

El Colegio de Sonora



**EL COLEGIO
DE SONORA**

**Cambio tecnológico para la optimización del uso agua en la producción de
vid en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo. 1980-2005.**

Tesis que para obtener el grado de

Maestra en Ciencias Sociales

en el Area de Economía y Desarrollo Regional

Presenta:

Yesenia Molina Jiménez

Director de tesis:

Dr. Vidal Salazar Solano

Hermosillo, Sonora.

Marzo del 2009

Agradecimientos

Primeramente gracias a El Colegio de Sonora y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología que me permitieron formar parte de esta gran institución y que han hecho posible, a través de su apoyo y patrocinio, la culminación de este tan anhelado posgrado, que me ha dado fuerzas personales para seguir adelante.

Gracias a mi director de tesis al Dr. Vidal Salazar Solano, profesor del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C (CIAD A.C), a mis excelentes lectores el Dr. José Luis Moreno Vázquez y la Dra. Lorenia Velázquez, agradecida por su tiempo, apoyo, orientación en la realización de este trabajo de investigación.

Les agradezco al personal del colegio, maestros, compañeros alumnos y amistades que me encontré en el camino y me dieron aliento para seguir trabajando mi tesis y terminarla orgullosamente.

A los profesores de la especialidad en Economía y Desarrollo Regional, generación 2005-2007 y a todos mis inolvidables compañeros con quienes compartí muchas horas gratas, ingratas e inolvidables

Finalmente agradezco a mi familia hermanas y hermanos, especialmente a mi madre por su gran apoyo incondicional desde siempre y a mi padre.

A todos ustedes muchas gracias y que dios nos bendiga.

Índice de contenido

	Página
Introducción	5
Capítulo I	
Enfoque teórico metodológico	
Teorías de la producción.....	17
Enfoque de la sustentabilidad	23
Capítulo II	
Las instituciones gestoras del recurso agua en la agricultura y características físicas generales	
Instituciones internacionales.....	27
Instituciones nacionales	28
Instituciones en Sonora.....	30
Características físicas de México.....	35
Características físicas de Sonora.....	36
Los distritos de riego en Sonora.....	39
Características físicas de la zona de estudio.	44
Capítulo III	
Inicio y desarrollo de la actividad agrícola	
La concepción del recurso agua a principios del siglo XX.....	46
Inicio de la actividad agrícola en Sonora y en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo ..	48
Situación de la agricultura nacional.....	54
Capítulo IV	
Estudio de caso: Uso e impacto de la tecnología en el sistema de riego en la producción de vid en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo	
Panorama y evolución de la producción agrícola en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo.....	60
Implementación tecnológica en sistemas de riego presurizado: sus promotores y ejecutores en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo en el cultivo de la uva.	66
Sistemas de riego presurizados	68
Evolución de los sistemas de riego presurizados en DRCH.....	80
La producción de uva en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo.	83
Capítulo V	
Conclusiones y recomendaciones	90
Bibliografía	96

Índice de tablas

Tabla 1. Evolución institucional del manejo del agua en México.	29
Tabla 2. Agua subterránea en Sonora.	38
Tabla 3. Situación de los acuíferos en Sonora.	45
Tabla 4. Evolución de la superficie sembrada y volumen de agua. DRCH.	61
Tabla 5. Superficie sembrada y consumo de agua. Principales cultivos. DRCH. 1980-2005.	62
Tabla 6. Evolución de los principales cultivos del DRCH. Totales, periodo 1980-2005.	63
Tabla 7. Rendimientos de los 10 principales cultivos en el DRCH. 1980-2005.	65
Tabla 8. Situación de la extracción de agua en el DRCH. 1996-2006.	68
Tabla 9. Costos de sistemas de riego presurizado. 2007.	80
Tabla 10. Evolución de la implementación de los sistemas de riego presurizado en el DRCH.	81
Tabla 11. Clasificación e implementación de los sistemas de riego presurizado en los principales cultivos en el DRCH. Ciclo 2004-2005.	82
Tabla 12. Situación de la uva en el DRCH. Ciclo 2004-2005.	84
Tabla 13. Clasificación e implementación de los sistemas de riego presurizado en el cultivo de la uva en el DRCH. 2004-2005.	84
Tabla 14. Evolución de la vid en superficie sembrada, agua consumida y rendimientos.	85
Tabla 15. Rendimiento: hectáreas que se riegan por cada millón de metros cúbicos de agua. DRCH. 1997-2005.	88

Índice de figuras

Figura 1. Representación gráfica del desarrollo sustentable.	25
Figura 2. Agua subterránea en Sonora.	37
Figura 3. Agua superficial en Sonora.	38
Figura 4. Los distritos de riego en Sonora.	39
Figura 5. El distrito de riego 051 Costa de Hermosillo (DRCH).	44
Figura 6. Riego por surcos.	71

Figura 7. Riego por melgas.....	71
Figura 8. Gotero emisor.....	73
Figura 9. Goteros por medio de cintas o mangueras.....	73
Figura 10. Tipos de cabezales de riego por aspersión o microaspersión.....	78
Figura 11. Riego por aspersión móvil.....	78

Índice de gráficas

Gráfica 1. Evolución de la superficie sembrada en los 10 principales cultivos en el DRCH. 1980-2005.....	64
Gráfica 2. Evolución de el consumo de agua en los 10 principales cultivos en el DRCH. 1980-2005.....	64
Gráfica 3. Evolución de la implementación de los sistemas de riego presurizado en los cultivos del DRCH. 1990-2005.....	81
Gráfica 4. Evolución de la uva: superficie sembrada en el DRCH. 1980-2005.....	86
Gráfica 5. Evolución de la uva: volumen de agua utilizada en el DRCH. 1980-2005.....	86
Gráfica 6. Evolución de la uva: rendimiento en el DRCH. 1980-2005.....	87

Introducción

Este trabajo es producto de mi desempeño en el programa de maestría en Ciencias Sociales con la especialidad en Economía y Desarrollo Regional de El Colegio de Sonora. Este trabajo también se desarrolló con el apoyo de la línea de investigación: *Desarrollo Regional, Integración y Sustentabilidad*, del Departamento de Economía Regional e Integración Internacional del CIAD, A.C. En ella se tiene como objetivo analizar las manifestaciones regional-territoriales de los procesos económicos, sociales y ambientales, complejizados a raíz de la creciente integración internacional y globalización, así como de los efectos derivados de las políticas y programas de desarrollo regional instrumentados.

La escasez de agua en Sonora representa una gran preocupación en los sectores gubernamentales y privados, por lo que el uso eficiente del agua de riego es la prioridad número uno para la conservación del recurso. Para resolver esta problemática, el gobierno tiene como objetivo fomentar el reemplazo progresivo de los sistemas de riego tradicionales por riego tecnificado o sistemas de riego presurizado. Este método obliga a disminuir el volumen de agua aplicado obteniendo ventajas agronómicas, económicas y en el medio ambiente que garantizan la sustentabilidad de la región.

Las instituciones en el estado que intervienen para la gestión de recursos hidráulicos son desde el gobierno federal, estatal, municipal y organizaciones civiles concesionarias de los servicios. Estas instancias se encuentran sujetas a un marco de ordenamientos legales que rigen en materia de recursos hidráulicos, además cuentan con instrumentos de gestión o sistemas de información y monitoreo, mecanismos para la gestión del agua, los consejos de cuenca para la comunicación social civil, los planes y programas hidráulicos, constituyendo un complejo dirigido a un óptimo uso del agua.

Por lo anteriormente expuesto la presente tesis analiza el impacto del cambio tecnológico orientado a la optimización del uso de agua en el cultivo de la vid en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo, periodo 1980-2005. Esta alternativa se proyecta como un factor fundamental para reducir el abatimiento de los mantos acuíferos derivados de las prácticas agrícolas bajo sistema de riego tradicionales en el estado de Sonora.

Se estudia la evolución en la aplicación y el resultado de efectividad de la incorporación de tecnología de sistemas riego presurizado y su impacto en los niveles de eficiencia en el ahorro de los volúmenes de agua, objetivo promovido por las instituciones gestoras del agua, utilizada en la uva e incluyendo otros principales cultivos como son el trigo, garbanzo, cártamo, hortalizas, cítricos, frutales, algodón, nogal y alfalfa.

Planteamiento del problema

El tema del uso y disponibilidad de agua destacan entre las primeras preocupaciones del sector académico y tecnológico, así como de los actores sociales, políticos e institucionales. La advertencia a la población mundial es en relación al consumo desmesurado de este recurso, que frustra constantemente los esfuerzos de las instituciones que gestionan su preservación a favor de las generaciones venideras. Según el Informe del IV Foro Mundial del Agua, México 2006, menciona que “existe el consenso general de que el desarrollo hídrico es base del crecimiento y desarrollo social y económico (.....), uno de los objetivos principales era encontrar una manera de atraer recursos humanos, tecnológicos y financieros al sector agua, con el fin de catalizar el crecimiento en las naciones del mundo” (FMA, 2006).

A escala mundial muy poca agua es utilizada para el consumo del hombre, 97.5% es salada, la cual está en los océanos, el 2.5% es dulce y en su mayor proporción (70%) se encuentra en estado sólido en los polos del planeta únicamente el 0.75% se encuentra en ríos, lagos y mantos subterráneos. Para ser destinada sin riesgo al consumo humano requiere ser sometida a diversos tratamiento de eliminación de partículas y organismos dañinos para la salud finalmente debe ser distribuida a través de infraestructura de conducción hasta las áreas urbanas y rurales de consumo. El sector agrícola ocupa la primera posición con el 65% del consumo, el sector industrial, demanda el 25% y el consumo doméstico, comercial y de otros servicios requieren el 10%.

El agua es un recurso fundamental para la vida y soporte del desarrollo económico y social de cualquier país; es un elemento esencial para los ecosistemas y requisito para la sustentabilidad ambiental. La distribución natural del agua en el ámbito mundial y regional es desigual; así, mientras en algunas regiones es abundante, en otras es escasa o inexistente. Las

zonas áridas y semiáridas que constituyen el 40% de la masa terrestre, disponen solamente del 2% de la precipitación mundial. La disponibilidad del líquido depende de la dinámica del ciclo hidrológico, en el cual los procesos de evaporación, precipitación, transpiración y escurrimientos dependen del clima, las características del suelo, la vegetación y ubicación geográfica. El hombre ha alterado dicho ciclo para satisfacer sus crecientes necesidades, principalmente por las actividades agrícolas, industriales y domésticas (INEGI, 2008).

Entre los grandes problemas relacionados con la escasez mundial de agua se encuentra su disponibilidad en el subsuelo que está amenazada tanto por la contaminación de los acuíferos como por la sobreexplotación.

En la perspectiva ambiental de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) basada en proyecciones de tendencias económicas y ambientales para el año 2030, señala que en los países miembros, entre ellos México, los problemas relacionados con el agua que no están bien gestionados y requieren de una atención urgente son: escasez, calidad de las aguas subterráneas, su uso y contaminación por la acción de las actividad agrícola (INEGI, 2008).

Se pronostica que el consumo total del agua aumentará en un 40%. La tercera parte de los países en regiones con gran demanda de agua podrían enfrentar una severa escasez en este siglo: para el año 2025, dos tercios de la población mundial probablemente vivan en países con escasez moderada o severa (INEGI, 2008).

El agua se ha convertido en un recurso estratégico para el desarrollo económico y la supervivencia de los países debido a la escasez para consumo humano y a la pérdida de la calidad original. Según el IV Foro Mundial del Agua, México 2006 (FMA, 2006) 1,1 mil millones de personas no tienen acceso seguro al agua potable y 2.4 mil millones no cuentan con saneamiento. Aún en los países desarrollados, las descargas de aguas residuales no reciben tratamiento adecuado, especialmente en las grandes ciudades, amenazando la salud humana y la de los ecosistemas.

Factores como la insuficiente inversión en infraestructura, el desperdicio, la falta de pago por el servicio, la contaminación del recurso, su inadecuada utilización, además de la

presión poblacional, entre otras causas, han dado lugar a que México se encuentre entre los países con una disponibilidad de agua promedio baja.

En el estado de Sonora, se está agravando considerablemente rápido este fenómeno. La disponibilidad de agua se ha visto reducida de manera creciente en la última década, impactado directamente el abastecimiento para consumo humano y a las actividades productivas. En el sector agrícola los efectos son la sobreexplotación y contaminación en la mayoría de los distritos de riego en la entidad.

La sobreexplotación de 15 de las 47 zonas geohidrológicas de Sonora ha manifestado signos de deterioro en la calidad del agua, propiciado por la intrusión salina. Los acuíferos de Sonoyta –Puerto Peñasco, Guaymas, Caborca, Costa de Hermosillo, Mesa del Seri presentan un abatimiento continuo en sus niveles. Esta situación ha producido el avance de la intrusión salina y el incremento de la salinidad en el agua subterránea extraída de los pozos, afectando grandes extensiones de terrenos agrícolas.

Existe la creciente necesidad de promover el equilibrio sustentable que asegure el abasto suficiente de agua a la población, el cual se logrará armonizando cinco aspectos fundamentales del bienestar humano: la producción de alimentos, la salud, la estabilidad política, social y ecológica. Para que esto suceda la gestión del recurso debe evitar futuros y solucionar los presentes problemas de escasez, sobreexplotación y contaminación implementando medidas preventivas que procuren un uso racional y de conservación del recurso.

Las medidas de fortalecimiento institucional de las autoridades y organismos estatales de gestión hidráulica, necesitan implementar acciones de apoyo para reducir la sobreexplotación de los acuíferos y promover el ordenamiento del uso del agua. Las acciones por realizar deberán encaminarse a la adopción de tecnologías avanzadas en el uso del recurso, en todos los sectores, que minimicen los volúmenes requeridos, induzcan un mínimo de degradación en la calidad del líquido, eviten las descargas sin tratar y permitan la recuperación de los mantos acuíferos sobre explotados, de los cauces y cuerpos de agua.

En las últimas décadas, se han generado diversas propuestas ante la creciente incapacidad del campo, por una parte para producir los alimentos básicos, materias primas y/o divisas para el desarrollo del país y por otra, el deterioro cada vez mayor de las condiciones de vida, trabajo de la población rural y sobre todo en lo relacionado al grave deterioro y sobreexplotación del recurso agua. Una de las condiciones básicas para mejorar el nivel de vida de los productores rurales es la incorporación de infraestructura hidroagrícola a sus cultivos, conformada por los distritos y unidades de riego, así como los distritos de temporal tecnificado. Los dos primeros se diseñaron con la tecnología prevaleciente en la época de su creación para aplicar el agua por gravedad, los cuales han sido transferidos paulatinamente a los mismos usuarios. Con el paso del tiempo y la falta de mantenimiento, estas obras se han ido deteriorando, disminuyendo la eficiencia global en el manejo hídrico (INEGI, 2008).

La escasez de agua en los países en desarrollo representa actualmente una gran preocupación de los gobiernos, por lo que el uso eficiente del agua de riego es la prioridad número uno para la conservación del agua (Vázquez, López, Chagoya, 2004). La escasez cada vez mayor del recurso hídrico en muchas regiones del planeta obliga a reducir las cantidades de agua aplicada en la agricultura de riego, lo cual justifica el uso de métodos de aplicación localizada del líquido.

Existen diferentes alternativas para la tecnificación de un determinado método de riego, entendiéndose por ello “el uso de “técnica”, para obtener el máximo beneficio del agua de riego, es decir, que gran parte de lo suministrado vaya directo a las plantas y no se traduzca en pérdidas (...). Hace aproximadamente 30 años, la agricultura mundial ha ido incorporando tecnologías que tienden a entregar el agua a las plantas en aquellos puntos del terreno donde se desarrolla la mayor cantidad de raíces, concibiéndose de este modo la idea del riego localizado. Bajo este concepto de riego localizado tienen cabida todos aquellos métodos como goteo, cintas, microaspersión” (Osorio, Tapia, Salinas, 1999).

A continuación se presentan algunos ejemplos de países que incorporan los sistemas de riego tecnificado como medio, primeramente, para optimizar el recurso agua, aumentar la productividad y mejorar el producto agrícola.

En México la principal zona productora de ajo se encuentra ubicada en el estado de Guanajuato. En este estado la producción hortícola basada en la explotación subterránea de agua para riego presenta serios problemas de abastecimiento del recurso, debido a la sobreexplotación de los mantos acuíferos, provocada principalmente por el volumen excesivo de agua que se aplica a los cultivos, con métodos convencionales de riego por gravedad. Ante tal situación el Gobierno Federal y Estatal ha creado programas de apoyo para implementar métodos de riego que incremente la eficiencia en el uso de agua. Usaron la tecnificación mediante el riego por goteo planteada como una solución viable a este problema debido a las ventajas agronómicas, económicas y en el medio ambiente (Barrios, Larios, Castellanos, Alcántar, Rodríguez, 2005).

En Cuba la producción de café constituye un rublo importante en la generación de divisas. Este país toma en cuenta la creciente escasez del agua de riego resaltando el interés de optimizar su empleo mediante riegos adecuados y eficientes para obtener las máximas producciones. En los últimos años los sistemas de riego tecnificado han alcanzado un gran auge a nivel internacional, por lo tanto el país en su plan de obras para el año 2000 planificó instalar sistemas de riego localizado en el café (Cisneros y Martínez, 2001).

En Venezuela la producción de melón es intensivo, caracterizado por el uso de riego, alto empleo de insumos, labores de control (...), es por ello que, para mejorar la producción y aumentar la productividad se hace necesario un mayor aprovechamiento de los recursos y de las labores practicadas. Dentro de esas labores se encuentra el riego como una alternativa factible para el logro de estos objetivos, ya que permite alcanzar alto rendimiento y calidad de los productos, al asegurar el agua indispensable (...). El sistema de riego por goteo tiene varias ventajas, constituyendo en la actualidad en una de las mejores alternativas para el aprovechamiento agrícola de pequeñas fuentes de abastecimiento de agua, dado lo escaso y costoso de este recurso (Gil, Montaña Khan, Gamboa, Narváez, 2000).

En Perú una de las razones de los bajos rendimientos y pobre calidad de los productos agrícolas, se debe a que en el proceso productivo del agro se utilizan sistemas de riego radicales por gravedad e inundación. Para atender esta problemática, el Ministerio de Agricultura creó el Programa de Riego Tecnificado, que tiene como objetivo promocionar el fomento al reemplazo progresivo de los sistemas de riego tradicionales por sistemas

modernos y eficientes, como los métodos de riego tecnificado (PSI, 2006).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el Departamento de Agricultura y Protección del Consumidor comunica en el documento: Gestión del agua hacia el 2030: “que las políticas agrícolas deben proponerse liberar el potencial de las prácticas de gestión del agua para elevar la productividad, promover un acceso equitativo al agua y conservar los recursos” (FAO, 2007).

En la política de intervención de la FAO menciona que hay un amplio margen de intervención normativa para contribuir a "reinventar" la gestión del agua en la agricultura. Recomendando un planteamiento estratégico del fomento de los recursos disponibles de tierras y agua, a fin de satisfacer la demanda de productos alimenticios y agrícolas, así como una mayor conciencia de los beneficios productivos que se pueden obtener mediante el uso inteligente del agua.

También dice que es necesario garantizarles a los agricultores en lo personal y a las familias campesinas una "relación estable" con los recursos agrarios e hídricos en relación a los derechos de tenencia de las tierras y de utilización del agua. Estos se deben complementar con crédito rural, financiación, difusión de tecnología, buenas prácticas en la utilización del agua y el abandono de los sistemas tradicionales de irrigación.

En relación a los sistemas de riego menciona que con la ayuda de programas de modernización se obtendrá el valor pleno de los costos no recuperables y se reducirá la presión sobre los fondos públicos. La agricultura debe asumir sus responsabilidades ambientales reduciendo los efectos ambientales negativos de la producción de regadío.

Las razones personales de la elección del tema surgieron de la preocupación sobre el problema de la escasez de agua en que vivimos los sonorenses. Año tras año observamos que disminuyen las precipitaciones; han surgido conflictos relacionados a la disponibilidad de agua en el municipio y sobre todo el problema de la sobreexplotación del acuífero en la Costa de Hermosillo. El sector agrícola en Sonora consume más del 90% del recurso, por lo tanto el interés fue analizar los resultados en la optimización del agua con el uso de tecnologías destinadas para tal fin. La elección de la uva fue porque es uno de los productos más

importantes en la generación de divisas, de empleo, de capital y tiene el mayor porcentaje de hectáreas tecnificadas en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo (DRCH).

Objetivos

El *objetivo general* de esta investigación es evaluar el impacto de la incorporación de tecnologías de riego, proceso promovido por las institucionales gestoras del agua, en los volúmenes de agua utilizados para la producción agrícola, haciendo énfasis en el cultivo de la uva en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo (DRCH).

Objetivos específicos:

- Revisar los conceptos relacionados a los procesos de innovación tecnológica como factores de desarrollo para la agricultura en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo (DRCH).
- Identificar los cambios en la eficiencia del uso del agua a partir de los procesos de modernización de los sistemas de riego tradicionales en el cultivo de la vid.
- Identificar las principales acciones institucionales encaminadas a lograr la eficiencia en el uso del agua para uso agrícola en Sonora.
- Describir los factores, internos y externos, que han influido el diseño de las políticas de manejo de los recursos hídricos en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo (DRCH).

Esta investigación ha planteado desde su origen, una serie de interrogantes en relación a la problemática de la disponibilidad de agua en el DRCH. Fundamentalmente se cuestiona ¿Ha tenido lugar de manera efectiva un proceso de cambio tecnológico que promueva la optimización del uso del agua? ¿han promovido las iniciativas un proceso de concientización entre los actores productivos sobre los riesgos ambientales que promueven los sistemas ineficientes de riego?. Trataremos también de dar respuesta a la interrogante sobre los efectos de las acciones gubernamentales tendientes a la modernización de los sistemas de riego, estas acciones ¿han sido capitalizadas como una oportunidad de promover la sustentabilidad productiva o sólo significan oportunidades para la capitalización de apoyos que permitan escalar los procesos de acumulación económica de los actores productivos?

Hipótesis

Es posible que las estrategias de incorporación de tecnología en los sistemas de riego para la optimización de recurso agua, en la producción de vid, en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo, hayan resultado exitosas en cuanto a la cobertura de la superficie de cultivo atendida, sin embargo, esto ha sido insuficiente para modificar la tendencia a reducir los volúmenes de agua utilizada. Desde nuestra perspectiva, las acciones gubernamentales para la modernización de los sistemas de riego, más que una oportunidad para promover una agricultura sustentable, han representado para los actores productivos, oportunidades para la capitalización de apoyos que les permitan escalar sus procesos de acumulación económica.

Técnicas de Investigación

El enfoque metodológico utilizado es mixto en cuanto a sus orientaciones cuantitativas y cualitativas. Son cinco actividades principales: a) recopilación de información bibliográfica y documental; b) consulta de archivos; c) revisión hemerográfica; d) Internet; e) entrevistas con personas del medio gubernamental relacionados con la gestión del agua. En el DRCH los entrevistados fueron el Ing. Ramón Gámez, jefe de operativo, el Lic. Luis Armando Cuevas, encargado del departamento de ingeniería y drenaje y el Ing. Jesús Torres auxiliar del departamento de ingeniería y drenaje. De SAGARPA el Ing. Ángel Ruiz encargado del departamento de estadística y el Ing. Ricardo Romero auxiliar del departamento de estadística. Las entrevistas se realizaron en el transcurso de los años 2007 y 2008. La delimitación temporal del análisis es de 1980 a 2005.

El aspecto central de este trabajo fue dimensionar la efectividad de la incorporación de tecnología de riego presurizado y su impacto en los niveles de eficiencia en el ahorro de los volúmenes de agua empleados en los diez principales cultivos del DRCH, haciendo énfasis en el caso de la uva.

Las unidades de análisis son: el tipo de tecnología para optimizar el recurso en la producción de vid. Los indicadores estadísticos son: hectáreas sembradas, volumen de agua utilizado, rendimiento y crecimiento. Se analiza la uva comparada con los principales 10

productos agrícolas: hortalizas, frutales, cítricos, trigo, maíz, garbanzo, cártamo, nogal, alfalfa y algodón.

El análisis de la información se realizó en base a los resultados de la evolución de las estadísticas de producción agrícola, comparando el rendimiento en el uso de agua de acuerdo al sistema de irrigación implementado en la uva.

Al principio se determinó trabajar con las variables de la uva de mesa, por ser la más importante en la producción agrícola en Sonora y particularmente en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo. Sin embargo, debido a la poca o nula disponibilidad de información estadística que completara la información necesaria que llevara a darle respuesta a la hipótesis planteada, decidimos tomar los datos estadísticos de la uva de mesa e industrial de manera conjunta.

Los inconvenientes se presentaron primero en el DRCH, se observó que dicha institución no cuenta con la información estadística ordenada y resguardada. El personal del distrito mencionó que posiblemente lo solicitado se extravió por un cambio de domicilio de la oficina; o que los datos están almacenados en discos de 3.5” los cuales no saben si funcionan, porque no disponen con equipo de cómputo con entrada para dichos discos. El distrito sugirió, en repetidas ocasiones, ir a SAGARPA y CNA a solicitar dicha información, pero estas dependencias recomendaban solicitarla, nuevamente, al DRCH por ser ésta la que emite los datos básicos que aquellos manejan.

En SAGARPA se obtuvo información desagregada de la superficie sembrada de la uva industrial y de mesa a partir de 1985 a 2005, la cual estaba integrada al distrito de desarrollo rural 144 que suma la producción de Carbó, San Miguel y Hermosillo. Se solicitó la información sólo de Hermosillo, pero el personal comentó que no contaban con esas estadísticas. La otra dependencia es la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Noroeste, que proporcionó información de la superficie sembrada y volumen de agua utilizado de la uva en conjunto, desde los ciclos agrícolas de 1980 hasta 2005. Se requirió por separado, la uva de mesa e industrial, pero comentaron que sólo contaban con estadísticas de los últimos ciclos agrícolas del 2004 al 2008.

Un segundo inconveniente fue que dos fuentes de información: DRCH y CNA que interactúan entre sí en el intercambio de información, presentan diferencias en las hectáreas sembradas y tecnificadas. En las tablas 10, 11, 13, 14 de la evolución en la tecnificación de hectáreas, clasificación e implementación de los sistemas de riego presurizado en los principales cultivos, en la uva y evolución de la vid, respectivamente.

Los resultados de crecimiento en las estadísticas de la uva en su conjunto muestran aumento tanto en la superficie sembrada como el volumen de agua utilizado. Sin embargo, sabemos que la producción de uva industrial ha ido disminuyendo y la uva de mesa ha aumentado compensada en conjunto este crecimiento. La producción total de la uva ha fluctuado desde las 9,000 ha. en 1980 hasta las 11,766 ha. en 2005. Así, el interés particular de este estudio es conocer el resultado en la evolución del volumen de agua utilizado con respecto a la implementación de tecnología en el sistema de riego presurizado en la producción de uva.

Estructura del Trabajo

En el primer capítulo se describe el marco teórico sobre las teorías de producción y el enfoque de sustentabilidad que dan apoyo y respaldo a esta investigación. Las diversas teorías presentadas desde Adam Smith hasta Coob Douglas, muestran el desarrollo del pensamiento económico-productivo a través de las diferentes funciones de producción empleadas por los principales economistas clásicos hasta llegar a autores contemporáneos, quienes describen la importancia de la tecnología en los medios de producción y su aplicación en los recursos naturales como medio para aumentar o disminuir ésta variable. En este caso el uso de la tecnología tiene como objetivo disminuir el uso del agua por hectárea sembrada. También se menciona el enfoque de sustentabilidad implícito en el uso eficiente del recurso por medio de la implementación de la tecnología para mantener en equilibrio lo social, económico y ecológico.

En el segundo capítulo se expone la evolución de las instituciones gestoras del recurso agua, mencionando el proceso histórico de las dependencias de gobierno influyentes y responsables de gestionar en el orden productivo agrícola y el manejo del recurso. Se explica desde el nivel internacional, nacional y estatal, mencionando las implicaciones económicas y

políticas que éstas han tenido y tienen sobre la producción agrícola, uso y su disponibilidad. También se exponen las características físicas de México, Sonora, la situación de los 7 distritos en el estado y los aspectos físicos de la zona de estudio: el distrito de riego 051-Costa de Hermosillo.

En el tercer capítulo se menciona brevemente la historia y evolución del distrito, exponiendo el inicio de la actividad y como se concebía al recurso agua a fines y principios del siglo XX; los estudios respecto a la existencia de ésta; la instalación de las primeras familias que se situaron en la zona para empezar la actividad agrícola; las acciones de gobierno que impulsaron el desarrollo agrícola en el periodo de 1940 a 1970; la exposición de la situación de la agricultura nacional que repercutió de manera directa en el desarrollo de la agricultura sonorenses y particularmente en el DRCH y las consecuencias de la crisis de 1982 y 1994 y los principales factores internos y externos que influyeron en los cambios productivos en la región.

En el cuarto capítulo se expone el estudio de caso. Primeramente se muestra el panorama general y evolución agrícola en el DRCH, en sus 10 principales productos, utilizando la información estadística de las hectáreas sembradas, el volumen de agua utilizado, el rendimiento y crecimiento; se mencionan los conceptos en sistemas de riego presurizado, sus ventajas y desventajas, la implementación en el distrito y por último se presenta de forma exclusiva la producción de uva de 1980-2005, la implementación de tecnología de riego y los resultados de esta aplicación tecnológica.

En el quinto y último capítulo se expresan las conclusiones y recomendaciones de la presente tesis. Los resultados respaldaron la veracidad de la hipótesis que guía la presente investigación. Se destacó el resultado de comparar la evolución en el consumo del agua en millones de metros cúbicos (mm^3) contra la superficie sembrada de la vid con arreglo a la implementación de tecnología en los sistemas de riego presurizado en la producción de uva. También se hacen varias recomendaciones y una reflexión final de lo que puede suceder con las tendencias encontradas en este trabajo de investigación.

Capítulo I

Enfoque teórico metodológico

Teorías de la producción

Adam Smith

La teoría del crecimiento económico ha sido construida a lo largo de la historia del pensamiento económico, empezando con Adam Smith, en su libro “La riqueza de las naciones” escrita en 1776, quien consideraba que el producto nacional en función de la combinación de acervo de capital, recursos naturales, trabajo e instituciones. Ofrecía el siguiente planteamiento general:

$Y = f(K, L, N, U)$, Donde:

Y= Producto-ingreso nacional

K = acervo de capital

N = recursos naturales

L =trabajo

U= instituciones.

En esta función, se asume que la disponibilidad de recursos naturales y las instituciones son exógenos al proceso de crecimiento; que el incremento del número de trabajadores está en función de la diferencia entre el salario monetario actual (W) y el salario de subsistencia (w); la demanda de trabajo es una función del crecimiento del acervo de capital y el ingreso; el crecimiento de la población depende de la diferencia entre el salario de subsistencia y el nominal.

El límite al proceso de acumulación del capital está asociado a la diferencia entre la tasa de beneficio y la tasa mínima y el nivel de ingreso. Para Smith la tasa de beneficio corriente tendía a disminuir por la competencia entre los capitalistas y esto llevara a una situación donde la acumulación se detenía, por lo tanto la demanda de trabajo disminuía y el crecimiento poblacional sería igual a cero. Este fenómeno fue definido como *el estado estacionario de la economía*. (Destinobles, 2006).

David Ricardo

Ricardo parte de la función de producción de Adam Smith, incorporando la noción de que el incremento de la producción, con una dotación dada de tierras requiere cantidades crecientes de trabajo. Considera además que:

- El salario de subsistencia es determinado históricamente.
- La tasa de crecimiento demográfico máxima está determinada biológicamente.
- La participación de la masa de salarios en el producto es una variable independiente en la función que describe la acumulación del capital.

Al igual que Smith, el enfoque de Ricardiano conduce al estado estacionario, solo que bajo una perspectiva distinta. Mientras que para Smith la competencia entre capitalistas hace disminuir la tasa de ganancia, para Ricardo es la limitación en la dotación de recursos naturales lo que frena la acumulación (Destinobles, 2006).

Ambos autores desestiman el alcance del cambio tecnológico en la persistencia del proceso de crecimiento económico, y como factor de resistencia a las tendencias natural de sus enfoques hacia el estado estacionario.

Cobb Douglas

En economía, la función Cobb-Douglas es una forma de función de producción, ampliamente usada para representar las relaciones entre un producto y las variaciones de los insumos tecnología, trabajo y capital. Fue propuesta por Knut Wicksell (1851-1926) e investigada con respecto a la evidencia estadística concreta, por Charles Cobb y Paul Douglas (1928 y 1948.)

El establecimiento de la función partió de la observación empírica de la distribución de la renta nacional total de Estados Unidos entre el capital y el trabajo. Los datos mostraron que se mantenía más o menos constante a lo largo del tiempo y a medida que crecía la producción, la renta del total de los trabajadores crecía en la misma proporción que la renta del conjunto de los empresarios. Douglas solicitó a Cobb establecer una función que resultara

en participación constante de los dos factores si ganaban en su producto marginal (Mankiw, N. George, 2004).

Esta función de producción presenta la forma

$$Q = A \cdot T^\alpha \cdot K^\beta$$

Donde:

- Q = producción total (el valor monetario de todos los bienes producidos durante un año)
- T = insumo trabajo
- K = insumo capital
- A = Tecnología (factor total de productividad)
- α and β son las elasticidades producto del trabajo y el capital, respectivamente. Estos valores son constantes determinadas por la tecnología disponible y constituyen parámetros positivos.

La función de producción Cobb-Douglas, propuesta en 1928, es una de las más usadas en economía por su simplicidad, para determinar eficiencia. Es una función de producción neoclásica, homogénea de grado uno o linealmente homogénea, con rendimientos constantes a escala y además con rendimientos marginales (productividades marginales) de cada uno de los factores positivos y decrecientes (Destinobles, 2006).

Una expresión más elaborada de este planteamiento consiste en

$$Y = F(K,L) = A K^a L^b$$

Y = Producción

K = Capital

L = Empleo

A = Tecnología

F denomina la función

a y b son parámetros positivos.

Esta función establece una relación cuantitativa entre los factores y los niveles de producción. Simplificando supondremos primero que el trabajo (L) y el capital (K) son los únicos factores importantes. Entonces la función muestra que la producción (Y) depende de los factores y del nivel de tecnología (A) (se dice que A representa el nivel de tecnología porque cuanto mayor es, más producción se obtiene con un nivel dado de factores; a veces A se denomina simplemente “productividad”, que es un término más neutral que “tecnología”) Esta argumentación se corresponde en la fórmula genérica de producción:

$$Y = AF(K,L)$$

Su forma específica es la función de producción de Cobb Douglas:

$$Y = A K^a L^b.$$

Esta forma funcional Cobb Douglas describe de una manera relativamente exacta la economía y es muy fácil de utilizar algebraicamente (Dornbush, Fischer, Startz, 1998:32).

La tasa de crecimiento de la productividad total de los factores es la cantidad en que aumentaría la producción como consecuencia de la mejoras de los métodos de producción si no se altera la cantidad utilizada de ninguno de los factores (Dornbush, Fischer, Startz, 1998:32).

La tecnología se concibe como el cambio, progreso tecnológico, capital manufacturado o físico que permite disminuir el uso del recurso natural con la misma cantidad de factores de producción. Es el conjunto de técnicas, instrumentos, maquinaria, aparatos, procedimientos y métodos empleados en las diferentes ramas económicas de un país (Zorrilla, 1999:43).

La función de producción de Cobb Douglas muestra la incorporación de la tecnología como un medio para maximizar o minimizar la utilización del capital natural. En el caso de los sistemas de irrigación del cultivo de la vid, la tecnología funge como un medio para eficientar, es decir, minimizar el volumen utilizado del uso del recurso agua.

Otra forma de explicar la importancia de la tecnología en la producción es que esta permite ajustes continuos de la razón hectáreas sembradas y hectáreas irrigadas de tal manera que a largo plazo el acervo de capital natural disminuye o se mantiene constante. Por esta razón la tecnología es un medio para hacer frente a las limitantes que impone el capital natural en el DRCH.

Robert Solow

En la teoría neoclásica del crecimiento Solow (1956) explica el papel de la acumulación del capital en el crecimiento del ingreso y las causa de las diferencias en las tasas históricas de crecimiento del ingreso per cápita de distintos países.

La versión simplificada del modelo de Solow, parte de los supuestos neoclásicos tradicionales y de la identidad keynesiana sin gobierno ni sector externo:

$Y = C + I$, donde:

C= Consumo

I= Inversión

De esta función se derivan otras como el producto per cápita que para crecer requiere, según Ricardo, que la acumulación de capital crezca a tasas superiores a las de la población. A partir de esta versión simplificada de la función de producción, se incorpora la función Cobb Douglas para explicar el crecimiento apoyado en tecnología que reduce el uso de los recursos naturales, enfrentando así los problemas de escasez y la tendencia natural hacia la estacionalidad del capital.

En relación a la variable tecnología, Solow considera que la explotación de los recursos naturales no renovables tienden a generar un estado estacionario. Una forma de modificar esa tendencia es promover la sustitución de recursos naturales por capital físico, y afirma que “el agotamiento es sólo un incidente, no una catástrofe” (Rodríguez y Ruiz, 2001:117). En este planteamiento se asume que la reducción de recursos naturales, no conducen necesariamente al estado estacionario, dada por la sustitución entre estos recursos

naturales y el capital físico. Lo anterior es posible en la medida en que la tecnología permite establecer tasas de explotación adecuada de los recursos.

Solow supone que las fuerzas del mercado propician la extracción de recursos naturales no renovables de fuentes de bajo costo y que el precio del mercado deberá incrementarse. Conforme el yacimiento se agota el precio se incrementa exponencialmente hasta hacer rentable la explotación. Adicionalmente se incorpora la existencia de una tecnología capaz de sustituir el recurso no renovable por una fuente renovable pero a muy altos costos. Esta tecnología se denomina “*back stop technology*”, o “tecnología de límite” y entrará en funcionamiento tan pronto como los precios del recurso no renovable alcancen un nivel suficientemente alto para hacerla rentable (Rodríguez y Ruiz, 2001:118).

Solow argumenta que con la presencia de tecnología que propicia sustituir el recurso natural no renovable, el mercado se encargara del resto. Al final el problema se verá reducido al valor de la elasticidad de sustitución de recursos naturales renovables por los no renovables. Si la elasticidad de sustitución entre los recursos no renovables y otro tipo de insumos es mayor a la unidad; y si la elasticidad del producto con respecto al capital manufacturado excede la elasticidad del producto con respecto a los recursos naturales, entonces una población constante podría mantener un nivel de consumo indefinidamente.

Expresado en otras palabras: pequeños incrementos en el precio de los recursos no renovables ocasionaría su sustitución por otros materiales en cantidades más que proporcionalmente y el incremento del producto nacional se lograría a partir de aumentos en el uso de capital manufacturado y no con una mayor utilización de recursos naturales (Rodríguez y Ruiz, 2001:118).

Visto de esta forma, la incidencia del fenómeno del agotamiento del manto acuífero en el DRCH el factor limitante en la producción de vid no es el incremento de la tarifa del agua. La tarifa está relacionada al costo en que se incurre para llevarla al usuario. El problema de fondo es el agotamiento del manto acuífero, por lo tanto es posible que una alternativa se encuentre en la implementación y desarrollo de tecnologías de riego eficiente que eleve la producción con un mínimo de utilización del recurso hídrico.

Enfoque de la sustentabilidad

Rodríguez y Ruiz (2001), definen la sustentabilidad “como el nivel de consumo que permite mantener el mismo flujo de ingreso a lo largo del tiempo. Así mismo se postula que el incremento del capital manufacturado se realiza a costa de una disminución del capital natural, por lo cual existe un costo de oportunidad entre los servicios obtenidos del incremento del acervo de capital y los servicios perdidos por la disminución del acervo del capital natural. Este costo de oportunidad puede expresarse como una razón de eficiencia”, que se representa en esta fórmula:

$$(KM \text{ Servicios obtenidos}) / (KN \text{ servicios sacrificados}).$$

KM= capital físico o manufacturado

KN= capital natural.

Estos autores argumentan que el supuesto de la sustituibilidad conduce a dos definiciones de sustentabilidad: la primera de ellas es la llamada *sustentabilidad débil*, la cual supone sustituibilidad perfecta entre el capital natural y el capital manufacturado donde se asegura que los servicios obtenidos de la ampliación del capital manufacturado iguallen a los servicios sacrificados por la disminución del capital natural para alcanzar la sustentabilidad; la segunda es *la sustentabilidad fuerte* criterio que abandona el supuesto de sustituibilidad para incorporar el de complementariedad requiriendo que el acervo de capital natural permanezca constante independientemente de los incrementos en el acervo de capital manufacturado.

La procuración de la sustentabilidad ambiental, puede ser respaldada por el desarrollo tecnológico y así mantener niveles de crecimiento. Sin embargo, existen algunos límites como lo es el agotamiento de los recursos naturales que la tecnología ya no pueda sustituir. Lo anterior resulta relevante si se toma en consideración el rápido crecimiento de la población mundial y la constante demanda de alimentos, lo cual incide en una mayor producción y por lo tanto en la utilización de recursos agrícolas. Este proceso incrementa la emisión de contaminantes así como la demanda de recursos renovables y no renovables.

Para atender el enfoque sustentable, es importante que se disponga de capacidades tanto de asimilación de contaminantes en los ecosistemas, como de renovación de los recursos naturales. El desarrollo sustentable tiene lugar cuando la generación de contaminantes inherente al crecimiento económico no rebasa la capacidad de asimilación del ecosistema y la extracción de recursos no sobrepasa su capacidad de renovación.

Las funciones de producción clásicas ignoran las restricciones o el agotamiento de los recursos naturales, por lo tanto no incorporan en sus modelos el cambio tecnológico como medio para crecer, mantener o proteger los recursos naturales.

Las funciones de producción neoclásicas tipo Cobb-Douglas y Solow muestran claramente la importancia de incorporar la tecnología como condición exógena para el crecimiento económico. En el caso específico que nos ocupa en este trabajo de tesis, una posibilidad de eficientar el uso de los limitados recursos hídricos es la implementación de nuevas tecnologías que permitan detener la explotación del recurso no renovable para disminuir la sobreexplotación del recurso natural o bien, mantener y/o aumentar su cantidad y calidad.

Lo anteriormente expuesto comprende el concepto de sustentabilidad el cual implica un enfoque de largo plazo que debe procurar la planeación del desarrollo en el DRCH buscando el equilibrio entre las dimensiones ecológica o ambiental, económica y social tanto en el presente como para las generaciones futuras. Estas dimensiones de sustentabilidad para el desarrollo son:¹

Dimensión ecológica. Es el aprovechamiento responsable de los recursos naturales, cuidando su preservación y en algunos casos la restauración de los mismos, como condición de vida para la especie humana, animal y vegetal.

Dimensión social. Constituido por el bienestar social se debe buscar necesariamente ser sustento de la sociedad que lo promueve, al propio tiempo todo enfoque de desarrollo que

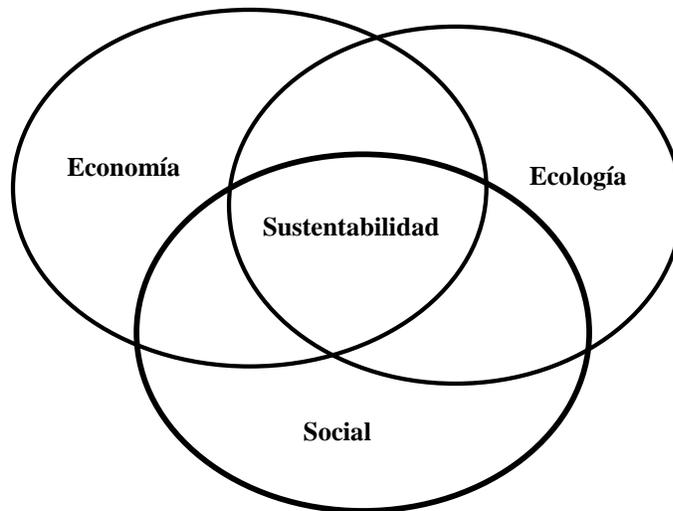
¹ Presentación de la Maestría en Prestación de Servicios Profesionales: planteamiento metodológico y organizado del módulo II. Impartido por el Dr. Vidal Salazar Solano, maestro-investigador del CIAD. Octubre 2008.

no pueda ser sostenido por la sociedad que lo impulsa, resulta excluyente y por ende puede preverse su fracaso a mediano o largo plazo.

Dimensión económica. Corresponde a la generación de la riqueza productiva. Sin esta dimensión resultaría una perspectiva para el desarrollo debilitada en su base material esta dimensión representa la condición práctica y el soporte de las demás dimensiones del desarrollo.

La representación gráfica de la visión del desarrollo rural sustentable es:

Figura 1. Representación gráfica del desarrollo sustentable.



Fuente: Presentación de la Maestría en Prestación de Servicios Profesionales: planteamiento metodológico y organizado del módulo II. Impartido por el Dr. Vidal Salazar Solano, maestro-investigador del CIAD.

Otra forma de ver el enfoque de sustentabilidad en el desarrollo regional es que ésta puede evaluarse mediante diferentes metodologías provenientes de importantes elementos de análisis, tales como las relaciones jerárquicas entre sistemas de producción en el marco de distintos niveles espaciales y temporales. Afirmando que la sustentabilidad constituye un paradigma complejo cuya formulación es escenario de discusión entre diferentes ideales y valores acerca de la ecología, la economía, la sociedad, la política y colocar todos estos en un mismo plano como integrante de una misma realidad (Torres, Rodríguez, Sánchez, 2004).

La conceptualización de la sustentabilidad significa que a través de la investigación científica e institucional se fortalezca nuestra habilidad para guiar las interacciones entre naturaleza y sociedad hacia trayectorias sustentables al mismo tiempo que se promueve el aprendizaje social necesario para transitar hacia ello. Con el conocimiento necesario se precisan herramientas de predicción de escenarios que proveen indicadores que permitan la toma de decisiones para lograr el desarrollo sustentable donde exista la distribución equitativa de recursos y oportunidades entre las generaciones presentes y futuras (Torres, Rodríguez, Sánchez, 2004).

Capítulo II

Las instituciones gestoras del recurso agua en la agricultura y características físicas generales

El manejo sustentable y eficiente del agua, al igual que cualquier otro recurso, en particular de aquellos que tienen una dimensión común o de bien público, requiere de instituciones adecuadas. Una *institución*, en el caso del manejo de recursos hídricos, significa un conjunto de mecanismos, incentivos o normas jurídicas, económicas o cooperativas con que se busca la forma de superar situaciones donde prevalece la acción descoordinada e independiente, que ponen en peligro la existencia misma del recurso común. Las instituciones crean orden y reducen la incertidumbre en el intercambio, definen las opciones abiertas a los actores económicos, determinan costos de transacción y producción, y por tanto, la eficiencia, factibilidad y rentabilidad de los proyectos, conductas o actividades. En general, las instituciones proveen la estructura de incentivos en una economía, fijan las reglas básicas para el uso de los recursos, y establecen bases para el control o regulación de mercados y procesos administrativos (CCE, 2008).

Instituciones internacionales

A partir del último cuarto del siglo XX se han realizado importantes conferencias mundiales para analizar la crisis del agua y avanzar en la instrumentación de acciones que permitan aminorar el problema de su escasez, mejorar su manejo y administración. La primera reunión llevada a cabo en Mar de Plata, Argentina, en 1977, cinco años más tarde, en 1982, se realizó en Dublín la Conferencia Internacional Sobre el Agua y el Medio Ambiente. Posteriormente da inicio la celebración del Foro Mundial del Agua. Este Magno evento se estableció como un proceso abierto y participativo que se nutre de los conocimientos, experiencias y aportaciones de la comunidad mundial del agua. El I Foro, tuvo lugar en Marrakech, Marruecos, en marzo de 1997.

En esa ocasión, el Consejo Mundial del Agua recibió el mandato de desarrollar una “Visión para el agua, la vida y el ambiente en el siglo XXI” de largo plazo, para presentarse en el II Foro, llevado a cabo en La Haya y Holanda en el 2000. Más de 5,000 participantes discutieron los resultados del documento “Visión para el agua, la vida y el ambiente en el siglo XXI”. La visión fue un ejercicio sin precedentes conducido mediante un proceso

participativo que proveyó una guía sobre el estado de los recursos hídricos en el mundo y su futuro. Posteriormente se celebró la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce en 2001, En marzo de 2003, fue celebrado el III Foro Mundial del Agua en Kyoto, Shiga y Osaka, Japón. La definición de diversos principios sustantivos, marcaron la pauta y demostraron la determinación de involucrar a todos los actores interesados. Para este fin se introdujeron nuevos conceptos tales como un Foro Virtual del Agua y el Proyecto Voces del Agua. El Cuarto Foro Mundial se realizó en la Ciudad de México, en marzo de 2006.

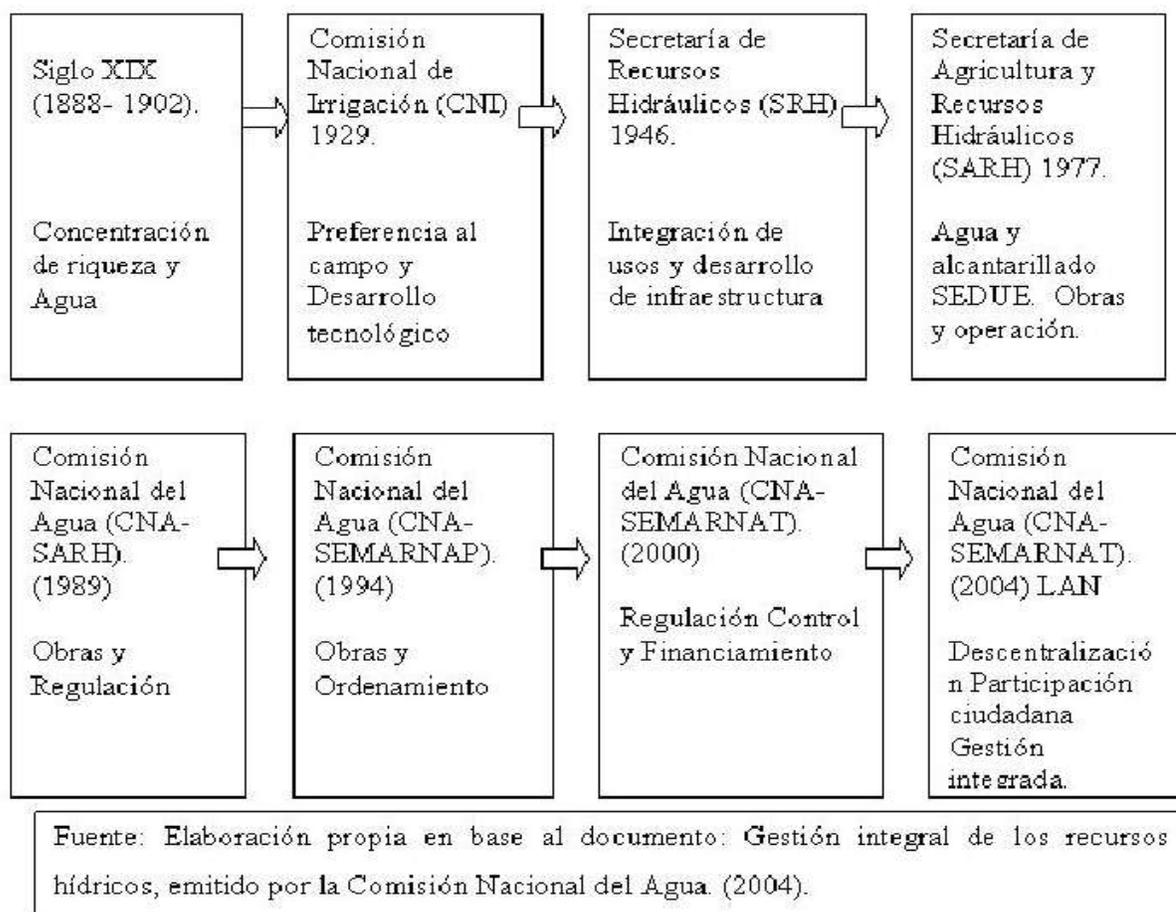
En el informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de Recursos Hídricos en el mundo se estructura a partir de los siete desafíos aprobados en la declaración ministerial de la Haya en marzo de 2000: 1) cubrir las necesidades humanas básicas; 2) asegurar el suministro de alimentos mediante un uso más eficaz del agua; 3) proteger los ecosistemas mediante una gestión sostenible de los recursos hídricos; 4) compartir solidariamente los recursos hídricos entre regiones y naciones; 5) administrar los riesgos relacionados al agua; 6) Darle la valoración correcta al agua; 7) administrar el agua de manera responsable (UNESCO, 2003).

Son muchas las organizaciones internacionales que están preocupadas por el correcto uso y la preservación del vital líquido. Algunas de estas son mediadoras, gestoras, cuidadoras y prestadoras de crédito para financiar los proyectos e instrumentos, que logren solucionar los actuales problemas que presentan la mayoría de los países.

Instituciones nacionales

A nivel nacional México ha presentado una importante evolución en las instituciones gestoras del recurso hídrico que se explica a partir de la creación de la CNI (Comisión Nacional de Irrigación) y termina con la actual institución llamada CNA (Comisión Nacional del Agua). La evolución presenta un interesante desarrollo de las instituciones encargadas del recurso hídrico. Estas se crearon y fueron evolucionando de acuerdo a los problemas presentados en el sector en relación al cultivo de tierras, uso del agua y las formas de propiedad en el transcurso de los años (Ver tabla 1).

Tabla 1. Evolución institucional del manejo del agua en México.



Creación de la Comisión Nacional de Irrigación (CNI).

En enero de 1926 se expidió la ley sobre irrigación con aguas federales. A diferencia del decreto de julio de 1917, que se fundamentaba en la ley porfiriana de aguas, esta ley callista comenzaba aludiendo al párrafo tercero del artículo 27 de la Constitución de 1917: “la propiedad agrícola privada y los derechos de los usuarios de aguas de jurisdicción federal quedarán sujetos a las modalidades de la presente ley establece para la construcción de obras de irrigación”. Con esta ley el gobierno federal se hacía de facultades para construir directamente obras de irrigación, el nacimiento de esta significaba un cambio notable pues se creaba un organismo de carácter nacional dedicado al agua. México fue pionero en América Latina y El Caribe (Aboites, 1998: 107).

La Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH).

El proceso de centralización/federación del manejo de las aguas tuvo su culminación formal en diciembre de 1946, cuando el Congreso de la Unión aprobó la iniciativa del ejecutivo federal para crear la Secretaria de Recursos Hidráulicos (SRH). Como en ningún otro país del hemisferio occidental, los asuntos del agua llegaban a rango de secretaría de estado. El nacimiento de esta criatura burocrática también expresaba la certeza gubernamental acerca del éxito de la labor hidráulica de los regímenes surgidos de la revolución mexicana (Aboites, 1998: 179).

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

Una nueva ley de la administración federal de fines de 1976 extinguió la SRH y la convirtió en mera subsecretaría de una nueva dependencia la Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) nace en 1977. (Aboites, 2004: 98). Esta tenía entre sus principales funciones hacer obras de irrigación, a mejorar la eficiencia del agua mediante reformas a las leyes de aguas y de derechos.

La Comisión Nacional del Agua (CNA).

En enero de 1989 un decreto presidencial creó la Comisión Nacional del Agua, con el propósito de contar con una autoridad federal única en el ramo. Es el Órgano superior del Estado en materia hidráulica, de acuerdo con lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales (LAN), adopta la forma de órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y le corresponde en el ámbito federal la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico, con triple carácter: técnico, normativo y consultivo (Muñoz, 2006: 366).

Instituciones en Sonora

Las instituciones en el estado que intervienen para la gestión de recursos hidráulicos son desde el gobierno federal, estatal, municipal y organizaciones civiles concesionarias de los servicios son las siguientes:

- Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura.
- Comisión Estatal del Agua (CEA).
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sonora (COAPAES).
- Organismos Operadores de Agua Municipales (OOMAPAS).
- Organismos operadores de Distritos de Riego (ACU).

a) El marco legal en la gestión del agua en el estado.

- Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su reglamento. En la Ley de Aguas Nacionales (LAN) estipula, para el uso agrícola, reglamentaciones en relación a la concesión, distribución, vigilancia, control, sanciones, tarifas, multas en el uso del agua.
- Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas. Obliga al concesionario al pago de derechos por el uso del agua, y en su caso por la descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional.
- Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica. Regula la recuperación parcial de la inversión pública federal en infraestructura hidráulica.
- Las Leyes estatales en materia de agua promulgadas en las entidades federativas.

Marco legal vigente que rige en la entidad:

- Ley núm. 38 de Aguas para el Estado de Sonora.
- Ley núm. 217 del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente para el Estado.
- Ley núm. 104 de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sonora.
- Reglamento de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sonora.
- Decreto que crea la Comisión Estatal del Agua.
- Ley núm. 75 de Gobierno y Administración Municipal.
- Plan Estatal de Desarrollo 2004 - 2009.
- Programa Estatal de Mediano Plazo: Aprovechamiento Sustentable del Agua 2004-2009.

b) Los instrumentos de gestión o sistemas de información y monitoreo son:

- Red climatológica.
- Red meteorológica.
- Red hidrométrica.
- Información geohidrológica.
- Red de monitoreo de calidad del agua

c) Los mecanismos para la gestión del agua son los siguientes:

- Concesiones o asignaciones de agua.
- Permisos de descarga de aguas residuales.
- Registro público de derechos de agua (REPDA).
- Recaudación.

d) La comunicación social civil que son los Consejos de Cuenca:

- Consejo de Cuenca del Alto Noroeste.
- Consejo de Cuenca del Yaqui y Mátape.
- Consejo de Cuenca del Río Mayo.
- Consejo de Cuenca de los ríos Fuerte y Sinaloa.
- Consejo Consultivo de la Comisión Estatal del Agua.

e) Planes y programas hidráulicos en ejecución

1.- El objetivo central del Programa Hidráulico Regional Noroeste para la Región II es el de implantar el manejo racional de sus limitados recursos hidráulicos, especialmente en circunstancias adversas como son los periodos de sequía prolongada.

- Estrategia: Fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola.
- Fomentar la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.
- Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico.

- Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura del buen uso.
- Disminuir los riesgos y atender los efectos de inundaciones y sequías

2.- Las principales características y orientaciones de los programas en operación se pueden agrupar conforme

- El desarrollo del riego y drenaje y mejoramiento de la eficiencia del uso del agua en los distritos y unidades de riego (PMIR).
- El aumento de la productividad y la reconversión productiva del sector agropecuario y ganadero (Alianza Contigo).
- El mejoramiento de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento y la consolidación de los organismos operadores (APAZU y PROSSAPYS).
- La conservación y protección de los recursos naturales, estabilización de acuíferos y compra de derechos de agua.

3.- Planes directores para los distritos de riego:

- Región San Luís Río Colorado
- Caborca
- Hermosillo
- Guaymas
- Valle del Yaqui
- Valle del Mayo

En el diagnóstico de la situación actual el Programa Regional Hidráulico 2002-2006 de la CNA señala los principales problemas que afronta la región en los que se refiere al agua.

- Concentración de la demanda y déficit de agua potable.
- Uso ineficiente y deficiente infraestructura de distribución de agua potable.
- Limitada disponibilidad de recursos económicos.
- Uso ineficiente de agua para uso agrícola.
- Baja disponibilidad del recurso hídrico y sobreexplotación de acuíferos.

- Deforestación y degradación del suelo en las cuencas altas.
- Deterioro de la calidad del agua.

La Comisión Estatal de Agua de Sonora en el Programa Estatal de Mediano Plazo, identifica como principales problemas del estado en cuanto a los diferentes componentes del recurso hídrico:

En la infraestructura hidroagrícola:

- Obsoletas estructuras de control y medición en los distritos de agua superficial.
- Se requiere el revestimiento de 7,568 km. en los canales principales de los distritos.
- Existen 36,894 ha. de riego con problemas de salinidad.
- Acelerado deterioro de la infraestructura por falta de conservación y mantenimiento.

Administración del agua:

- Deficiencias en el sistema de registro y control de usuarios.
- Falta de vigilancia para el cumplimiento de las obligaciones de los usuarios.
- Incumplimiento de los usuarios en el registro de los aprovechamientos y obligaciones fiscales.
- Se tienen adeudos de organismos operadores en agua potable y alcantarillado.

Sistema hidrológico:

- Necesidad de conocimiento de la disponibilidad de agua para la toma de decisiones.
- Deficiencias en la información climatológica, hidrométrica y de calidad del agua.
- 12 presas se consideran con riesgo potencial hacia la población.
- Sólo se realiza piezometría sistemática en 11 acuíferos.
- Sobreexplotación de 455 mm³ en 10 acuíferos.
- Hay 19 acuíferos con altos valores de salinidad de los que se extrae el 76 % del volumen total.

Como se observa la preocupación respecto al agua abarca no sólo el ámbito local, sino que tiene un lugar importante en el plano internacional. Se reconoce el problema y por lo

tanto se emiten planes y programas, desde los distintos niveles de gobierno, para poder abatir el problema. Primeramente evalúan la situación económica, social y por supuesto la ecológica. De acuerdo a estos factores emiten sus planes y programas, dentro de éstos exponen sus objetivos, acciones y estrategias para combatir los distintos problemas que al final de cuenta recaen en la mala utilización del agua que hasta la fecha, de acuerdo a los cuadros estadísticos, a pesar de las acciones encaminadas hacia este objetivo, siguen propiciando la sobreexplotación de la mayoría de los acuíferos en el estado de Sonora.

Características físicas de México

La república mexicana está integrada por un total de 196 millones de hectáreas. El 30% corresponde a zonas áridas y semiáridas, 16% a zonas arboladas en bosques templados, 12% a zonas arboladas en selvas tropicales y 42% corresponde a vegetación alterada, dedicada a las actividades agropecuarias.

La variación del clima tiene una influencia directa en la distribución de la disponibilidad de agua, caracterizada por escasez y abundancia, nuestro país tendrá que enfrentar en los próximos años el problema de la creciente demanda del vital líquido, originado por el incremento poblacional. La disponibilidad de agua per-cápita estimada en 1950 era de 12, 885 m³ y se prevé que para el año 2025, aun considerando bajas de crecimiento poblacional la disponibilidad habrá bajado a 2,740 m³. Esta reducción representa una gran severidad de los problemas futuros, sobre todo en las regiones menos favorecida por la naturaleza. (CNA, 2004).

Según el Plan Nacional Hidráulico 1995-2000, el consumo de agua es el siguiente: agrícola 61.2 km³ (83%), doméstico 8.5 km³ (12%), industria 2.5 km³ (3%), acuícola intensiva 1.3 km³ (2%); los restantes 113.2 km³ se destinaron para la generación de energía eléctrica.

Características físicas de Sonora

El estado ocupa una extensión de 182, 052 m³, que representa el 9.3% del territorio nacional. Se ubica en el cinturón de zonas áridas, en las que prevalecen sistemas de alta presión que dan como resultado cielos despejados, alta exposición solar, bajas precipitaciones y alta evaporación.

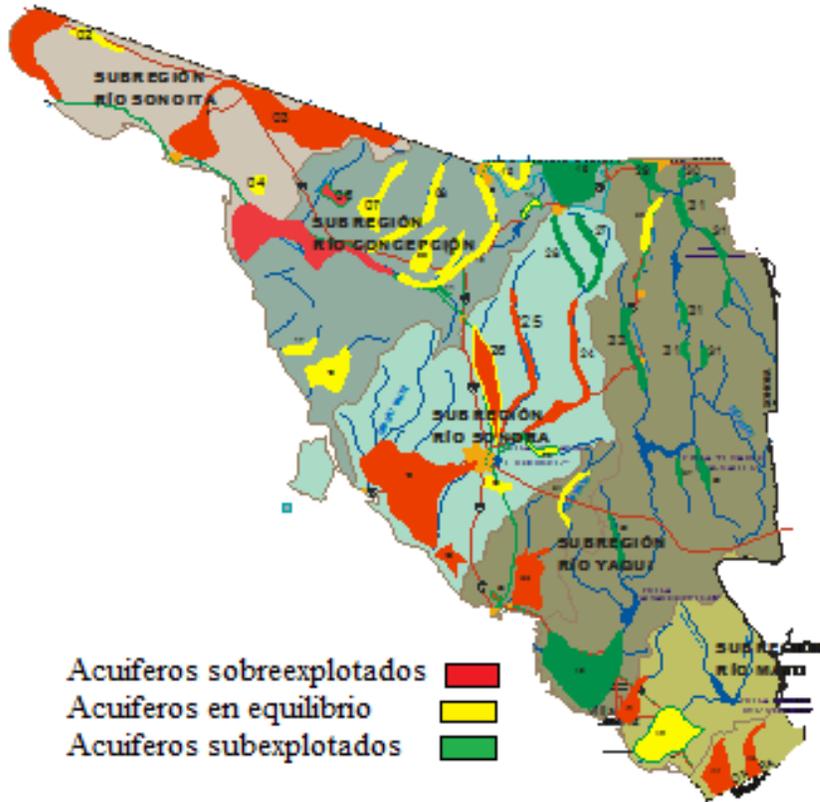
El uso del agua en Sonora es el siguiente: en la actividad agrícola es de 93.42%, le sigue el público urbano con el 5.13 %, el industrial con .74% y el pecuario con .74%. El sector agrícola tiene la más alta demanda de agua, consumiendo alrededor de 93.42% del volumen total anual, representando un volumen de 6,938 mm³, para riego de 630,360 ha, en las que se produce principalmente granos y oleaginosas, hortalizas, frutales, forrajes y cultivos varios (Caballero, 2004: 264-265).

Las características propias del territorio sonorense, de acuerdo con el contexto nacional descrito, lo ubican entre los estados con grandes problemas de agua. El alto grado de aridez, el incremento poblacional y la diversificación del uso del agua, ha incrementado la demanda, propiciando la explotación del agua subterránea en 44 acuíferos de los cuales 19 están en equilibrio, 12 sobreexplotados y 13 en estado de sobreexplotación. Así mismo, debido a esta sobreexplotación y a su proximidad a las costas, los acuíferos de Hermosillo, Valle de Guaymas, el Sahuaral y en menor grado el de Caborca, han presentado problemas de intrusión salina.

En relación a las aguas subterráneas (Ver figura 2 y tabla 2) el estado está conformado por seis cuencas hidrológicas, dentro de las cuales se localizan 44 acuíferos, que suman una superficie total de 32,210 km², con una recarga y extracción anual total de 2,241 y 2,434 millones de metros cúbicos (mm³) respectivamente. Se distribuyen de la forma siguiente: en la cuenca del río Sonoyta se localizan tres acuíferos, en una superficie de 6,314 km², cuya recarga y extracción es de 60 y 143.2 mm³ respectivamente, en la cuenca del río Concepción se ubican quince acuíferos en una superficie de 9,444 km² con una recarga y extracción de 524.5 y 746.2 mm³ respectivamente, en la cuenca del río Sonora con diez acuíferos, en una superficie de 8,889 km², cuya recarga y extracción es de 716.9 y 895.8 mm³ respectivamente, Mátape con tres acuíferos, en una superficie de 898 km², cuya recarga y extracción es de

128.5 y 231.9 mm³ respectivamente, Yaqui con nueve acuíferos en una superficie de 4,382 km² con una recarga y extracción de 636.8 y 539.8 mm³ respectivamente y el Mayo con cuatro acuíferos (CNA, 2004).

Figura 2. Agua subterránea en Sonora.



Fuente: imagen tomada del sitio: http://www.tceq.state.tx.us/assets/public/compliance/R15_Harlingen/US/Sonora/sonora_gobernadores_fronterizos_18oct4pm.ppt. (Consultado el 23 de septiembre de 2008).

La tabla 2 refleja claramente lo que está ocurriendo en relación a la sobreexplotación de las aguas subterráneas. La mayoría de las cuencas de las cuales 4 de las existentes están en ésta situación donde la diferencia entre recarga y extracción la diferencia es negativa. En orden de importancia se encuentra la cuenca del río Concepción que tiene un saldo negativo de -221.7 mm³, río Sonora con -178.9 mm³, Matape con -103.4 mm³, río Sonoyta con -83.2 mm³. En total las aguas subterráneas tienen un saldo negativo de sobreexplotación de -438.8 mm³.

Tabla 2. Agua subterránea en Sonora.					
Cuenca	No. de acuíferos	Superficie (Km ²)	Recarga (Mm ³)	Extracción (Mm ³)	Diferencia total
Río Sonoyta	3	6314	60	143.2	-83.2
Río Concepción	15	9444	524.5	746.2	-221.7
Río Sonora	10	8889	716.9	895.8	-178.9
Matape	3	898	128.5	231.9	-103.4
Yaqui	3	4382	636.8	539.8	97
Mayo	10	2283	174.3	122.9	51.4
Total	44	32210	2241	2679.8	-438.8

Fuente: Elaboración propia en base a la fuente de Comisión Nacional del Agua 2008.

En el caso de las aguas superficiales la entidad se conforma básicamente por dos regiones hidrológicas, la RH8 y la RH9. A la primera corresponden las cuencas de los ríos Sonoyta y Concepción; y a la segunda corresponden los ríos Sonora, Mátape, Yaqui y Mayo. Complementan la superficie estatal pequeñas porciones de la RH7 Río Colorado; la RH10 El Fuerte y la RH34 Cuencas Cerradas del Norte (CNA, 2004).

Figura 3. Agua superficial en Sonora.

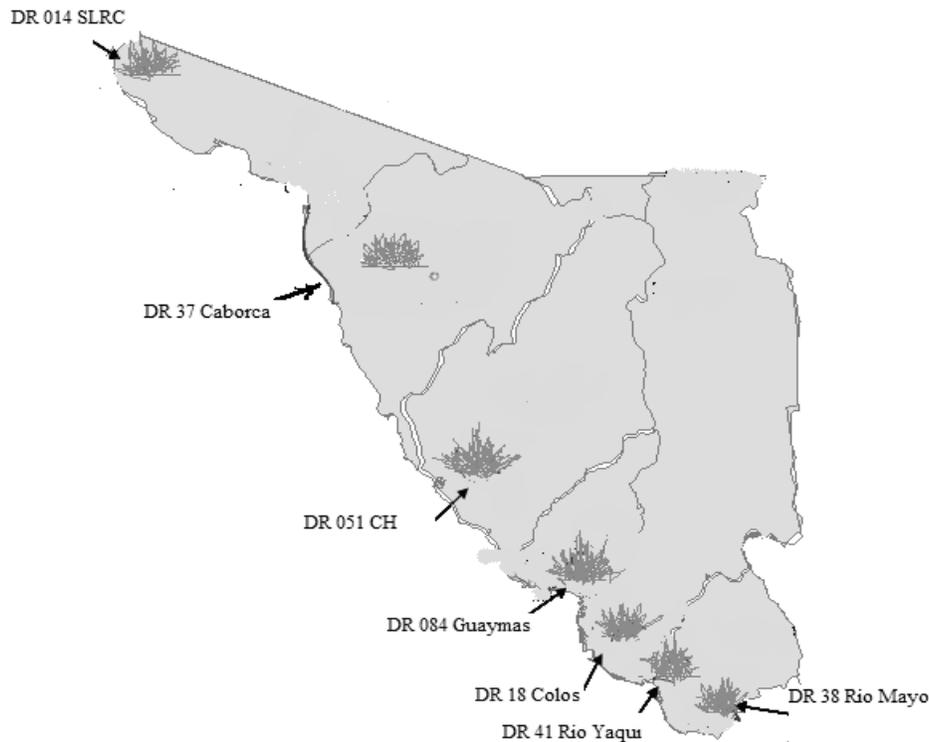


Fuente: imagen tomada del sitio: http://www.tceq.state.tx.us/assets/public/compliance/R15_Harlingen/US.../Sonora/sonora_gobernadores_fronterizos_18oct4pm.ppt. (Consultado el 23 de septiembre de 2008).

Los distritos de riego en Sonora

A continuación se presentan de manera sintética las características generales de los siete distritos de riego que conforman la actividad agrícola del estado de Sonora (Figura 3) ²

Figura 4. Los distritos de riego en Sonora



Fuente: imagen tomada del sitio: http://www.azwater.gov/dwr/Arizona_Mexico_Water/Meetings/200854.../Irrig%20Districts%20Sonora_Elias%20Calles_May08.ppt. (Consultado el 03 de octubre de 2008).

1. Distrito de riego 014. San Luís Río Colorado. (DR 014 SLRC):

- Se localiza en Mexicali, Baja California y San Luís Río Colorado, Sonora.
- La fuente de abastecimiento es el Río Colorado.
- El 70% de la superficie se irriga con aguas superficiales y 30% con aguas del subsuelo.
- La superficie total del distrito es de 209,127 ha.
- El 100% de las aguas que se bombean de la mesa arenosa en SLRC.
- Los principales cultivos son: trigo, hortalizas y forrajes.

² La caracterización de los distritos de riego expuesta en este apartado, constituyen una versión sintética adaptada de la Comisión Estatal del Agua (CEA) (2008): Escenario del agua en el estado de Sonora y oportunidades para investigación.

Infraestructura hidráulica:

- Los módulos de riego concentran 106 pozos, que benefician 1,663 usuarios.
- En los tres módulos de riego existen 1,131 con riegos tecnificados.
- 326 km. de canales revestidos.

Problemática:

- Mala calidad de agua recibida en el lindero sur.
- Necesidad de rehabilitación y reposición de pozos federales.
- Baja eficiencia electromecánica en los sistemas de bombeo de los pozos.
- Necesidad de revestimiento de canales de interconexión de pozos.

2.- Distrito de riego Caborca 037:

- Se localiza en la porción noroeste del estado de Sonora.
- El módulo de riego por bombeo cubre una superficie de 21,518 ha., explotada por 238 productores. El de gravedad cubre superficie de 2,380 has. explotada por 325.
- Los principales cultivos son: vid, espárrago, olivo, hortalizas, trigo y forrajes.
- La fuente de abastecimiento para la zona de bombeo es el acuífero Caborca.

Infraestructura hidráulica:

- La fuente de abastecimiento de la zona de gravedad es la presa Cuauhtémoc.
- Cuenta con 830 pozos.
- 2,132 km. de canales revestidos.
- 12,000 ha. con riego tecnificado.

Problemática:

- Sobre-explotación del acuífero que provoca la intrusión salina.
- Volumen concesionado mayor a la disponibilidad.
- Baja eficiencia electromecánica en los sistemas de bombeo de los pozos.
- Insuficiencia de tecnificación del riego.

3.- Distrito de riego Costa de Hermosillo 051. (DR 051 CH):

- Se localiza en la parte media occidental del estado de Sonora.
- La superficie de riego es de 49,180 ha. que explotan 1,7000 usuarios.
- La única fuente de abastecimiento es el acuífero de la Costa de Hermosillo.
- Cultivos: trigo y garbanzo, hortalizas, maíz y frijol, vid, cítricos, nogal y alfalfa.

Infraestructura:

- Cuenta con 461 pozos que bombean a una profundidad que rebasa los 140 mt.
- 4,200 km. de canales, de los cuales 3,200 km. son revestidos de concreto.
- 19, 478 ha. con riego tecnificado.

Problemática

- Sobre-explotación del acuífero que provocan la intrusión salina.
- Sobre-concesión estimada en 100 mm³.
- Sistemas de bombeo en pozos con bajas eficiencias electromecánicas.
- Insuficiente tecnificación en el riego.

4. - Distrito de riego Guaymas-Empalme 084. (DR 084 Guaymas):

- Se localiza en la porción suroeste del estado de Sonora
- La superficie de riego es de 13,255 ha. que explotan 2,068 usuarios.
- Principal fuente de abastecimiento el acuífero del Valle de Guaymas-Empalme.
- Los cultivos son el trigo, hortalizas, frijol, alfalfa y cítricos.

Infraestructura:

- 140 pozos para uso agrícola.
- 6,815 ha. con riegos tecnificados.

Problemática:

- Deterioro de la calidad del agua por intrusión salina.
- Aumento de la profundidad de bombeo.
- Baja disponibilidad del agua.
- Sistemas de bombeo en pozos con bajas eficiencias electromecánicas.

5.- Distrito de riego Colonias Yaquis 018. (DR 18 Colos):

- Se localiza al sur del estado de Sonora.
- Superficie de 25,000 ha. y 22,525 ha. regables, que benefician a 2,386 usuarios.
- Los cultivos son: trigo, cárcamo, sorgo, maíz, ajonjolí y forrajes.
- La fuente de abastecimiento son el Río Yaqui, y la presa “La Angostura”.

Infraestructura:

- Cuenta con una red de canales de 3,191 km.
- Una red de drenaje de 236.9 km.
- 1,788 estructuras en canales, drenajes y caminos.

Problemática:

- Fuentes pérdidas por infiltración en la red de distribución de canales.
- Baja eficiencia de aplicación del agua de riego en parcela.
- Salinidad y deterioro del suelo.

6. - Distrito de riego 041 Rio Yaqui. (DR 41 Rio Yaqui):

- Se localiza al sur del estado de Sonora.
- Superficie de 237,456 ha. y 227,890 ha. regables, que benefician a 22,168 usuarios.
- La fuente de abastecimiento es el río Yaqui y tres presas: Lázaro Cárdenas, Plutarco Elías Calles y Álvaro Obregón.
- Los cultivos: trigo, cárcamo, papa, garbanzo, maíz, frijol, hortalizas y alfalfa.
- Se tiene una superficie de 12,600 ha. con riegos tecnificados.

Infraestructura:

- Tres presas de almacenamiento, 45 plantas de bombeo y 438 pozos profundos.
- Red de canales de 3,244 km. de los cuales 304.9 km. son revestidos de concreto.
- Una red de drenaje de 3,017.9 km.

Problemática:

- Falta de reglas claras de operación para el sistema de almacenamientos y acuífero subterráneo en su conjunto.
- Altas pérdidas por conducción y aplicación.
- Nivelación de terrenos agrícolas.
- Tecnificación del riego a nivel parcelario principalmente el riego por gravedad.

7.- Distrito de riego 038 Río Mayo. (DR 38 Río Mayo):

- Se localiza al sur del estado de Sonora.
- Superficie de 97,882 ha. La regable es de 96,951 ha. que benefician a 11,409 usuarios.
- La fuente de abastecimiento es el Río Mayo, la presa Adolfo Ruiz Cortínes.
- Los cultivos son: trigo, cártamo, papa, garbanzo, maíz, frijol, hortalizas y alfalfa.
- Se cuenta con una superficie de 5,600 ha. con riegos tecnificados.

Infraestructura:

- Una presa: Adolfo Ruiz Cortínes, una presa derivadora (Tesia).
- Tres plantas de bombeo y 128 pozos, 38 federales, 90 pozos particulares.
- 1,255.7 km. de canales de los cuales, 234.4 km. están revestidos de concreto.

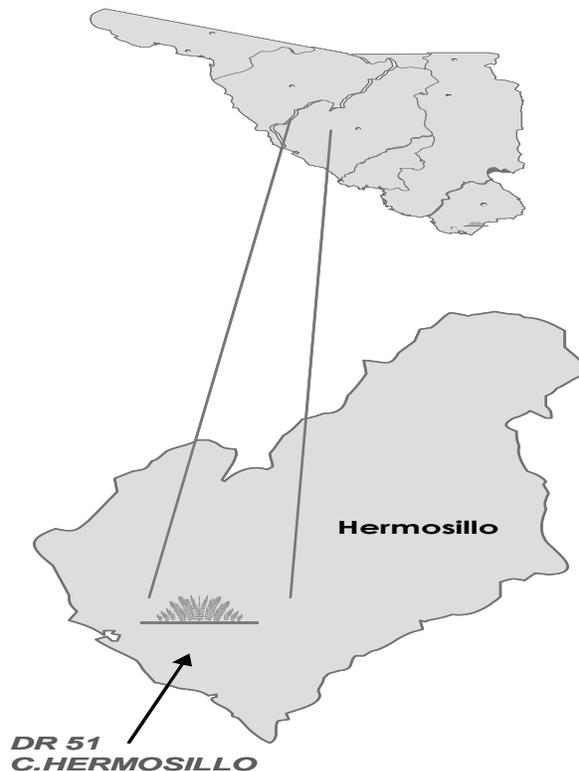
Problemática:

- Un bajo nivel de tecnificación.
- Los canales revestidos representan solamente el 18.7% de la red de distribución.
- No existen programas de nivelación de tierras.
- Relocalización de pozos, reparación de equipos de bombeo.

Características físicas de la zona de estudio.

La ubicación del espacio de estudio que es el distrito de riego 051-Costa de Hermosillo se localiza en el estado de Sonora, en el trayecto que va de la ciudad de Hermosillo (200 msnm) hasta Bahía de Kino con una distancia aproximada de 100 km. Este distrito forma parte de la costa central, la cual es parte de la región geográfica llamada planicie costera del pacifico. Este distrito está ubicado entre dos regiones geográficas la Sierra Madre Occidental hacia el este y las aguas del golfo de California al oeste. Frente a su litoral se encuentra la Isla Tiburón (Ver figura 5).

Figura 5. El distrito de riego 051 Costa de Hermosillo (DRCH)



Fuente: imagen tomada del sitio: http://www.azwater.gov/dwr/Arizona_Mexico_Water/Meetings/200854.../Irrig%20Districts%20Sonora_Elias%20Calles_May08.ppt. (Consultado el 03 de octubre de 2008).

El clima en esta zona de estudio es seco y cálido; la temperatura media oscila entre 22 a 24° C., la extrema varía desde la máxima de 47° hasta un mínimo de -5° C. La temperatura media de verano es de 21 a 33° C, en invierno varía entre 14 y 18° C. En promedio. Suelen presentarse heladas en febrero. Las precipitaciones son muy escasas,

situándose entre 75 a 200 mm. anuales por ser una zona semiárida mientras la evaporación media anual es de 2,797 mm., situación dada por las características climatológicas que presenta esta región de estudio.

El distrito se abastece de dos cuencas hidrográficas pertenecientes al municipio de Hermosillo: la del río Sonora y la del río Bacoachi. Primero en relación a la precipitación se tiene una media de 400 milímetros, que distribuida entre las partes alta, media de la cuenca es de 450, 350 y 165 milímetros. El agua superficial en la cuenca es de 150 mm³ y el agua que se filtra al subsuelo es de 479 mm³. El dato más grave son las extracciones que son de 1020 mm³, de las que 121 millones corresponden al consumo doméstico y 870 mm³ al agrícola.

El acuífero de la Costa de Hermosillo tiene una recarga de 250 mm³, de los cuales 98 mm³ son de agua salada, existiendo concesiones por un total de 431 mm³ y una extracción anual de 527.3 mm³, lo que significa que hay una extracción superior al doble de la recarga anual de -277.3 mm³. (Ver tabla 3).

Acuífero	Recarga	Concesión	Extracción	Diferencia
Río Sonora	66.6	69	115.4	-48.8
Río San Miguel	52.5	54.1	57	-4.5
Río Zanjón	76.8	89	90	-13.2
Mesa Seri-La Victoria	62	48.3	108	-46
Costa de Hermosillo	250	430.9	527.3	-277.3
Sahuaral	70	68	81	-11
Río Bacoachi	11	6.6		11
Río Bacanuchi	8	2.6		8
Total	596.9	768.5	978.7	-381.8

Fuente: DRCH. (Valor en millones de metros cúbicos (Mm³))

Además de los problemas hidrológicos naturalmente desfavorable, existen otros problemas que agravan más la situación, en donde el 32% de los aprovechamientos no identifican su título de concesión, el 20% de los pozos no cuentan con medidor y el 28% utilizan un volumen mayor al concesionado.

Capítulo III

Inicio y desarrollo de la actividad agrícola

La concepción del recurso agua a principios del siglo XX.

Los primeros exploradores de España, a finales del siglo XX, mencionaban que México era un territorio basto de recursos naturales abundantes y de variadas riquezas tanto en flora y fauna. Por supuesto esa visión fue de una época donde la población mexicana era escasa y un ecosistema virgen y abundante. En este tiempo no se conocía o concebía la existencia del problema de la escasez del recurso. A nivel estatal también hay documentos que detallan las expediciones de varios españoles mencionando que Sonora era un estado desértico pero también rico en flora y fauna y que el agua superficial estaba en todas partes.

Todavía en los años cuarenta se mantenía la visión del agua como un recurso natural renovable, no se disponía de estudios que detallaran a escala regional, el ciclo del agua, ni sobre su disponibilidad en el subsuelo o la superficie. El uso y consumo del recurso se concebía como algo que siempre iba a existir y que nunca se acabaría.

En relación al conocimiento de la reserva de agua, existía una marcada ausencia en las referencias sobre aguas subterráneas, a sólo tres años de que comenzara oficialmente su explotación acelerada en la Costa de Hermosillo y en momentos en que ya se hacía uso de ellas mediante pozos no sólo aquí, sino en muchas otras regiones del país. Este hecho ofrece un indicio de lo que significó su identificación y explotación gracias a los adelantos tecnológicos, así como el rol primordial que se les asignó después, aun y cuando todavía no se conocía su potencial real de aprovechamiento (Moreno, 2006:45).

El inicio de la extracción de agua subterránea, a principios del siglo XX, se hacía mediante calderas de vapor, las cuales funcionaban principalmente con la quema de leña de mezquite y la captación de agua superficial a través de bocatomas. Las familias allí ubicadas conseguían las bombas de riego de Estados Unidos. Estos medios y avances en la explotación del recurso para las actividades agropecuarias hicieron que poco a poco el poblamiento de la Costa de Hermosillo fuera creciendo llegando más familias italianas, americanas y mexicanas, este proceso tuvo lugar entre los años 1890 a 1948 (Moreno, 2006).

Moreno (2006) argumenta que a finales de la década de 1940 todavía el conocimiento sobre la cantidad de agua subterránea era escaso y que la carencia de estudios sobre las potencialidades de aprovechamiento, no eran un obstáculo para su uso y explotación en muchas partes de la República. “Para estas fechas México no tenía experiencias o la percepción de un posible agotamiento o el problema de la intrusión de agua salada producto de la sobreexplotación de un acuífero”.

Moreno (Ibíd.) comenta que fue hasta 1950 cuando Emilio Alanís indicó la presencia de un fuerte movimiento a favor de la perforación de pozos profundos y la instalación de equipos que permitan la extracción y aprovechamiento del recurso subterráneo y con ello apoyar las políticas de riego agrícola. Por lo tanto tal explotación se haría sin medida y control para lo cual en fechas actuales las consecuencias existen y en algunos casos no hay marcha atrás.

El aprovechamiento de agua subterránea para regar los cultivos, principalmente en áreas desérticas y semidesérticas, se corresponde con el desarrollo de la geohidrología y a la industria petrolera en materia de perforación, que fue aplicada para la búsqueda de agua subterránea. Estos dos avances hicieron posible una mayor explotación del recurso acuífero para suministrar agua a los distritos de riego. Todo esto impulso a crear más distritos los tecnificaban y aumentaba más el número de pozos para su uso y aprovechamiento en la agricultura.

Como menciona Moreno (2006:57): “lo relevante en esta etapa y en particular en los distritos de riego por bombeo, fue que a pesar de la falta de certeza sobre la cantidad de agua que almacenaban los acuíferos y por ende, sobre la cantidad que podía ser explotada sin afectarlos, la extracción de líquido (denominado “libre alumbramiento” o bombeo libre”) comenzó en gran escala sin esperar a que su volumen fuera siquiera preliminarmente cuantificado. Las primeras estimaciones confiables llegaría en la década de 1960, cuando los abatimientos ya eran significativos en ciertas regiones como la Costa de Hermosillo y las soluciones posibles parecía plantearse demasiado tarde”.

Inicio de la actividad agrícola en Sonora y en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo

El arranque del desarrollo agrícola en la Costa de Hermosillo responde a diversos factores: primeramente coincide con el estallido de la Segunda Guerra Mundial que posiciona a México como proveedor de alimentos hacia el mercado interior. El estado de Sonora es identificado bajo el nombre del “el granero de México”, por su contribución al llamado “milagro mexicano”, cuando a partir de los 40’s y hasta los setentas el sector agrícola fue la principal fuente generadora de empleo, productos, pesos, divisas, inversión, el complemento y fuente de este éxito fue la explotación de los recursos naturales del estado como el agua y la tierra con el apoyo de los más avanzados recursos científicos y tecnológicos.

El auge de la agricultura en Sonora, en los años cuarenta, contaba con infraestructura para la producción agrícola, los principales cultivos fueron: vid, cártamo, trigo, maíz, frijol, cebada, ajonjolí, garbanzo, soya, linaza, nogal, jojoba, algodón etc. Se irrigaba por medio de canales, su mecanización se efectuaba vía la extracción del agua con motores de diesel. Posteriormente estos fueron reemplazados por motores eléctricos los cuales extraían de forma continua y en mayor cantidad el agua; en esta década iniciaron los avances en materia de perforación de pozos profundos, la construcción de presas, las políticas de fomento agrícola e industrial le dieron un gran impulso al desarrollo agrícola de la Costa de Hermosillo. Estos avances se manifestaron en incorporar más hectáreas al cultivo y por lo tanto un mayor consumo de agua tanto superficial como subterránea.

Cuando una parte del mundo estaba involucrado en la Segunda Guerra Mundial, la agricultura sonorenses se privilegió, recibiendo un impulso industrializador. La economía sonorenses ensaya diversas formas de tenencia de la tierra, sistemas de producción, irrigación y mecanización en sus diversas regiones agrícolas y distritos de riego (Manjares y Vázquez, 1983:6).

El desarrollo de infraestructura en Sonora tuvo sus beneficios en materia de construcción de obras hidráulicas y de irrigación porque representaba un estado con ventajas, competitivas y comparativas, como la cercanía a Estados Unidos, abundancia de recursos naturales y humanos para la producción agrícola. Este desarrollo inició con los gobiernos post-revolucionarios, quienes apoyan la construcción de grandes obras hidráulicas

principalmente de riego con la formación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926. Con la creación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946, nacen los distritos de riego, dando mayor fortaleza institucional para mayor aprovechamiento del agua en las áreas de riego. En 1976 las Secretarías de Agricultura y Ganadería y de Recursos Hidráulicos se fusionaron en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos donde la Subsecretaría de infraestructura Hidráulica continuó con la construcción de los distritos de riego. El 16 de enero de 1989 se creó la Comisión Nacional del agua como la autoridad ejecutable única del agua.

La construcción de obras de irrigación y la perforación de pozos a mayor profundidad “permitieron el crecimiento de la actividad agrícola en un área casi continua que ocupó el antiguo delta del río Sonora. Esta área se extendió casi desde el occidente de la ciudad hasta el rancho la Paloma. Las primeras obras en ejecutarse fueron las de la presa y unos cuantos años después los pozos de la Costa de Hermosillo. Si bien se explotaba agua subterránea en la región de la costa, todavía no se extraía la que se encontraba a más de 100 mt. de profundidad. La extracción de líquido mediante pozos profundos dio comienzo en 1945, mientras la construcción de la presa Abelardo L. Rodríguez inicio 1944 y concluyo en 1948. (Moreno, 2006:131).

Dentro de las obras de desarrollo hidráulico que por su necesidad, magnitud y beneficio social, han sido prioritarias, destaca la construcción de presas. Actualmente el estado cuenta con un total de 26 presas. Las más sobresalientes son Lázaro Cárdenas, Plutarco Elías Calles, Álvaro Obregón y Adolfo Ruiz Cortines, las tres primeras construidas sobre el río Yaqui y la última en el río Mayo entre los años de 1937 y 1964. Beneficiando a los distritos de riego 041 Río Yaqui, 018 Colonias Yaquis y 038 Río Mayo. Asimismo destacan las presas Abelardo L. Rodríguez y Rodolfo Félix Valdés.

El avance logrado en la construcción de infraestructura hidráulica a partir de 1926, ha permitido el establecimiento de 7 distritos de riego: 4 en la zona agrícola norte del estado y 3 en la zona sur.

En materia de obras de comunicación y transporte la inversión que se destinó en el sexenio de Miguel Alemán (1946-1952), cuando se decreto la colonización de la Costa de

Hermosillo, se invirtió para la construcción de la carretera Nogales-Guadalajara, la cual enlace a los valles costeros de Sonora, los de occidente del país con los mercados norteamericanos.

En el primer ciclo agrícola 1948-1949 se sembraron 10 mil ha. de las cuales 7 mil era de particulares y el resto de comunidades y ejidos. El cultivo principal fue el trigo; dos años después del inicio de la producción agrícola empezaron problemas con respecto a la disponibilidad y abastecimiento del agua, ocasionados por la sequía que sufrió Sonora en 1950 y 1951; después se presentaron algunas situaciones que tuvo que atender el gobierno respecto a la disponibilidad y abastecimiento en el periodo de 1951-52 hace obras reparación, construcción, limpia, desazolve y prolongación; en 1955-56 hace revestimiento adecuado de canales; en 1962-63 se da la crisis agrícola; en 1963-64 se toman cartas en el asunto de la infiltración y se procede al revestimiento del canal Hermosillo; en 1964-65 se realiza un programa de emergencia por problemas de abastecimiento a la ciudad y al distrito; en 1966-67 se revisten 7 km. en el canal Hermosillo; para 1977-78 continua la sequía iniciada en 1973.

Siguiendo con los problemas anteriores de decrecimiento productivo en la década de los sesenta, durante los ochenta y noventa la crisis del sector agrícola parece haberse profundizado. Los problemas tradicionales siguen figurando en escena: baja productividad global, caída de la rentabilidad, pobreza y polarización rural. Factores coyunturales se han sumado a factores estructurales, cambiándose el entorno en el que se desenvuelve la agricultura: el “abandono” de la política económica, cambios constitucionales, apertura económica y creciente competencia internacional” (Wong y Salazar: 1996:245).

De acuerdo al anterior contexto en que se encontraba el sector agropecuario en México el Programa Nacional de Modernización del Campo 1990-1994 tuvo como objetivo el aumento en la producción y productividad. Su estrategia era la modernización basada en el aumento de capitalización, privatización y regularización de la competitividad en los mercados internacionales para así poder alcanzar un cambio estructural que ayudara a salir de la crisis que enfrentaba el sector en la década de los ochenta y esto era solo posible a través de la reconversión productiva.

Esta reconversión productiva se trata “de la adecuación de los patrones de cultivo regionales a las condiciones del mercado, las potencialidades reales, los costos de producción y las posibilidades de comercialización. Mediante el programa se realizaría un análisis en las entidades del país, con el propósito de definir el grado de eficiencia de los sistemas de producción por cultivo en cada región y evaluar su competitividad.

En el caso de Sonora la propuesta política fue bien recibida por lo tanto esta se incluyó en el Plan Estatal de Desarrollo 1992-1997 y en el programa Estatal de Modernización Agrícola y Forestal 1992-1997. “De hecho, los agricultores sonorenses habían iniciado un proceso de reconversión en el patrón de cultivos desde la década de los setenta empujada principalmente por el objetivo de obtener mayor eficiencia en el uso del agua. Las acciones de reconversión de fines de los ochenta y principios de los noventa eran inducidos por factores de competitividad internacional, en un marco creciente de apertura comercial”. (Wong y Salazar: 1996:246).

La reconversión productiva en el estado de Sonora fue de urgencia necesaria ya que para esta fecha se tenía datos sobre la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la salinización provocada por aquella. Por lo tanto estas medidas marcadas, desde el nivel federal, fueron aplicadas en el estado porque era prioritario que la producción agrícola se reorientara hacia otro tipo de cultivos que empearan menos cantidad de agua por hectárea y que además que éstos generaran mayor valor agregado y también que fueran los más demandados en el estado y fuera de él.

La reconversión de cultivos hacia otro tipo de productos, que sustituyeran la producción de granos y tuvieran ventajas competitivas, como ya se mencionó, estuvo representada por los productos hortofrutícolas como son la uva, el nogal, los cítricos, hortalizas, los cuales presentan varias ventajas para la economía sonorenses, ya que en estos cultivos absorben mayor cantidad de jornales por hectárea, mayor valor de producción, tienen más demanda tanto en el mercado nacional como en el de exportación. Esta reorientación del patrón de cultivos se tradujo en una generadora de divisas, empleos y la apertura de más hectáreas para la producción de estos productos.

De acuerdo a las estadísticas históricas de la producción agrícola en el estado de Sonora, durante los años ochenta ya se iniciaba la reconversión de cultivos guiados por el mercado ya que se pagaba un buen precio por los productos hortofrutícolas. Así, a partir de la década de los ochenta los agricultores aumentaron las hectáreas sembradas destinadas a éstos productos y redujeron la superficie sembrada para granos y fibras.

A lo largo de 1980-1992 los cultivos hortofrutícolas amortiguaron en gran medida la crisis de la agricultura sonorenses. Aunque en promedio cubrieron apenas el 10% de la superficie sembrada, generaron aproximadamente el 40% del valor de la producción agrícola. Asimismo representaron el único grupo de cultivos que abatió la superficie sembrada, registrando variaciones porcentuales negativas que expresan desde un 11% en los granos, hasta una contracción del 52% en el grupo de productos clasificados como “no alimentarios”. En cambio, las hortalizas se expandieron a razón de 248.9%, seguidas por la clasificación de “varios” que se expandieron a un 74% y por último, los frutales con el .8%.

Los beneficios de la producción hortofrutícola duraron muy poco ya que partir de 1993 se presencia una contracción productiva. “El Programa de Modernización Agropecuaria contemplaba entre 1993-1996 la reconversión de 44,900 ha. de cultivos tradicionales en hortofrutícolas. Sin embargo, en esta ocasión la realidad no respondió a las expectativas. Justamente, a partir de 1993, la contracción observada en el resto de los cultivos alcanzo a los hortofrutícolas. En ese año su superficie se contrajo en 15% (12 967 ha.) respecto a 1992 y a partir de entonces se ha mantenido estancada, con ligeras variaciones pero con tendencia a la baja” (Wong y Salazar: 1996:251).

Sonora ha padecido un prolongado periodo de sequía, lo que propicio que en los últimos ciclos agrícolas 1993-2003, se observara una disminución de la superficie sembrada. Como resultado de las condiciones climatológicas, también se observó una sensible reducción en el área de siembra; sin embargo esto no afectó de manera significativa la producción, ni la generación de mano de obra, ya que los cultivos que han incrementaron su área de siembra son cultivos una mayor demanda de mano de obra y con mayor productividad.

Durante el ciclo 2002/03 se sembraron alrededor de 540,000 ha. de las que se obtuvo una producción de poco menos de 4 millones de toneladas y para el 2003/04 se programaron 364,000 ha. a las que se le realizó un análisis de la producción probable a obtener, tomando en consideración la tendencia en los últimos años se había observado que podría sufrir una drástica caída, ya que en el subciclo otoño-invierno se dejaron de sembrar unas 160, 000 ha. principalmente de trigo.

Los factores explicativos que mencionan Wong y Salazar (1996) de lo que significa este proceso de reconversión son múltiples:

a) Existe la posibilidad de que, a partir de 1992, muchos productores decidieran abandonar los cultivos hortofrutícolas en virtud de la difícil situación financiera que se dejó sentir, cuando la cartera vencida registró un dinamismo inusitado

b) Falta de coordinación y coincidencia de objetivos entre las instancias estatales, gubernamentales y privadas que participan en la actividad agropecuaria. En tanto las instancias estatales intentaban arrancar el proceso de modernización agropecuaria, Banrural cancelaba su cobertura crediticia y la CFE cortaba el suministro de energía eléctrica en todas las regiones de riego por bombeo (...). Por su parte la banca comercial impulsaba demandas judiciales y embargos a los productores en cartera vencida y la respuesta del Ejecutivo nacional para otorgar subsidios al sector se retardó.

c) Ineficiencias en el proceso de comercialización que provoca pérdidas, el productor no tiene un conocimiento pleno de los canales de comercialización y debe recurrir a intermediarios que coloquen su producción en el mercado externo.

d) El cálculo de los requerimientos financieros para llevar a cabo el proceso de modernización agrícola no tomó en cuenta, de manera correcta, que el costo de la reconversión presenta una dinámica de crecimiento del patrón de cultivos, sino, además a la creciente generación de cartera vencida.

e) Ausencia de una verdadera estrategia capaz de detener la evolución acelerada del adeudo agrícola. En 1991 los adeudos se estimaban en 291.70 mmp., para 1994 la cartera vencida alcanzó alrededor de 880 mmp.

f) No dimensionaron correctamente los efectos que tendría el sobreendeudamiento de las regiones agrícolas estratégicas del estado (...). Ello impulsó la paralización de campos agrícolas y su abandono.

g) La acción de Procampo resultó en contra de la reconversión de cultivos en el estado los cultivos elegibles para apoyos era para granos básicos y no para los hortofrutícolas.

Desde entonces Sonora se destaca a nivel nacional por su producción de cártamo, vid, nogal, espárrago, trigo entre otros cultivos, observándose un crecimiento en la productividad, debido principalmente a que en los últimos años se ha generalizado el uso de tecnología de punta, aunado a los nuevos materiales genéticos que se vienen utilizando y que recientemente fueron desarrollados por los Centros de Investigación con el apoyo de la Alianza para el Campo.

Situación de la agricultura nacional

Los tres presidentes que abarcaron tal periodo de crecimiento agrícola fueron el Lic. Lázaro Cárdenas (1934-1940), Manuel Ávila Camacho (1940-1946) y Miguel Alemán (1946-1952). Entre los quehaceres y principales medidas impulsadas por Lázaro Cárdenas fueron la expropiación petrolera y la política agraria, fue en este periodo que tiene efecto el mayor reparto agrario. El presidente Camacho le dio continuidad a tales políticas pero con una visión más elitista hacia la clase media, impulsar al empresario, al que tenía el recurso para impulsar el desarrollo agrícola.

La Segunda Guerra Mundial condujo a que Estados Unidos y México firmaran acuerdos comerciales, laborales y económicos, creando una mayor interacción en sus relaciones bilaterales. En materia de acuerdos agrícolas, en 1942, con Estados Unidos fue la entrada de productos agrícolas al mercado norteamericano con la reducción de las tarifas arancelarias de diversos productos agrícolas. Sonora represento el principal productor nacional de grano destinado al mercado tanto interno como externo.

El gobierno de Cárdenas impulso el desarrollo estableciendo políticas de creación de infraestructura de vías de comunicación, construcción, hidráulica e irrigación. Esta orientación se mantuvo durante el periodo del presidente Camacho dándole continuidad al desarrollo industrial del país.

Estas política fueron impulsadas y seguidas de la administración anterior, por Ávila Camacho promoviendo la expansión económica, industrial y poder así ampliar más la superficie agrícola y obtener mayor producción gracias al fomento a la política de irrigación. Esta política estuvo orientada a la inversión de grandes obras de irrigación, como la de Sonora: en la conservación de suelo; promoción de fertilizantes; inversión, prestamos para la adquisición de maquinaria y equipo. Todo esto con el objetivo también de mejorar la situación socioeconómica de la población rural

Estos factores hicieron de México un país sobresaliente, con recursos económicos favorables para la inversión y producción de bienes tanto a nivel nacional como exterior. Con estas bases México pudo impulsar su programa de sustitución de importaciones por tener los elementos necesarios, antes mencionados, para que se diera el desarrollo industrial, económico, social del país. Por lo tanto la agricultura, al inicio de estos tres periodos de auge, desempeñaba un papel importante en el desarrollo y crecimiento del país; esta daría las materias primas suficientes para el desarrollo de la industria y el inicio del modelo sustitutivo de importaciones.

En relación al recurso agua la Ley de Riego de 1946 que sustituyó a la ley sobre irrigación de 1926. Su expedición se dio en forma paralela a la creación de la Secretaria de Recursos Hidráulicos (SRH) al inicio del sexenio de Miguel Alemán. Entre sus aspectos más sobresalientes estuvieron declarar como de utilidad pública: el alumbramiento de aguas subterráneas, la colonización de tierras beneficiadas con obras de riego, el aprovechamiento de éstas para la generación de energía hidráulica, la construcción de vías de comunicación necesarias, y hasta la formación de “centros urbano-agrícolas” y el establecimiento de servicios públicos; también legalizaba la existencia de los distritos de riego. (Moreno, 2006:85).

En la ley anterior estaba la ausencia de conocimiento técnico en materia de agua subterránea, ya que en este tiempo todavía operaba el artículo 14 de la ley de Aguas de propiedad nacional de 1934 que “daba libertad absoluta para la extracción de agua con tal de que no se atacaran las aguas de propiedad nacional. Y según Aboites (1997:177) “Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, y apropiarse por el dueño del terreno; pero cuando lo exija el interés público, o se afecten otros

aprovechamientos, el ejecutivo federal podrá reglamentar su extracción y utilización, y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional.

Moreno (2006:87) menciona que “el libre alumbramiento o libre bombeo” en la práctica se traducirían en una extracción de agua sin regulación ni control. Tres años después de esa modificación constitucional, en 1948, se publicó el decreto de la ley reglamentaria en materia de aguas del subsuelo. Ratificaba el libre alumbramiento señalaba antes, pero lo exceptuaba cuando el mismo “afecte el interés público o los aprovechamientos existentes”, o sea, el ejecutivo no sólo podía reglamentar su uso, sino exceptuarlo (artículo 1). Estableció la obligación del dueño de la superficie de dar aviso a la SRH antes de perforar un pozo, salvo cuando se trataba de pozos de agua para uso doméstico (artículo 2). Por primera vez, estableció una restricción concreta que se sujeto a los conocimientos que aporten los estudios técnicos. Así, y de acuerdo con las posibilidades de “exploración máxima de las aguas del subsuelo”, la SRH propondrá al ejecutivo el establecimiento de la veda correspondiente, después de cuyo decreto “nadie puede llevar a cabo alumbramientos sin previo permiso de la secretaría “, excepto otra vez, cuando se trate de pozos de agua para uso domestico (artículo 6).

Ahora agregando otra visión de la agricultura en el contexto nacional, según el enfoque de investigación de Cinthia Hewitt que trata el tema sobre la “revolución verde” que comprende el periodo de 1940 y 1970. Detalla las implicaciones sociales y económicas de la introducción en gran escala de variedades de granos de alto rendimiento; el modo en que las innovaciones tecnológicas contribuyeron al desarrollo de la economía y la sociedad, y como tal proceso contribuyo a los problemas socioeconómicos de la población agrícola mexicana.

Poco se menciona sobre lo que implico la “revolución verde” en relación a los problemas derivados de la gran producción como es el abatimiento del manto acuífero. Cinthia hace énfasis sobre los problemas socioeconómicos de la población ya que los resultados exitosos, de la revolución verde, son para la minoría de la población que es el pequeño propietario y no para la población más necesitada representada por los ejidatarios. “La modernización agrícola y desarrollo proveyó pautas desiguales de desarrollo ya que en este proceso de aumentar la disponibilidad de productos agrícolas comerciales no acompaño de ninguna mejoría significativa a la productividad en la agricultura tradicional y por eso no

se cumplió una de las tareas elementales del desarrollo rural: crear un ingreso más adecuado para el conjunto de la población agrícola” (Hewitt, 1982: 99)

Hewitt (1982) advirtió que la revolución verde implicó un cambio biológico y químico, por lo tanto el efecto producido es el aumento de la productividad agrícola, la cual necesita de la creciente utilización de materias primas, recursos humanos, financiamiento, instituciones y organismos que regulen, supervisen y controlen este proceso. Como parte de éste un elemento muy importante de mencionar es el marco constitucional para crecimiento agrícola que contiene los resultados de las políticas de riego, el crédito agrícola, la mecanización, la multiplicación y distribución de las semillas de alto rendimiento, los fertilizantes, los insecticidas, la extensión agrícola, programas para limitar los riesgos en la agricultura comercial (Hewitt 1982: 9-13)

En relación al recurso agua, señala que “Las políticas de riego son las reglamentaciones federales sobre el uso de la tierra y las zonas de riego que proceden a limitar la superficie regada de acuerdo a las hectáreas que tenía tanto el productor privado y ejidal, resultando con ello una reglamentación injusta, ya que el beneficiario era el gran productor por tener más hectáreas que sembrar por lo tanto le concedían más volumen de agua para regar. Hay también otro gran problema ya que desde el periodo de estudio hasta nuestros días el agua es altamente subsidiada pagando por ella un bajo costo” (Hewitt, 1982:58-59)

Otro punto muy importante de mencionar es el crédito agrícola que según Hewitt (1982) “ha sido más accesible a los grandes productores que para los beneficiarios de la reforma agraria, ya que el banco privado no ha arriesgado sus fondos para prestarle al pequeño productor. Otro caso es el Banco Nacional de Crédito Agrícola creado para financiar al pequeño productor cobrándole bajas tasas de interés, en el periodo de cárdenas pero en el periodo de Camacho y Alemán decidieron apoyar con más recursos a los grandes cultivos comerciales, orientándose al financiamiento de mejores del capital y en las exportaciones privadas” (Hewitt, 1982:57-58) cuya argumentación es que esto que sucedía a nivel nacional también era una situación directa en el estado de Sonora.

Es importante mencionar que entre los años 1940 y 1950, se programaron políticas agrícolas y socioeconómicas para favorecer al pequeño productor o productor ejidal, cuya población en su mayor proporción poseen escasos recursos monetarios. El fomento de desarrollo económico, la modernización agrícola de la posguerra en México resulto costosa; la concentración de recursos para la producción; la meta de desarrollo de incrementar el bienestar social no se ha podido lograr con la estrategia puesta en práctica en el agro mexicano en las tres décadas posteriores a 1940.

México asombró al mundo por sus elevadas tasas de crecimiento agrícola: con una expansión media anual del 6.1% entre 1947 y 1965 en términos del PIB; el milagro mexicano significó una fuente de divisas que financiaron la importación de bienes de capital para el desarrollo industrial, satisfizo la creciente demanda interna de alimentos y proveyó las materias primas agrícolas demandadas por una economía creciente. Actualmente México es un modelo negativo de desarrollo agrícola y de nación alimentaría dependiente (Calva, 1988:55).

Después como resultado natural de la recesión que afectó a la agricultura entre 1966-y 1976, México incrementó su dependencia alimentaría hacia fines de los años 70's. A partir de entonces, la contracción del producto agrícola ha sido particularmente severa. Esta dependencia de alimentos del exterior, que pasó a ocupar un lugar relevante en los ámbitos académicos y políticos, desembocó en la creación del Sistema Alimentario Mexicano (SAM), instrumentado entre 1977 y 1981. Este programa no logró resolver el fenómeno de la dependencia alimentaría reflejándose en el desplome del consumo per cápita de alimentos a partir de 1983 (Calva, 1988:45).

Las causas de la crisis se encuentran en tres grandes argumentos que interactúan entre sí. En primer término, se señala que la caída de la demanda interna de alimentos; en segundo lugar se argumenta la caída de la rentabilidad de las inversiones y la acumulación de capital y en tercer término se indican los errores de las políticas económicas, del cambio estructural y el retiro de subsidios al campo a partir de 1982.

Entre otras las causas principales de la crisis alimentaría fueron:

a) Deterioro de los precios agrícolas relativos. En tanto que el índice general de precios al consumidor creció entre 1981 y 1987 en 572%, el índice de precios del sector agropecuario lo hizo en 3 899%. Lo anterior implica una pérdida superior al 30% en los términos de intercambio del sector agropecuario;

b) La pérdida en los niveles de rentabilidad de la inversión agrícola. Esto fue propiciado por el incremento generalizado de los precios del combustible, maquinaria y equipo agrícola, e insumos, en proporciones muy superiores a los precios de garantía y al índice general de precios agrícolas.

c) Deterioro de los ritmos de acumulación del capital agrícola, se refiere a la caída de márgenes de rentabilidad de las inversiones en importantes ramas de la producción agrícola en el uso de maquinaria. La información estadística pone de manifiesto una reconversión tecnológica de carácter regresivo. Las relaciones de precios de la maquinaria e insumos, entre 1981 y 1987 creció 64.3 veces mientras que los precios de los alimentos lo hizo en apenas 37.6 veces;

d) Contracción de la inversión pública y del crédito agrícola se presenta con la des acumulación del capital privado en la agricultura y a la evolución regresiva de su composición técnica uniéndose la declinación del gasto público, de la inversión estatal directa y del capital de trabajo en forma de crédito agrícola oficial. El rublo privilegiado ha sido el pago de los servicios de la deuda (Calva, 1988:78-80).

Capítulo IV

Estudio de caso: Uso e impacto de la tecnología en el sistema de riego en la producción de vid en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo

Primeramente se analiza el panorama general y las tendencias de desarrollo de la agricultura en el DRCH, para darnos una idea de la situación de la agricultura en el distrito y después se abordan los conceptos en la aplicación de tecnología en los sistemas de riego presurizado, su evolución y aplicación en algunos cultivos y principalmente para conocer los resultados de la implementación tecnológica en la producción de la vid.

Panorama y evolución de la producción agrícola en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo.

En la región de estudio se presenta que a partir de 1987 a 1993 los ciclos agrícolas en promedio obtuvieron una producción de 3.89 millones de toneladas. Entre los principales cultivos cíclicos destacaba el trigo, que a pesar de los bajos precios de venta que ha registrado en los últimos años, aunado a la reducción de las áreas sembradas debido a la escasez de agua en las principales presas de la entidad, se mantuvo como uno de los principales cultivo de la entidad, del cual en promedio se obtuvieron 1.35 millones de toneladas, lo que representa el 35% del total de la producción agrícola estatal de ese período.

De 1993 a 2003 algunos cultivos como sorgo, cártamo y hortalizas entre otros observan importante crecimiento, en el período de análisis, registrándose aumentos de 58%, 332% y 63%, respectivamente. En lo que se refiere a los cultivos perennes, tales como cítricos, vid mesa y espárrago de entre otros, se registró un crecimiento en producción de un 22%, 166% y 107% respectivamente.

Evolución de la superficie de cultivo y volumen de agua de riego en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo.

A lo largo de los sucesivos ciclos agrícolas comprendidos entre 1979-1980 y 2004-2005, se observa de manera general una permanente disminución tanto de la superficie sembrada como la utilización del volumen de agua estimada en 56,819.50 ha y 271.98 mm³ respectiva mente (Ver tabla 4).

Tabla 4. Evolución de la superficie sembrada y volumen de agua. DRCH. 1980-2005.				
Ciclos	Superficie sembrada (Ha)	Volumen de agua (Mm ³)	Crecimiento superficie sembrada	Crecimiento volumen de agua
1979-1980	108900.00	784.6		
1980-1981	106000.00	783.00	-2,900.00	-1.60
1981-1982	100100.00	767.50	-5,900.00	-15.50
1982-1983	88800.00	621.70	-11,300.00	-145.80
1983-1984	80400.00	586.50	-8,400.00	-35.20
1984-1985	84100.00	597.30	3,700.00	10.80
1985-1986	84800.00	616.00	700.00	18.70
1986-1987	83300.00	609.90	-1,500.00	-6.10
1987-1988	70700.00	524.10	-12,600.00	-85.80
1988-1989	68700.00	464.30	-2,000.00	-59.80
1989-1990	79867.00	505.83	11,167.00	41.53
1990-1991	78446.00	516.48	-1,421.00	10.65
1991-1992	70890.00	416.28	-7,556.00	-100.20
1992-1993	66392.00	455.46	-4,498.00	39.19
1993-1994	65851.00	497.97	-541.00	42.50
1994-1995	73587.00	449.00	7,736.00	-48.97
1995-1996	78369.00	522.55	4,782.00	73.55
1996-1997	69383.00	484.71	-8,986.00	-37.84
1997-1998	58871.00	438.75	-10,512.00	-45.95
1998-1999	55497.00	434.76	-3,374.00	-3.99
1999-2000	49694.00	381.07	-5,803.00	-53.69
2000-2001	50789.00	366.99	1,095.00	-14.08
2001-2002	49398.00	399.02	-1,391.00	32.03
2002-2003	43255.00	712.37	-6,143.00	313.35
2003-2004	55981.00	473.86	12,726.00	473.86
2004-2005	49180.50	511.02	-6,800.50	37.16
Total	1762350.50	13,136.42	-56,819.50	-271.98

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la CNA.

Los 10 cultivos con más hectáreas sembradas, del mayor al menor son: trigo, vid, garbanzo, cítricos, algodón, hortalizas, nogal, cártamo, frijol y maíz, mientras que los 10 cultivos mayores consumidores de agua son: trigo, vid, cítricos, garbanzo, algodón, nogal, hortalizas, frijol, alfalfa y manzano (Ver tabla 5).

Tabla 5. Superficie sembrada y consumo de agua. Principales cultivos. DRCH. 1980-2005.				
Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)		Cultivo	Consumo de Agua (Mm ³)
Trigo	719,583		Trigo	4,807.95
Vid	275,914		Vid	2,729.26
Garbanzo	238,503		Cítricos	1,165.50
Algodón	113,585		Garbanzo	1,068.16
Cítricos	106,104		Algodón	835.36
Hortalizas	87,905		Nogal	664.97
Nogal	55,459		Hortalizas	439.61
Cártamo	53,300		Frijol	363.31
Frijol	47,233		Alfalfa	347.62
Maíz	37,775		Cártamo	270.07
Alfalfa	28,449		Manzano	268.77
Cebada grano	16,952		Maíz	209.71
Ajonjolí	19,600		Cebada grano	90.68
Forrajes	4,089		Ajonjolí	106.96
Sorgo grano	10,402		Persimo	82.53
Durazno	8,609		Forrajes	82.34
Jojoba	6,914		Durazno	81.09
Forrajes	4,089		Sorgo grano	75.15
Manzano	4,061		Jojoba	41.11
Higuera	1,284		Forrajes	19.10
Espárrago	1,124		Higuera	14.36
Cacahuate	1,100		Espárrago	10.19
Soya	300		Cacahuate	6.30

Fuente: Elaboración propia en base a la información de la CNA.

En relación a los principales productos cosechados en el distrito, los cuales representan el proceso de reconversión productiva de la región. El resultado total de la evolución en el periodo 1980-2005 es el siguiente:

1.- Cultivos que han presentado crecimiento tanto en relación a la superficie sembrada como al volumen de agua consumido.

En primer lugar las hortalizas con 6,630.50 ha. y 30.77 mm³ respectivamente; cítricos con 2,641 ha., y 9.16 mm³; la uva con 1,350 ha. y 67.34 mm³, por último el nogal con 847 ha., y 12.52 mm³ (Ver tabla 6 y gráficas 1 y 2).

2.- Cultivos que han presentado contracción o reducción tanto en relación a la superficie sembrada como al volumen de agua consumido.

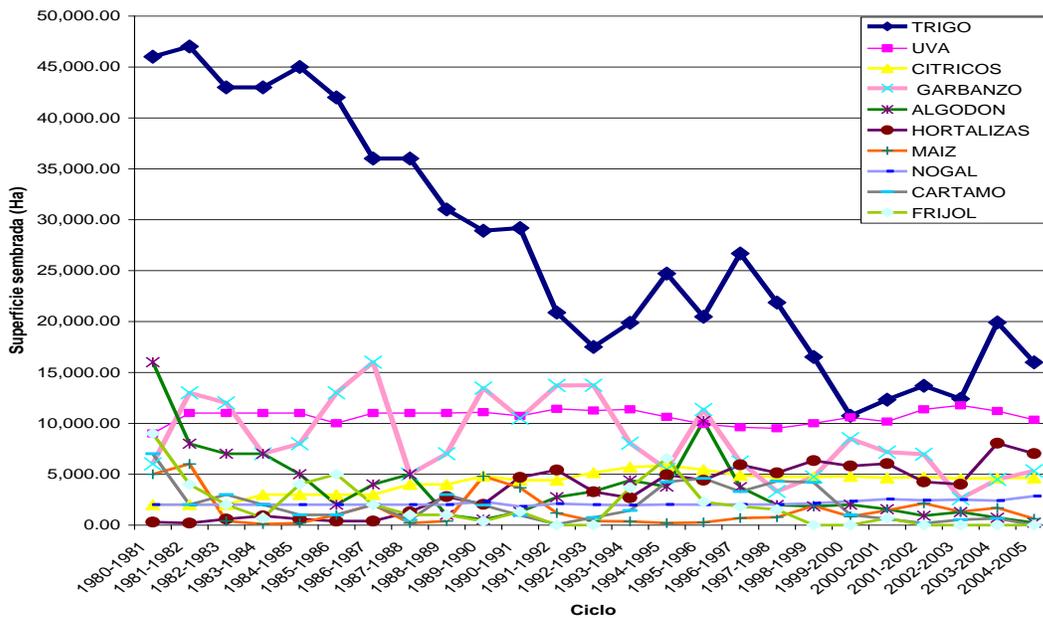
Destaca en primer término el cultivo de trigo que presenta: 23,008.00 has y 112.51 mm³; garbanzo con 20,670.00 ha. y 116.89 mm³; algodón con 17,773.00 has. y 170.04 mm³; le sigue el frijol con 3,000 ha. y 17 mm³; cártamo con 3,000 ha. y 16 mm³; maíz con 1,375.00 ha. y .47 mm³ (Ver tabla 6 y gráficas 1 y 2).

Tabla 6. Evolución de los principales cultivos del DRCH. Totales, periodo 1980-2005				
Cultivo	Superficie sembrada (Ha)	Volumen de agua (Mm ³)	Crecimiento superficie sembrada	Crecimiento volumen de agua
Trigo	719,583.00	4807.95	-23,008.00	-112.51
Vid	275,914	2729.26	1,350	67.34
Garbanzo	238,503.00	1068.16	-20,670.00	-116.89
Cítricos	106,104.00	1165.50	2,641.00	9.16
Algodón	113,585.00	835.36	-17,773.00	-170.04
Hortalizas	87,904.50	439.61	6,630.50	30.77
Nogal	55,459.00	664.97	847.00	12.52
Cártamo	53,300.00	270.07	-3,000.00	-16.00
Frijol	49,933.00	363.31	-3,000.00	-17.00
Maíz	39,575.00	209.71	-1,375.00	-0.47
Total	1,739,860.50	12553.89	-57,357.50	-313.12

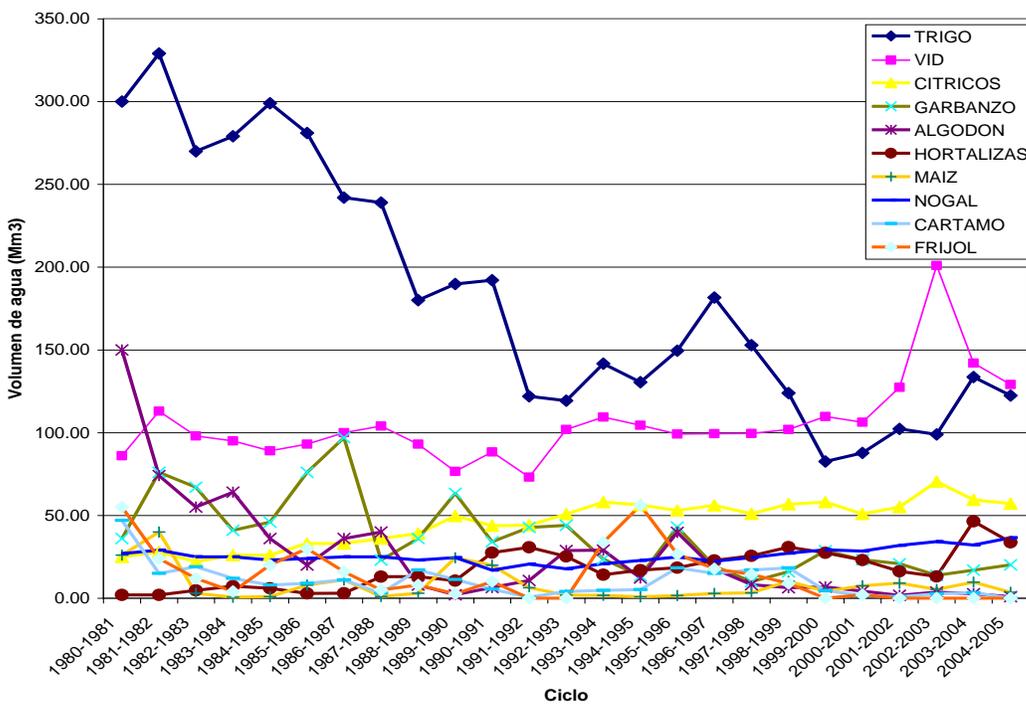
Fuente: Elaboración propia en base a la información de la CNA.

La gráfica 1 muestra la superficie sembrada de los 10 principales productos agrícolas de en el DRCH. Refleja claramente una mayor reducción en las hectáreas sembradas en el cultivo de granos, principalmente el trigo y aumento en la producción de uva, hortalizas, nogal y cítricos.

Gráfica 1. Evolución de la superficie sembrada en los 10 principales cultivos en el DRCH. 1980-2005.



Gráfica 2. Evolución del consumo de agua en los 10 principales cultivos en el DRCH. 1980-2005.



La gráfica 2 muestra la evolución del consumo de agua en los 10 principales cultivos agrícolas. Refleja como el trigo disminuye drásticamente con grandes cantidades en volumen de agua utilizada y también como la producción de uva aumenta el consumo del recurso para regar la superficie en crecimiento.

Al analizar las tendencias en los rendimientos de los cultivos seleccionados a partir del volumen de agua consumida y superficie sembrada, para el periodo 1980-2005. Se aplicó una sencilla fórmula donde el rendimiento está en función de cuantas hectáreas se riegan por cada millón de metros cúbicos de agua utilizada.

En la tabla 7 se expone en orden descendente los rendimientos estimados para los cultivos seleccionados. El garbanzo genera el mayor rendimiento por cada millón de metros cúbicos de agua se irrigan 223.28 ha.; en segundo lugar se encuentran las hortalizas en 199.96 ha; le siguen el cártamo en 197.36 ha., el maíz en 188.71 ha., el trigo en 149.67 ha., el frijol en 137.44 ha., el algodón en 135.37 ha., la uva en 101.09 ha., los cítricos en 91.04 ha., el nogal en 83.40 ha.

Tabla 7. Rendimientos de los 10 principales cultivos en el DRCH. 1980-2005.			
Cultivo	Superficie sembrada (Ha)	Volumen de agua (Mm ³)	Hectáreas que se riegan por cada millón de metros cúbicos
Trigo	719,583.00	4807.95	149.67
Vid	275,914	2729.26	101.09
Garbanzo	238,503.00	1068.16	223.28
Cítricos	106,104.00	1165.50	91.04
Algodón	113,585.00	835.36	135.97
Hortalizas	87,904.50	439.61	199.96
Nogal	55,459.00	664.97	83.40
Cártamo	53,300.00	270.07	197.36
Frijol	49,933.00	363.31	137.44
Maíz	39,575.00	209.71	188.71

Fuente: Elaboración propia en base a la información de la CNA.

Implementación tecnológica en sistemas de riego presurizado: sus promotores y ejecutores en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo en el cultivo de la uva.

El Programa de Tecnificación de la Agricultura de Riego por Bombeo fue incluido en Alianza para el Campo con el fin de contribuir a revertir la tendencia de sobre-explotación de los acuíferos, reducir el consumo de agua y energía eléctrica e incrementar la rentabilidad de las unidades de producción agropecuaria. El programa se inició en 1996, determinando su aplicación en forma prioritaria para los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, Querétaro y Sonora (Alianza para el Campo: 1999).

El sistema de riego presurizado ha aumentado año con año, intensivamente a partir de 1997 cuando iniciaron los programas de Alianza para el Campo, este programa de fertirrigación propició que se utilizara este tipo de riego en las hortalizas y frutales.

Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 051-Costa de Hermosillo

Desde 1994 la operación del distrito de riego 051 la realiza la Asociación de Usuarios del Distrito. La autoridad máxima es la asamblea general, la cual tiene un consejo directivo, como órgano ejecutor de las decisiones emanadas por la asamblea y el consejo de vigilancia.

“La designación de los representantes de cada uno de los sectores de productores que integran los consejos de la Asociación de Usuarios, es determinado por las asociaciones gremiales que agrupan a los agricultores privados, colonos y ejidales (...)” (León, 1995).

El objetivo principal de la Asociación es administrar y operar la infraestructura del distrito a partir de los derechos para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo, planeación y programas agrícolas. La explotación de los recursos hidráulicos en el distrito consiste en la vigilancia del cumplimiento de la normatividad establecidas por la Comisión Nacional del Agua y el Gobierno del Estado, así como la promoción en el establecimiento de condiciones que permitan la captación de recursos de inversión y crédito en beneficio del campo.

Las acciones de modernización se orientan a elevar la eficiencia en el uso y manejo del agua del 56% al 74%, para recuperar al menos 750 mm³ a través del programa de

adquisición de derechos de uso del agua y redimensionamiento del distrito de riego 051, todo esto orientado a la recuperación de volúmenes del recurso en beneficio del acuífero (CONAGUA, 2007:10).

En relación a los problemas de sobreexplotación y salinidad, CONAGUA realizó entrevistas a los usuarios en general, ellos justificaron que la situación ha sido causada por los siguientes problemas:

(i) El desconocimiento del funcionamiento del acuífero y por ello no visualizaron las consecuencias de la sobre asignación del agua y (ii) la existencia de problemas interpersonales, como desconfianza, desinformación y la apatía que ha permitido la extracción excesiva, así reconocida por los usuarios.

La Asociación de Usuarios del distrito dice solucionar el problema, elevando la eficiencia en el uso y manejo del agua a través de acciones concertadas con los productores para el rescate de importantes volúmenes de agua, a través de la reconversión productiva, impulsando la generación y transformación de técnicas y capacitación a los productores en el manejo de sistemas modernos de riego.

Este plan considera la reducción de superficie regada de 39,500 ha. a 30,050 ha. con lo que se ajusta la extracción del recurso de 325 mm^3 a 250 mm^3 , reduciendo también la superficie destinada al cultivo de granos de 12,526 ha. a 6,002 ha., e intensificando la reconversión al aumentar la superficie en el cultivo de hortalizas de 5,000 a 6,000 ha. Estas medidas de reconversión productiva para mantener e incluso aumentar el nivel de producción del agua en el distrito de riego (CONAGUA, 2007:14).

A pesar de los objetivos y planes impulsados por la Asociación, los resultados no son como se esperan. De acuerdo con las estadísticas, proporcionadas por la misma, la situación de la extracción de agua en el DRCH, desde el ciclo 1996-1997 hasta 2004-2005, persiste un negativo de 100 mm^3 , lo que significa que hay un volumen programado de $3,428 \text{ mm}^3$ y el volumen real, que se extrajo, es de $3,328 \text{ mm}^3$ representando un exceso de extracción, esto debido a que en la superficie programada total era de 404,860 ha. y la real de 485,298, tradujendose a un mayor volumen de agua utilizado. (Ver tabla 8).

Tabla 8. Situación de la extracción de agua en el DRCH. 1996-2006.									
Ciclo	Superficie(Ha)			Lamina bruta (cm)			Volumen (Mm ³)		
	Programado	Real	Diferencia	Prog	Real	Dif	Prog	Real	Dif
1996-1997	46528	71370	24842	86	64	-22	401	399	-2
1997-1998	47458	58663	11205	84	67	-17	399	393	-6
1998-1999	48046	55964	7918	83	68	-15	391	384	-7
1999-2000	47718	50319	2601	82	71	-11	382	376	-6
2000-2001	44628	51168	6540	86	68	-18	371	367	-4
2001-2002	43480	49398	5918	85	81	-4	374	359	-15
2002-2003	42263	43255	992	88	112	24	409	350	-59
2003-2004	47058	55981	8923	87	87	0	351	350	-1
2004-2005	37681	49180	11499	93	91	-2	350	350	0
Total	404860	485298	80438	774	709	-65	3428	3328	-100

Fuente: DRCH. 2007

Sistemas de riego presurizados

Los sistemas de riego presurizado son considerados necesarios para la solución a los problemas de la escasez de agua e impulsor a los beneficios de productividad y rentabilidad del recurso. No puede afirmarse que algún sistema de riego sea mejor que otro, ya que cada uno se adapta a diferentes condiciones y manejados técnicamente producen buenos resultados. La importancia de la irrigación es la necesidad que surge a partir del incremento de la insuficiencia alimentaría dado por el crecimiento de la población y la dificultad del cultivo en áreas semiáridas o secas. A nivel mundial las zonas secas y semisecas con precipitaciones menores de 500 mm., ocupan cerca del 60% de la superficie de la tierra firme (Fernández, 2005: 7).

La implementación de los sistemas de irrigación permite abrir tierras de cultivo donde no es viable por las características climáticas como son las regiones secas o semiáridas como el caso de los países del norte de México. También esta necesidad de riego permite intensificar la producción en áreas de cultivo.

Existen diversas formas de riego que dependiendo de las posibilidades del agricultor y del tipo de cultivo se implementara el tipo la irrigación. Primeramente a inicios de la

producción agrícola, como es el caso de la Costa de Hermosillo, la extracción de agua subterránea fue mediante calderas de vapor, la captación de agua superficial a través de bocatomas, después el uso de bombas de diesel, bombas eléctricas y el uso de canales.

El uso de canales para regar por medio de las láminas el cultivo provocaba, y hasta la fecha sucede, un gran derroche de agua, evaporación, transminación. Con el problema de la escasez o abatimiento del agua en el estado se han implementado otras formas de riego más eficaces como son los sistemas de riego presurizado, los cuales más adelante se detallaran cada uno de ellos.

Los métodos de riego se diferencian por la forma en que se aplica el agua en el suelo. Actualmente existen tres métodos básicos: superficial, en el que el agua se aplica sobre la superficie del suelo; presurizado o localizado, el agua es conducida a presión por tuberías hasta un emisor en el punto de aplicación y subsuperficial, en el que el agua se aplica por debajo de la superficie del suelo. Los sistemas de riego más importantes para cada método son el sistema de riego por gravedad (superficial), los sistemas de riego por aspersión, microaspersión y goteo y el riego subterráneo (subsuperficial). A continuación las características de los diferentes métodos de riego:

Características del riego superficial por gravedad. (Tradicional)

Este tipo de riego por gravedad, el agua se distribuye directamente por la superficie del campo por gravedad a través de surcos, las porciones de tierra y las terrazas planas, y se caracteriza por ser técnicamente imperfecto, además de contar con una baja eficiencia de riego, lo que quiere decir, que existe un rango de 40 a 60% aproximadamente del agua que es utilizada por el cultivo con respecto al total aplicado, por lo cual éste sistema requiere una futura mecanización y automatización o su sustitución por otro método de riego tecnificado. La ventaja fundamental de este método sobre los demás consiste en que para su práctica no se requieren gastos adicionales de energía eléctrica (Fernández, 2005: 14).

Existen distintas variantes en el sistema de riego superficial, pero en general se pueden resumir en tres sistemas básicos: riego por surcos, riego por melgas y riego por inundación.

Riego por surcos: consiste en la utilización de pequeños canales o surcos paralelos a la línea de plantación, durante el tiempo necesario para que el agua se infiltre y humedezca la zona radicular del cultivo. Resulta importante en el sistema, que además de la infiltración del agua verticalmente la misma se realice también lateralmente, hacia los costados del surco, donde se encuentran las raíces de las plantas (Ver figura 6).

Riego melgas o mangas: en este sistema se utilizan mangas plásticas para conducir el agua de riego en el predio de un punto a otro. Dichas mangas permiten aplicar el agua a los surcos por medio de perforaciones a distancias predeterminadas, en donde se instalan válvulas. Este sistema de riego es simple, barato, de fácil instalación y manejo (Ver figura 7).

El riego por inundación: consiste en cubrir el suelo con una capa ó lámina de agua de mayor o menor espesor, el suelo se humedece al tiempo que el agua lo va cubriendo. En este método se presentan variantes si la inundación es continua como en el caso del arroz. (PSI, 2006).

Las desventajas de usar este método de riego superficial son:

- La necesidad de trabajo manual;
- La dependencia de las condiciones del relieve;
- La reducción de la estructura del suelo;
- La dificultad de regulación del grado de humedad y su uniformidad en el suelo;
- La restricción en la mecanización de los procesos de la agricultura.

Figura 6. Riego por surcos



Fuente: Imagen tomada del sitio: [http:// www.netafim.com.mx/.../1321_mb_file_14941.jpg](http://www.netafim.com.mx/.../1321_mb_file_14941.jpg). (Consultado el 25 de enero de 2009).

Figura 7. Riego por melgas.



Fuente: Imagen tomada del sitio: [http:// www.netafim.com.mx/.../1321_mb_file_14941.jpg](http://www.netafim.com.mx/.../1321_mb_file_14941.jpg). (Consultado el 25 de enero de 2009).

Características del sistema de riego por goteo

Este sistema ha supuesto un importantísimo avance al conseguir la humedad en el sistema radicular aportando gota a gota el agua necesaria para el desarrollo de la planta.

A diferencia del riego tradicional y de la aspersión, aquí el agua se conduce desde el depósito o la fuente de abastecimiento a través de tuberías y en su destino se libera gota a gota justo en el lugar donde se ubica la planta. El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona húmeda restringida a un espacio concreto. Espacio que funciona en vertical y horizontal formando lo que se ha venido en llamar por su forma bulbo de humedad (Fernández, 2005:15).

Lo que comúnmente se conoce como riego por goteo es de hecho una combinación de varios tipos de sistemas de distribución de agua de baja presión y bajo volumen. El término correcto para estos sistemas es microirrigación. Cada sistema de microirrigación se distingue por un tipo diferente de emisor (la parte que descarga el agua). Estos sistemas de microirrigación provienen de los cultivadores y agricultores (Fernández, 2005:16).

Algunos de estos sistemas literalmente distribuyen el agua gota por gota. En estos tipos es la mejor forma de aprovechar el agua para sus plantas. Manteniendo húmedas las raíces de sus plantas (pero no al punto de saturación). Usa menos agua que con las técnicas convencionales de riego. Se pueden configurar otros sistemas para nebulizar y proporcionar humedad (Ver figura 8 y 9).

El auténtico avance de riego por goteo ha sido conseguir mantener la humedad necesaria en la zona radicular de cada planta y sólo en esa zona.

Por consiguiente no se moja todo el suelo sino parte del mismo, y sólo en la parte necesaria para el desarrollo de las raíces. Ese bulbo húmedo variará, según las características del suelo, la cantidad de agua y el tiempo que dura ese constante goteo. Como consecuencia y, al acotar la superficie humedecida, las raíces limitan su expansión a ese espacio y no a otro. Otra característica, consecuencia de esta modalidad de riego, es el mayor aprovechamiento de las tierras ya que al concentrar la humedad en pequeñas bolsas se crean

espacios secos que dan la oportunidad a un planteamiento de aprovechamiento del suelo mucho más racional e intensivo.

Figura 8. Gotero emisor



Fuente: Imagen tomada del sitio: [http:// www.psi.gob.pe/](http://www.psi.gob.pe/) (Consultado el 25 de enero de 2009).

Figura 9. Goteros por medio de cintas o mangueras.



Fuente: Imagen tomada del sitio: <http://www.psi.gob.pe/> (Consultado el 25 de enero de 2009).

Las ventajas del sistema de goteo

- Ahorra agua: es posible que experimente hasta un 50% de reducción al usar un sistema de riego que se instala y mantiene adecuadamente.
- Evita el riego aleatorio de sus plantas (y la maleza).
- Se dirige al área exacta donde quiere el agua (por ejemplo, las raíces) y le permite distribuirla en el momento exacto. (usando un temporizador).
- Distribuye agua sin crear un ambiente extremadamente húmedo que promueva enfermedades por hongos.
- Se adapta fácilmente a los cambios del paisaje. Los sistemas se pueden usar en contenedores, arriates elevados, hileras de verduras y balcones. El riego por goteo puede rodear a un árbol o arbusto en la extensión de la copa.
- Reduce la erosión en pendientes.
- Mejora la capacidad de retención de agua en suelos arenosos.

Las desventajas del sistema de riego por goteo son:

- Es un sistema muy caro de instalar, por lo que existe una limitación de tipo económico en su aplicación a los cultivos. No todos los cultivos son tan rentables como para justificar las fuentes de inversión que el goteo supone.
- En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas, por lo que su uso debe descartarse.
- Si se proyecta o se instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua o nutrientes.
- En zonas áridas en que no existe posibilidad de lavado, el uso sistemático y durante varios años de aguas de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.
- Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua y que, en ocasiones puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.
- Se necesita una mayor calificación por parte de los usuarios, que en cualquiera de los otros sistemas de riego.

Instalaciones necesarias para el riego por goteo. (PRODUCE, 2007)

Cabezal de riego: Es el conjunto que forman el sistema de filtrado y el de abonamiento o fertilización con sus correspondientes válvulas y accesorios, junto con las tuberías y los goteros forman los elementos fundamentales del sistema.

Equipo de filtración: Imprescindible para filtrar las aguas que, bien provengan de estanques al aire libre o de pozos y sobre todo de los ríos, nunca garantizan su limpieza. Es más, si el sistema se fundamenta en el racionamiento del agua, su buena y uniforme distribución a través de unos agujeros en las tuberías o unos dispositivos calibrados para efectuar la gota a gota (goteros) es elemental que garantice la limpieza de las aguas.

Sistemas de filtrado: hay muchos y evidentemente todos tratan de conseguir la limpieza del agua de partículas extrañas. Filtros de arena y gravas, de mallas, de algas; sistemas fundados en la decantación, en cilindros, con sistemas automatizados o no, todos ellos pueden resultar válidos si forman parte de un buen proyecto que garantice la mínima obstrucción posible ya que de ella depende la eficacia del sistema. Una vez más el acierto dependerá de la elección de la empresa que se responsabilice de la instalación después de un estudio detallado de las aguas y que responda de la eficacia y uniformidad del riego para el máximo aprovechamiento del cultivo.

Equipo de fertilización: Una de las grandes ventajas del riego por goteo radica en la posibilidad de incorporar al riego el abono necesario para el buen cultivo de las plantas. Esta modalidad de abonamiento garantizará el reparto proporcionado del complemento nutritivo así como la puntualidad del momento adecuado para efectuarlo.

Control del riego: Es fundamental que la instalación deba tener un buen sistema que garantice la presión, el caudal, el tiempo etc. Todo ello lo realizan las válvulas, tensiómetros y reguladores de caudal que son lo que contribuyen con su eficacia al mejor aprovechamiento de la instalación.

Goteros: son los elementos cuya misión no es otra que la de aplicar el agua a las plantas a cultivar. Son también de diversas clases y modalidades pero todos ellos han de reunir al final las condiciones de regular el caudal adecuadamente y tener el orificio del

tamaño adecuado para que se eviten las obstrucciones que constituyen el principal problema de esta modalidad de riego.

Tuberías: Evidentemente la red de tuberías con sus distintos diámetros, reductores y accesorios. El hecho de que hoy exista el PVC, y otros derivados del petróleo, han facilitado y ayudado a la difusión de este sistema por sus ventajas de transporte, su facilidad en el corte y en el pegado y al mismo tiempo la dureza y resistencia ante los cambios de temperatura han hecho que el fibrocemento se deje sólo para las redes principales de grandes cultivos.

Características del sistema de riego por aspersión

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar. (Ver figura 10 y 11). “La eficiencia de riego para este sistema de riego es en promedio 85.25%. Se utiliza con preferencia en las zonas de humedad inestable y por lo general para irrigar cultivos de hortalizas, forrajes y frutales y para suelos ligeros y de poca potencia en terrenos cultivables” (Fernández, 2005:16).

Las ventajas para este sistema de riego son:

- Conservación de la estructura del suelo cuando tiene lugar una lluvia con la correspondiente intensidad y grosor de las gotas y adecuada a las propiedades hidrofísicas del suelo dado.
- Posibilidad de regular con precisión la profundidad de humectación del suelo;
- Posibilidad de utilizarlo en un micro relieve complejo y en pendientes elevadas.
- Humedecimiento no sólo del suelo, sino también de las plantas, lo que provoca un aumento de la humedad de la capa superficial de suelo, lo cual disminuye la intensidad de la evaporación y también influye positivamente en el desarrollo fisiológico de las plantas;
- Creación de condiciones para un nivel más alto de mecanización de los procesos agrícolas en los campos.

- Aseguramiento de un coeficiente más alto de aprovechamiento de la tierra del territorio irrigado y del rendimiento del sistema de riego;
- Posibilidad de preparar el riego contra heladas;
- Eliminar o reducir al mínimo los canales colectores y de desagüe de la red.
- Ahorro en mano de obra. Una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en el mercado eficaces programadores activados por electro válvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el sistema según las necesidades previamente programadas. Con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente
- Adaptación al terreno. Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras.
- La eficiencia del riego por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.
- Especialmente útil para distintas clases de suelos ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

Inconvenientes de usar el sistema de riego por aspersión:

- Daños a las hojas y a las flores. Las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se dañan, por ese mismo impacto sobre las corolas.
- Requiere una inversión importante. El depósito, las bombas, las tuberías, las juntas, los manguitos, las válvulas, los programadores y la intervención de técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado aunque la amortización a medio plazo está asegurada.
- El viento puede afectar. En días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.
- Aumento de enfermedades y propagación de hongos debido al mojado total de las plantas.

Figura 10. Tipos de cabezales de riego por aspersión o microaspersión.



Fuente: imagen tomada del sitio: [http:// www.psi.gob.pe/](http://www.psi.gob.pe/) (Consultado el 25 de enero de 2009).

Figura 11. Riego por aspersión móvil.



Fuente: imagen tomada del sitio: [http:// www.psi.gob.pe/](http://www.psi.gob.pe/) (Consultado el 25 de enero de 2009).

Para conseguir un buen riego por aspersión son necesarios:

- Presión en el agua
- Una estudiada red de tuberías adecuadas a la presión del agua
- Aspersores adecuados que sean capaces de esparcir el agua a presión que les llega por la red de distribución.
- Depósito de agua que conecte con la red de tuberías.

Presión en el agua: Es necesaria por dos motivos: la red de distribución se multiplica en proporción a la superficie que debemos regar y teniendo en cuenta que el agua debe llegar al mismo tiempo y a la misma presión a las bocas donde se encuentran instalados los mecanismos de difusión (aspersores) con el fin de conseguir un riego uniforme. La segunda razón es que la presión del agua debe ser capaz de poner en marcha todos los aspersores al mismo tiempo bien sean fijos o móviles, de riego más pulverizado o menos.

En el caso de que la presión de la red no sea suficiente se deberá instalar un motor que dé la presión suficiente desde el depósito hasta los aspersores.

Red de tuberías: En general la red de tuberías que conducen el agua por la superficie a regar se compone de ramales de alimentación que conducen el agua principal para suministrar a los ramales secundarios que conectan directamente con los aspersores.

Todo esto supone un estudio técnico adecuado ya que de él dependerá el éxito de la instalación.

Aspersores: Los más utilizados en la agricultura son los giratorios porque giran alrededor de su eje y permiten regar una superficie circular impulsados por la presión del agua, aunque en el mercado los hay de variadas funciones y distinto alcance. Son parte muy importante del equipo del riego por aspersión y por tanto el modelo, tipo de lluvia (más o menos pulverizada) que producen, alcance etc. deben formar parte del estudio técnico antes mencionado.

Depósito del agua: Desempeña dos funciones: la de almacenamiento del agua suficiente para uno o varios riegos y la de ser punto de enlace entre el agua sin presión y el motor de impulsión de esa agua a la presión necesaria para el riego calculado.

Costos de los sistemas de riego presurizado.³

Los costos de cada uno de los sistemas de riego variaran dependiendo del tipo de cultivo en que se implemente, de la estructura y la posición del suelo y de la distancia de la toma de agua. El costo de implementar el riego presurizado por goteo en el cultivo de vid es aproximadamente \$18,000 pesos por hectárea, en los cítricos son \$19,440 pesos, en cada hectárea, en el nogal y los forrajes tiene un costo aproximado de \$22,000 por hectárea (Ver tabla 9).

Tabla 9. Costos de sistemas de riego presurizado. 2007.			
Riego por goteo	Costo	Riego por aspersión	Costo
vid	18,000	forrajes	22,000
cítricos	19,044		
nogal	22,000		

Elaboración propia en base a la entrevista hecha al Ing. Agrónomo Hazael Moreno Aguirre. Asesor en venta y diseño en fertiriego en la fundación PRODUCE. Agosto, 2007.

Evolución de los sistemas de riego presurizados en DRCH.

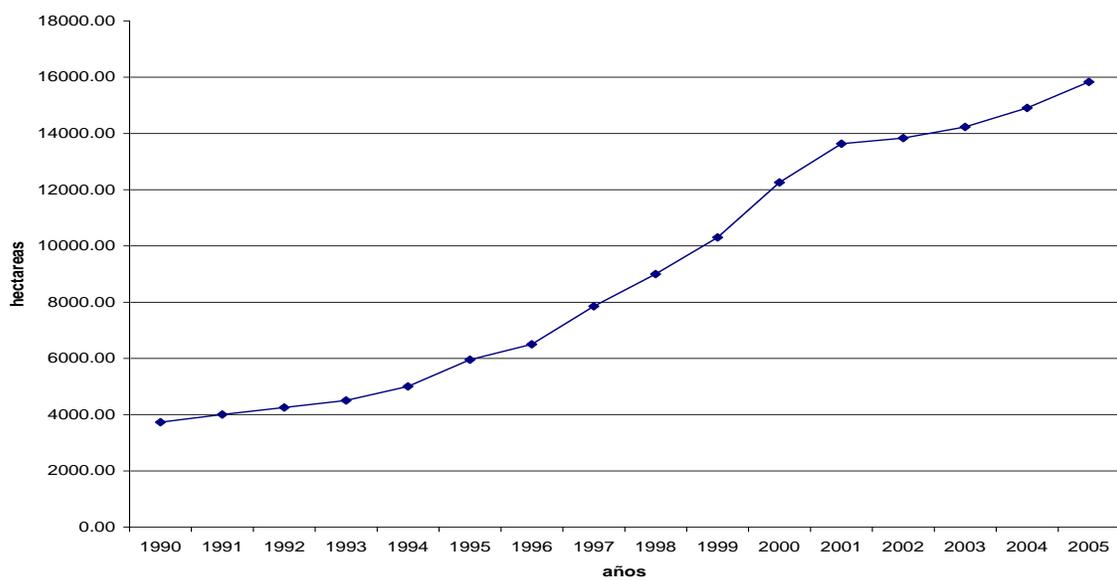
La evolución en la implementación de tecnología en sistemas de riego presurizado, en las hectáreas del DRCH, muestra que a partir de 1990 hasta el 2005 ha registrado un comportamiento creciente, aumentando año con año, la cobertura en la superficie sembrada (Ver gráfica 3). Para el ciclo 2004-2005, último ciclo de estudio, registró un total de superficie programada de 37, 685 ha. (Ver tabla 8) de las cuales 15,833 ha. contó con un sistemas de riego presurizado (Ver tabla 10), por lo tanto el DRCH tuvo un 42% de cobertura en la implementación con estos sistemas.

³ Moreno Aguirre, Hazael. Asesor de ventas y diseño en fertiriego de la fundación PRODUCE. Entrevista el 19 de junio 2008.

Tabla 10. Evolución de la implementación de los sistemas de riego presurizado en el DRCH.	
Año	Hectáreas
1990	3725.00
1991	4000.00
1992	4250.00
1993	4500.00
1994	5000.00
1995	5950.00
1996	6500.00
1997	7850.00
1998	9000.00
1999	10300.00
2000	12258.00
2001	13633.00
2002	13836.00
2003	14230.00
2004	14905.00
2005	15833.00

Fuente: CNA y DRCH.

Gráfica 3. Evolución de la implementación de los sistemas de riego presurizado en los cultivos del DRCH. 1990-2005.



El avance y desarrollo en la aplicación de sistema de riego presurizado en los distintos cultivos producidos en el DRCH supone que dará como resultado que además de la optimización del uso del recurso agua, esta estrategia ha impulsado economías en sus costos de extracción y conducción, elevando el nivel de eficiencia productiva ofreciendo mayores rendimientos a un menor costo, que se traduce en mayores márgenes regionales de utilidad.

De acuerdo a la clasificación e implementación de los sistemas de riego presurizado que realiza la Comisión Nacional del Agua, Delegación Sonora, en el distrito se tiene el siguiente resultado hasta el último ciclo agrícola 2004-2005. Como se puede observar en la tabla 11, que el 40% de la superficie en este distrito cuenta con un sistema de riego presurizado. Los cultivos que tienen un porcentaje mayor son la uva de mesa con 80.14%, uva industrial con 85.33%, las hortalizas con 91%, el manzano con 100%, el durazno con 93% y el nogal con 39.3%.

Tabla 11. Clasificación e implementación de los sistemas de riego presurizado en los principales cultivos en el DRCH. Ciclo 2004-2005.

Cultivo	Superficie actual (Ha)	Sistema de riego					
		Goteo		Aspersión	Microaspersión	Total	% Presurizado
		emisor	cinta				
Uva de mesa	8696	6969				6969	80.14
Vid industrial	1500	1280				1280	85.33
Cítricos	4531				1244	1244	27.46
Nogal	2847	613			506	1119	39.30
Durazno	243	180			46	226	93.00
Manzano	13				13	13	100.00
Pérsimo	9				9	9	100.00
Hortalizas	3574		3277			3277	91.69
Trigo	13232			300		300	2.27
Alfalfa	709		50			50	7.05
Total	35354	9042	3327	300	1818	14487	40.98

Fuente: CNA y DRCH.

En la tabla 11, muestra que en total de la superficie sembrada en sus principales cultivos del distrito es que el 40% emplea un sistema de riego presurizado y dada la naturaleza del producto sembrado esta reflejara un resultado extremo como es el caso del trigo y la alfalfa los cuales tienen grandes hectáreas sembradas y cuyo sistema de riego es en

base a laminas aplicadas ya sea a gravedad o agua rodada por lo tanto el sistema de riego presurizado no ha impactado de gran manera estos cultivos.

La producción de uva en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo.

Sonora es único en el mundo que tiene la temperatura durante el invierno, en nuestro desierto, bastante fría (debajo de -2.2° C en algunos casos) y extremadamente alta durante el verano (por arriba de los 48.8° C). Una muy baja humedad relativa durante todo el año, baja precipitación pluvial, un suelo con excelente composición física y química para el cultivo de las uvas y sobre todo agua pura extraída del subsuelo con los minerales que requieren los viñedos para producir fruta de excelente calidad y sabor (The Packer, 2008).

La producción de uva en Sonora, principalmente en Hermosillo y Caborca, es una actividad importante en la generación de empleos e ingreso de divisas. Se obtiene una producción anual aproximada de veinte millones de cajas de uva para exportación hacia Estados Unidos, Canadá y Europa; de esta producción, un bajo porcentaje se dedica al mercado nacional (AALPUM, 2006).

El comportamiento productivo en Sonora, desde la reconversión agrícola, es que “el cultivo principal es la uva industrial y de mesa. La vid para vino y aguardiente tiende a desaparecer en 1996 se sembraron cerca de 20,000 ha., mientras que de 2003 a 2004 apenas 9,000 ha. En cambio, se advierte un incremento sustancial de la superficie sembrada de uva de mesa en 1996 era de 10, 000 ha, en el ciclo 2003-2004 se elevó a casi 16,000, lo que significa un incremento de 60% de la vid de mesa” (Bracamonte, Valle, Méndez, 2007: 58).

La producción de uva en el DRCH ha presentado la misma tendencia a nivel estatal. A partir de que en 1996 desaparece la industria vinícola casa Pedro Domecq, por lo tanto, la producción de uva industrial se ha ido reduciendo y la uva de mesa ha aumentado, por tener ésta mayor ventaja en costo-beneficio. Para el ciclo 2004-2005 muestra una superficie sembrada de 8,696 ha en uva de mesa y 1,500 ha. en uva industrial. La uva industrial representa el 14.7% y la uva de mesa el 85.2 % en la producción total en el distrito. En relación al agua consumida la primera utiliza el 13.6% y la segunda el 86.3%. Lo cual significa que utilizan la misma proporción de agua para su crecimiento, por lo tanto el análisis no difiere si es industrial o de mesa, el punto principal aquí es determinar si con la

implementación de la tecnología en sistemas de riego presurizado en la vid, intensificado desde 1997, ha disminuido el volumen utilizado (Ver tabla 12.).

Tabla 12. Situación de la uva en el DRCH. Ciclo 2004-2005.				
Producto	Superficie sembrada (Ha)	Volumen de agua (Mm ³)	% sembrado	% volumen de agua
Uva de mesa	8696	113.08	85.29	86.37
Uva industrial	1500	17.84	14.71	13.63
Total	10196	130.92	100	100

Fuente: CNA y DRCH

Respecto a la aplicación de la tecnología en sistemas de riego presurizado, para la producción de uva de mesa como industrial, en el DRCH, el dato porcentual con respecto a la tecnología aplicada cubre un 80.9% la superficie sembrada regada por medio del sistema de riego presurizado por goteo emisor. (Ver tabla 13).

Tabla 13. Clasificación e implementación de los sistemas de riego presurizado en el cultivo de la uva en el DRCH. 2004-2005.							
Cultivo	Superficie actual (has)	Sistema de riego					
		Goteo		Aspersión	Microaspersión	Total	% presurizado
		emisor	cinta				
Uva de mesa	8696	6969				6969	80.14
Uva industrial	1500	1280				1280	85.33
Total	10196	8249	0	0	0	8249	80.90

Fuente: CNA y DRCH.

Para complementar el análisis sobre la implementación tecnológica y sus resultados, se presenta la evolución productiva de la vid. En el periodo de estudio, de 1980 a 2005, la superficie sembrada aumento 1350 ha., y un aumento en el consumo de agua de 67.34 mm³. Todo esto a consecuencia de las ventajas productivas y oportunidades de mercado de la reconversión productiva antes mencionada (Ver tabla 14).

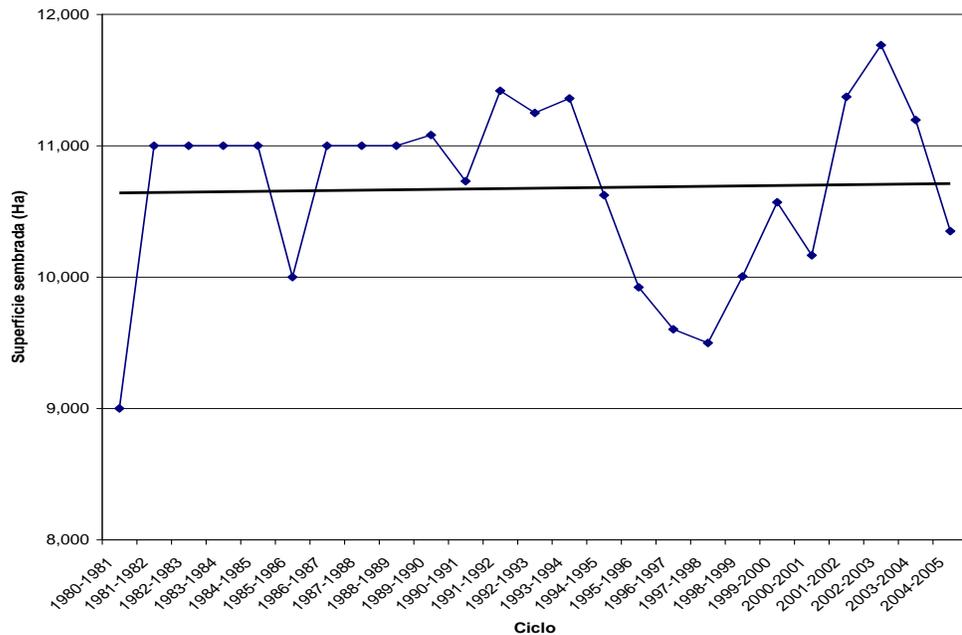
Tabla 14. Evolución de la vid en superficie sembrada, agua consumida y rendimientos.

Ciclos	Superficie sembrada (has)	Volumen de agua (Mm ³)	Crecimiento de la superficie sembrada	Crecimiento volumen de agua	Rendimiento: hectáreas regadas por cada mm ³	Crecimiento del rendimiento
1979-1980	9,000	89.00			101.12	
1980-1981	9,000	86.00	0	-3.00	104.65	3.53
1981-1982	11,000	113.00	2,000	27.00	97.35	-7.31
1982-1983	11,000	98.00	0	-15.00	112.24	14.90
1983-1984	11,000	95.00	0	-3.00	115.79	3.54
1984-1985	11,000	89.00	0	-6.00	123.60	7.81
1985-1986	10,000	93.00	-1,000	4.00	107.53	-16.07
1986-1987	11,000	100.00	1,000	7.00	110.00	2.47
1987-1988	11,000	104.00	0	4.00	105.77	-4.23
1988-1989	11,000	93.00	0	-11.00	118.28	12.51
1989-1990	11,082	76.59	82	-16.41	144.69	26.41
1990-1991	10,730	88.37	-352	11.78	121.42	-23.28
1991-1992	11,419	73.13	689	-15.24	156.14	34.73
1992-1993	11,250	101.89	-169	28.76	110.42	-45.73
1993-1994	11,360	109.44	110	7.55	103.80	-6.62
1994-1995	10,624	104.43	-736	-5.02	101.74	-2.06
1995-1996	9,922	99.13	-702	-5.30	100.09	-1.65
1996-1997	9,602	99.34	-320	0.21	96.66	-3.43
1997-1998	9,499	99.52	-103	0.18	95.45	-1.21
1998-1999	10,005	101.88	506	2.36	98.21	2.76
1999-2000	10,570	109.73	565	7.86	96.32	-1.88
2000-2001	10,166	106.28	-404	-3.45	95.65	-0.67
2001-2002	11,373	127.43	1,207	21.15	89.25	-6.40
2002-2003	11,766	200.97	393	73.53	58.55	-30.70
2003-2004	11,196	141.98	-570	-58.99	78.86	20.31
2004-2005	10,350	129.15	-846	-12.83	80.14	1.28
TOTAL	275,914	2729.26	1,350	67.34	101.09	-20.98

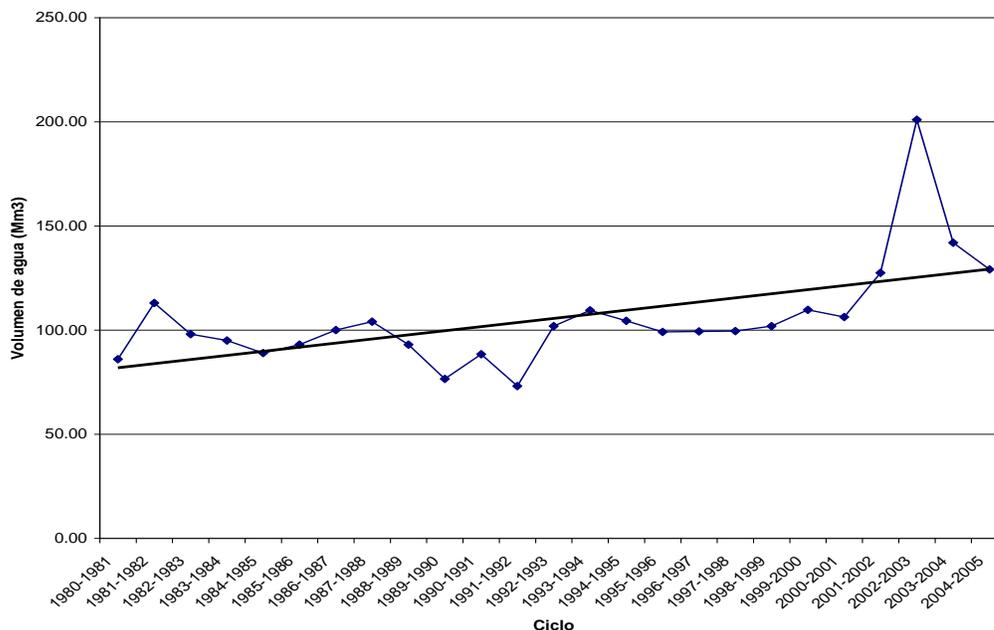
Fuente: Elaboración propia en base a la información de la CNA.

El crecimiento productivo de la uva, desde 1980 hasta 2005, es positivo en ambas variables, superficie sembrada y agua utilizada. Como lo demuestran gráfica 4 y 5 la línea de tendencia es positiva.

Gráfica 4. Evolución de la uva: superficie sembrada en el DRCH. 1980-2005.



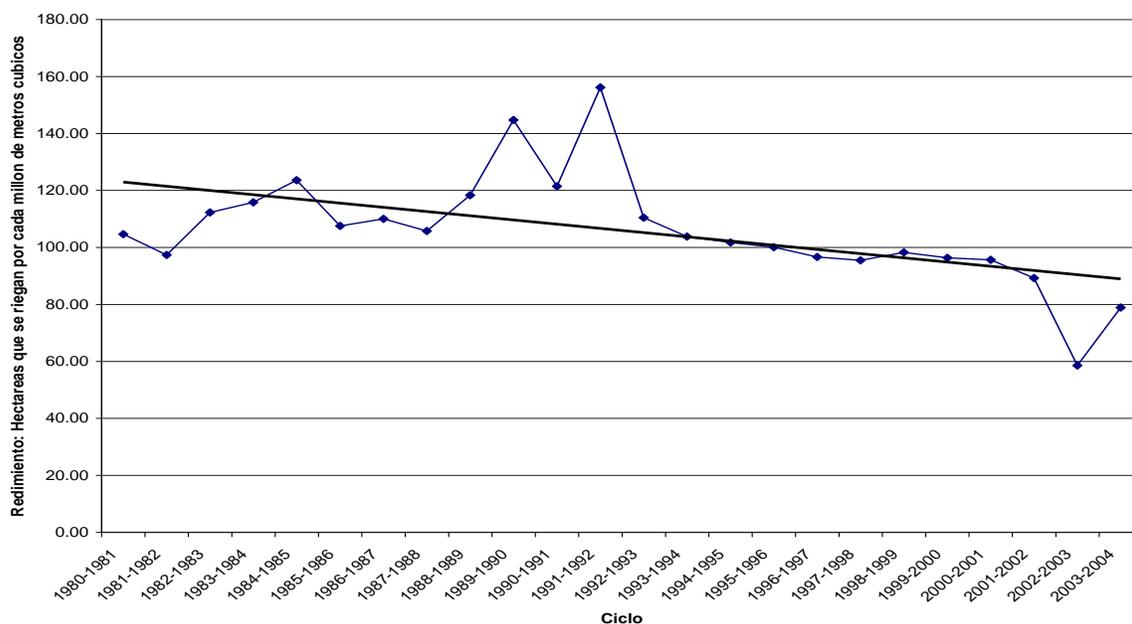
Gráfica 5. Evolución de la uva: volumen de agua utilizada en el DRCH. 1980-2005.



En el análisis del rendimiento respecto al consumo de agua, se observa una gran contradicción, porque los informes y cuadros estadísticos, ya expuestos, muestran que la uva tiene 80.9% de cobertura tecnológica con sistema de riego presurizado por goteo emisor, que como anteriormente se ha recalado en las políticas implementadas por los diferentes niveles de gobierno, desde el internacional hasta el local, y aplicadas por el productor, son para el ahorro y el uso eficaz del agua. Son acciones para resolver los distintos problemas que enfrentan el estado y en particular la sobreexplotación del acuífero del distrito estudiado.

La contradicción radica en que se registra un saldo negativo de -20.08 ha., regadas por cada millón de metros cúbicos de agua utilizada para el riego (Ver tabla 14). Lo que significa, de acuerdo a las estadísticas del distrito, la evolución de la producción de la uva muestra casi las mismas hectáreas sembradas, en el periodo 1980-2005, pero hay variaciones ligeramente altas en relación al consumo de agua, por lo tanto, se están regando 20 hectáreas más por cada millón de metros cúbicos. La propuesta, teórica y práctica, de las políticas gubernamentales, nacionales y locales, en la implementación tecnológica a utilizar los sistemas de riego presurizado por goteo en el cultivo de vid, no ha eficientizado el uso del recurso en este cultivo, al contrario se revela un aumento progresivo en el volumen de agua utilizado.

Gráfica 6. Evolución de la uva: rendimiento en el DRCH. 1980-2005.



La gráfica 6 muestra que la línea tendencial del rendimiento, del volumen de agua utilizada y sus correspondientes hectáreas sembradas en la producción de uva, es negativa.

Haciendo énfasis en el objeto de estudio y analizando de manera particular desde el ciclo agrícola 1997-1998 hasta 2004-2005, periodos donde se ha implementado con mayor proporción la tecnificación en el sistema de riego presurizado por goteo emisor en el cultivo de la uva, con una cobertura en las hectáreas de 80.9%, el resultado del rendimiento fue negativo, es decir, se observa que el crecimiento del volumen de agua fue de 27.33 hectáreas más por cada millón de metros cúbicos.

Tabla 15. Rendimiento: hectáreas que se riegan por cada millón de metros cúbicos de agua. DRCH. 1997-2005				
Periodo 1997-2005	Superficie sembrada (Ha)	Volumen de agua (Mm ³)	Rendimiento: hectáreas regadas por cada millón de metros cúbicos.	Crecimiento
1997-1998	9,499	99.52	95.45	
1998-1999	10,005	101.88	98.21	2.76
1999-2000	10,570	109.73	96.32	-1.88
2000-2001	10,166	106.28	95.65	-0.67
2001-2002	11,373	127.43	89.25	-6.40
2002-2003	11,766	200.97	58.55	-30.70
2003-2004	11,196	141.98	78.86	20.31
2004-2005	10,350	129.15	80.14	1.28
Total	466,912	4977.04	93.81	-27.33

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CNA y DRCH

Desde que se implementó de manera intensiva a partir de 1997 a 2005 se refleja una constante disminución respecto al rendimiento (Ver tabla 15), cuando por lógica o relación directa a los efectos en la implementación en la tecnificación de superficie, se esperaría que se aumente el rendimiento, es decir, que se rieguen mas hectáreas por cada millón de metros cúbicos.

Con los resultados arrojados en este sencillo análisis, se reconoce que la optimización del recurso agua no tiene efectividad en la producción de vid. De acuerdo con las

estadísticas no se ha presentado un cambio significativo en relación a la recarga y extracción, al contrario se encuentra en saldos negativos y cada año se va acentuando. Este producto agrícola representa un claro ejemplo del mal manejo del recurso, reflejando la ineficiencia y corrupción de las metas políticas implementadas para aminorar el problema de la sobreexplotación y el uso eficiente del agua en el sector agrícola.

La designación de los representantes de cada uno de los sectores de productores que integran los consejos de la Asociación de Usuarios, es determinado por las asociaciones gremiales que agrupan a los agricultores privados, colonos y ejidales, sin embargo, desde la creación de este organismo, la participación de los agricultores privados ha sido hegemónica y ha impuesto las decisiones que más convienen a sus intereses. Como se ha señalado, los rubros que registran la mayor inversión en la actividad agrícola de la zona se encuentran constituidos por los cultivos hortofrutícolas. Consecuentemente, las más influyentes organizaciones de agricultores de la Costa son aquellas que aglutinan a los productores de uva de mesa, cítricos, nogales y hortalizas. Sin embargo, aún entre los agricultores privados es notable la polarización a que ha dado lugar la concentración de los recursos productivos estratégicos. Sin duda, el control de los derechos de agua constituye el factor más importante (León, 1995).

La pregunta que surge de este resultado es ¿Donde existe el ahorro del recurso?

En las entrevistas realizadas a tres funcionarios públicos uno de la CNA, SAGARPA y del DRCH, se les preguntó ¿Qué porcentaje de ahorro se espera con el uso de tecnología aplicada a la agricultura? ¿Porqué el rendimiento a favor de utilizar menos agua por hectárea en la producción de vid no se reflejaba en las estadísticas? estadísticas que ellos mismos elaboran y proporcionaron. La respuesta común, de estas tres personas, respecto a la eficiencia en el uso de tecnología en la agricultura para su optimización de agua es que se espera un ahorro aproximado de de 50% a 60%. Con respecto a la segunda pregunta el Ing. Vicente Anduaga de la CNA y el Ing. Jesús Torres, auxiliar del departamento de ingeniería y drenaje DR-051, contestaron que posiblemente esa agua era destinada a la producción de otros cultivos, de SAGARPA el Ing. Ángel Ruiz. Ángel, encargado del departamento de estadística, no me dio respuesta.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Lamentablemente, el ser humano aún y con todo su conocimiento, avances tecnológicos y científicos, no ha sido capaz de cuidar algo tan preciado para la vida como lo es el agua. Es hasta hoy, cuando estamos viendo y sufriendo el deterioro de nuestro planeta, hemos caído en cuenta de los abusos cometidos en contra de la naturaleza.

Como conclusión general y respondiendo a la hipótesis de este trabajo de investigación encontramos que es verdadera, afirmando que las estrategias de incorporación de tecnología en sistemas de riego, para el cultivo de la vid, en el distrito de riego 051 Costa de Hermosillo, han resultado exitosas en cuanto a la cobertura de la superficie de cultivo atendida, sin embargo, esto ha sido insuficiente para modificar la tendencia a reducir los volúmenes de agua utilizada. Las acciones gubernamentales para la modernización en los sistemas de riego presurizado, más que una oportunidad para promover una agricultura sustentable, representan para los actores productivos, oportunidades en la capitalización de apoyos que les permitan escalar sus procesos de acumulación económica. Sustentado esto con los resultados que a continuación se detallan en esta investigación:

Primeramente se encontró que con la reconversión productiva agrícola, la desaparición de la industria vinícola y la demanda de vid en los mercados extranjeros, la uva de mesa representa una mayor ventaja económico-productiva. Para el ciclo 2004-2005 mostró una superficie sembrada total de 10,196 ha. de la cuales 8,696 ha. son para uva de mesa y 1,500 ha. para uva industrial, representado el 85.2 % y el 14.7% respectivamente. En relación al agua consumida, para el mismo ciclo, es de 130.92 mm³, la vid de mesa utilizó 113.08 mm³ y la vid industrial utilizó 17.84 mm³, representando la primera el 86.3% y la segunda el 13.6% en volumen utilizado, lo cual significa que utilizan, aproximadamente, la misma proporción de agua para su crecimiento.

La uva en conjunto tuvo un crecimiento tanto en la superficie sembrada y en volumen de agua utilizada, en el periodo de estudio de 1980 a 2005, de 1,350 ha. y 67.34 mm³ respectivamente.

De acuerdo a la clasificación en la implementación de tecnología en la producción de uva, en el ciclo agrícola 2004-2005, ésta tiene un sistema de riego presurizado por goteo emisor que cubre el 80.90% de la superficie sembrada, por lo tanto se esperaría un ahorro del 50 al 60% en el consumo del recurso pero no fue así ya que en vez de reducir los volúmenes de agua utilizada ésta aumento. Esto se explica por lo siguiente:

Respecto a los rendimientos obtenidos, en base a una sencilla fórmula que muestra cuantas hectáreas se riegan por cada millón de metros cúbicos, se encontró que en el periodo de estudio de 1980 al 2005, existe una tendencia de crecimiento en el volumen de agua utilizado dando como resultado global que se regaron 20 hectáreas más por cada millón de metros cúbicos. Analizando específicamente desde 1997 hasta 2005, periodo donde se intensificó la tecnificación cubriendo un mayor porcentaje de superficie de vid con sistemas de riego presurizado, se observó que persiste un mayor crecimiento es decir, se regaron 27 hectáreas más por cada millón de metros cúbicos.

La implementación de tecnología con sistemas de riego presurizado, en la producción de uva, es aplicada principalmente para disminuir el volumen de agua utilizada, eficientar y reducir costos. Pero se encontró una significativa contrariedad entre los planes de gobierno y sus resultados. A pesar de que ésta tiene un 80.90% de cobertura de hectáreas tecnificadas no ha logrado un ahorro o disminución en el consumo del agua. La propuesta, teórica y práctica, de las políticas gubernamentales, nacionales hasta locales, en la implementación tecnológica a utilizar los sistemas de riego presurizado por goteo emisor en el cultivo de vid, no ha eficientizado el uso del recurso en este cultivo, al contrario se ha utilizado más agua por hectárea.

Los resultados de la producción en los 10 principales cultivos: trigo, uva, hortalizas, frutales, cítricos, garbanzo, algodón, cártamo, forrajes y nogal, en el distrito, desde 1980-2005, se observó de manera general una permanente disminución tanto de la superficie sembrada como la utilización del volumen de agua estimada en 56,819.50 ha y 271.98 mm³ respectivamente. Este cambio fue impulsado por la reconversión del patrón de cultivos efectuada en la década de los ochenta, tenía como fuerza motriz la competitividad en los mercados internacionales y la necesidad de hacer eficiente el uso del agua con la aplicación tecnología, para elevar las ventajas comparativas.

Los cultivos que han presentado crecimiento, en superficie sembrada y volumen de agua consumido, son en primer lugar las hortalizas con 6,630.50 ha. y 30.77 mm³ respectivamente; cítricos con 2,641 ha., y 9.16 mm³; la uva con 1,350 ha. y 67.34 mm³, por último el nogal con 847 ha., y 12.52 mm³. El resto presentaron contracción, en superficie sembrada y volumen de agua consumido, son el trigo que presenta: 23,008.00 ha. y 112.51 mm³; garbanzo con 20,670.00 ha. y 116.89 mm³; algodón con 17,773.00 ha. y 170.04 mm³; le sigue el frijol con 3,000 ha. y 17 mm³; cártamo con 3,000 ha. y 16 mm³; maíz con 1,375.00 ha. y .47 mm³.

El análisis de la implementación de tecnología en sistemas de riego presurizado, para el ciclo agrícola 2004-2005, la superficie total son 35,354 ha., incluye la uva, cítricos, nogal, durazno, manzano, pérsimo, hortalizas, trigo y alfalfa, de las cuales 14,487 ha. esta implementada la tecnificación, representando el 40% de cobertura de superficie en los mencionados productos agrícolas.

La situación de la extracción de agua en el DRCH, a partir de 1996 a 2005, persiste un negativo de 100 mm³, lo que significa que hay un volumen programado de 3,428 mm³ y el volumen real, que se extrajo, es de 3,328 mm³ representando el exceso de extracción.

Por lo anteriormente expuesto a pesar de presentar una reducción de hectáreas sembradas y de volumen de agua utilizado en la producción total en el distrito, en el periodo de estudio; de contar con un 40.98%, en el ciclo 2004-2005, en cobertura de superficie en sistemas de riego presurizado, el exceso en las extracciones del recurso han representado, de 1996 a 2005, un negativo de 100 mm³.

Contestando la segunda parte de la hipótesis respecto a los productores, las oportunidades de capitalización las adquieren cuando por medio de la implementación de sistemas de riego presurizado, se optimiza el recurso agua y se obtiene un ahorro del 50 al 60%. Entonces estos actores productivos utilizan el agua no consumida, por la vid, para regar más hectáreas en otros cultivos. Por lo tanto, en éste caso, la modernización en los sistemas de riego presurizado no representan un desarrollo sustentable, porque no se recarga

el acuífero, sino una forma de obtener rendimiento u optimización del recurso para destinarlo a regar nueva superficie sembrada.

Referente a las instituciones gestoras del recurso hídrico en el sector agrícola, han ido evolucionando de acuerdo a las necesidades que se han presentando a través del tiempo. Éstas se han fusionado, cambiando, modificando de acuerdo al marco jurídico. En la actualidad tenemos a CNA institución total encargada de organizar, coordinar, gestionar, aplicar leyes y reglamentos de acuerdo a la LAN para un desarrollo sustentable del recurso hídrico.

En Sonora se reconoce el problema de la sobreexplotación y por lo tanto se emiten planes y programas desde los distintos niveles de gobierno para poder abatirlo. Primeramente evalúan la situación económica, social y por supuesto la ecológica. De acuerdo a estos factores emiten sus planes y programas, dentro de estos exponen sus objetivos, acciones y estrategias para combatir los distintos problemas. Los resultados encontrados muestran que recaen en la mala utilización del agua. De acuerdo a los cuadros estadísticos, las acciones no han logrado abatir la sobreexplotación de la mayoría de los acuíferos en el estado de Sonora.

La Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 051-Costa de Hermosillo, tiene como objetivo la administración y operación del distrito a partir de los derechos de explotación, uso y aprovechamiento de las aguas del subsuelo, conforme a la normatividad establecida por la CNA y el gobierno del estado. Encontrándose que los individuos de ésta institución han violado las leyes de extracción, al no cumplir con las metas establecidas de disminuir el volumen de agua utilizado, en este caso en el cultivo de vid.

La misma CNA, es su Plan Director (2007) reconoce que desde 1996 hasta 2005 persiste un exceso de extracción 100 mm^3 en el distrito. Ellos mandan circulares a la Asociación de Usuarios para que tomen cartas en el asunto, pero son ellos mismos los productores, socios u usuarios que utilizan esa sobre asignación de agua, se les impone una sanción, pero según los funcionarios públicos, los usuarios siguen haciendo lo mismo.

El marco correspondiente a los ordenamientos legales que rigen en materia de recursos hidráulicos es claro. Existen las instituciones encargadas de asegurar el óptimo uso del recurso, por lo tanto no son éstas las que fallan, sino los individuos que fungen como corruptos y corruptores, donde persiste el interés político-económico, que ha rebasado y quebrado el marco institucional existente.

En la Ley de Aguas Nacionales (LAN) estipula, para el uso agrícola, reglamentaciones en relación a la concesión, distribución, vigilancia, control, sanciones, tarifas, multas para el uso del agua en el sector. Pero estas reglamentaciones han presentado inconsistencias y no se han llegado a respetar. En la entrevista a profundidad con el encargado del DRCH, el Ing. Gámez, expuso que existe todavía un incorrecto uso del recurso, que el propietario se excede en la cantidad de extracción, existe incumplimiento en las sanciones y multas por razones ajenas a al distrito. (Entrevista con el Ing. Ramón Gámez, Jefe de Operación del DRCH, hecha el 05 de noviembre de 2008).

Siguiendo con la entrevista hecha al Director del DRCH en relación al precio pagado por el agua, “ésta no tiene el precio o la valoración real del recurso natural, ya que solo se cobra el costo del servicio y no el precio real que se debería”. También mencionó que “los problemas estructurales económicos y políticos en relación al acaparamiento de la tierra y el uso del agua, por parte de pequeños propietarios, es porque ellos son quienes tienen el poder, por estar mejor preparados tanto a nivel educativo, práctico, económico. Además tienen el apoyo e influencias de individuos que trabajan en el medio gubernamental y privado, necesarios para salir adelante en la producción agrícola”. Por supuesto que esto también implicó “que cuando se les sancionaba o se les multaba en relación a al exceso de la descargas asignadas ellos no obedecían la reglamentación y siempre se excedían a los montos asignados”⁴.

Por lo anteriormente expuesto se recomienda lo siguiente:

- Transformar, total o parcial, a la Asociación de Usuarios del Distrito de Riego 051-Costa de Hermosillo para obtener verdaderos resultados de acuerdo a las políticas implementadas para el ahorro y optimización del agua. La transformación tiene que

⁴ Entrevista con el Ing. Ramón Gámez León. Jefe de Operación en el DRCH, el 05 de noviembre de 2008.

ver con sus representantes. La Asociación debe ser integrada, también, por individuos imparciales, que no tengan ningún vínculo con los usuarios del distrito. Aquellos deberán ser personas del medio académico, de organizaciones no gubernamentales, de la sociedad civil, para que exista un balance en la toma de decisiones y concluyan con resultados que promueven la sustentabilidad.

- Implementación de medidas correctivas hacia la ética del funcionario público, para que él cumpla con su deber y aplique las leyes de uso, explotación, control, preventivas, supervisión y castigo para procurar el uso racional y de conservación del recurso.
- Promover y difundir en los productores, del distrito, la cultura del ahorro y optimización del recurso, hacer hincapié en el desarrollo sustentable, de la región, sus ventajas a largo plazo en lo económico, social y ecológico.
- Crear una Junta Civil completa formada por personas civiles, académicos, estudiantes, políticos, productores, funcionarios públicos, etc. que den seguimiento, supervisión, vigilancia y control a las metas establecidas en la asignación del recurso.

Los resultados de nuestra investigación, permiten elaborar una reflexión final: de continuar las tendencias encontradas, al cabo de pocos años el acuífero estará agotado y con él las posibilidades de seguir desarrollando la producción agrícola, desencadenándose con ello problemas socioeconómicos tanto para el distrito como regiones cercanas a éste. Es urgente un cambio de actitud de parte de los productores para poder alcanzar los objetivos y metas dictadas por las instituciones, para lograr un desarrollo sustentable a largo plazo, que les asegure el abasto de agua para seguir produciendo y obteniendo las ventajas socioeconómicas de la zona productiva.

Bibliografía

- AALPUM. 2006. Exportación De Uva De Mesa. Asociación Agrícola Local de Productores de Uva de Mesa. Hermosillo, Sonora. México, disponible en: <http://www.aalpum.com.mx/estadisticas.htm> (20 de octubre de 2008).
- Aboites Aguilar, Luís. 1997. *El auge de la nación: una historia política de México (1888-1946)*, pp. 117. México: CIESAS.
- Alianza para el Campo (1998-1999). Programa tecnificación de la agricultura de riego por bombeo. En Evaluación de los Programas de Fomento y Sanidad Agropecuaria. Informe Global-174, disponible en: <http://www.fao.org/regional/lamerica/prior/desrural/document/resej/fomag/riegbomb.pdf> (12 de noviembre de 2008).
- AOANS. 2007. Visión y Rumbo, unidos en una sola dirección. *Asociación de Organismos Agrícolas del Norte de Sonora. A.C. numero 10, 2007*. Hermosillo, Sonora. México.
- Ayala Espino, José. 1999. *Instituciones y economía, una introducción al neo institucionalismo económico*, pp. , México: FCE.
- Barrios Díaz, J. M., M. C. Larios García, J. Z. Castellanos, G. Alcántar González, M. de las N. Rodríguez Mendoza, L. Tijerina Chávez, W. Cruz Romero. 2005. Rendimiento y calidad de ajo con diferente manejo del riego por goteo. Revista Chapingo. Serie horticultura, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=60911208>> ISSN 0186. (26 de enero de 2009).
- Bracamonte Sierra, Álvaro, Valle Dessens, Norma, Méndez Barrón, Rosana. 2007. La nueva agricultura sonoreense; Historia reciente de un viejo negocio. Región y Sociedad, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=10209903> (18 de febrero de 2009).
- Caballero Gutiérrez, Oscar René. 2004. El agua y su aprovechamiento en el estado de Sonora. En *El agua y la agricultura en la historia de sonora*, pp. 264-265. Hermosillo: Sociedad Sonorense de Historia, A.C. y Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- Calva, José Luís. 1988. *Crisis agrícola y alimentaria en México 1982-1988*, pp.45-55. México: Editorial Fontana.
- Cisneros Zayas, Enrique, Roberto Martínez Varona. 2001. Respuesta del cafeto al riego por goteo en plantaciones de fomento. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=93210411>> ISSN 1010-2760 (26 de enero de 2009).

Cobb, C.W. and P.H. Douglas. 1928. *A Theory of Production*. American Economic Review 18 (supplement): 139-165.

Cobb, C.W. and P.H. Douglas. 1948. *Are there Laws of Production?* The American Economic Review 38: 1-41.

Consejo Coordinador Empresarial. 2008. Las instituciones, disponible en: <http://www.cce.org.mx>. (03 de noviembre de 2008).

Comisión Estatal del Agua. 2008. Escenario del agua en el estado de Sonora y oportunidades para investigación, disponible en: <http://www.ceasonora.gob.mx> . (23 de octubre 2008)

CONAGUA Y SEMARNAT. 2007. *Plan director para la modernización integral de riego del D.R.C.H, pp. 10-14*. Hermosillo, Sonora. México.

Comisión Nacional del Agua. 2006. Diagnóstico de la problemática del Consejo de Cuencas Alto Noroeste. México: CNA, disponible en: www.tceq.state.tx.us/assets/public/compliance/R15_Harlingen/US.../MX%20States/.../sonora_gobernadores_fronterizos_18oct. (25 de noviembre 2008)

_____. 2004. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. México: CNA, disponible en: <http://www.agua.org.mx/content/view/549/109/> (24 de septiembre de 2008)

_____. 2005. Síntesis de las estadísticas del agua en México. México: Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

_____. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Costa de Hermosillo, estado de Sonora. Hermosillo.

39

_____. 2004. Compendio básico del agua en México. México: CNA.

_____. 2007. Programa Nacional Hidráulico 2007-2012. México: CNA.

_____. 2002. Programa Regional Hidráulico 2002-2006. México: CNA.

Destinobles, André. 2006. El capital humano en las teorías del crecimiento económico, disponible en: <http://www.eumed.net/libros/2006a/agd/1b.htm>. (12 febrero 2008)

Dornbusch Rudiger, Fischer Stanley, Startz Richard, 1998. *El crecimiento y la acumulación*, en *Macroeconomía*, pp. 32. Editorial Mac Graw Hill. México.

Douglas, Paul H. 1934. *The Theory of Wages*. New York: The Macmillan Co.

- FAO. 2007. Departamento de agricultura y protección del consumidor. Gestión del agua hacia el 2030, disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/revista/pdf/0303-1.pdf>. (23 de enero de 2008)
- _____. 2008. Revista Enfoques Mejorar la tecnología de riego, disponible en: <http://www.fao.org/AG/esp/default.htm>. (23 de enero de 2008).
- Fernández Ramírez, R. 2005. El Impacto de la Tarifa Eléctrica Subsidiada sobre la Adopción de Tecnología de Riego. Tesis Licenciatura. Economía. Departamento de Economía, Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de las Américas Puebla, disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/fernandez_r_r/capitulo1.pdf (12 de octubre 2008).
- Fisher, F.M. 1992. Aggregation. Aggregate Production Functions and Related Topics. Cambridge, MA: The MIT Press
- IV Foro Mundial del Agua. México 2006. Desarrollo hídrico base del crecimiento y desarrollo social y económico, disponible en: <http://www.worldwaterforum4.org.mx/files/report/SintesisdelForo.pdf>. (20 de enero 2009).
- Fundación PRODUCE, 2007. “Maquinaria y equipo. Sistemas de riego para la agricultura”. Hermosillo: *Fundación PRODUCE Sonora, A.C.* INFAP, FIRA y PIEAES, A.C.
- Gil, José Alexander, Nelson Montaña, Luís Khan, Alexander J. Gamboa, Enrique J. Narváez. 2000. Efecto de diferentes estrategias de riego en el rendimiento y la calidad de dos cultivares de melón (*Cucumis melo L.*). Bioagro, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=85712104>> ISSN 1316-3361. 26 de enero de 2009
- Hewwit de Alcántara, Cynthia. 1982. *La modernización de la agricultura mexicana. 1940-1970*. pp. 9-99. Editorial siglo XXI. México.
- Hodson, Geoffre. 2003. El enfoque de la economía institucional. *Comercio Exterior*, Vol. 53, Núm. 10, octubre de 2003, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2008. Estadísticas a propósito del día mundial del agua” datos nacionales. INEGI, MÉXICO D.F.
- _____. 2004. Estudio Hidrológico del Estado de Sonora, 1993.
- León, Guadalupe. 1995. Análisis del Programa de Transferencia de los Distritos de Riego en México: El Caso del Distrito de Riego 051 – Costa de Hermosillo, Tesis El Colegio de Sonora.

- Osorio, Alfonso, Tapia Francisco, Salinas Roberto. 1999. Elementos de riego tecnificado. El centro Regional de Investigación Intihuasi del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, presenta esta cartilla divulgativa, elaborada con financiamiento de la Comisión Nacional de Riego, disponible en: http://www.siar.cl/docs/elementos_riego_tecnificado.pdf. (21 de enero 2009).
- Manjares, J. Elia y Vázquez, Miguel Ángel. 1983. *Crisis agrícola, agricultura de privilegio y estructura social en Sonora*, pp. 6. Hermosillo: Universidad de Sonora.
- Mankiw, N. George. 2004. Macroeconomía: 93-96. Anthony Bosch editor. ISBN 84-95348-12-8
- Muñoz Villareal, Carlos. 2006. La gestión del agua en México: análisis de las capacidades públicas en el marco de la seguridad nacional. En *Agua. Seguridad Nacional e Instituciones. Conflictos y riesgos para el diseño de las políticas públicas*, Senado de la República Coord. Constantino Toto, Roberto, pp. 366. México, D.F: UAM.
- Moreno Vázquez, José Luis. 2006. *Por debajo del agua. Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005*, 45-131. Hermosillo: El Colegio de Sonora.
- North, Douglas C. 1993. *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. FCE, México.
- OCDE (2008), Environmental Outlook to 2030, Paris.
- PODER EJECUTIVO FEDERAL, Programa Hidráulico 1995-2000. Edición 1996, pp. 54.
- Programa Subsectorial de Irrigaciones. Programa de sistema de riego tecnificado, disponible en: <http://www.psi.gob.pe/>. (25 de enero 2009).
- Ramírez R. Roberto. 2008. La problemática global del agua, disponible en: <http://www.monografias.com>. (23 de septiembre de 2008)
- Rodríguez, Lilia, Ruiz Daniel. 2001. El concepto de capital natural en los modelos de crecimiento exógeno. *Análisis Económico*, segundo semestre, año/Vol. XVI número 003, Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco. Distrito Federal, México. 117-118.
- The packer. 2008. Asociación Agrícola Local de Productores de Uva de Mesa (Sonora Spring Grapes) con miras hacia un futuro próspero, disponible en: <http://www.thepackerenespanol.com/ArticleLanding/tabid/54/Default.aspx?tid=1&cid=11797> (8 de noviembre de 2008).
- Torres Lima, Pablo, Luís Rodríguez Sánchez, Óscar Sánchez Jerónimo. 2004. Evaluación de la sustentabilidad del desarrollo regional. El marco de la agricultura. *Región y Sociedad*, disponible en:

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=10202904>> ISSN 1870 (27 de enero de 2009).

UNESCO. 2003. Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Word Water Assessment Programme, disponible en: http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index_es.shtml (10 de noviembre de 2008).

Vázquez Fernández, Ernesto, Pedro López Tellez, Bernardino Chagoya Amador. 2004. Comparación de uniformidades de distribución en riegos con incremento de gasto y continuo en surcos cerrados. Ingeniería. Investigación y Tecnología, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40450201>> ISSN 1405-7743 (26 de enero de 2009).

Wong González, Pablo y Salazar Solano, Vidal. 1996. Revisión de la reconversión en regiones agrícolas: contradicciones e inconsistencias de la política económica en el campo. En *El Reordenamiento agrícola en los países pobres*, coord. Torres Felipe, Del Valle Ma. Del Carmen, Peña Eulalia, 245-256. México, D.F.: Instituto de investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Zorrilla Santiago, Silvestre José, 1999. *Diccionario de economía*, Editorial Limusa, S.A. de C.V. México, D.F.