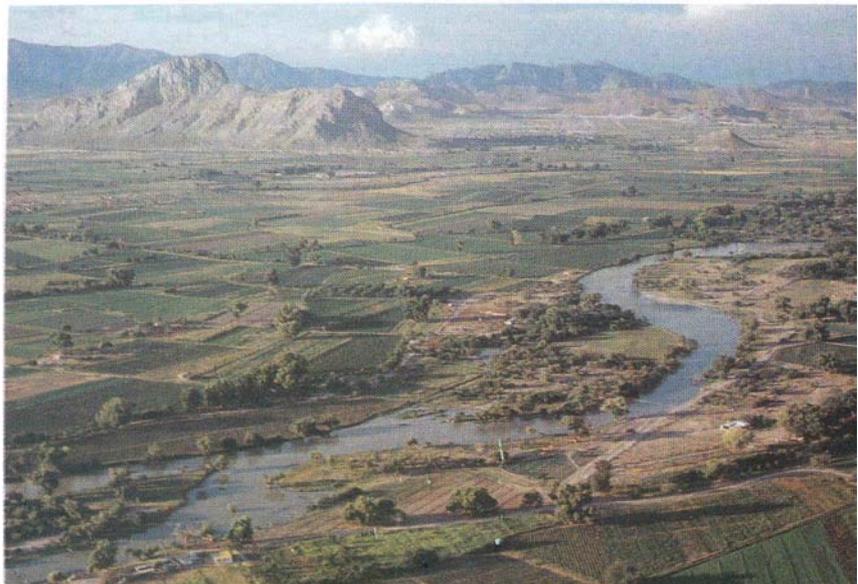


IWMI, Serie Latinoamericana: No. 3

***EL USO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS
EN EL DISTRITO DE RIEGO 017,
REGIÓN LAGUNERA, MÉXICO.***

Alejandro Cruz
y
Gilbert Levine



INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 3

**EL USO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
EN EL DISTRITO DE RIEGO 017,
REGIÓN LAGUNERA, MÉXICO**

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 3

**El Uso de Aguas Subterráneas
en el Distrito de Riego 017,
Región Lagunera, México**

**Alejandro Cruz
y
Gilbert Levine**



INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

Los autores: Alejandro Cruz es Ingeniero de Campo y Gilbert Levine es Experto Asociado del Programa Nacional IWMI- México.

Cruz Alejandro y Gilbert Levine. 1998. El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 3. México, D.F, México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

IWMI, 1998. Todos los derechos reservados.

El Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, uno de los dieciséis centros apoyados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAR), fué creado por una Acta del Parlamento de Sri Lanka. El Acta está actualmente siendo revisada para que se lea Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés).

Los autores asumen toda la responsabilidad por el contenido de esta publicación.

PRESENTACIÓN DE LA SERIE

El Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en Inglés) fue establecido en el año de 1984 con sede en Colombo, Sri Lanka.

El IWMI empezó actividades en Latinoamérica cuando en Mayo de 1990 copatrocinó con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje una sesión especial sobre el Manejo del Agua en Latinoamérica en el marco del Décimo cuarto Congreso Internacional de la Comisión.

Posteriormente, en Noviembre de 1991, el Instituto organizó en compañía del Instituto Nacional de Ciencia y Técnicas Hídricas de la Argentina, un Seminario Internacional sobre Sistemas de Riego Manejados por sus Usuarios.

Los 2 eventos anteriores abrieron campo al IWMI para buscar establecer un programa regular en Latinoamérica. Fue así como en el año 94 abrió sus Programa de México, seguido en el 95 por el Programa Regional Andino con sede en Cali, Colombia. Este último culminó en Septiembre del 97.

El programa del IWMI en México continúa ininterrumpido hasta la fecha y es así como éste dá origen a la idea de ésta “IWMI, Serie Latinoamericana” que aquí se presenta.

El Instituto aspira, por medio de esta publicación, dar a conocer mas ampliamente en la región, los resultados de los trabajos de investigación ejecutados por nuestros investigadores y/o sus colaboradores.

Aunque la idea inicial es dar cabida únicamente a aquellos trabajos directamente relacionados con el Instituto, no pensamos descartar, en manera alguna, la posibilidad de dar espacio a otras contribuciones consideradas pertinentes a las metas globales del Instituto.

Como puede esperarse, el futuro de la serie dependerá de la aceptación y retroalimentación recibida de parte de la comunidad a la cual esta dirigida: forjadores de políticas relativas al recurso agua, investigadores afines a la problemática del recurso, organizaciones e individuos involucrados, en una u otra forma, en aspectos técnicos, institucionales, económicos y sociales del manejo del agua, particularmente a la región latina pero en general a nivel global.

Para sus comentarios, en español o inglés, puede comunicarse a cualquiera de las 2 direcciones que aparecen en el reverso de esta publicación.

Atentamente

Carlos Garcés-Restrepo
Jefe del Programa IWMI-México

ÍNDICE

pág

RESUMEN

.....

....

INTRODUCCION

.....

.....

Acuíferos de la Región

.....

Localización de los acuíferos

 Características de los acuíferos

 Geología del acuífero principal

 Cambio en los niveles freáticos

 Características de extracción de los acuíferos

 Uso por sectores

Uso de Riego

.....

.....

Metodología de estudio

 Volumen de agua usada

 Producción de cosechas

 Evapotranspiración

Concesión de agua subterránea y extracción actual

.....

Nivel Distrito	7
Nivel Módulo	8
.....	
.....	
Uso por Cultivos	9
.....	
.....	
Eficiencia del Uso del Agua	10
.....	
.....	
Eficiencia del Uso del Agua por KW-Hr/M³	12
.....	
Costo del Agua	14
.....	
.....	
Costo de operación	14
Costo de mantenimiento	14
Valor del agua	16
Conclusiones y Discusión	17
.....	
.....	
Anexo:.....	19
.....	
Bibliografía	22
.....	
.....	

GLOSARIO	
PROLOGO	
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
Acuíferos de la región	
Uso de Riego	
Consección de agua subterránea y extracción actual	
Uso por cultivos	
Eficiencia del uso del Agua	
Costo del agua	
Conclusiones y Discusión	
Bibliografía	
Anexo	
1.1 Antecedentes	1

pág.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Datos sobre el clima	7
Cuadro 2.	Características de los cuatro cultivos principales, D.R. Samacá ..	13
Cuadro 3.	Indicadores agrícolas	20
Cuadro 4.	Indicadores relacionados con el agua	22
Cuadro 5.	Datos financieros	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localización del Distrito de Riego de Samacá	6
Figura 2.	Cambios en el patrón de cultivos	10
Figura 3.	Intensidad de riego	14
Figura 4.	Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de Superficie	16
Figura 5.	Correlación entre el VBEP por unidad de riego y la Precipitación	17
Figura 6.	Valor bruto estandarizado de la producción por unidad de agua	19
Figura 7.	Disponibilidad relativa de agua y disponibilidad relativa de riego	21
Figura 8.	Capacidad de entrega del agua	24
Figura 9.	Tarifa del agua y autosuficiencia financiera	25
Figura 10.	Tasa de cobro de tarifas	27
Figura 11.	Gastos de OyM por unidad de superficie	28

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

CENID-RASPA:	Centro Nacional de Investigaciones Disciplinarias en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, México.
CNA:	Comisión Nacional del Agua - México
CROPWAT:	Programa de Computador para la Planeación y Manejo del Riego.
DRA:	Disponibilidad Relativa del Agua (indicador)
DR017:	Distrito de Riego 017 – Región Lagunera – México.
INIFAP:	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias - México
IIMI:	Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, véase IWMI
IMTA:	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
IWMI:	Instituto Internacional del Manejo del Agua, por su sigla en Inglés

PRÓLOGO

Este estudio tiene su origen en la inquietud de cómo una región tan árida pero con tanta historia en agricultura y ganadería como es la Comarca Lagunera, maneja el recurso del agua. El IWMI inició sus estudios en La Comarca Lagunera desde el año 1995 en colaboración con el Cenid-Raspa de INIFAP. Estos estudios investigan el impacto en el subsector riego de las nuevas políticas a nivel Nacional tales como la Nueva Ley de Agua, la transferencia del manejo de sistemas de riego a los usuarios y la reforma al Art. 27 de la Constitución. Uno de los fundamentos del análisis fue una evaluación del desempeño del distrito de riego, evaluando el manejo de agua de gravedad y subterránea con los indicadores desarrollados por el IWMI.

Este informe trata sobre la evaluación del uso del agua subterránea en el Distrito 017 que tiene gran importancia para la economía de la región por que la industria lechera depende de ella. La región se alimenta de 8 acuíferos para su uso municipal, industrial y agrícola. Este estudio tiene su enfoque en el uso agrícola que constituye el 80 por ciento de la extracción. La situación actual de la sequía ha tenido el doble efecto de poca recarga de los acuíferos y mayor extracción a fin de sostener el nivel económico de la región. Lo que es notable de los resultados es que aparentemente la cultura del uso de agua subterránea es muy similar a la de gravedad aunque el costo es más alto y el control más fácil.

El desafío de la región es enfrentarse con la sequía, la falta del agua de riego por gravedad y el incremento en el uso del recurso por parte de la industria y municipios. Esperamos que los resultados dados en este informe serán útiles tanto para productores como para institutos encargados en el manejo sostenible de un recurso tan esencial como es el agua subterránea

Rhodante Ahlers
Coordinadora del Equipo
IWMI- Comarca Lagunera

RESUMEN

El Distrito de Riego 017 de la Comarca Lagunera es una importante zona de riego en el centro de México y comprende partes de los estados de Coahuila y Durango.

El riego es suministrado por dos fuentes de agua, gravedad y subterránea. El objetivo del trabajo es conocer y entender el desempeño del Distrito en el uso de aguas subterráneas, para lo cual se planteó el estudio en predios con pozos de uso agrícola y con características agropecuarias representativas de la región. Se seleccionaron 21 pozos en dos áreas del Distrito para llevar el seguimiento y estudio del uso del agua por los productores en los cultivos establecidos. Estos pozos correspondieron a un 15 por ciento de los pozos establecidos en esa área. El estudio comprendió la caracterización del predio, cultivos establecidos, número de riegos aplicados, volumen aplicado, consumo de energía del pozo, eficiencias de aplicación del agua y rendimientos obtenidos en la parcela. Los resultados presentan que la eficiencia en el uso del agua subterránea es en promedio de 67 por ciento, ligeramente mejor que el uso con agua de gravedad. Los pozos ejidales presentan un desempeño del uso del agua menor a los privados, además, de que la situación económica del país ha afectado considerablemente al sector del agua subterránea.

Fig. 2 Esquema general de acuífero

IWMI, Serie Latinoamericana

1. Ellen Rymshaw. 1998. Análisis del Desempeño de la Irrigación en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas, México.
2. Charlotte de Fraiture y Carlos Garcés-Restrepo. 1998. Evaluación de las Tendencias y los Cambios en el Desempeño de la Irrigación: El Caso del Distrito de Riego de Samacá, Colombia.
3. Alejandro Cruz y Gilbert Levine. 1998. El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México.

1. INTRODUCCIÓN

La Región Lagunera comprende la parte suroeste del estado de Coahuila y el extremo noreste del estado de Durango en el norte de México. La región consiste de una área de aproximadamente 24,000 kilómetros cuadrados, con un plano redondeado por una cadena de montañas. En esta área son doce municipios¹, con una área de aproximadamente 220,000 hectáreas. El Distrito de riego de La Comarca Lagunera (D. R. 017) comprende una parte de la región. Este tiene una área máxima irrigable de aproximadamente 105,000 hectáreas (ha), con una máxima normal de 96,000 ha, pero el área actual irrigada varía año con año, dependiendo de la disponibilidad del suministro de agua superficial. El Distrito esta dividido en de 20 módulos², 17 de los cuales han sido transferidos a los usuarios del agua, para su operación y mantenimiento. Dos de los módulos han sido estudiados en detalle por dos años.

El suministro de agua de gravedad es manejado conjuntamente por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la cual tiene responsabilidad para las presas y los canales principales, y los módulos, los cuales tienen responsabilidad para el manejo de los canales secundarios hasta la parcela a nivel granja. Muchos de los usuarios de agua en el distrito de riego utilizan las dos fuentes de agua, por superficie y subterránea; estas son manejadas separadamente. El agua subterránea está nominalmente bajo el control de CNA, pero el control de la operación está en manos de los usuarios individuales, o en el caso del ejido³, por la comunidad. El primer control de CNA consiste en la forma de manejar y administrar la concesión del uso para extraer un volumen anual máximo específico de cada pozo registrado. Los patrones de control de uso, la productividad, eficiencia y equidad de la irrigación usando aguas subterráneas se presentará en las secciones siguientes.

ACUÍFEROS DE LA REGION

Localización de los acuíferos.

¹ Un municipio es una unidad gubernamental, variando en tamaño, pero en esta región es de cerca de 18000 hectáreas.

² Módulos son subunidades del distrito de riego, los módulos son manejados por las organizaciones de usuarios del agua en los cuales la autoridad y responsabilidad esta definida en el Titulo de Concesión autorizado por la Comisión Nacional del Agua.

³ Ejidos son comunidades típicas establecidas después de la Revolución Mexicana de 1910, donde los habitantes tienen derecho de usufructo sobre la tierra y agua. Bajo las leyes establecidas en 1995, los residentes del ejido pueden traspasar su derechos bajo petición del Gobierno

Distrito de Riego Región Lagunera, México

La localización de los acuíferos de la región se observa en la Figura 1, el acuífero principal es el que abarca la mayor superficie. Este acuífero es de gran importancia, ya que esta representado por aproximadamente 2000 pozos de uso agrícola y es la principal fuente de abastecimiento de uso del agua doméstica para la ciudades de Torreón, Francisco I. Madero y San Pedro en el estado de Coahuila; Gómez Palacio y Lerdo en Durango.

Características de los Acuíferos.

En el distrito de riego 017, el agua subterránea está distribuída en ocho acuíferos, de los cuales 4 están localizados en el estado de Durango, 2 en el estado de Coahuila y dos que abarcan los dos estados. El principal acuífero provee mas de las tres cuartas partes del suministro de irrigación; y tres acuíferos proveen cerca del 90 por ciento del suministro. Las características geológicas y geoquímicas de los acuíferos se presentan en el Cuadro 1.

Alejandro Cruz y Gilbert Levine

Figura 1. Localización de los acuíferos de la Región Lagunera (CNA, 1994).

Cuadro 1. Características de los Acuíferos, Región Lagunera 1994

Características	Acuíferos de la Región Lagunera							
	Principal	Villa Juárez	Ceballos	Aguanaval	Nazas	Vicente Suárez	Acatitas	Delicias
Area (Km ²)	14000	600	1826	4000	600	500	648	1800
Almacenaje (Mm ³)	746	110	103	35	32	13	6	11
No. de pozos	1958	360	246	124	208	54	28	29
Nivel (m)	73	27	75	57	23	53	66	42
Salinidad	Baja en sales	Alta en nitratos	Alta en sales	Alta en sales				

Fuente: Oficina de Aguas Subterráneas. CNA Región Lagunera 1994

Como característica general, están constituidos de material granular con una área total de 23,974 km², estos son explotados por 3200 pozos distribuidos como se observa en la Cuadro,. (CNA, 1994).

Geología del Acuífero Principal

La geología de la región, y que incluye el acuífero principal de la región, está representado por rocas muy antiguas cuyo origen de formación data del período Paleozoico hasta el período reciente con la formación de materiales aluviales. Con respecto a las rocas Igneas existe una gran variedad tanto de tipo intrusivo como extrusivo con edades que comprende el período Terciario. Las rocas que se encuentran bordeando la planicie son de edad Cretácica, Terciaria y Cuaternaria. (Sánchez, 1985). Las características de mayor información se describen en el Anexo. En la Figura 3 se muestra el esquema general del acuífero principal, Región Lagunera (CNA, 1986).

Cambio en los niveles freáticos.

Los cambios en el nivel estático y dinámico del acuífero se han estado incrementando en los últimos años en la región. Con información basada en la observación de 200 pozos pilotos que se ubican en los distintos acuíferos, se ha

Alejandro Cruz y Gilbert Levine

estado evaluando esta evolución en los cambios de profundidad de bombeo. Estas evaluaciones de los últimos 20 años se observan en la Figura 2, en el cual para el año 1963 se tiene una profundidad del nivel estático de 45 m. En estos años se incrementó la perforación de pozos agrícolas y con esto el abatimiento pronunciado de los niveles de bombeo. En el año 1982 la profundidad registrada fue de 61 m, originadas por las mismas causas de bombeo; actualmente, para el año 1995 la profundidad es de 62 metros. En el periodo de los años 1991 a 1993, se indica una evolución favorable en la recuperación de estos niveles debido principalmente a las derivaciones de escurrimientos al cauce seco del río Nazas hacia la laguna de Mayrán como consecuencia de las altas precipitaciones registradas en la cuenca.

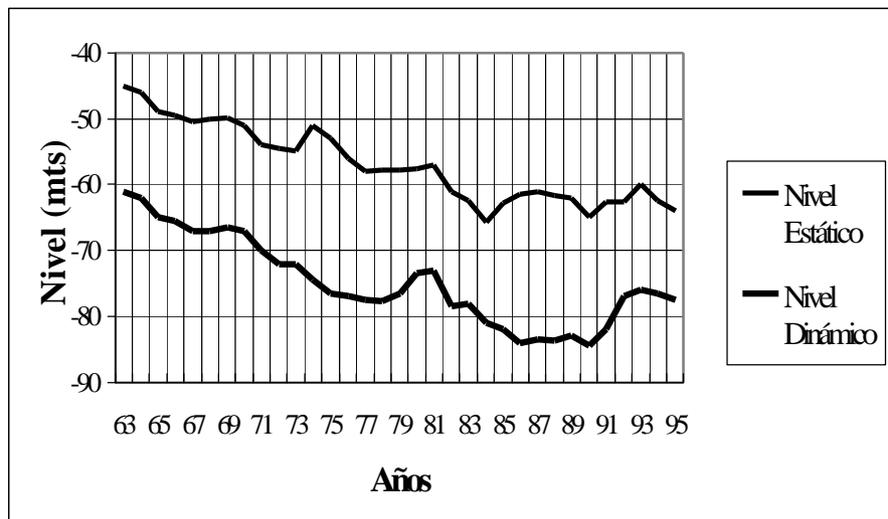


Figura 2. Evolución del nivel estático y dinámico, acuífero principal Región Lagunera (CNA, 1996).

Características de extracción de los Acuíferos.

La magnitud de la sobreexplotación se presenta en el Cuadro 2, en la cual se observa el volumen de extracción para el año 1994 que fue 1.58 veces la recarga. Para el principal acuífero la recarga en el año ha sido estimada en aproximadamente 16 por ciento del promedio de lluvia, que fueron 350 Mm³ y la extracción fue mas del doble que esta cantidad. Solamente un acuífero, el de Villa Juárez, presenta un balance en cuanto a su volumen de extracción y volumen de recarga que son 111 y 110 Mm³ respectivamente. Este balance se debe principalmente a que el acuífero se localiza en los márgenes del río principal que suministra agua al distrito de riego y que presenta grandes infiltraciones al subsuelo por su cauce. Se considera también que este acuífero suministra y/o recarga grandes volúmenes al acuífero principal.

Cuadro 2. Características de extracción y recarga de los Acuíferos Región Lagunera en 1994

Acuífero	Volumen de Extracción (Mm3)	Volumen de Recarga (Mm3)	Promedio de lluvia (mm)	Area (Km2)	Recarga como % de lluvia	Número de pozos
Principal	746	350	160	14000	16	1958
Villa Juárez	111	110	251	600	73	360
Ceballos	103	48	174	1826	6	246
Aguanaval	36	50	262	4000	5	124
Nazas	33	50	196	600	64	208
V. suarez	13	10	130	500	15	54
Acatita	6	20	254	648	12	28
Delicias	11	30	198	1800	8	29
Suma	1057	668	215.6 (prom)	23974	11.6	3007

Fuente: Oficina Aguas Subterráneas CNA Región Lagunera.

Uso del Recurso por Sectores

El uso del agua por sectores se observa en el Cuadro 3 según el número de pozos. El uso principal que se le da al agua del subsuelo en la región está representado por el agrícola, representando el 80 por ciento en relación al número de pozos usados para la extracción del recurso.

Cuadro 3. Uso del agua subterránea por sectores (CNA 1994)

USO	POZOS	%
Agrícola	2286	71.43
Pecuario	246	7.7
Público Urbano	177	5.53
Doméstico	403	12.59
Industrial	79	2.47
Recreativo	9	0.28
TOTAL	3200	100

USO EN RIEGO

El principal uso del agua de bombeo es para irrigación. El estudio se llevó a cabo en dos módulos usados también para un estudio del agua de gravedad. Los Módulos V (Brittingham) y XII (El Porvenir). Los volúmenes bombeados, energía usada, área irrigada, tipo de cultivos y el uso eficiente del agua fueron evaluados. En 1996, estos parámetros fueron determinados por evaluaciones y observaciones en campo. En 1997, estos fueron determinados de datos de los archivos de usuarios.

Metodología de estudio

Volumen de agua usada. Para la evaluación del uso de agua en riego agrícola, se realizó el estudio en los dos módulos del Distrito de Riego 017, (V y XII) ya mencionados. En ellos existen 63 y 85 pozos, respectivamente, principalmente para

Distrito de Riego Región Lagunera, México

uso agrícola. Los coeficientes del uso del agua⁴ fueron determinados en 15 por ciento del número total de pozos (21 unidades). Durante la calibración, el volumen de agua fue determinado por el método de trayectoria y mediciones en la descarga del canal (el promedio fue usado para determinar el coeficiente); la energía consumida durante la calibración fue determinada por el medidor de energía de cada bomba. Esta relación se evaluó y se obtuvo para los pozos seleccionados, la cual consistió en evaluar dos períodos de bombeo al principio y al final del año. El coeficiente se calculó en base al promedio de las evaluaciones realizadas correspondiente a los dos períodos. Durante 1996, los volúmenes bombeados fueron también medidos usando el método de área-velocidad, con velocidades medidas con un molinete digital. El promedio obtenido para cada módulo y Distrito se comparó con valores determinados por la CNA, bajo su programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica (1994).

Producción de cosechas. Se evaluaron tres cultivos irrigados por bombeo, para 1996 y 1997: alfalfa, sorgo para forraje y nuez. Las producciones fueron obtenidas directamente de los productores.

Evapotranspiración. Evapotranspiración fue calculada usando CROPWAT (1993). Este cálculo probablemente subestima la evapotranspiración actual debido al “efecto de oasis” asociado con pequeñas áreas irrigadas rodeadas con grandes áreas sin riego. En el estudio de aguas superficiales (Levine, et al 1998), los datos de humedad del suelo de la evapotranspiración actual es aproximadamente 15 por ciento más grande que la calculada usando CROPWAT. Usando CROPWAT permite comparaciones razonables de ET en sitios diferentes con patrones similares de irrigación.

⁷ Ver, Levine G., Cruz A. y García D.

Concesión de Agua Subterránea y extracción actual.

A Nivel Distrito. El volumen concesionado legalmente es de aproximadamente 516 millones de m³, con una extracción promedio en los últimos años de 800 millones de m³. En el año 1992 la extracción fue de 1091 millones, como suministro de riego principalmente para el cultivo de alfalfa por los productores. La máxima extracción ocurre en el año 1993 con un valor de 1200 millones de m³ que es usado para el riego de superficies de forrajes, para el abastecimiento del ganado lechero cuya industria láctea se ha incrementado en los últimos años. Para el año 1995 el volumen de bombeo es de 950 millones. Actualmente el volumen de bombeo ha disminuido en el

⁴ El coeficiente del uso del agua es el volumen de agua bombeada por kilowatt-hora de energía usado

distrito principalmente por los altos costos de energía y el costo de mantenimiento y rehabilitación de equipo de bombeo.

Cuadro 4. Volumen de extracción de agua de bombeo, Región Lagunera.

Año	Volumen (Mm³)
1992	1 091
1993	1 200
1994	950
1995	950
Promedio	918.25

Fuente: Oficinas de Aguas Subterráneas, CNA 1995

A Nivel módulo. Se realizó una comparación de los Volúmenes usados realmente con el volumen concesionado para cada pozo en los dos módulos. La diferencia encontrada en cuanto a volumen extraído refleja un 30 por ciento más del volumen autorizado legalmente por la concesión para el caso de los dos módulos evaluados. En las Figuras 4 y 5, se indican los volúmenes extraídos en los últimos cuatro años. El volumen concesionado para el módulo V y XII es de 14 y 24 millones de m³ respectivamente. Para los dos casos, se observa una sobreexplotación del acuífero, muy por arriba de lo normal, principalmente para los años de 1993 y 1994, reflejando el incremento de extracción la sequía presentada en el Distrito y que el suministro de agua por gravedad disminuyó en estos últimos años a sus valores mínimos históricos. En el año 1991, la extracción realizada es normal para el módulo V y menor a la autorizada en el caso del módulo XII, esto como consecuencia de que en el año 1991 se presentó una alta tasa de escurrimientos en la presa llegando a captar un volumen que la llevó a capacidad. Para el siguiente año es autorizado un volumen de agua superficial considerado como auxilio para bombeo que fue suministrado a cultivos principalmente vid, nogal, forrajes y alfalfas. La disminución que se ve en el año 1995 se debe a la caducidad de algunos pozos y el paro temporal de estos como consecuencia a la crisis económica, créditos agrícolas, baja rentabilidad de cultivos básicos y retiro temporal a la tarifa eléctrica 09 de uso agrícola. Como consecuencia de esta problemática y que afectó considerablemente al sector ejidal, fue reducido el uso de pozos substancialmente. En el Cuadro 5 se indica esta reducción, se han rentado pozos del ejido a pequeños propietarios. Respectivamente 8 y 19 en los módulos V y XII.

Distrito de Riego Región Lagunera, México

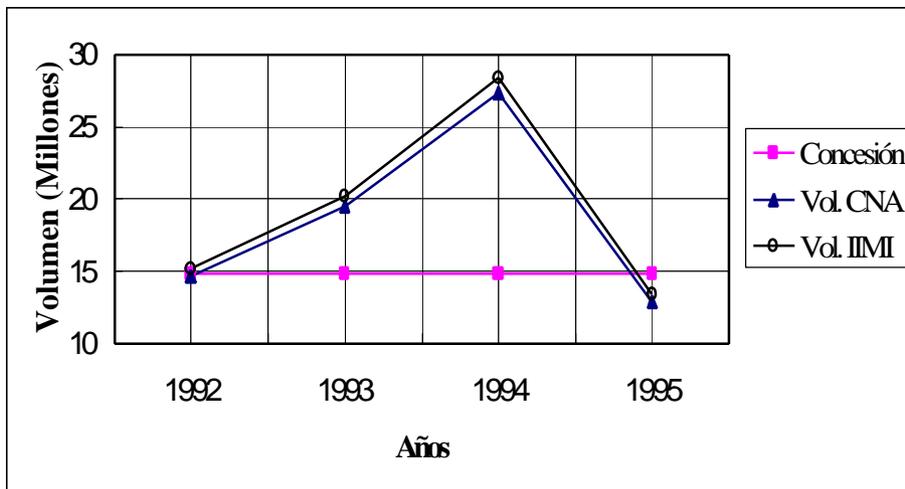


Figura 4. Volumen concesionado y volumen usado del Módulo V “Brittingham”.

Distrito de Riego Región Lagunera, México

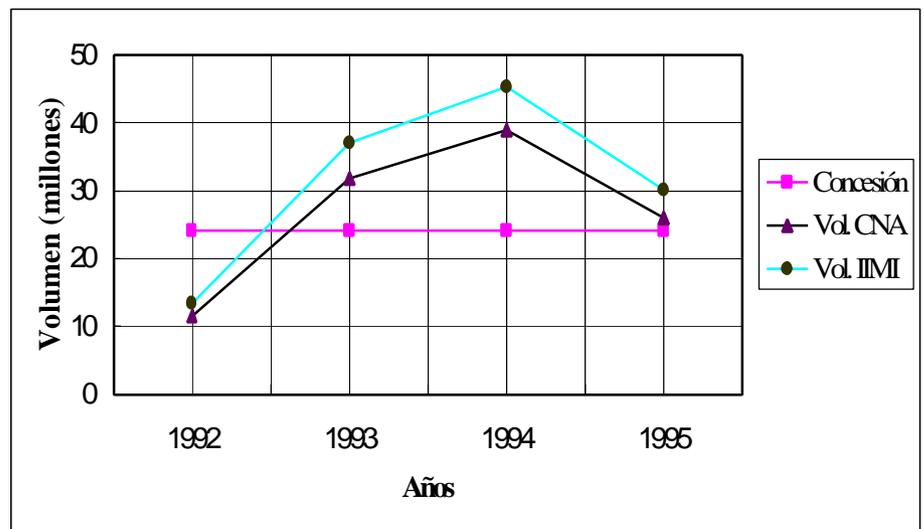


Figura 5. Volumen concesionado y volumen usado del Módulo XII "El Porvenir".

Cuadro 5. Número de pozos por módulo, V y XII, por ejido y privados.

	Módulo V	Módulo XII
Total pozos	63	83
Pozos Ejido	15	37
Pozos Privados	48	46
Pozos fuera ejido	8	19

Uso por los cultivos.

Históricamente el cultivo principal en la Región Lagunera ha sido el algodón. Hacia la década de los años 40s la mayor superficie de bombeo la cubría este cultivo, principalmente para satisfacer la demanda de fibras como consecuencia del conflicto mundial. Posteriormente, se presenta la recesión económica y la caída del precio de la fibra lo que repercute en el establecimiento y cosecha del cultivo de algodón. Se origina la sustitución por cultivos alternativos que en este caso fueron los forrajes, iniciando el incremento en superficie del cultivo de la alfalfa. Actualmente la superficie por bombeo es de 55,000 ha. El principal cultivo en la actualidad es el de alfalfa ocupando cerca del 40 por ciento de la superficie total de bombeo y en escala menor otros forrajes como maíz forrajero con 10 por ciento, sorgo forrajero 5 por ciento, nogal 5 por ciento, Vid 10 por ciento, algodón 10 por ciento y zacates y cultivos de invierno en el resto de la superficie.

En los Cuadros 6 y 7 se muestran las superficies y tipo de cultivo establecidos en los pozos evaluados en los dos módulos. La superficie promedio para cada pozo es de 30 ha, lo que puede abastecer en promedio un pozo agrícola con un gasto de 30 lps. El principal cultivo es el de alfalfa el cual se abastece en promedio de 12 riegos suministrados por año con una lamina total anual promedio de 2.7 m, y una producción total por año de 80 ton de forraje verde.

El agua subterránea es usada principalmente para el establecimiento de cosechas con alto valor económico como la alfalfa para la producción de leche. En el mercado, el precio de la alfalfa y sorgo es relativamente mayor que otros cultivos irrigados como algodón, maíz y frijoles. Similarmente las nueces tienen un alto valor. Además, el mantenimiento de cosechas perennes -alfalfa y nueces- requieren un buen suministro de agua para mantener la vida productiva.

Distrito de Riego Región Lagunera, México

Cuadro 6. Cultivos, superficie y producción de cultivos irrigados por bombeo. Módulo V. 1996

Localidad	Cultivo	Superficie (ha)	Producción Anual (ton/ha)
V-1 (P.P.)*	Alfalfa	30	96
V-2 (P.P.)	Alfalfa	48	83
V-3 (P.P.) o	Sorgo forraje	30	60
V-4 (P.P.)	Alfalfa	90	120
V-5 (P.P.)	Alfalfa	35	96
V-6 (P.P.)	Alfalfa	90	104

* P.P.= Pequeña Propiedad

Cuadro 7. Cultivos, superficie y producción de cultivos irrigados por bombeo. Módulo XII. 1996

Localidad	Cultivo	Superficie (ha)	Producción Anual (ton/ha)
XII-1 (P.P.)*	Alfalfa	48	96
XII-2 (P.P.)	Alfalfa	180	114
XII-3 (Ej.）**	Alfalfa	55	78
XII-4a (P.P.)	Alfalfa	30	81
XII-4b (P.P.)	Alfalfa	43	120
XII-5 (Ej.)	Alfalfa	20	81.6
XII-6 (P.P.)	Alfalfa	60	102
XII-7 (Ej.)	Nuez	15	1.2

*P.P. = Pequeña Propiedad, **Ej. = Ejido

Eficiencia del Uso del agua.

En el reporte sobre el uso de aguas de gravedad (Levine, et. al, 1998) usamos el indicador Disponibilidad Relativa de Agua (DRA)⁵, como una medición básica del desempeño, donde el usuario recibe el agua en un punto de entrega de canal supervisado por el canalero. En el caso de aguas subterráneas, donde el suministro y manejo de los pozos está en manos del usuario, el indicador de eficiencia del agua es mas apropiado como indicador del desempeño. La eficiencia del uso del agua se calculó en base al requerimiento de evapotranspiración calculado por CROPWAT y la relación con la cantidad de suministro de agua aplicada por un año al cultivo en cuestión.

En los Cuadros 8 y 9, se presenta las eficiencias de uso del agua subterránea asociado con varios cultivos de los módulos V y XII.

Cuadro 8. Eficiencia del Uso de agua, Módulo V.

Localidad	Cultivo	Suministro (mm)	Et CROPWAT (mm)	Eficiencia
V-1 (P.P.)*	Alfalfa	2919	1850	67
V-2 (P.P.)	Alfalfa	2703	1850	68
V-3 (P.P.)	Sorgo Forr.	1322	900	68
V-4 (P.P.)	Alfalfa	2170	1850	85
V-5 (P.P.)	Alfalfa	2844	1850	65
V-6 (P.P.)	Alfalfa	2701	1850	68
Promedio		2667	1850	70

* P.P. = Pequeña Propiedad

⁵ 7 Disponibilidad Relativa de Agua es el inverso de la eficiencia del agua. Es la relación entre el agua suministrada y el requerimiento de agua.

Cuadro 9. Eficiencia del Uso de agua, Módulo XII.

Localidad	Cultivo	Suministro (mm)	Et CROPWAT (mm)	Eficiencia
XII-1 (P.P.)*	Alfalfa	2715	1750	64
XII-2 (P.P.)	Alfalfa	2998	1750	58
XII-3 (Ej.）**	Alfalfa	3291	1750	53
XII-4a (P.P.)	Alfalfa	2290	1750	76
XII-4b (P.P.)	Alfalfa	2318	1750	75
XII-5 (Ej.)	Alfalfa	3691	1750	47
XII-6 (P.P.)	Alfalfa	2854	1750	61
XII-7 (Ej.)	Nuez	2100	1700	81
Promedio		2782	1750	65

* P.P. = Pequeña Propiedad

** Ej. = Ejido

Los resultados presentan que la eficiencia en el uso de aguas subterráneas, en promedio aproximadamente 67 por ciento, es aproximadamente el mismo a nivel parcela regadas por gravedad. Tomando en cuenta los altos costos de energía y el incremento en el mantenimiento de los pozos, esta eficiencia debería ser mayor en comparación con el agua de gravedad.

Estos resultados presentan que, en general, los ejidos manejan con menor eficiencia los pozos en comparación con los pequeños propietarios; y la eficiencia en el manejo del agua es baja en comparación con la de irrigación con agua de gravedad. Sin embargo, un ejido con bombeo que produce nueces ha alcanzado una eficiencia cerca del 80 por ciento, indicando que es posible incrementar esta eficiencia con un buen manejo del sistema productivo. Es de esperarse que en los dos tipos de usuarios, pequeños y ejidatarios, utilizando los mismos cultivos y la misma fuente de agua no se presenten diferencias tan grandes en el uso del manejo del agua. Sin embargo, influyeron varios factores que determinaron una mejor eficiencia en los pequeños propietarios, tales como son un sistema de producción más intensivo, un mayor control en la aplicación del volumen de agua y una administración mas eficiente en el uso de los recursos. Sin embargo, en el ejido XII-7 se logra alcanzar una eficiencia mayor al 80 por ciento, debido a que el usuario aplica en total un máximo de 7-8 riego por año en el cultivo del nogal con láminas promedio de 30 cm. Este se considera un suministro adecuado para el desarrollo y producción del nogal. Además el ejido cuenta con un sistema de riego en su parcela por melgas de pequeña

longitud que permite una adecuada distribución del agua de riego y una buena aplicación.

Eficiencia del Uso del Agua por Kw-Hr/m³.

Se realizó una evaluación de las eficiencias de riego en las parcelas evaluadas para los años 1996 y 1997. Se utilizó para esto los consumos de energía (Kw-Hr) usado en el año por los pozos de bombeo de los predios; este consumo de energía se relacionó con los coeficientes de uso del agua encontrados para cada pozo. Se obtuvo así la relación de consumo de energía por volumen bombeado (Kw-Hr/m³). De esta manera se calculó el volumen utilizado en el predio (suministro) y se relacionó con los requerimientos de cultivo por CROPWAT para la obtención de las eficiencias. En los Cuadros 10 y 11, se presentan los resultados de las eficiencias obtenidas para los años 1996 y 1997, se indica de que para el año 1996 las eficiencias encontradas son muy parecidas a las evaluadas anteriormente por volumen aplicado a la parcela y que se presentan en los cuadros anteriores (Cuadros 8 y 9), siguiendo un parámetro similar en los predios. Para el año 1997 las eficiencias son en promedio 68 por ciento para los módulos en estudio, esto refleja un patrón similar de manejo y uso del agua para los distintos años por el productor, en el que considera como principal cultivo el de alfalfa y con la aplicación de un volumen de agua promedio al año sin ninguna variación.

Cuadro 10. Eficiencia del Uso de agua por Kw-hr/m³, Módulo V.

Localidad	Cultivo	Eficiencia 1996	Eficiencia 1997
P.P. Soledad	Alfalfa	*	*
P.P. Eliaf	Alfalfa	74	69
P.P. Sagunto	Sorgo Forr.	*	*
P.P. Galleguita	Alfalfa	*	*
P.P: San Pedro	Alfalfa	65	67
P.P. Noé	Alfalfa	67	67
Promedio		68	68

Distrito de Riego Región Lagunera, México

Cuadro. Eficiencia del Uso de agua por Kw-hr/m³, Módulo XII.

Localidad	Cultivo	Eficiencia 1996	Eficiencia 1997
P.P. Recuerdo	Alfalfa	68	60
P.P. Florida	Alfalfa	60	60
Ej. Porvenir	Alfalfa	47	51
P.P. Santa Ana	Alfalfa	76	66
P.P. Santa Ana	Alfalfa	75	70
Ej. Pilar	Alfalfa	*	*
P.P. Huitrón	Alfalfa	*	*
Ej. 20 de Nov.	Nuez	62	65
Promedio		65	62

COSTOS DEL AGUA

Costo de operación.

El uso de energía eléctrica por extracción de agua del subsuelo se muestra en las Cuadros 12 y 13 de los dos módulos en estudio, los kilowats usados y el volumen suministrado a la superficie de riego. De las evaluaciones realizadas para los pozos en estudio, se observa la aplicación de un volumen promedio por riego de 26000 m³/ha y un consumo de energía de 1550 kilowats-hora y una relación de 0.5 kwhr por cada metro cúbico de agua extraída del subsuelo, con la utilización de bombas con gasto promedio de 30 lps, una eficiencia electromecánica del 40 por ciento y una profundidad de bombeo de 90 mts.

Posteriormente se realizó una evaluación de costos de la energía eléctrica expresados en US\$/1000 M³, la relación obtenida para los dos módulos es de US\$ 10.42/ 1000 M³. Las variaciones observadas en cuanto costos se deben a los volúmenes manejados y aplicados a los cultivos y a las condiciones de eficiencia de cada una de las bombas y que se refleja inmediatamente en el incremento de uso de kilowats-hora empleados.

Costos de mantenimiento.

Los costos promedio para mantenimiento de equipo de bombeo es de US\$2.96/1000 m³ de agua, en el que se incluye costos de lubricantes y reparaciones menores al equipo, variando de acuerdo a las características y uso de cada bomba, estos costos se incrementan cuando se requiere alguna reparación mayor del equipo e instalaciones de bombeo y que principalmente son, incremento de tubería para profundidad de bombeo, reparación de equipo y reparación de ademes. De los pozos evaluados tres requirieron reparaciones mayores.

Cuadro 12. Energía usada y costos de operación para pozos del Módulo V,1996.

Localización	Volumen (m ³ /ha)	Energía usada (KW-Hr)	Costo de energía/ha (\$US ¹⁰)	Costo de energía/1000 m ³ (\$US)	Costos de reparación/1000 m ³ (\$US)	Costo total/1000 m ³ (\$US)
P.P. Soledad	29196	11386	246.50	8.49	2.14	10.63
P.P. ELIAF	27036	18114	392.20	14.50	1.88	16.38
P.P. Sagunto	13225	9654	209.00	15.80	3.02	18.85
P.P. Galleguita	21708	7163	155.00	7.14	1.77	8.91
P.P. San Pedro	28440	11376	246.35	8.66	2.88	11.54
P.P. Noé	27010	11344	245.60	9.09	3.3	12.39
Promedio	26470	12387	268.18	10.62	2.49	13.11

Cuadro 13. Energía usada y costos de operación para pozos del Módulo XII.1996

Localización	Volumen (m ³ /ha)	Energía usada (KW-Hr)	Costo de energía/ha (\$US ¹⁰)	Costo de energía/1000 m ³ (\$US)	Costos de reparación/1000 m ³ (\$US)	Costo total/1000 m ³ (\$US)
P.P. Recuerdo	27165	9507	205.85	7.54	3.61	11.15
P.P. Florida	29988	11395	246.75	8.22	3.68	11.9
Ej. Porvenir	32920	16789	406.20	12.33	3.59	15.92
P.P. Sta Ana	22900	12366	267.70	11.69	3.29	14.98
P.P. Sta. Ana	23187	7883	170.70	7.36	3.05	10.41
Ej. Pilar	36912	17717	383.60	10.39	2.7	13.09
P.P. Huitrón	28548	13988	338.50	11.86	3.5	15.36
Ej. 20 de Nov.	21112	11189	242.30	11.47	4.03	15.5
Promedio	28972	13214	282.71	10.11	3.43	13.53

Distrito de Riego Región Lagunera, México

Los resultados presentan una variación de mas del 100 por ciento en la variable de costos de bombeo de agua subterránea. Las diferencias en los costos de bombeo están relacionadas en la variación de las eficiencias de las plantas de bombeo, muchas de las cuales tienen muy bajas eficiencias mecánicas. La CNA ha instituido un programa para la reparación de bombas⁶⁸ y elevar esta eficiencia electromecánica. En el Cuadro 14, se ilustran los costos de producción total para Alfalfa y nueces, y la fracción asociada con irrigación. Como se puede ver, el riego representa el 60 por ciento de los costos de producción para la Alfalfa, y el 30 por ciento para la nuez. Estos conceptos implican una mayor atención al riego en estos cultivos para ser aún más eficientes.

Cuadro 14. Costos de Producción para los cultivos seleccionados en la comarca Lagunera (1996).

Concepto	Alfalfa	Nuez	Sorgo
Preparación suelo	N\$ 1000	N\$ 1054	N\$ 810
Fertilización	510	1198	1828
labores	103	180	386
Irrigación	4917	2138	1053
Plagas	468	1242	408
Cosecha	1194	1200	362
Total	N\$ 8,192	N\$ 7,012	N\$4,847

Valor del Agua.

El valor de agua puede ser expresado en términos de valor bruto de la producción, y en términos de oportunidad aparente. Esta forma se presenta en los Cuadros 15 y 16, para los módulos V y XII, respectivamente.

Cuadro 15. Producción e Ingreso Neto por Unidad de Agua, Módulo V (1996).

⁶⁸ Programa para el uso eficiente del agua y ahorro de energía

Alejandro Cruz y Gilbert Levine

Localidad	Cultivo	Producción (Kg/m3)	Ingreso Neto* (\$/m3)
P.P. Soledad	Alfalfa	3.2	0.11
P.P. Eliaf	Alfalfa	3.0	0.09
P.P. Sagunto	Sorgo Forraje	4.5	0.09
P.P. Galleguita	Alfalfa	5.52	0.23
P.P. San Pedro	Alfalfa	3.37	0.11
P.P. Noé	Alfalfa	3.8	0.14

*Ingreso Neto en pesos

Cuadro 16. Producción e Ingreso Neto por Unidad de Agua, Módulo XII (1996).

Localidad	Cultivo	Producción (Kg/m3)	Ingreso Neto (\$/m3)
P.P. Recuerdo	Alfalfa	3.28	0.12
P.P. Florida	Alfalfa	3.8	0.15
Ej. Porvenir	Sorgo Forraje	2.3	0.11
P.P. Santa Ana	Alfalfa	3.5	0.09
P.P. Santa Ana	Alfalfa	3.4	0.22
Ej. Pilar	Alfalfa	2.2	0.06
P.P. Huitrón	Alfalfa	3.5	0.13
Ej. 20 de Nov.	Nuez	0.5	0.23

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El agua subterránea es un componente crítico del recurso de agua de la Comarca Lagunera, y uno de los que necesitan de un manejo más intensivo, ambos desde el nivel de la fuente hasta el nivel usuario. La mayor profundidad en los niveles estáticos del agua sobre el paso de las décadas sugieren que continúa a gran escala la extracción de agua para el incremento de producción y el uso más extensivo de aguas subterráneas. Este uso continuo muestra que el volumen de bombeo es más alto que la recarga del acuífero.

Los datos muestran que la situación financiera y la crisis económica ha tenido un impacto negativo sobre el uso del agua subterránea. En contraste de las circunstancias de los pequeños propietarios, la dificultad de muchos de los ejidos para obtener créditos para sus actividades agrícolas y que repercuten en poder lograr los beneficios del acceso de agua subterránea. Como resultado, cerca del 75 por ciento del suministro de agua es usado por los pequeños propietarios, y 25 por ciento de los ejidatarios. Entonces, la mayoría de los programas de apoyo para el uso eficiente del agua de bombeo ha sido en favor de los pequeños propietarios.

En relación a la eficiencia del uso del agua, el promedio de las eficiencias no es mejor que el de aguas de gravedad, y en el caso de los ejidatarios, el promedio es bajo, esto nos indica que hay serias cuestiones en el uso de aguas subterráneas. El incremento de los costos de irrigación del agua subterránea, nos indicaría un uso más eficiente del agua, sin embargo esto no ocurre en la mayoría de los usuarios. El incremento en la eficiencia se podría lograr con una reducción en el número de riegos y alternando con el método de aplicación, podríamos lograr una mejor distribución; además de reducir el volumen aplicado en cada riego.

Alejandro Cruz y Gilbert Levine

Distrito de Riego Región Lagunera, México

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Nacional del Agua. 1995. Situación Actual de los Acuíferos en la Región Lagunera. CNA, Gerencia en la Región Lagunera. Subgerencia Técnica. México, D.F. México.
- Comisión Nacional del Agua. 1994. Plan Anual de Irrigación. Ciudad Lerdo, Dgo. México
- Comisión Nacional del Agua. 1994. Uso eficiente del agua y la energía eléctrica. D. R. México, D.F. México
- CROPWAT. 1993. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Servicio de Fomento y Ordenación de Recursos Hídricos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. FAO. Roma, Italia.
- IMTA. 1992. Manual de Aforos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje. Cuernavaca, Mor. México
- Levine, G. 1982. Relative Water Supply: An explanatory variable for irrigations systems. Technical Report No. 6. The Determinants of Irrigations Problems in Developing Countries. Cornell University Ithaca, N.Y..
- Sánchez, Virgilio. 1986. Aprovechamiento de Aguas Subterráneas en la Agricultura. Memorias del II Ciclo Internacional de Conferencias. Torreón, Coah. México.
- SARH-INIFAP. 1988. Uso y Manejo del Agua de Riego en el Cultivo de Alfalfa. Reporte final de proyecto. Gómez Palacio, Dgo. México

Alejandro Cruz y Gilbert Levine

Distrito de Riego Región Lagunera, México

ANEXO

Alejandro Cruz y Gilbert Levine

ANEXO

Las características de cada formación son las siguientes:

Formación Aurora (Ka), comprenden rocas sedimentarias como calizas y dolomitas cuyo origen arrecifal tienen una gran variedad de porosidades lo que las convierte en buenas almacenadoras de agua y permeables, presentan una alta distribución horizontal ubicándose en el subsuelo de toda la planicie y un espesor superior a los 600 metros.

Formación Coahuiliana (Ksc), esta serie comprende calizas, su espesor varía de 62 a 130 metros.

Formación Indidura (Ki), esta constituida por lutitas, limolitas y calizas, el espesor es de aproximadamente 100 metros.

Formación Caracol (Kc), esta constituida por lutitas, limolitas y arseniscas con un espesor alrededor de 300 metros.

Formación Ahuichila (Ta), esta serie forma lomeríos que se distribuyen ampliamente en áreas adyacentes a las sierras altas con la posibilidad de rellenar las depresiones del valle con un espesor muy variable.

Formación Santa Inés (Tsi), esta formación está constituida por una secuencia de caliza y en menor grado de basaltos y riolitas, presentando gravas semiconsolidadas hasta conglomerados como matriz arcillosa y limosa y cementados por material calcáreo, esta formación se encuentra en todo el subsuelo de la planicie a diferentes profundidades.

Aluvión (Al), formada por los depósitos aluviales que rellenan la planicie y que esta constituido por clastos de todos los rangos granulométricos, se comporta altamente permeable y con un gran espesor de más de 200 metros.

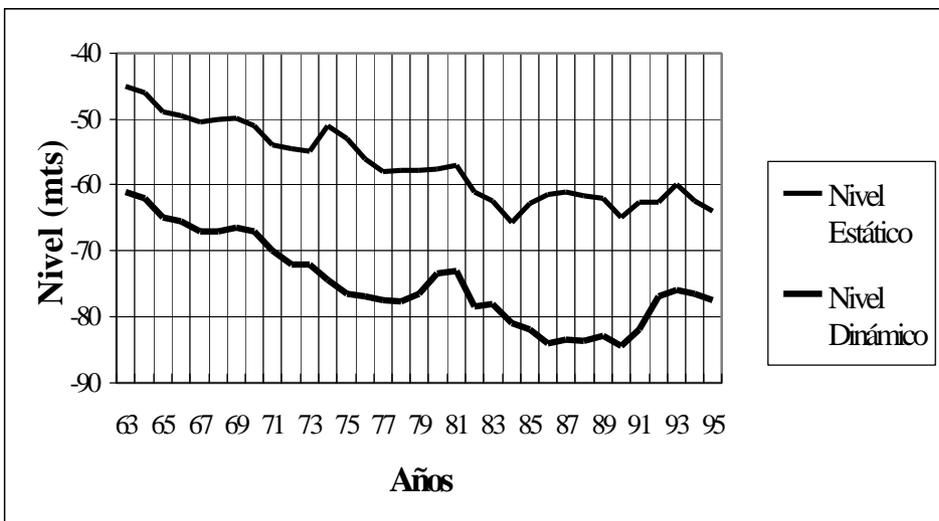


Figura 2. Evolución del nivel estático y dinámico, acuífero principal Región Lagunera (CNA, 1996).

Figura 3. Esquema general del Acuífero Principal. Región Lagunera (CNA, 1986).

Distrito de Riego Región Lagunera, México

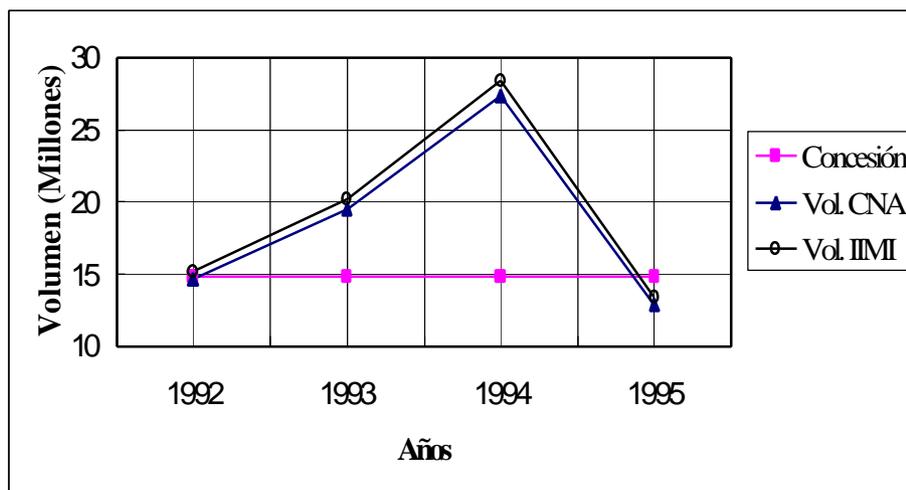


Figura 4. Volumen concesionado y volumen usado del Módulo V "Brittingham".

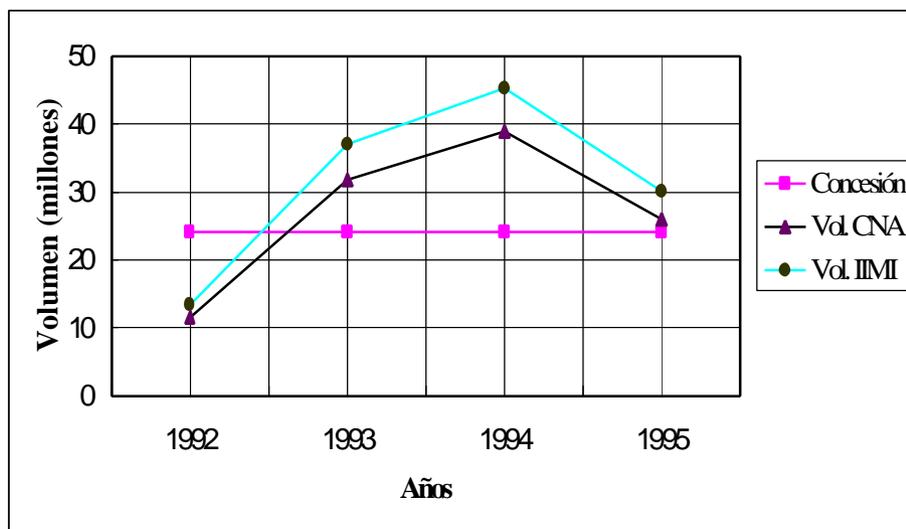


Figura 5. Volumen concesionado y volumen usado del Módulo XII "El Porvenir".

INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA

Programa de México

c/o CIMMYT, Lisboa 27 Col.Juarez

A Postal 6-641. CP 06600. México D.F., México

Tel: (52 5) 7269091 Fax: (52 5) 7267558

E-mail : cgarces@cimmyt.mx

**IMFORME
DE
MÉXICO**



INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

PO Box 2075, Colombo, Sri Lanka

Tel (94-1) 867404. FAX (94-1)866854 .

E-mail IWMI@cgiar.org

Internet Home Page <http://www.cgiar.org/iimi>