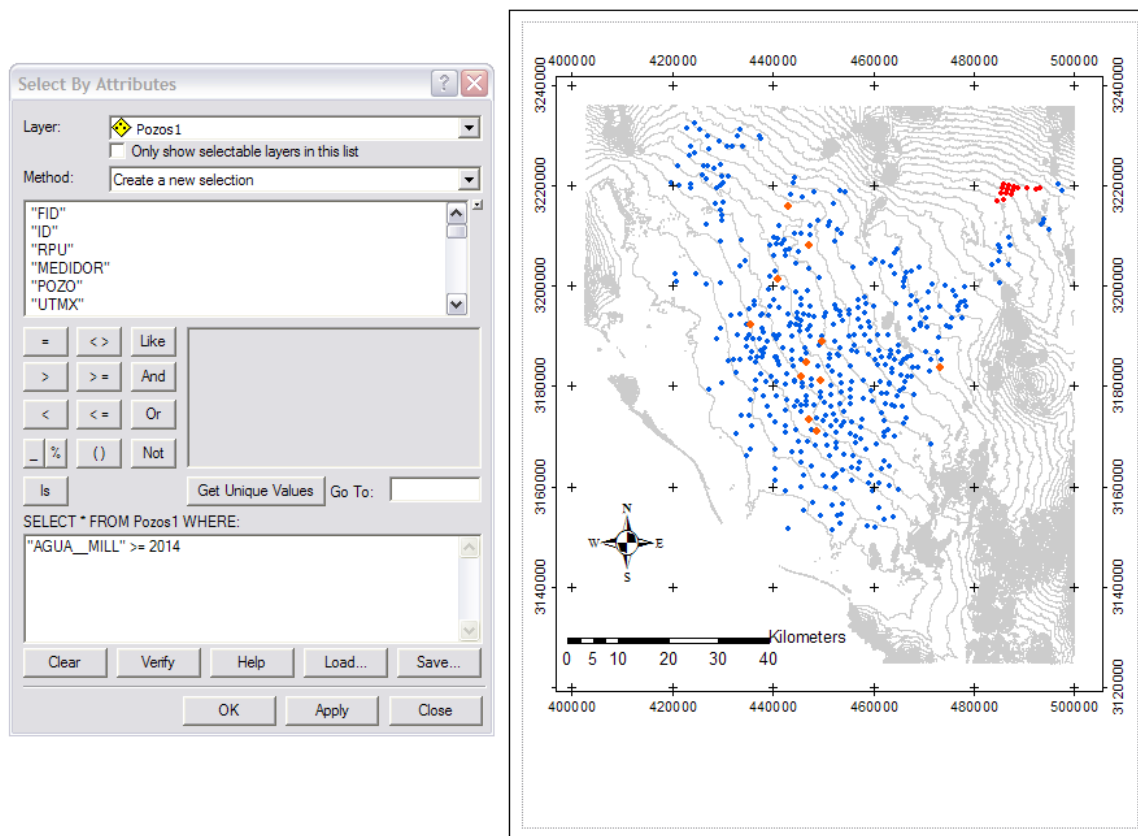


Figura 33. Selección por atributos.

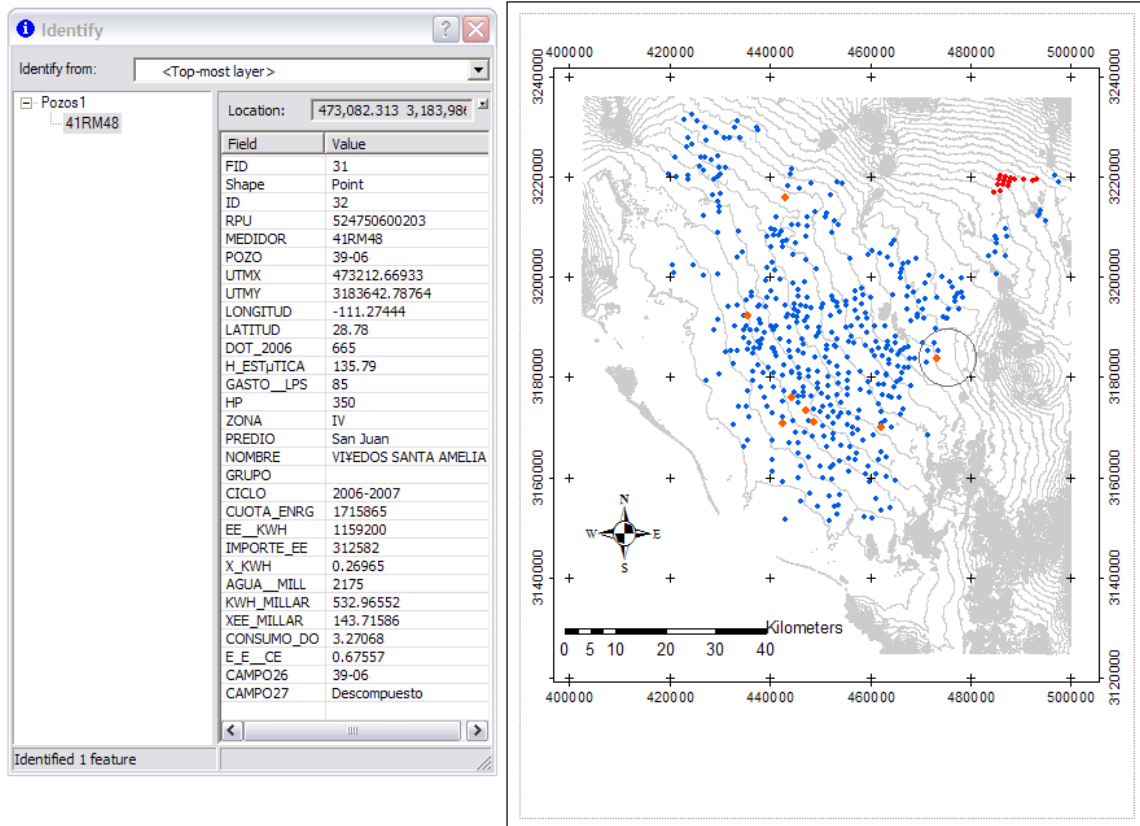


Figura 34. Información específica de un pozo.

5.4. Investigaciones futuras.

Es importante seguir analizando y estudiando a profundidad cada uno de los aspectos que inciden en el comportamiento del acuífero, la forma en que es utilizado, el impacto que tienen las prácticas actuales de explotación y el uso de los recursos naturales, la producción de cultivos agrícolas y, la eficiencia en el suministro a la población.

Los trabajos de investigación futura propuestos, para complementar y profundizar en el estudio de la gestión administrativa del acuífero, son:

5.4.1. Uso agrícola.

- . Eficiencia electromecánica de los equipos de bombeo.
- . Conocimiento amplio sobre el ciclo hidrológico en esta zona.
- . Estimación de la evo-transpiración promedio.
- . Análisis de la calidad del agua y determinación de la contaminación por agroquímicos e intrusión salina.
- . Evaluación del impacto socioeconómico de la reducción de la superficie de cultivo y la reconversión de cultivos con baja rentabilidad por cultivos de mayor rentabilidad y menor consumo de agua.

5.4.2. Uso público.

- . Evaluación de la eficiencia del suministro de agua a la población urbana y rural.
- . Eficiencia electromecánica de los equipos de bombeo.
- . Evaluación de la eficiencia de los sectores hidrométricos.

Referencias y bibliografía consultada

AGUAH. 2008. Anuario 2007. [ed.] Agua de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México :

http://www.aguadehermosillo.gob.mx/inicio/downloads/organismo/agua_nums/anuario2007.pdf., Abril de 2008.

Ariel Construcciones, S. A. 1968. Estudio hidrogeológico completos de los acuíferos de la Costa de Hermosillo, Sonora, México. 1968.

Ávila, S. Muños, C. Jaramillo, J. Martinez. 2005. *Un análisis del subsidio a la tarifa 09.* s.l. : Instituto Nacional de Ecología, 2005.

Ballesteros et al. 2005. Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas. Santiago de Chile, Chile : CEPAL, Marzo de 2005.

Castro, y Barrantes G. 1998. El presupuesto de aguas en Costa Rica: Cuantificación física de oferta y demanda. Heredia, Costa Rica : Empresa de Servicios Públicos de Heredia ESPH-SEED, 1998.

Cirelli, Claudia. 1999. El agua agrícola para las zonas urbanas. San Luis Potosí, SLP, México : Colegio de San Luis Potosí, 1999.

CONAGUA. 2009. Atlas del agua en México. México, D.F., México : SEMARNAT, Noviembre de 2009.

— **. 2002.** Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero Costa de Hermosillo, Son. México, D.F., México : CONAGUA, 30 de Abril de 2002.

— **. 1999.** Estimación de volúmenes de agua subterránea extraídos para uso agrícola en las zonas Costa de Hermosillo, Son. y Janos, Chihuahua, aplicando

técnicas de percepción remota. Hermosillo, Sonora, México : Subdirección General Técnica; Gerencia de aguas subterráneas, 1999.

—. **2007.** Informe de las características de Consejos, Comisiones, Comites, COTAS y Playas. México, D.F., México : CONAGUA, 31 de Diciembre de 2007.

—. **2008.** Lineamientos para la asignación de recursos para acciones de mejoramiento de eficiencia y de infraestructura. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 25 de Julio de 2008.

—. **2006.** Título de Concesión. Hermosillo, Sonora, México : s.n., 12 de Septiembre de 2006.

CONAPO. 2009. Proyección de población por municipios a mitad del año 2005-2030. México : CONAPO, 2009. <http://www.conapo.gob.mx/>.

Easterling. 2007. Climate change and the adequacy of food and timber in the 21st century. s.l., USA : Proc Nai Acad Sci, 2007. Vol. 104:19679.

Energía, Secretaria de. 2002. Ley de Energía para el Campo. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 30 de Diciembre de 2002.

—. **1995.** Norma Oficial Mexicana NOM-001-ENER-1995, Eficiencia energética de bombas verticales tipo turbina con motor externo.- Límites y método de prueba. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 22 de Diciembre de 1995.

Freeman. 2003. The measurement of environmental and resource values: theory and methods. Washington D.D., USA : Resources for the future, 2003.

INEGI. 2009. Anuario estadístico Sonora. s.l., México : Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009.

Leyva, Jesús. 2004. Determinación de volumen extraído de agua subterránea en pozos agrícolas de la Costa de Hermosillo, con base en su consumo de energía eléctrica. Hermosillo, Sonora, México : CONAGUA, 2004.

Monreal, R. Rangel, M. Castillo, J. Morales, M. 2002. Estudio de cuantificación de la recarga del acuífero de la Costa de Hermosillo, Municipio de Hermosillo, Sonora, México. s.l. : Universidad de Sonora., 2002.

Moreno, Vázquez José Luis. 2006. *Por abajo del agua.* Hermosillo : Colegio de Sonora, 2006. ISBN: 968-6755-55-1.

Moriarty, Butterworth and Batchelor. 2006. La gestión integrada de los recurso hídricos y el subsector de agua y saneamiento doméstico. s.l. : IRC International Water and Sanitation Centre, Abril de 2006. ISBN: 978-90-6687-063-5.

ONU. 2007. El agua, una responsabilidad compartida. s.l. : 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de Recursos Hídricos en el Mundo., 2007. UN-WATER/WWAP/2007/02.

—. 2001. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas. 2001.

Pérez, Roas José. 2000. Valoración económica del agua. Mérida, Venezuela : Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial CIDIAT. Universidad de los Andes, 2000.

Quevedo, Jose Luis. 2007. Propuesta de acción para la gestión integrada en la Costa de Hermosillo, Sonora. *Tesina para obtener el diploma de Especialidad en Gestión Integrada de Cuencas Hidrológicas.* Hermosillo, Sonora, México : Colegio de Sonora, Junio de 2007.

Rangel M., Monreal, Morales, Castillo. 2004. Estimation of the vulnerability to saline intrusion of the Coast of Hermosillo acuífer, Sonora, México. s.l. : Geofísica Internacional, 2004. Vols. 43:61-62.

SAGARPA. 2009. ACUERDO por el que se dan a conocer las Reglas de Operación de los Programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, que se indican. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 29 de Diciembre de 2009.

— **2005.** Acuerdo que modifica los Lineamientos por los que se regula el Programa Especial de Energía para el Campo. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 3 de Agosto de 2005.

— **2005.** Lineamientos por los que se regula el Programa Especial de Energía para el Campo en materia de energía eléctrica de uso agrícola. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 4 de Abril de 2005.

— **2004.** Modificaciones y adiciones a las reglas de operación del PADUA. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 23 de Abril de 2004.

— **2007.** Modificaciones y adiciones al Acuerdo que establece el lineamiento para la aplicación del subsidio de apoyo al diesel para actividades agropecuarias en el marco de las Reglas de Operación del Programa de Apoyos a la Competitividad por Ramas de Producción,. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 26 de Abril de 2007.

— **2003.** Programa de Adecuación de Derechos de Uso del Agua y Redimensionamiento de Distritos de Riego. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 12 de Agosto de 2003.

—. **2003.** Reglamento de la Ley de Energía para el Campo. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 4 de Diciembre de 2003.

—. **2002.** Reglas de operación del programa de apoyos directos al campo (PROCAMPO), para los ciclos agrícolas primavera-verano 2002 y otoño-invierno 2002/2003. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 20 de Febrero de 2002.

Saiz, y Vega L. 1995. Estudio de balance de agua en la zona agrícola de la Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México : Boletín del Departamento de Geología, 1995. Vol. 12.

Salud, Secretaria de. 2009. Ley General de Salud. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 30 de Diciembre de 2009.

—. **2000.** Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 22 de Noviembre de 2000.

Sanchez, Dario y Arlex. 2004. Uso eficiente del agua. s.l. : IRC International Water and Sanitation Center, Febrero de 2004. ISBN: 978-90-6687-060-4.

SantaCruz, German. 2007. Hacia una gestión integral de los recursos hídricos en la Cuenca del Río Valles, Huasteca, México. San Luis Potosí, SLP, México : Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Julio de 2007.

SARH. 1994. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 12 de Enero de 1994.

SEGOB. 2009. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México, D.F., Mexico : Diario Oficial de la Federación, 24 de Agosto de 2009.

SEMARNAP. 1998. Aclaraciones a la NOM-ECOL-001-1996. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 3 de Junio de 1998.

—. **1997.** NOM-003-CNA-1997. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 3 de FEBRERO de 1997.

—. **1997.** NOM-004-CNA-1997. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 8 de Agosto de 1997.

—. **1997.** NOM-ECOL-001-1996. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 6 de Enero de 1997.

—. **1998.** NOM-ECOL-002-1996. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 3 de Junio de 1998.

—. **1998.** NOM-ECOL-003-1997. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 21 de Septiembre de 1998.

SEMARNAT. 2003. 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. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 31 de Enero de 2003.

—. **2001.** Acuerdo por el que se establece y da a conocer al público en general la denominación única de los acuíferos reconocidos en el territorio de los Estados Unidos Mexicanos, por la Comisión Nacional del Agua, y la homologación de los nombres de los acuíferos . México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 5 de Diciembre de 2001.

— **2005.** Acuerdo que modifica los Lineamientos por los que se regula el Programa Especial de Energía para el Campo. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 3 de Agosto de 2005.

— **2002.** Decreto por el que se reforma el artículo 13 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 29 de Agosto de 2002.

— **2007.** Estadística del agua 2007. s.l. : SEMARNAT, 2007.

— **2005.** Estadísticas climatológicas básicas del estado de Sonora (periodo 1961-2003). s.l. : INIFAP Centro de Investigación Regional del Noroeste, Diciembre de 2005.

— **2009.** Estadísticas del agua en México, 2008. México : SEMARNAT, Agosto de 2009.

— **2008.** Ley de Aguas Nacionales. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 18 de Abril de 2008.

— **2008.** Ley de Aguas Nacionales. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 18 de Abril de 2008.

— **2008.** Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 16 de Mayo de 2008.

— **2002.** 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. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 17 de Abril de 2002.

—. **2002.** Reglas de Organización y Operación del Registro Público de Derechos de Agua. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 6 de Diciembre de 2002.

SHCP. 2009. Ley Federal de Derechos. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 27 de Noviembre de 2009. Vols. Últimas Reformas DOF 27-11-2009.

—. **2007.** Ley Federal de Derechos. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 27 de Diciembre de 2007.

—. **2006.** Presupuesto de egresos de la federación para el ejercicio fiscal 2007. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 28 de Diciembre de 2006.

Silva, Ochoa Paula. 2004. Reuso del agua en la agricultura. *El futuro del agua en México.* México, D.F., México : El Colegio de México, 2004.

SMN. 2010. Normales Climatológicas 1971-2000 Estación 26138, Hermosillo, Sonora. México, D.F., México : CONAGUA, 2010.
<http://smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/son/NORMAL26130.TXT>.

Sonora, Estado de. 2006. Ley # 249, de Agua del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México : Boletín Oficial # 51, Sección 1, 26 de Junio de 2006. Tomo CLXXVII.

Sonora, Gobierno del Estado. 2008. 5to. Informe de Gobierno. Hermosillo : Gobierno del Estado de Sonora, 2008.

SRH. 1963. Decreto por el que se amplía el Distrito Nacional de Riego de la Costa de Hermosillo, Estado de Sonora. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 2 de Marzo de 1963.

— **1989.** Decreto por el que se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo desconcentrado de la SECRETARIA de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 16 de Enero de 1989.

— **1967.** Decreto por medio del cual se amplía la zona de veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la costa de Hermosillo, Son. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 2 de Junio de 1967.

— **1954.** Decreto que amplía la zona vedada para alumbramiento de aguas del subsuelo de la Costa de Hermosillo, Son., comprendida en los Municipios de Villa de Seris y Hermosillo, hasta los límites del Distrito de Riego del mismo nombre. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 11 de Diciembre de 1954.

— **1953.** Decreto que crea el Distrito de Riego de la Costa de Hermosillo, Son. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 18 de Diciembre de 1953.

— **1951.** Decreto que establece por tiempo indefinido, en la región de la Costa de Hermosillo, Son., comprendida en los Municipios de Villa de Seris y Hermosillo, veda, para el alumbramiento de aguas del subsuelo. México, D.F., México : Diario Oficial de la Federación, 11 de Julio de 1951.

UNISON. 2001. Estudio de cuantificación de la recarga del acuífero de la Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México : Comision NAcional del Agua. Gerencia Regional Noroeste. Subgerencia Técnica, 21 de Diciembre de 2001.

Ward, N. and Pulido V. 2008. Water conservation in irrigation can increase water use. [ed.] Partha Sarathi Dasgupta. Cambridge, USA : University of Cambridge, 23 de Septiembre de 2008.

Anexo 1. Temperaturas 2009 Costa de Hermosillo.

Temperaturas máximas 2009. Estaciones climatológicas Costa de Hermosillo.

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
El Bervano	30.50	36.90	36.20	39.30	40.10	40.20	42.70	43.10	41.70	39.10	35.70	28.20
Don Enrique	31.10	38.00	37.50	40.00	41.00	40.60	43.20	44.00	43.10	39.50	36.90	29.90
El Chalcate	31.40	37.40	36.90	40.10	42.00	41.40	46.00	43.80	43.40	39.10	37.30	28.60
El Compa	30.50	36.00	36.60	-	38.90	39.00	42.30	41.50	40.50	38.50	35.60	27.80
El Rosario	31.00	37.50	36.10	39.10	40.90	40.80	42.90	42.80	41.80	38.90	36.20	28.10
Hércules	31.20	35.60	35.80	39.10	47.20	38.80	41.30	41.50	41.50	38.70	35.00	28.50
INIFAP	31.20	36.30	35.50	38.60	40.90	40.80	42.70	43.60	41.70	39.50	36.10	27.40
PERICO 1	29.80	34.60	36.10	38.20	38.70	38.60	42.10	41.60	40.10	38.90	34.80	27.40
PERICO 2	31.10	38.10	37.40	39.90	39.90	41.00	43.00	43.20	41.50	39.10	36.10	28.60
La Perseverancia	31.20	36.70	36.50	39.10	47.20	39.70	42.60	42.10	40.50	38.70	35.50	28.50
San Carlos	31.00	36.60	38.20	36.70	38.60	39.00	40.10	41.40	40.40	37.50	35.10	27.70
Santa Inés	30.60	37.30	36.50	38.90	39.60	40.60	43.10	44.10	42.20	39.10	36.40	29.10
Agroind. Sonora	31.60	37.90	36.60	40.10	41.20	41.50	46.20	43.80	42.50	39.20	36.40	28.70

Temperaturas promedio 2009. Estaciones climatológicas Costa de Hermosillo.

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
El Bervano	15.71	16.48	18.81	20.96	26.82	28.58	32.39	32.18	29.73	24.27	20.05	14.15
Don Enrique	16.19	17.28	19.17	20.42	26.10	27.78	32.21	32.29	30.03	23.68	19.26	13.99
El Chalcate	15.98	16.90	18.67	20.00	25.57	27.41	32.32	31.95	29.56	23.18	18.75	13.60
El Compa	14.82	15.66	18.13	-	25.94	28.00	31.75	31.75	28.78	23.31	18.62	12.90
El Rosario	16.01	16.99	18.62	20.36	26.35	28.42	32.70	32.07	29.90	23.60	19.39	14.04
Hércules	14.89	15.61	17.85	20.38	25.79	27.78	31.69	31.54	29.07	23.46	18.76	13.27
INIFAP	15.08	15.90	17.70	19.73	26.66	28.77	32.56	32.54	29.94	24.07	19.86	14.08
PERICO 1	14.67	15.55	17.98	20.07	25.91	28.13	31.78	31.91	28.71	23.46	18.86	13.79
PERICO 2	15.84	17.08	23.55	25.26	26.92	30.81	32.59	32.29	30.12	24.07	19.99	14.23
La Perseverancia	15.37	16.45	18.77	20.24	26.20	28.06	31.75	31.58	29.18	23.30	18.87	13.46
San Carlos	15.37	16.32	18.32	20.01	25.36	28.09	31.88	32.10	29.00	23.33	18.36	13.16
Santa Inés	16.25	17.25	18.96	20.24	25.76	27.66	32.13	32.00	29.74	23.51	19.33	14.23
Agroind. Sonora	16.03	17.27	19.08	20.27	25.61	27.29	32.08	31.69	29.41	23.50	18.94	13.27

Temperaturas mínimas 2009. Estaciones climatológicas Costa de Hermosillo.

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
El Bervano	0.60	1.60	3.70	5.00	10.50	15.80	24.70	23.70	18.10	6.30	7.70	0.60
Don Enrique	0.20	0.70	3.40	5.10	9.20	13.70	23.70	21.60	16.20	2.80	5.00	1.80
El Chalcate	0.10	1.90	2.90	4.20	8.00	12.70	22.40	21.10	16.40	2.40	6.00	1.00
El Compa	0.60	-	0.30	2.20	-	11.50	15.90	24.20	23.70	16.50	3.70	0.10
El Rosario	0.20	0.90	3.40	6.60	10.40	15.40	24.00	22.50	16.80	4.30	5.50	1.30
Hércules	0.10	0.50	1.60	5.80	12.00	15.30	24.00	21.40	16.10	4.80	6.40	1.00
INIFAP	-	0.70	-	0.40	2.30	3.60	9.70	15.80	24.10	21.60	16.30	0.50
PERICO 1	1.00	0.10	2.70	5.60	9.70	15.80	24.10	23.80	16.20	3.60	6.10	0.40
PERICO 2	0.70	2.10	9.40	8.60	11.50	17.20	23.70	21.60	17.90	5.70	6.20	0.90
La Perseverancia	1.50	1.00	3.20	5.80	12.00	16.30	24.50	21.10	17.40	4.20	7.70	0.30
San Carlos	1.90	1.10	4.80	6.30	9.20	15.40	24.60	24.60	16.90	4.10	6.00	0.10
Santa Inés	0.90	1.10	3.80	5.10	9.90	14.00	23.60	21.70	16.40	3.30	6.50	0.20
Agroind. Sonora	-	0.30	0.70	5.40	8.70	12.80	23.00	22.10	15.40	2.30	4.10	2.30

Anexo 2. Precipitación y Evapotranspiración.

Precipitación mensual 2009. Estaciones climatológicas Costa de Hermosillo.

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
El Bervano	0.20	3.00	-	-	-	5.80	0.60	0.80	0.20	0.20	-	-	10.80
Don Enrique	-	-	-	-	-	-	3.60	6.00	3.20	7.20	-	-	20.00
El Chalete	0.90	0.40	-	-	0.10	0.20	-	7.80	16.10	1.30	0.80	-	27.60
El Compa	-	1.60	-	-	-	24.20	8.40	20.60	64.00	21.40	1.80	-	142.00
El Rosario	0.50	1.40	0.10	-	0.10	2.90	2.40	42.30	0.70	7.30	-	0.10	57.80
Hércules	0.80	1.20	-	0.20	25.60	3.40	21.00	22.40	13.60	4.60	8.20	-	101.00
INIFAP	0.20	0.20	-	-	-	8.40	7.40	17.00	18.80	4.20	-	-	56.20
PERICO 1	0.60	1.50	0.10	-	0.40	0.30	9.00	13.00	48.00	5.60	2.10	0.10	80.70
PERICO 2	-	1.10	-	-	-	13.20	10.30	26.40	5.60	7.00	0.40	-	64.00
La Perseverancia	0.80	0.80	-	0.20	25.60	4.80	58.60	49.60	8.20	6.00	-	-	154.60
San Carlos	-	3.20	-	0.20	-	15.00	13.40	10.00	91.80	23.60	9.80	-	167.00
Santa Inés	0.50	0.60	-	0.10	-	2.90	8.40	10.70	3.70	8.30	0.30	0.50	36.00
Agroind. Sonora	1.80	0.40	-	-	-	0.20	13.20	37.00	0.20	7.80	-	-	60.60

Evapotranspiración mensual 2009. Estaciones climatológicas Costa de Hermosillo.

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Evapotranspiración
El Bervano	95.20	113.60	157.20	194.70	225.80	204.00	142.10	207.80	97.20	143.00	92.70	76.60	1,749.90
Don Enrique	71.20	83.80	106.70	131.70	155.80	145.30	104.00	165.70	82.30	101.00	67.10	60.60	1,275.20
El Chalete	101.50	119.30	139.30	147.70	205.20	169.10	170.70	189.90	94.50	139.50	91.80	89.10	1,657.60
El Compa	93.40	117.90	159.80	-	232.60	206.80	137.90	205.30	92.60	138.90	91.30	74.20	1,550.70
El Rosario	99.30	121.40	158.10	197.00	253.50	225.60	156.20	213.50	106.70	142.80	100.40	92.10	1,866.60
Hércules	95.40	110.40	152.50	190.60	203.10	196.80	142.50	210.80	102.20	143.30	87.20	75.80	1,710.60
INIFAP	107.00	127.10	160.70	203.60	253.60	228.70	149.80	223.30	105.40	152.70	107.10	94.50	1,913.50
PERICO 1	104.00	125.50	167.40	207.80	252.50	221.70	148.60	221.40	92.30	151.40	105.60	97.30	1,895.50
PERICO 2	83.70	106.60	150.70	188.50	218.00	167.20	140.00	195.50	97.20	136.10	97.00	86.30	1,666.80
La Perseverancia	88.80	108.70	152.30	181.90	229.20	200.00	132.90	191.80	94.20	127.00	79.10	66.00	1,651.90
San Carlos	93.40	115.00	150.40	185.80	247.80	223.60	148.70	221.50	97.10	144.60	95.40	84.30	1,807.60
Santa Inés	91.10	109.30	145.10	186.80	221.90	160.10	136.10	194.50	96.10	127.80	87.40	79.70	1,635.90
Agroind. Sonora	103.00	126.90	166.40	200.40	228.90	210.80	190.40	202.80	101.90	146.80	97.00	81.20	1,856.50

Anexo 3. Instrumentos jurídicos.

La legislación vigente en materia de agua entre las que se encuentran la LGEEPA, LAN y su reglamento y la LFD, contemplan instrumentos que permitan la adecuada administración de los recursos naturales, tales como:

1. Instrumentos económicos.

En materia de agua, se reconoce el valor económico de este recurso y el costo de oportunidad de la contaminación, a través del pago de derechos del uso del agua y de las descargas de aguas residuales. La LFD establece las tarifas para cada uno de los usos a que se destina el agua. En esta tesis se hace referencia a las tarifas del año 2007, mismas que se mantienen vigentes durante el 2008 (SHCP, 2007) y las vigentes en 2010 (SHCP, 2009).

El artículo 224 de la LFD establece la exención del pago de derechos por el volumen concesionado para el uso agropecuario, incluyendo a los distritos y unidades de riego, entre otros. En el apartado C del artículo 223, estipula el pago en 2010 de \$0.1295 por cada metro cúbico que exceda el volumen concesionado a los usuarios agropecuarios.

La LFD clasifica en 9 zonas de disponibilidad a cada uno de los municipios del país en función de la disponibilidad del recurso hídrico, para establecer las tarifas para los diversos usuarios de las aguas nacionales. El municipio de Hermosillo se localiza en la zona 4, las tarifas que aplican se presenta en la tabla 35.

Tabla 35. Tarifas de aguas nacionales para diversos usos.

Uso:	Unidad	2007 y 2008	2010
Régimen general	m ³	\$9.1113	\$10.0589
Uso Público (consumo>300l/h/d)	Millar de m ³	\$656.3717	\$724.63
Uso Público (consumo<300l/h/d)	Millar de m ³	\$328.1859	\$362.32
Agrícola (volumen concesionado)		Exento de pago	Exento de pago
Agrícola (Excedente al volumen concesionado)	m ³	\$0.1173	\$0.1295
Balnearios y Centros recreativos	Millar de m ³	\$9.4231	\$10.4031
Generación hidroeléctrica	Millar de m ³	\$3.482	\$3.8446
Acuacultura	Millar de m ³	\$2.7050	\$2.9863

Fuente: (SHCP, 2007) y (SHCP, 2009)

La LAN en su artículo 29 establece tanto los derechos como las obligaciones de los concesionarios o asignatarios, entre las que se encuentra el pago puntual de los derechos fiscales.

2. Instrumentos de orden y control.

Medición. Los concesionarios o asignatarios deben instalar dispositivos de medición, conservarlos y mantenerlos en buen estado y reportar a la autoridad cuando dejen de funcionar. También deben permitir la inspección de la CONAGUA para verificar el funcionamiento y precisión de los medidores y la lectura de los mismos.

Sanciones. En caso de incumplimiento de las obligaciones de los concesionarios y asignatarios se aplican las sanciones que se establecen en la ley y sus reglamentos, tales como: la reducción del volumen concesionado o asignado y hasta perder los derechos de uso del agua.

La suspensión de la concesión o asignación procederá cuando no se cubran los pagos correspondientes, se obstaculice el ejercicio de las facultades de

inspección, medición y verificación de la infraestructura hidráulica; no se cumpla con las condiciones del título de concesión o asignación; cuando se deje parcial o totalmente de explotar, usar o aprovechar las aguas nacionales durante dos años consecutivos o se transmitan sus derechos temporalmente.

En el caso específico del DR051 no se han suspendido los derechos de concesión a los usuarios que han dejado de utilizar el agua, o bien, que la transmiten temporalmente a través de la venta de agua en cada ciclo agrícola, por las condiciones en que se otorgó el título de concesión global a la Asociación de Usuarios AUDR051, mismo que se encuentra próximo a renovarse y en el que se están realizando los cambios necesarios, para permitir la correcta aplicación de la LAN y su reglamento que también está en proceso de modificación para no contravenir lo establecido en la ley, como sucede actualmente.

3. Instrumentos regulatorios.

Los instrumentos regulatorios se refieren principalmente al otorgamiento de concesiones, asignaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales y a los permisos de descarga de aguas residuales.

El REPDA proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación o permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos (SEMARNAT, 2002).

4. Instrumentos participativos.

La LAN promueve la descentralización y participación de los tres órdenes de gobierno, de los usuarios del agua y de las organizaciones de la sociedad para

la gestión de los recursos hídricos, a través del consejo consultivo, los consejos de cuenca, las comisiones de cuenca, los consejos técnicos de aguas subterráneas (COTAS) y las asociaciones de usuarios.

Anexo 4. Normas Oficiales Mexicanas.

En este documento solo se señalan las NOM que están relacionadas con esta investigación, con la finalidad de identificar las aquellas que no se cumplen total o parcialmente.

1. Emitidas por SEMARNAT:

NOM-ECOL-001-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (SEMARNAP, 1997), complementada con Aclaraciones (SEMARNAP, 1998).

NOM-ECOL-002-1996. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal (SEMARNAP, 1998).

NOM-ECOL-003-1997. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reusen en servicios públicos (SEMARNAP, 1998).

Observaciones:

Actualmente no se cumple con estas normas ya que el agua residual de la ciudad es descargada sin ningún tratamiento, parte es utilizada en la planta generadora de energía eléctrica de ciclo combinado y el resto se utiliza para riego agrícola. Este año se lanzó la convocatoria para la construcción de la planta de tratamiento del agua residual de la ciudad.

2. Emitidas por CONAGUA:

NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos (SEMARNAP, 1997).

NOM-004-CNA-1997. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general (SEMARNAP, 1997).

NOM-011-CNA-2000. Establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales (SEMARNAT, 2002).

3. Emitidas por la Secretaria de Salud:

NOM-SSA-127-1994. Límites permisibles de calidad y tratamiento que debe someterse el agua para su potabilización. (Salud, 2000).

Observaciones:

Definitivamente esta norma no se cumple en el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Hermosillo y áreas rurales, principalmente por el alto contenido de flúor y en algunos casos de arsénico del agua subterránea.

4. Emitidas por la Secretaría de Energía:

NOM-006-ENER-1995. Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación. Límites y métodos de prueba (Energía, 1995).

Se propone en investigaciones futuras revisar la eficiencia de los equipos electromecánicos de bombeo, ya que hay evidencia indirecta que tanto los pozos agrícolas como los de uso público trabajan con muy baja eficiencia, con lo cual se incrementa el consumo de energía eléctrica encareciendo los costos de extracción de agua.

Anexo 5. Programas de apoyo al campo.

Los programas vigentes para el sector agrícola, administrados por SAGARPA son:

1. Programa de apoyo directo al campo (PROCAMPO).

Este programa se instrumentó a finales del año 1993, como un mecanismo para la transferencia de recursos para compensar a los productores nacionales por los subsidios que reciben sus competidores extranjeros, en sustitución al esquema de precios de garantía de granos y oleaginosas. Su objetivo es mejorar el nivel de ingreso de las familias rurales, principalmente de aquellos productores que destinan su producción al autoconsumo y que por no comercializan su cosecha, por lo que se encontraban al margen de los sistemas de apoyo anteriores. (SAGARPA, 2002).

Los lineamientos para la aplicación de este apoyo se elaboraron en 2002 y continúan vigentes en 2010, hasta que no se emitan nuevas disposiciones del ejecutivo federal, (SAGARPA, 2009). El monto de este apoyo es de \$963.00/ha.

2. Programa para la adquisición de activos productivos.

El objetivo de este programa es incrementar los niveles de capitalización de las unidades económicas de los productores rurales, a través del subsidio a la inversión en bienes de capital, para la producción, sanidad e inocuidad, procesos para dar valor agregado a sus productores y acceso a los mercados.

Los recursos que se otorgan a los beneficiarios de este apoyo son para la adquisición de maquinaria y equipo nuevo, material vegetativo e infraestructura,

que satisfagan los requerimientos establecidos para su otorgamiento hasta por el 50% del monto y como máximo \$750,000.00

3. Programa de inducción y desarrollo del financiamiento.

Este programa tiene como objeto ampliar y profundizar el acceso a los servicios financieros en el medio rural. Estos apoyos son diferenciados de acuerdo al grado de marginación socioeconómica del municipio y al tipo de solicitante, atendiendo criterios de equidad a la población objetivo. Los montos son de hasta \$800,000.00 por organización que realice dispersión de créditos en el medio rural. Para intermediarios financieros ya constituidos y en expansión, es del 10% del monto dedicado al sector rural sin rebasar \$2'000,000.00 a y del 30% del monto del crédito destinado al sector rural sin rebasar \$4'000,000.00 en poblaciones de alta o muy alta marginalidad.

4. Programa de uso sustentable de recursos naturales.

Este apoyo es para contribuir a la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria, que permitan el desarrollo de sistemas integrales, obras, acciones y prácticas sustentables que ayuden a rescatar, preservar y potenciar los recursos bioenergéticos e inducir una estructura productiva, así como la conservación y aprovechamiento sustentable del suelo, agua, vegetación y de unidades productivas. El monto máximo del apoyo es de hasta \$750,000.00 por beneficiario

5. Programa de soporte.

El objetivo de este programa es apoyar a la gestión técnica, económica y sanitaria de los productores agropecuarios, acuícolas, pesqueros y rurales, que les permita una inserción sostenible de sus productos en los mercados. El monto del apoyo es variable de acuerdo al tipo de apoyo de que se trate.

7. Programa de atención a problemas estructurales.

El objetivo de este apoyo es contribuir a que los productores agropecuarios y pesqueros incrementen sus márgenes de operación, mediante la entrega de apoyos temporales que compensen sus ingresos y los costos de los insumos energéticos, para fortalecer su participación en los mercados y darles certidumbre en sus procesos de comercialización.

El apoyo complementario al ingreso se refiere a la diferencia entre el ingreso objetivo mínimo y el precio de mercado reconocido por la SAGARPA. En la tabla 36 se presenta el ingreso objetivo para granos y oleaginosas, el monto a distribuir depende de la suficiencia presupuestaria del ejercicio fiscal que le corresponda.

Tabla 36. Ingreso objetivo para los ciclos 2009-2013.

Productos elegibles	Ingreso objetivo (\$/t.)
Maíz	2,100.00
Trigo panificable	2,730.00
Trigo Cristalino	2,415.00
Sorgo	1,785.00
Cártamo	4,200.00
Canola	4,515.00
Algodón Pluma	12,600.00
Arroz	2,940.00
Soya	4,200.00
Girasol	4,200.00
Avena	2,520.00

Fuente: (SAGARPA, 2009).

8. Programa de atención a contingencias climatológicas.

Este programa permite apoyar a productores agropecuarios, pesqueros y acuícolas de bajos ingresos para reincorporarlos a sus actividades productivas en el menor tiempo posible ante la ocurrencia de contingencias climatológicas atípicas, relevantes, no recurrentes e impredecibles.

Los montos otorgados con coparticipación federal del 50% y estatal del 50%, son para cultivos anuales de \$900/ha, para cultivos perennes de \$900.00/ha, para plantaciones de frutales perennes y cultivos de café y nopal hasta \$5,000/ha en todos los casos el apoyo es hasta por 5 hectáreas por productor.

El apoyo para la contratación del seguro agrícola es federal con el 90% y el 10% restante estatal para municipios con alto o muy alto grado de marginación y, del 75% federal y 25% estatal para municipios con mediano, bajo y muy bajo grado de marginación.

9. Programa de fortalecimiento a la organización rural.

Este programa apoya la consolidación de formas de organización social y por sistema-producto representativas, para su efectiva participación consultiva en la instrumentación de políticas, planes y programas de desarrollo rural. Los montos son variables de acuerdo al tipo de organización, para organizaciones sociales hasta por \$5'000,000 por año; comité sistema-productos hasta por \$2'000,000 anuales, siempre y cuando la organización aporte el 15% del monto total de su programa de trabajo

10. Diesel.

El programa de diesel agropecuario a cargo de SAGARPA, tiene el propósito de que los productores agropecuarios del país estén en condiciones de enfrentar una competencia internacional de manera menos desigual e injusta en sus actividades comerciales, mediante la reducción de los costos de producción al otorgar un precio de estímulo al diesel de uso agropecuario. (SAGARPA, 2007). El apoyo al precio del diesel para uso agropecuario es de \$2.00/litro. En la tabla 37 se indica la cuota anual por rangos de acuerdo a la superficie de cultivo y al número de tractores que requiere. Este beneficio es único e intransferible y se aplica a los productores que utilicen maquinaria propia o rentada.

Tabla 37. Cuota anual de diesel por hectárea.

Superficie (ha)	N° de tractores	Cuota (litros)	Cuota máxima (litros)
01 a 37	1	135 a 4,995	5,000
38 a 74	2	5,130 a 9,990	10,000
75 a 111	3	10,125 a 14,985	15,000
112 a 148	4	15,120 a 19,980	20,000
149 a más de 186	5	20,115 a 25,000	25,000