

PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN LOS DISTRITOS DE RIEGO POR BOMBEO DEL ESTADO DE SONORA

Amelia Reyes Martínez

M. en C. en el área de Planificación y Políticas Agrícolas para América Latina y el Caribe

Dra. María Luisa Quintero Soto

*Profesora e Investigadora de Tiempo Completo
Coordinadora de Investigación y Estudios Avanzados de la
Unidad Académica Profesional Nezahualcóyotl
Universidad Autónoma del Estado de México*

Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora

RESUMEN.

La fuerte sobreexplotación y el abatimiento año tras año de los niveles piezométricos en los acuíferos de la Región Noroeste, ha provocado la contaminación del agua por intrusión salina, afectando a varios aprovechamientos que se localizan a lo largo de la franja costera, los cuales se encuentran deshabilitados y una gran extensión de superficie agrícola se encuentra ensalitrada y abandonada. Estos fuertes problemas ambientales han generado también una baja rentabilidad de la actividad agrícola que se desarrolla en tres importantes distritos de riego del estado de Sonora: Altar-Pitiquito-Caborca, Costa de Hermosillo y Guaymas. Para lograr un equilibrio hidrológico de estos acuíferos y para reactivar la agricultura en la zona, las autoridades federales y estatales, en conjunto con los productores han tenido que llevar a cabo una serie de medidas de gran importancia, dentro de las cuales se encuentran: programas anuales de reducción del bombeo, reducción de la superficie regada, reconversión productiva y la tecnificación de los sistemas de riego en áreas destinadas en un gran porcentaje a los cultivos perennes; estas acciones en conjunto están orientadas a lograr una eficiencia en el manejo y aprovechamiento del agua subterránea destinada al riego en la zona.

Palabras Clave: Sobreexplotación, intrusión salina, reducción de bombeo, riego agrícola, superficie ensalitrada, eficiencia del riego.

Problematic of water in the districts of pumping watering of the State of Sonora

ABSTRACT

The strong over exploitation and the depression of the metrification levels (sq. feet) in the aquifers of the Northwest Region year after year, have caused the contamination of water by saline intrusion, affecting several uses located along the coastal fringe, which are now disabled and a great extension of agricultural surface is a salinity one and abandoned. These strong environmental problems have also generated low profitability of the agricultural activity developed in three important districts of watering of the state of Sonora: Altar-Pitiquito-Caborca, Costa de Hermosillo and Guaymas. To achieve a hydrological balance of these aquifers and to reactivate the agriculture in this area, the federal and state authorities, along with the producers have carried out a series of great importance measures, among which are: annual programs of reduction of pumping, reduction of the watered surface, productive reconversion as well as the technical mechanisation of watering systems in areas dedicated mainly to the perennial cultivations; these actions as a whole are guided to achieve an efficiency in the handling and use of underground water dedicated to watering in the area.

Keywords: over exploitation, saline intrusion, reduction of pumping, agricultural watering, salinity surface, efficiency of the watering.

Introducción

En México, debido al acelerado crecimiento de la población, y el desarrollo de sus diversas actividades productivas, no se han considerado los límites potenciales de sus recursos hidráulicos, tanto de fuentes superficiales como subterráneas. El empleo de estos recursos se ha llevado a cabo sin tomar en cuenta un manejo eficiente. Hoy en día, este crecimiento poblacional y económico ejerce mayor presión sobre las reservas de agua en el país, a tal grado, que los volúmenes demandados son mayores que los suministrados.

Esta situación ha provocado problemas de escasez de agua superficial en varias regiones de México, generando a su vez una mayor competencia por el recurso, no sólo al interior de una cuenca entre los diversos usuarios y dentro un mismo sector económico, sino dentro de una misma región y entre diversas regiones, entidades federativas, y por si fuera poco, con el vecino país del norte. De esta forma, la problemática de escasez, mala distribución y uso, competencia, deterioro (contaminación), desconocimiento y el acceso inequitativo al agua, han ocasionado fuertes conflictos sociales.

La baja disponibilidad de agua superficial en varias zonas ha orillado a la población a tener que extraer el agua subterránea, sin una previa planeación de este recurso, lo que ha ocasionado, lo largo de cuatro décadas, la sobreexplotación de diversos acuíferos, hasta el grado de convertirse ya en una amenaza para el desarrollo de las regiones que dependen del agua del subsuelo para realizar las diversas actividades económicas, y para abastecerse de agua potable. En estas regiones, el vertiginoso descenso de los niveles del agua ha traído consigo diversos efectos perjudiciales: en las últimas dos décadas los niveles del agua subterránea han descendido varias decenas de metros con respecto a su nivel natural; en términos generales los niveles estáticos se encuentran entre 50 y más de 120 mts. de la superficie y siguen bajando al ritmo de uno a tres metros por año.

Como consecuencia, existen miles de pozos inutilizados y se presenta una disminución del caudal y rendimiento de muchos más aprovechamientos. Además se tiene un incremento de los costos de construcción de pozos y del bombeo, lo cual ha mermado la rentabilidad de la actividad agrícola. Por otra parte, la sobreexplotación ha traído consigo, fracturas y asentamientos de terrenos; agotamiento de manantiales y contaminación del agua por elementos químicos naturales, como la concentración de arsénico en pozos ubicados en la Región de la Comarca Lagunera en Coahuila y Durango. De igual forma, la sobreexplotación del agua subterránea ha originado problemas de intrusión salina en acuíferos costeros e interiores, que por la concentración del bombeo han sido invadidos por el agua salobre o salada contenida en estratos adyacentes.

En las últimas tres décadas, esta situación se ha generalizado en diversas entidades federativas del país, de tal manera, que entre los casos más graves de sobreexplotación destacan los acuíferos de las zonas urbano-industriales de las ciudades de México, León y Celaya, Guanajuato; Aguascalientes, Aguascalientes; Mérida, Yucatán y San Luis Potosí, así como diversos acuíferos situados en el estado de Querétaro.

El presente trabajo tiene como finalidad demostrar que el desarrollo de la actividad agrícola, en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora, se ha visto seriamente afectado por la problemática de escasez y contaminación del agua subterránea, ocasionando con esto una baja rentabilidad agrícola, que se ve reflejada en los decrementos considerables de las utilidades que generan los cultivos tradicionales en la región y en la sustitución que se ha ido dando paulatinamente, por los cultivos de frutas y hortalizas. La baja rentabilidad de estos cultivos tradicionales se ha propiciado por un lado, por los altos costos del bombeo (al tenerse que extraer el agua a niveles de profundidad mayores), y por otro, por el decremento de los rendimientos de los cultivos que se siembran en suelos con problemas de sales.

Recursos Hídricos en México.

México cuenta con una extensión superficial de aproximadamente 2 Millones de Km², sin embargo cerca del 50% de esta superficie, es de terrenos montañosos, y el 50% restante, le corresponde a terrenos de topografía más o menos plana. Es en estas áreas donde se encuentran asentados los grandes núcleos poblacionales y se llevan a cabo la mayor parte de las actividades económicas. Para el desarrollo de dichas actividades, han sido de vital importancia los recursos hidrológicos, sin embargo la distribución del agua en el territorio nacional es irregular, debido a la gran diversidad fisiográfica y climática.

En México se presenta un promedio anual de 780 mm de precipitación pluvial, que corresponde a un volumen de 1,532 millones de m³. En la zona norte y en el altiplano (a los cuales les corresponde el 52 % del territorio) la media anual es inferior a los 500 mm, y en sólo una porción del sureste (7% del territorio), la precipitación alcanza valores superiores a los 2,000 mm anuales. La distribución orográfica y climática origina (en gran medida) que la mayor parte del territorio sea de zonas semiáridas. Se considera que el 50 % del escurrimiento anual total se concentra en los ríos más caudalosos ubicados en el sureste del país, cuya región hidrológica comprende sólo el 20 % de la superficie total del territorio. De esta forma, el agua se encuentra disponible en escurrimientos superficiales cuyo volumen promedio se estima en 410,164 millones de m³ anuales. Estos escurrimientos se distribuyen en 320 cuencas hidrológicas. En la vertiente del Pacífico, las cuencas más importantes son las de los ríos Yaqui, Fuerte, Mezquital, Lerma, Santiago y Balsas; y en la vertiente del Golfo de México, sobresalen las de los ríos Bravo, Pánuco, Papaloapan, Grijalva y Usumacinta.

Para aprovechar este recurso, en México se cuenta con un sistema de obras hidráulicas para almacenamiento de 125,000 millones de m³, y los lagos y lagunas tienen una capacidad de almacenamiento de 14,000 millones de m³ que en total corresponde al 34 % del escurrimiento anual. De la capacidad total de almacenamiento de agua en presas, el 33 % se utiliza para riego principalmente en las regiones semiáridas del norte y el 37 % se usa en la generación de energía eléctrica, principalmente en el sur del país; y el resto para otros usos (Lomelí, 2006).

Los recursos acuíferos son otra fuente importante de agua en México, sobre todo en aquellas regiones en donde no existen escurrimientos superficiales considerables. En general se puede señalar que la distribución geográfica de la explotación del agua subterránea, en el territorio nacional, se presenta de la siguiente forma: cerca de las dos terceras partes del volumen total extraído se realiza en las regiones áridas, en donde el subsuelo es la principal o la única fuente de abastecimiento, y una tercera parte de la explotación se realiza en el sureste.

De acuerdo con cifras de la Comisión Nacional del Agua, en México se tienen distribuidos en todo su territorio 654 acuíferos, de los cuales 97 están en condiciones de sobreexplotación. Estos acuíferos suministran aproximadamente el 50% de la extracción nacional para todos los usos. Del total de acuíferos sobreexplotados a nivel nacional, 17 de ellos presentan problemas de intrusión salina, estos se encuentran localizados en las costas de los estados de Baja California, Baja California Sur, Colima, Sonora y Veracruz. En el cuadro 1 se puede apreciar el número total de acuíferos por región administrativa.

En cuanto a la disponibilidad del agua subterránea a nivel nacional, para el año 2003 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, la disponibilidad del agua de 188 acuíferos de los 654 que existen en el país. De los 188 acuíferos disponibles, 112 se encuentran sin disponibilidad, la razón de esto es por que 65 de ellos se encuentran sobreexplotados y 47 de ellos se encuentran cerca de la condición de sobreexplotación.

En 1990 se estimaba que la recarga natural era del orden de 40,000 Mm³/año, con una distribución relativa similar a la de la precipitación pluvial, esto es, la recarga es muy pobre en las zonas áridas del país

y se considera casi nula en algunas porciones desérticas; en contraste con esto, es muy abundante en las regiones lluviosas. De forma adicional a la recarga natural se presenta también la recarga inducida por el riego agrícola, la cual es considerable en las zonas irrigadas con agua superficial, cuyo valor se estimó para este año en 15,000 Mm³, la recarga total para este año fue entonces de 55,000 Mm³/año en promedio.

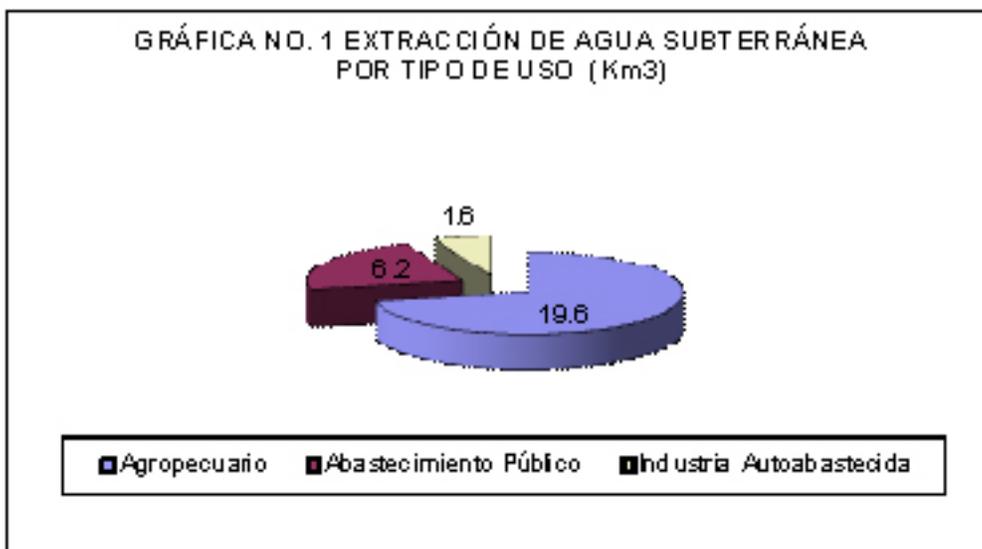
Cuadro 1. Número de Acuíferos Sobreexplotados y con Problemas de Intrusión Salina en México. (2003)

REGIÓN ADMINISTRATIVA	TOTAL DE ACUÍFEROS	ACUÍFEROS SOBREEXLOTADOS	ACUÍFEROS CON INTRUSIÓN SALINA
I. Península de B.C.	87	10	9
II. Noroeste	64	18	5
III. Pacífico Norte	24	1	0
IV. Balsas.	43	2	0
V. Pacífico Sur	38	0	0
VI. Río Bravo	97	13	0
VII. Cuencas Centrales del Norte.	71	21	0
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	127	24	1
IX. Golfo Norte	41	4	0
X. Golfo Centro	21	0	2
XI. Frontera Sur	23	0	0
XII. Península de Yucatán	4	0	0
XIII. Valle de México	14	4	0
Nacional	654	97	17

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México. Sistema Unificado de Información Básica del Agua. Edición 2003, México.

Se consideró que en las zonas de riego por bombeo, el agua que retorna a los acuíferos era de aproximadamente un 20% del volumen de agua aplicada a los terrenos de cultivo, mientras que en las zonas de riego con agua superficial, este retorno representaba de un 30 a un 40% del volumen total aplicado, debido a las pérdidas por conducción. Para 1998, la Comisión Nacional del Agua, estimaba una recarga natural media de 48 Km³; la estimación de la recarga total en los acuíferos, natural e inducida en las zonas de riego, era cercana a los 67 Km³.

En cuanto a la extracción de agua subterránea, para el año 2001, ésta se estimaba en un orden de 27.4 Km³, esto es, 27,400 Millones de m³. Las extracciones brutas de agua subterránea por tipo de uso se pueden apreciar en la gráfica 1.



Fuente: Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México. Sistema Unificado de Información Básica del Agua. Edición 2003, México.

Las estimaciones de los volúmenes de agua extraídos de fuentes superficiales y subterráneas para uso agropecuario y por región administrativa, se pueden observar en el cuadro 2.

Cuadro 2. Estimaciones de Volúmenes de Agua Extraídos para Uso Agropecuario por Región Administrativa. (hm³)

REGIÓN ADMINISTRATIVA	AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRÁNEA	TOTAL
I. Península de B.C.	1,896	1,839	3,735
II. Noroeste	2,991	2,032	5,023
III. Pacífico Norte	7,002	615	7,617
IV. Balsas	4,579	624	5,203
V. Pacífico Sur	1,131	72	1,203
VI. Río Bravo	1,940	4,183	6,123
VII. C. Centrales del Norte	2,920	2,953	5,873
VIII. Lerma-Santiago-Pacífico	7,318	4,274	11,592
IX. Golfo Norte	2,831	757	3,588
X. Golfo Centro	1,294	266	1,560
XI. Frontera Sur	814	255	1,069
XII. Península de Yucatán	31	1,201	1,232
XIII. Valle de México	2,083	482	2,565
Nacional	36,830	19,553	56,383

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México. Sistema Unificado de Información Básica del Agua (SUIBA). Edición 2003, México

Nota: 1 hm³ equivale a 1'000 000 de m³.

Localización y Recursos Hidrológicos de los Valles Agrícolas de Hermosillo, Caborca y Guaymas, Sonora. Localización.

El Estado de Sonora está situado en la parte noroeste de la República Mexicana, ocupando porciones de la Sierra Madre Occidental y la Planicie Costera Noroccidental y queda comprendido entre los meridianos 108°28'30" y 115°08'00" de longitud oeste de Greenwich y los paralelos 26°09'30" y 32°30'00" de latitud norte. Comprende una superficie de 184,934 Km² y por su extensión ocupa el segundo lugar en la República Mexicana, correspondiéndole el 9.4% de la superficie total del país. Está limitado al norte por los Estados Unidos de América, al este por el estado de Chihuahua, al sureste por Sinaloa, al sur y oeste por el Golfo de California y en el extremo noroeste por el estado de Baja California Norte.

La "Región Agrícola de Riego del estado de Sonora" se encuentra localizada en la parte sur y en las porciones noroccidental, central y suroccidental de esta entidad federativa, a una altitud que varía de 0 a 400 msnm. Está ubicada entre los meridianos 109° 20' y 113° 05' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos 26° 40' y 31° 00' de latitud norte del ecuador. (Ver figura 1).

Figura 1. Localización de la Zona de Estudio



Figura 1. Fuente: Elaboración propia con base a la información obtenida de los Distritos de Riego del Noroeste.

Desde el punto de vista orográfico, la zona de estudio está constituida por una Planicie Costera, esta planicie, presenta un relieve suave de superficies planas con afloramientos de roca ígnea y depósitos recientes que forman deltas cerca del litoral. Esta llanura se extiende de norte a sur, desde las terminaciones del Desierto de Sonora hasta el sur del Estado; de cuando en cuando se ve interrumpida por pequeños lomeríos que rompen la monotonía del paisaje y que sirven para delimitar los diferentes valles. La altura promedio es de 100 msnm y es semidesértica en toda su longitud.

En cuanto a la climatología de la zona, y de acuerdo a la clasificación de Thornthwaite, los climas imperantes en el área son: el clima seco desértico (BW) en el norte y semidesértico (BS) en la parte sur. Su clima es inclemente, seco, extremoso, terriblemente cálido en verano y con inviernos rigurosos en invierno.

La temperatura media anual en la zona varía de 21°C a 30°C. La insolación es abundante, durante todo el año, principalmente en los meses de mayo, junio y julio. El número de horas sol al mes y al año es elevado con relación a los días nublados. Las temperaturas máximas y mínimas en cada Distrito de Riego se pueden ver en el cuadro 3.

Cuadro 3. CLIMATOLOGIA DE LA ZONA DE ESTUDIO

DISTRITOS DE RIEGO	TEMPERATURA (°C)		PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm.)	EVAPORACIÓN POTENCIAL (mm.)
	Máxima	Mínima		
GRAVEDAD				
D.R. 41 "RÍO YAQUI"	43.6	4.3	2,500	2,026
D.R. 038 "RÍO MAYO"	48	0	300	200
BOMBEO				
D.R. 037 "ALTAR-PITIQUITO-CABORCA"	48	-5	221	2,500
D.R. 051 "COSTA DE HERMOSILLO"	46	0	200	2,400
D.R. 084 "GUAYMAS"	45	0	320	2,600

Fuente: - Comisión Nacional del Agua. Características de los Distritos de Riego. Región Noroeste, 1990.
 - Comisión Nacional del Agua. Notas Geohidrológicas de los Distritos de Riego del Noroeste, 1992.

En cuanto a la precipitación media anual, esta oscila entre los 200 mm. en la parte norte de la zona (Distrito de Riego No. 37) a los 2600 mm. en la parte sur (Distrito de Riego No. 41). Las lluvias son generalmente escasas y torrenciales en la mayor parte de la zona y se presentan por lo común en verano, de junio a septiembre. Las lluvias que se llegan a presentar en el invierno son benignas y prolongadas y por lo regular acontecen en los meses de diciembre y enero.

La evaporación potencial media anual en la región va de 300 mm. que se presentan en el Distrito de Riego de Río Mayo a 2600 mm. en el Distrito de Riego de Guaymas

Hidrología superficial y subterránea.

Los Ríos Sonorenses pertenecen a la vertiente del Océano Pacífico. En el Golfo de California desembocan los ríos: Colorado, (que en su curso inferior separa a Sonora de Baja California), Sonoyta, Concepción, Altar, San Ignacio, Yaqui (este río en Sonora recibe como afluente a los ríos Bavispe, Moctezuma, Chico y

Tecoripa) y el Río Mayo.

La Región Agrícola por Bombeo del Estado de Sonora queda comprendida dentro de la Región Hidrológica No. 8, Sonora-Norte. Esta región comprende las cuencas hidrológicas de los ríos: Sonora y Bacoachi, localizados en el Valle de Hermosillo; Asunción o Magdalena en el Valle de Caborca y Mátape localizado en el Valle de Guaymas.

VALLE DE HERMOSILLO:

Hidrología Superficial:

La planicie costera de Hermosillo abarca la cuenca del río Bacoachi y la cuenca baja del río Sonora, con una extensión de 7,310 Km² y 8,560 Km² respectivamente. Se consideran los escurrimientos del primero como la principal fuente de recarga para los acuíferos, ya que la cuenca alta del río Sonora está controlada por la presa Abelardo Rodríguez L., por lo que esta corriente no contribuye con aportaciones de importancia a la realimentación de los acuíferos.

Por su parte, el Río Sonora, es la corriente superficial más importante de la zona. Este río cuenta con una cuenca general de 21,324 Km², desde su origen cercano a la frontera con los Estados Unidos, hasta la presa Abelardo Rodríguez L.

Los escurrimientos superficiales de este río, junto con sus afluentes el río San Miguel y el Zanjón hasta la presa Abelardo Rodríguez L., ascienden a 120 Mm³, como promedio anual.

La presa Abelardo Rodríguez L., es la única fuente de abastecimiento de agua superficial en la Costa de Hermosillo; fue construida sobre el cauce colector del río Sonora, siendo su principal afluente, el río San Miguel. Tiene una capacidad total de 254 Mm³. Dentro de sus finalidades primordiales está, el de regular los escurrimientos de la corriente principal del río Sonora y afluentes secundarios. Su aplicación principal es el abastecimiento de agua potable, doméstico y de abrevadero a la Ciudad de Hermosillo, y en menor escala se emplea para fines agrícolas, regándose con ésta solamente 10 has.

Hidrología Subterránea:

Por estar enclavada en una región semidesértica y contar con agua superficial muy limitada que pueda satisfacer las necesidades vitales de la población y las demandas de éste recurso por parte del Distrito de Riego, en la Costa de Hermosillo, los recursos hidráulicos subterráneos han constituido y constituyen hoy en día la fuente más importante de abastecimiento.

La zona agrícola de Hermosillo, empezó a desarrollarse en 1947 con 17 pozos, los que fueron integrados a fin de constituir el Distrito de Riego No.51, que se creó en 1948 y que en 1953 se le denominó: Costa de Hermosillo. El número de aprovechamientos a lo largo del tiempo ha sufrido un fuerte incremento, así, para el año de 1955 ya se contaba con un número de 474 pozos. Para 1999 el volumen de extracción ya se llevaba a cabo por medio de 498 pozos, siendo éste del orden de 400 Mm³/año, del cual 393 Mm³ se empleaban para uso agrícola, 5 Mm³, para uso público y 2 Mm³ para uso doméstico.

VALLE DE CABORCA:

Hidrología Superficial:

El Río Asunción es el nombre que toma el Río Magdalena al entrar a este valle. Este río es la corriente más importante de la Región Hidrológica No.8, ya que drena una superficie de 25,757 Km², de los cuales, 310

corresponden a territorio de Estados Unidos de Norteamérica.

Sus límites son por el oriente, la cuenca del río Sonora; al sur la cuenca del río San Ignacio; al norte la de Sonoyta y la de los ríos San Pedro y Santa Cruz que escurren hacia el territorio de Estados Unidos.

El Río Asunción drena una superficie de 16,616 Km² desde la estación hidrométrica Pitíquito II hasta su desembocadura en el Golfo de California. Sus afluentes más importantes son los arroyos el Coyote y Tesota.

La Presa Cuauhtémoc, es la única fuente de abastecimiento de Agua Superficial del valle. Esta unidad por gravedad aporta una mínima cantidad de agua para riego agrícola, la presa se localiza en el municipio de Atil y capta las aguas provenientes del río Altar; su vaso de almacenamiento tiene una capacidad de 60 Mm³, de los cuales sólo 40 Mm³ son disponibles. Cuando la capacidad de almacenamiento llega a ser del 60 al 70% se irriga una superficie de 2380 has. en tres municipios pequeños: Atil, Oquitoa y Altar.

Hidrología Subterránea:

Por estar ubicado en una zona semidesértica con recursos de aguas superficiales muy limitados, el Valle de Caborca se abastece principalmente de aguas subterráneas para llevar a cabo sus actividades, a través de 830 pozos que en conjunto extraen 422 Mm³.

El acuífero de la zona recibe aportaciones importantes que provienen del flujo del río Asunción, así como de sus afluentes el Muchachito y el Coyote.

La agricultura se inicia en el año de 1940, donde el aprovechamiento de los recursos hidráulicos subterráneos era apenas incipiente, existían sólo algunas captaciones que operaban con fines domésticos y para abastecimiento de agua potable a la Ciudad de Caborca. De ésta manera, el desarrollo de la actividad tuvo que basarse en esta única fuente hidráulica disponible. En dicha década el desarrollo progresó lentamente pero tuvo un rápido crecimiento en los años posteriores (20 años después), donde alcanzó su mayor extensión y productividad mediante la perforación intensiva de pozos que para 1960 había alcanzado ya un total de 800 aprovechamientos.

Para el año de 1975 se contaba ya con 844 pozos profundos para uso agrícola principalmente, agua potable para la Ciudad de Caborca y en menor escala, domésticos e industriales; de los cuales se obtenía una extracción de 574 Mm³ al año, en tanto que la recarga anual era de 300 Mm³.

Para 1999, el volumen de extracción se llevaba a cabo por medio de 887 pozos, siendo éste de 660.10 Mm³/año, del cual, 648.70 Mm³ se empleaban para uso agrícola, 9.80 Mm³ para uso público, 1.50 Mm³ para uso doméstico y 0.10 Mm³/año para uso industrial.

VALLE DE GUAYMAS: Hidrología Superficial:

El Valle de Guaymas forma parte de la cuenca hidrográfica del río Mátape, de unos 6,000 Km², ubicada entre las cuencas hidrográficas del río Sonora, al norte y del río Yaqui, al sur.

Los escurrimientos del Río Mátape son retenidos casi en su totalidad por la Presa Ortíz y sólo en los años de alta precipitación se permite el paso de los excedentes, que por razones de estabilidad de la cortina, no pueden ser almacenados.

El Río Mátape tiene como cauces tributarios los arroyos el Hecho y Seco, cuya confluencia se encuentra a unos cuantos kilómetros aguas arriba de la presa Ortíz y aguas abajo del paraje Punta de Agua.

El Distrito de Riego 084, localizado en este Valle, abarca una superficie total de 28,000 has., de las cuales 23,928 son regables, y en las que en gran parte, los cultivos se realizan aprovechando únicamente la temporada de escurrimientos superficiales del río Mátape. De esta manera, la contribución de los escurrimientos del río Mátape a la presa Ortíz son bastante pobres, en comparación con los volúmenes que se registran en la estación de Punta de Agua, que son del orden de 32 Mm³/año.

Los principales aportadores al almacenamiento de la Presa Ortíz, son los arroyos tributarios el Hecho y el Seco, cuyos volúmenes anuales de escurrimiento son de 6.5 y 4.5 Mm³/año aproximadamente, estimados a partir de la superficie de sus cuencas, precipitación pluvial y coeficientes de escurrimiento, respectivamente. Estos volúmenes de escurrimiento casi no están afectados por aprovechamientos directos en el cauce, por lo que se puede considerar que descargan íntegramente en la Presa Ortíz, exceptuando las pérdidas por infiltración.

El almacenamiento en la presa nunca ha sobrepasado los 10 millones de metros cúbicos y sólo excepcionalmente se han desfogado excedentes que ponen en peligro la estabilidad de la cortina, cuando el tirante es mayor de unos 5m. de altura, que corresponde a un almacenamiento poco mayor de los 30 Mm³.

La Presa Ortíz fue creada para regular las crecientes a fin de utilizarse en entarquinamientos para siembras de humedad; ésta junto con la Presa Punta de Agua, son las dos obras de almacenamiento que aprovechan los escasos recursos hidráulicos superficiales con que cuenta ésta región.

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA:

Por estar ubicado también en una región semidesértica y con carencia de escurrimientos superficiales, el Valle de Guaymas satisface sus necesidades y desarrolla sus actividades con el principal recurso disponible: el agua subterránea, a través de 219 aprovechamientos, que en conjunto para 1999 extraían un volumen de 106.30 Mm³/año, del cual 80 Mm³ se empleaban para uso agrícola, 23.30 Mm³ se empleaban para uso público y 3 Mm³/ año para uso doméstico.

Problemática del Agua Subterránea y su Incidencia en la Actividad Agrícola de los Distritos de Riego de Hermosillo, Caborca y Guaymas, Son.

Un uso irracional de los recursos hidráulicos en las zonas agrícolas de la Región Noroeste, ha traído consigo fuertes problemas ambientales. Las principales causas de esta problemática fueron inducidas por la propia construcción de los distritos de riego en la planicie costera, donde las condiciones de baja pendiente y deficiente drenaje natural, favorecieron la aparición de sales; situación que se empeoró con el mal manejo del agua, tanto superficial como subterránea, propiciándose así la sobreelevación de los niveles freáticos en los distritos operados por gravedad y la sobreexplotación de las aguas subterráneas en los distritos operados por bombeo.

El vertiginoso desarrollo agrícola llevado a cabo en la década de los 60 en las regiones agrícolas del norte del estado de Sonora, convirtió a los valles de Caborca, Hermosillo y Guaymas en importantes distritos de riego por bombeo. Durante más de 30 años estos distritos han basado su desarrollo con el aprovechamiento de los acuíferos, este aprovechamiento se ha llevado a cabo en todos los casos de

forma inadecuada, sin planeación y sin considerar las potencialidades y limitaciones de estos mantos, con bombeos excesivos, los cuales han estado por encima de la recarga, provocándose de esta forma importantes abatimientos. (ver cuadro 4).

El descenso de los niveles estáticos ha propiciado el avance de la intrusión salina, con la subsecuente contaminación de pozos e inutilización de tierras de cultivo y generándose con esto, un elevado costo socioeconómico y ambiental (Reyes, 1999).

Cuadro 4. Balance Hidráulico de los Acuíferos de Caborca, Hermosillo y Guaymas, Sonora. (2005)

DISTRITO DE RIEGO	RECARGA		VOLUMEN EXTRAÍDO (Mm3)				ABATIMIENTO POR AÑO	SUPERFICIE REGADA
	(Mm3)	Total	Uso Agrícola	Uso Potable	Uso Industrial	Uso para Abrevadero	(Mts.)	(Has.)
037, CABORCA	300	376.7	366.47	9.41	0.22	0.6	1.25	21,000.00
051, C. DE HERMOSILLO	250	430.45	419.49	1.67	3.3	5.98	1	50,000.00
084, GUAYMAS	100	117.42	111.02	6.07	0	0.33	1.20*	11,900.00

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Características Geohidrológicas de la Región II. Noroeste. Gerencia de Aguas Subterráneas, México, 2005.

Pese a la fuerte problemática económica y ambiental en la que se encuentran estos distritos de riego por bombeo en Sonora, ésta entidad sigue teniendo una gran relevancia agrícola a nivel nacional.

El estado de Sonora se localiza dentro de la Región Agrícola del Noroeste. Dentro de las trece regiones administrativas de la Comisión Nacional del Agua, esta región ocupa un lugar relevante en cuanto a superficie sembrada y valor de la producción. (Ver cuadro 5).

Cuadro 5. Concentrado Agrícola por Región Administrativa. (2004-2005)

REGIONES	SUPERFICIE SEMBRADA (Has.)	SUPERFICIE COSECHADA (Has.)	PRODUCCIÓN (Miles de Ton.)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN (Millones de \$)
I. PENÍNSULA DE B.C.	224,565	224,349	3,169.49	3,953.84
II. NOROESTE	350,507	348,288	2,579.85	9,097.48
III. PACÍFICO NORTE	805,543	787,499	9,296.33	17,494.15
IV. BALSAS	151,925	149,023	3,603.14	3,148.42
V. PACÍFICO SUR	31,913	31,911	457.27	315.14
VI. RÍO BRAVO	346,658	343,316	2,254.44	3,591.68
VII. C. C. DEL NORTE.	52,192	52,192	1,231.42	1,589.96
VIII. LERMA-S.-PACÍFICO.	446,681	440,418	6,365.32	7,424.93
IX. GOLFO NORTE	215,847	206,783	4,568.68	2,834.93
X. GOLFO CENTRO	37,671	37,671	2,677.03	1,140.08
XI. FRONTERA SUR	35,858	35,858	1,213.07	751.40
XII. PENÍNS. YUCATÁN.	7,971	7,886	312.81	173.62
XIII. VALLE DE MÉXICO	84,569	84,568	4,053.49	1,284.03

TOTAL	2,791,901	2,749,761	41,782.34	52,799.64
--------------	-----------	-----------	-----------	-----------

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola. México, Junio del 2006.

Esta entidad federativa a su vez ocupa un lugar predominante en esta región, pues ocupa el 99.25% de ésta superficie y abarca el 13.7% de la superficie regada a nivel nacional.

Dentro del estado, se localizan cinco importantes zonas agrícolas de riego: Costa de Hermosillo, la Región de Caborca, el Valle del Mayo, el Valle del Yaqui y el Valle de Guaymas-Empalme, las cuales se constituyeron como distritos de riego.

A nivel estatal el tipo de riego depende de la zona. En la Costa de Hermosillo, Caborca y el Valle de Guaymas, el riego es casi exclusivamente por bombeo de pozos profundos. En el Valle del Mayo y en el Valle del Yaqui se combinan el riego por gravedad y el riego por bombeo (éste último viene a ser complementario sobre todo en los segundos cultivos).

Estas importantes zonas agrícolas se encuentran localizadas en la parte sur y en las porciones noroccidental, central y suroccidental de esta entidad federativa, a una altitud que varía de 0 a 400 msnm. Están ubicadas entre los meridianos 109° 20' y 113° 05' de longitud al oeste del meridiano de Greenwich y entre los paralelos 26° 40' y 31° 00' de latitud norte del ecuador.

La agricultura comercial de Sonora es en la actualidad uno de los pilares fundamentales de la agricultura mexicana. Como ya se señaló en líneas anteriores, en Sonora prácticamente el 100% de la agricultura es de riego, sólo se practica la agricultura temporalera a niveles insignificantes en algunas regiones aledañas a las montañas.

En cuanto a la importancia de la agricultura de riego desarrollada en la entidad, podemos resaltar lo siguiente: en el año agrícola 2004-2005, la superficie total regada en la Región Noroeste fue de 353,010 has., de las cuales, el 43%, esto es 158,570 has. se regaron en el distrito de riego 041, Río Yaqui; el 25.3% (89,291 has.) en el distrito de riego 038, Río Mayo; el 14.68% (51,815 has.) en el 051, Costa de Hermosillo; el 6.12% (21,612 has.) en el 037, Altar-Pitíquito-Caborca; el 5.10% (17,972 has.) en el 018, Colonias Yaquis y sólo el 0.71% (2,510 has.) en el distrito de riego 083, Papigochic, Chihuahua. Como se puede apreciar, los distritos que riegan una mayor superficie en la región son los que se localizan en el sur de la entidad de Sonora, el 041, Río Yaqui y el 038, Río Mayo.

Así, en términos de su distribución geográfica, la producción agrícola de esta entidad se realiza en tres regiones productoras: norte, sur y sierra. Pero esta actividad tiene una relevante concentración en las regiones sur y norte, ya que en ambas se lleva a cabo el 94% de la superficie cultivable del estado, mientras que el 6% restante se distribuye en la región serrana. Uno de los rasgos relevantes que presenta la agricultura en Sonora, consiste en un creciente proceso de especialización productiva en cada una de estas regiones. De esta forma en los distritos de la región sur, 038, Río Mayo y 041, Río Yaqui, la superficie sembrada se destina principalmente a la producción de: granos básicos, cultivos industriales y forrajes. En el distrito 041, la superficie cubierta con estos cultivos representó en el año agrícola 2004-2005, el 93.8% de la superficie total regada, y en el distrito 038, representó el 86.4%; de igual forma, en el distrito 018, Colonias Yaquis, la superficie regada con estos cultivos fue significativa, con un 98.3%. (Ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Superficie Regada con los Principales Cultivos que se Producen en los Distritos de la Región II Noroeste. (Has.)

DISTRITO DE RIEGO	SUP. TOT. REGADA EN EL D.R.	SUP. REG. GRANOS, F. Y C. INDUST.	% DE PARTICIP. C/ RESPECTO A TOT. DE SUP.	SUP. REG. FRUTAS Y HORTALIZAS	% DE PARTICIP. C/ RESPECTO A TOT. DE SUP.
018, COL. YAQUIS	17,972	17,670	98.32	0.00	0
037, ALTAR-PIT-CAB.	21,612	5,326	24.6	16,286	75.4
038, RÍO MAYO	89,291	77,126	86.4	11,925	13.4
041, RÍO YAQUI	158,570	148,753	93.8	8,993	5.7
051, C. HERMOSILLO	51,815	23,897	46.1	25,284	48.8
083, PAPIGOCHIC	2,510	1,461	58	1,050	42
084, Guaymas	11,240	5,368	48	5,872	52
REGIÓN NOROESTE	353,010	279,601	79.2	69,410	19.7

Fuente: Datos estimados con base al documento: Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego, publicado por la Comisión Nacional del Agua. México, Junio del 2006.

La producción de trigo sigue siendo de gran importancia dentro del estado, pero el mayor volumen se produce en estos distritos de la región sur; éste cultivo en conjunto con el cártamo y el garbanzo ocupan el 60% de la superficie regada en la región noroeste; por su parte, el cultivo del algodón, es el más importante para el ciclo primavera-verano, pues con éste se cubre el 81% de la superficie regada en la región.

En los distritos de la región norte, el agotamiento de los mantos acuíferos y la salinización del agua y de los suelos han generado cambios importantes en el padrón de cultivos, hacia los cultivos con mayores márgenes de rentabilidad por hectárea y volumen de agua utilizada. De esta forma, los cultivos tradicionales como el trigo y el algodón han ido disminuyendo su participación en dichas áreas, mientras que el espacio destinado a las frutas y hortalizas ha ido incrementado paulatinamente. En el distrito de riego 037, Altar-Pitíquito-Caborca, la superficie destinada a cultivos frutícolas abarca ya el 75.4% de la superficie regada, en Hermosillo la superficie destinada a cultivos frutícolas y hortícolas es de un orden del 48.8% y en Guaymas es del 52%.

En cuanto a la región serrana (la menos desarrollada de las tres) se caracteriza por ser más una región ganadera, por lo cual su producción de forrajes para el ganado, representa el 49% de la superficie agrícola estatal destinada a estos cultivos.

En el Distrito de Riego 037, los cambios que se han dado en el padrón de cultivos han sido más pronunciados. La producción de cultivos anuales y perennes se realiza en superficies muy dispersas. Los cultivos perennes que ocupan las mayores superficies son la vid, el espárrago, el olivo y la alfalfa y dentro de los cultivos

anuales, los que mayor extensión regada comprenden, son el trigo y el algodón. (Ver cuadro 7).

Cuadro 7. Producción Agrícola del Distrito de Riego 037, Altar-Pitiquito-Caborca.
Año Agrícola: 2004-2005

CICLO CULTIVO	SUPERFICIE COSECHADA (HAS.)	RENDIMIENTO (TON/HA.)	P.M.R. (\$/TON.)	PROD. TOTAL (TONS.)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN. (Millones de \$)
OTOÑO-INVIERNO					
RYE GRASS	472	13.85	1,100	6,537	7.191
TRIGO	2,822	5.73	1,800	16,170	29.106
SUBTOTAL	3,294				36.297
PRIMAVERA-VERANO					
ALGODÓN	620	3.90	6,500	2,418	15.717
MELÓN	203	18.00	2,200	3,654	8.039
OTRAS HORTALIZAS	260	17.60	2,600	4,576	11.898
SORGO FORRAJERO	140	16.33	1,000	2,286	2.286
SUBTOTAL	1,223				37.940
PERENNES					
ALFALFA	1,127	17.80	1,100	20,061	22.067
DURAZNO	57	5.80	7,850	331	2.595
ESPÁRRAGO	5,421	5.89	26,500	31,930	846.137
NOGAL	141	1.65	25,000	233	5.816
OLIVO (ACEITUNA)	2,300	4.36	3,750	10,028	37.605
O. CÍTRICOS	279	13.70	900	3,822	3.440
O. FORRAJES	145	12.50	1,000	1,813	1.813
O. FRUTALES	22	7.20	11,250	158	1.782
VID (MESA)	7,478	9.77	4,700	73,060	343.382
SUBTOTAL	16,970				1,264.637
TOTAL	21,487				1,338.874

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola. México, Junio del 2006.

Nota: P.M.R.: Precio Medio Rural

De acuerdo con (Herrera et., al, 2003), la reconversión productiva en este distrito y en los distritos de Hermosillo y Guaymas se ha dado en gran medida en función de la rentabilidad de los cultivos, y aunque estos requieren láminas grandes de riego, se ha procurado tecnificar las áreas que estos abarcan, de tal manera, que de las 16,326 has. ocupadas por los cultivos perennes en el Distrito de Riego 037, el 79.8% está tecnificada con sistemas de riego presurizado.

Como se puede apreciar, la actividad agrícola en estos distritos, pero sobre todo en el Distrito 037, está condicionada a la disponibilidad y a la calidad del recurso hidráulico subterráneo. Los contenidos de sales en el agua subterránea y en los suelos están ocasionando serios problemas ambientales y el decremento de los rendimientos de los cultivos que se producen aquí.

La sobreexplotación de los acuíferos se refleja en el aumento gradual tanto de sus profundidades estáticas, como de sus profundidades dinámicas; por lo tanto, el aumento de la profundidad del bombeo ha provocado problemas ambientales y problemas económicos: incremento de los costos de operación del bombeo por concepto de energía eléctrica, al tenerse que extraer el agua a mayores profundidades, y de igual forma, incremento de los costos de mantenimiento. Como consecuencia, los altos costos de extracción del agua, en pozos cada vez más profundos repercute en la baja rentabilidad de la actividad agrícola y la baja productividad del volumen de agua empleado.

De acuerdo a información estadística que publica la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable del Estado de Sonora, los costos de bombeo de agua, representan hoy en día entre el 10 y 16 - xx

el 15% del total de los costos de producción por hectárea de los principales cultivos que se riegan en los tres distritos antes señalados.

Estos altos costos del bombeo han disminuido las utilidades que se generaban por la producción de cultivos tradicionales, como los granos e industriales. En un análisis que se realizó para el año agrícola 2004-2005 de los principales cultivos que se riegan en estos distritos, se pudo observar que, los que generan las mayores utilidades son las frutas y hortalizas. En cuanto a la productividad neta del agua empleada para el riego, se puede valorar que en el caso del Distrito de Riego 037, el cultivo del espárrago es el que genera los mayores beneficios por metro cúbico de agua empleada, siguiéndole en orden de importancia el cultivo de la vid; en el caso del Distrito 051, la vid y el nogal son los que tienen las mayores productividades, y en el Distrito 084, los cultivos del melón y de la naranja son los que tienen los mayores ingresos por metro cúbico de agua empleada. (Ver Cuadro 8).

Cuadro 8. Utilidades Generadas por los Cultivos que se Producen en Distritos de Riego por Bombeo y Productividad Neta del Agua.

Año Agrícola: 2004-2005

CÍCLO CULTIVO	SUPERFICIE COSECHADA (HAS.)	PROD. TOTAL (TONS.)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN. (Miles \$)	COSTO DE PRODUCCIÓN TOTAL (Miles \$)	UTILIDAD TOTAL (Miles \$)	VOLUMENES NETOS (Miles de m3)	PRODUCTIV. NETA DEL AGUA (\$/M3)
D.R. 037 ALTAR-PITIQUITO-CABORCA							
TRIGO (O-I)	2,822	16,170.06	29,106	28,502	604	28,637	0.02
ALGODÓN (P-V)	620	2,418.00	15,717	9,506	6,211	6,045	1.03
ALFALFA (PER)	1,127	20,060.60	22,067	9,915	12,151	21,830	0.56
ESPÁRRAGO (PER)	5,421	31,929.69	846,137	351,850	494,287	86,331	5.73
OLIVO-ACEITUNA (PER)	2,300	10,028.00	37,605	31,600	6,005	40,260	0.15
VID -MESA (PER)	7,478	73,060.06	343,382	310,689	32,693	88,884	0.37
D.R. 051 COSTA DE HERMOSILLO							
GARBANZO (O-I)	5,330	10,660	104,468	53,049	51,419	20,115	2.56
TRIGO (O-I)	15,992	103,948	207,896	173,881	34,015	121,638	0.28
NARANJA (PER)	4,621	133,547	146,902	82,252	64,649	57,370	1.13
NOGAL - NUEZ (PER)	2,405	4,810	216,450	71,519	144,931	31,602	4.59
VID -MESA (PER)	8,260	115,640	1,503,320	1,159,456	343,864	107,528	3.20
D.R. 084, Guaymas							
TRIGO GRANO (O-I)	3,051	15,255	32,036	30,611	1,425	18,508	0.08
FRIJOL (P-V)	541	839	6,373	5,903	470	2,418	0.19
MELÓN (P-V)	710	17,700	75,970	20,011	55,958	1,889	29.63
ALFALFA ACHICALADA (PER)	502	9,046	11,036	8,517	2,519	4,849	0.52
NARANJA (PER)	936	18,243	25,832	20,307	5,524	7,320	0.75

Fuente: Elaboración propia con base a las Estadísticas Agrícolas y al Informe de Distribución de Aguas para los Distritos de Riego 037, 051 y 084. Información proporcionada por los mismos distritos.

En respuesta a esta problemática, las Asociaciones de usuarios y los Distritos de Riego en estas zonas han venido implementando programas anuales de reducción de bombeo (reducción del volumen extraído por los pozos); sin embargo se ha constatado que estos programas no han sido suficientes, por tal razón se han implementado una serie de medidas que están orientadas a la estabilización de los acuíferos y a la reconversión productiva de los distritos. Dentro del Distrito de Riego 037 se han implementado las siguientes medidas: la reducción de la superficie sembrada; la tecnificación de los sistemas de riego, mediante el uso de sistemas de riego presurizados e invernaderos, y el empleo de estructuras modernas de control y medición del volumen de agua extraído por los pozos, entre otras.

Conclusiones.

El grave problema de escasez de agua, que se presenta en varias regiones del país, está provocando

fuertes pérdidas económicas en la actividad agrícola. En la región Noroeste, aunado a este problema, se presenta la fuerte sobreexplotación de los mantos acuíferos, lo cual ha provocado la contaminación del agua por intrusión salina, de forma tal que varios aprovechamientos a lo largo de la franja costera del estado de Sonora se encuentran deshabilitados y una gran extensión de superficie agrícola se encuentra ensalitrada y abandonada.

Estos fuertes problemas ambientales han traído como consecuencia una baja rentabilidad de la actividad agrícola, razón por la cual se ha dado paso a realizar una reconversión productiva, sustituyéndose de esta forma, cultivos tradicionales, como los granos y los industriales, por las frutas y hortalizas, con las cuales se generan las mayores utilidades y se obtienen los mayores beneficios por metro cúbico de agua empleada, pero implican también mayores costos de producción por hectárea. Esta situación ha dado pie al desplazamiento de productores ejidatarios y pequeños productores con bajos recursos, y al predominio de un pequeño grupo de grandes productores, constituidos en Agroempresas, los cuales cuentan con los recursos económicos suficientes para seguir desarrollando la actividad agrícola en estas zonas.

Pese a la importancia agrícola que tienen los Distrito de Riego por Bombeo, como es el caso del Distrito de Riego 037 dentro de la Región Noroeste, al producir actualmente cultivos altamente rentables, cuyo destino es el mercado internacional en un gran porcentaje, es necesario que se sigan llevando a cabo medidas tendientes a estabilizar (equilibrar) los acuíferos, y a su vez, en forma complementaria, buscar acciones que estén orientadas a lograr una eficiencia en el manejo y en el aprovechamiento del agua para uso agrícola.

Bibliografía.

Comisión Nacional del Agua. *Características de los Distritos de Riego. Región Noroeste, Gerencia de aguas Subterráneas*, México, 1990.

Comisión Nacional del Agua. *Notas Geohidrológicas de los Distritos de Riego del Noroeste, Gerencia de aguas Subterráneas*, México, 1992.

Comisión Nacional del Agua. *Manual para la elaboración y Revisión de Proyectos Ejecutivos de Sistemas de Riego Parcelario*. Subdirección General de Operación. Coordinación de Programas de Rehabilitación y Modernización de los Distritos de Riego. México, Diciembre del 2002.

Comisión Nacional del Agua. *Estadísticas del Agua en México*. Sistema Unificado de Información Básica del Agua (SUIBA). Edición 2003, México.

Comisión Nacional del Agua. *Características Geohidrológicas de la Región II. Noroeste. Gerencia de Aguas Subterráneas*, México, 2005.

Comisión Nacional del Agua. *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Años Agrícolas: 2004-2005*. Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola: Gerencia de Distritos y Unidades de Riego. México, Junio del 2006.

Comisión Nacional del Agua. *Informe de Distribución de Aguas de la Región Noroeste. Año Agrícola: 2004-2005*. Gerencia de Distritos y Unidades de Riego. México, 2006.

HERRERA, J.C., *et al.* *Tecnificación del DR 037 Altar-Pitiquito-Caborca, Son. para la Reconversión y Estabilización de su Acuífero*. Ponencia presentada en el XII Congreso Nacional de Irrigación de la ANEI. Zacatecas, Zac., México. 13-15 de Agosto del 2003.

LOMELÍ, Guadalupe. *Recursos Hidrológicos en México*. Proyecto de Investigaciones del C.C.H. de la UNAM, México, 2006.

REYES, Amelia. “*Análisis del Impacto del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) sobre la Agricultura de Riego del Estado de Sonora, México (1994-1998)*”. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, Brasil. Diciembre de 1999.