



## Agotamiento hidro-agrícola a partir de la Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México

*Enrique Troyo-Diéguez\**

*Arturo Cruz-Falcón\**

*Mariano Norzagaray-Campos\*\**

*Luis Felipe Beltrán-Morales\**

*Bernardo Murillo-Amador\**

*Félix Alfredo Beltrán-Morales\*\*\**

*José Luis García-Hernández\*\*\*\**

*Ricardo David Valdez-Cepeda\*\*\*\*\**

Los autores agradecen el apoyo del Conacyt al proyecto de investigación CB 07 - 82313: *Adecuación metodológica para la determinación de la huella hídrica*

Fecha de recepción: mayo de 2009

Fecha de aceptación: octubre de 2010

\*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Dirección para correspondencia: etroyo04@cibnor.mx

\*\*Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional

\*\*\*Universidad Autónoma de Baja California Sur

\*\*\*\*Universidad Juárez del Estado de Durango

\*\*\*\*\*Universidad Autónoma Chapingo

### **Resumen / Abstract**

Se analizan algunos de los avances más relevantes alcanzados en el ámbito de la productividad agrícola, en relación con el uso del agua y la transferencia tecnológica, así como los beneficios que puede aportar la tecnología de riego. Dentro de los factores que afectan la productividad en zonas áridas, destacan la sequía y la escasez de agua. Se vislumbran dos motivos para desarrollar mejoramiento hidro-agrícola dirigido a condiciones de aridez y escasez de agua: el primero es maximizar la productividad y consecuentemente el rendimiento; el segundo es mejorar los agroecosistemas, incluyendo la infraestructura y la tolerancia a la sequía. En México, en la última década se ha promovido la investigación, mejoramiento y transferencia tecnológica. La gestión de la tecnología de riego ha sido positiva en algunos distritos, como en el 066 del Valle de Santo Domingo, B. C. S., donde la productividad del agua se incrementó de 2.1 a 5.3

Some of the most significant advances in agricultural productivity in relation to water use and transfer of technology, as well as the benefits of the irrigation technology, are analyzed. Among the factors that affect productivity in arid zones, drought stress and water scarcity are some of the most relevant. Two reasons can be distinguished to develop hydro-agricultural improvements to face the prevailing conditions of aridity and water scarcity: the first one is to maximize the productivity and consequently the crop yield; the second is to improve the agro-ecosystems, including the infrastructure and their drought tolerance. In Mexico, in the last decade different activities have been promoted for conducting research, improving agriculture and transferring technology. The promotion of irrigation technology has been positive in some districts, such as the district 066 of the Santo Domingo Valley, in Baja California Sur, where



pesos por m<sup>3</sup> de agua aplicada, aunque en otros no existen evidencias de cambios positivos, como en el 038 del Río Mayo, Sonora; ahí la productividad permanece sin cambios, en 1.5 pesos por m<sup>3</sup> de agua. Se reitera que una agricultura de alta tecnología puede poner en riesgo la calidad ambiental y que la problemática del agua puede agravarse en el futuro inmediato.

Palabras clave: sequía, déficit hídrico, mejoramiento agrícola, riego, tecnología de riego, gestión tecnológica.

the water productivity was increased from 2.1 to 5.3 pesos per m<sup>3</sup> of applied water; in others, there is no evidence of positive changes, as in the district 038 of the Mayo River Aquifer, in Sonora, where productivity remained unchanged at 1.5 pesos per m<sup>3</sup> of water. We reiterate that high-tech agriculture can threaten the environmental quality and that water issues can be even worse in the near future.

Key words: drought, water shortage, water deficit, agricultural improvement, irrigation, irrigation technology, technology management.

## Introducción

### 1.1 Contexto histórico de la *Revolución Verde*

Uno de los eventos históricos más significativos del mejoramiento agrícola es, sin duda, la denominada Revolución Verde, mundialmente reconocida por la liberación de nuevas variedades con mayor potencial de rendimiento (Evenson y Gollin, 2003). Entre los cultivos que fueron sujetos a una mayor intensidad de investigación, destacan el trigo y el arroz (Olmedo, 1998; Crump, 1998). Las nuevas variedades de dichos cereales se caracterizaron por dos cambios fundamentales:

- (i) Un acortamiento significativo de los tallos para reducir el esfuerzo de carga de los mismos e incrementar la relación grano/paja, con un consecuente aumento en el rendimiento (Darlympe, 1974), y
- (ii) Un marcado incremento en la adaptabilidad a la latitud, elevación y otros factores ambientales (Ladejinsky, 1976).

Es claro que las nuevas variedades se desarrollaron bajo condiciones mejoradas o adaptadas; la semilla por sí sola producía pocos cambios. En realidad, una interacción compleja entre diversos factores, como la densidad de siembra, control del agua, eliminación de malezas, niveles adecuados de fertilización, óptimas fechas de siembra y otros más, fue desarrollada y aplicada al esquema de las nuevas variedades. La combinación de nuevas semillas con el mejoramiento de las prácticas agrícolas fue necesaria para alcanzar incrementos significativos en el rendimiento de campo (Pingali y Traxler, 2002). Tal fórmula consistente en el "paquete" de [variedades + ambiente agrícola mejorado] consideraba sólo una fracción de la riqueza genética para un cambio sostenible, y estaba dirigida exclusivamente a la producción de grano (Pingali y Rajaram, 1999). La extensión de la tecnología



desarrollada por sí sola no pudo estimular aumentos automáticos en la producción a nivel finca, especialmente en el sector agrícola marginal, representado por campesinos practicantes de una agricultura básicamente de subsistencia (Piñeiro et al., 1985). Ahora se reconoce que para lograr un cambio sostenible en la agricultura, debe considerarse una visión integral del sector agrícola. Debe buscarse asimismo el balance entre los diversos factores de la producción: precios adecuados y oportunos, crédito o financiamiento, disponibilidad de insumos, transporte, técnicas de conservación y almacenamiento, mantenimiento de la fertilidad del suelo, idiosincrasia, capacitación oportuna y eficaz, las costumbres y tradiciones de los productores y, en el caso de las zonas áridas y semiáridas, conservación del agua, mejoramiento del suelo y control de la salinidad y desertificación. El concepto de una tecnología apropiada ha ido desarrollando raíces fuertes y actualmente ya se toma en cuenta en numerosos proyectos de países en desarrollo (Delgadillo et al., 2006; McDonald y Kay, 1988).

### **¿Qué beneficios se obtuvieron de la Revolución Verde?**

A principios de la década de los setenta (1972-74) se sembraron en el mundo alrededor de 27 millones de hectáreas con las nuevas variedades, de las cuales 15 se destinaron para arroz (James, 1999; Crosson y Anderson, 2002). Resultó particularmente difícil estimar el beneficio real obtenido de las variedades mejoradas, dado que comúnmente son cultivadas en las mejores parcelas, bajo las mejores condiciones y producidas bajo la supervisión de expertos. Después de haber realizado los ajustes técnicos y económicos requeridos para evaluar el beneficio real, al parecer las nuevas variedades contribuyeron a elevar el rendimiento de grano en solamente 0.5 t de grano por ha, en promedio (Jennings, 1974). Sin embargo, los costos se elevaron desproporcionadamente y, por otro lado, se desencadenó una grave problemática socioambiental relacionada con la sobreexplotación del agua y contaminación de valles, cuencas, deltas y acuíferos con agroquímicos (Villa, 2001), lo que generó abatimiento en la disponibilidad de agua de buena calidad para la sociedad, encarecimiento de insumos y pobreza, principalmente en zonas áridas (Hajek, 1995).

Ante la problemática anterior, cabe el cuestionamiento:

¿Cuál es el papel de los agrónomos, mejoradores y agroeconomistas en una agricultura obsoleta y estancada, aún prevaleciente en zonas marginadas, limitada por la escasa disponibilidad y frecuentemente baja calidad de los recursos agua, suelo y otros insumos?

¿Cómo se evitarían las consecuencias indeseables de una agricultura de alta tecnología, dirigida a sólo un sector de los agricultores, aquel que es económicamente solvente?



¿Estamos concientes de la necesidad de desarrollo de una agricultura de nivel tecnológico intermedio o bajo, que contemple pocos requerimientos y requiera optimizar el uso de recursos vitales como el agua?

Los paquetes tecnológicos desarrollados en el periodo de la Revolución Verde fueron claramente ambiente-específicos, lo cual fue una decisión inicial lógica para estimular la aceptación pública de la nueva tecnología, que crearía un clima socio-político favorable, al menos temporalmente, y un marco adecuado para obtener financiamientos y continuar las investigaciones agrícolas (Kaufmann et al., 2006). La poca adopción de los nuevos trigos en diferentes países y regiones en desarrollo, la proliferación y aumento en la incidencia de diversos tipos de royas (patógenos causantes de enfermedades en trigo) (Campos, 2006), el pronunciado déficit de agua y las demandas excesivas de insumos para modificar sustancialmente las tecnologías locales, fueron entre otros, algunos de los factores que opacaron el éxito de la Revolución Verde a finales de los setenta. Estos aspectos fueron causando entre numerosos investigadores, el sentir de que realmente lo que se necesita son cultivos con amplia adaptación a los factores limitantes de la producción y sistemas de producción viables y acordes con el nivel socio-económico y potencial de los productores. Es definitivo que para alcanzar una agricultura sostenible, se requiere desarrollar tolerancia a una amplia gama de factores que limitan la producción, como las enfermedades, plagas, heladas, altas temperaturas, baja fertilidad, salinidad, excesos de humedad, pobre drenaje y déficit hídrico, entre los más relevantes (Gutiérrez, 1996). Lo anterior implica una extensiva selección e intensa promoción de agroecosistemas que muestren tolerancia a los factores adversos mencionados y que puedan sobrevivir a las variaciones críticas en la disponibilidad de agua, promoviéndolos en el marco de una planificación sostenible de los recursos, considerando el entorno socio-económico y la naturaleza geo-ambiental, ambos específicos en cada caso y sitio particular (Altieri, 2009).

### **1.2 Implicaciones del mejoramiento agrícola dirigido a la disponibilidad hídrica**

En relación con la productividad, se considera como un axioma el que la producción de biomasa económicamente importante de un cultivo que se desarrolla en condiciones de sequía, será menor que cuando se desarrolla bajo una humedad del suelo óptima. Por tanto, en términos prácticos, no es posible obtener inmunidad biológica contra los efectos de la sequía (Tollner, 2002).

El término resistencia a la sequía está relacionado con un ambiente desfavorable por falta de humedad y se refiere a la capacidad de un cultivo para ser más productivo que otro, con una determinada cantidad de humedad en el suelo (Agnew y Anderson, 1992).



El estudio de la resistencia a la sequía requiere una definición objetiva del propio término, pero a la fecha no se cuenta con una que sea de aceptación y uso universal. Un documento de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) sobre las definiciones de sequía, incluyó catorce que se basaban en la precipitación, trece que consideraban la precipitación y temperaturas medias, once en índices climáticos y estimaciones de evapotranspiración y quince en parámetros de la relación suelo-planta-agua. Algunos de los factores que se emplearon en las definiciones fueron la precipitación, la temperatura del aire, la humedad relativa, la evaporación de una superficie de agua libre, la transpiración, el viento, las corrientes de aire, la humedad del suelo y las condiciones de la planta. Sin embargo, resalta la variabilidad de tales parámetros, toda vez que las temperaturas, humedades y posiblemente las velocidades del viento, pueden mostrar diferencias significativas en periodos aún de 24 horas (Hounam et al., 1975). En este contexto, se define la sequía como cualquier periodo durante el cual, las deficiencias de agua en la planta o en el suelo afectan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, frecuentemente de manera irreversible. Tales deficiencias pueden ser consecuencia de un suministro escaso de humedad o de una alta demanda de la misma. La duración del periodo de sequía determina la cantidad de daño ocasionado en el cultivo (Agnew y Anderson, 1992:24). Cabe aclarar que los modelos de uso del agua y evapotranspiración basados en índices climáticos, son de utilidad en la planeación del agua en una cuenca y para la elaboración de cartografía de regiones geográficas, y no para determinar el uso de agua de cultivos específicos a nivel parcela, en tiempo real. Por otro lado, la evapotranspiración de cultivos bajo estrés requiere del conocimiento adicional de conceptos sobre fisiología vegetal, más allá de los parámetros convencionalmente considerados (Tollner, 2002:90).

### **1.3 La agricultura de conservación como alternativa sostenible en zonas áridas**

La "labranza de conservación" o "agricultura de conservación" constituye un método basado en la mínima preparación del suelo y realización de labores de cultivo, ello permite la permanencia de residuos de cosecha con una consecuente retención de humedad en la capa del suelo aprovechable por los cultivos. Esta técnica, conjuntamente con la siembra directa, permiten un ahorro en el consumo del agua de riego agrícola de hasta 40%, así como una disminución del tiempo y trabajo invertidos en la parcela, además de mejorar los suelos, lo que se traduce en una reducción de costos de producción de 20 a 30%. La agricultura de conservación tiene particular utilidad en las zonas áridas de Baja California Sur, como el Valle de Santo Domingo, donde la principal limitante para producir alimentos es la falta de lluvias. Con la agricultura de conservación el suelo puede mantener un mayor volumen



del agua de riego o de la lluvia, de modo que el campesino tiene la posibilidad de realizar rotaciones con cultivos (Beltrán-Morales et al., 2006).

En zonas áridas como el Valle de Santo Domingo pueden realizarse, gracias a la agricultura de conservación, algunas rotaciones no tradicionales de avena, trigo, hortalizas y garbanzo, además de girasol, sorgo y alfalfa, con riego racional según la humedad disponible, dependiendo de la lámina de riego que se recomiende en cada localidad y parcela. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la agricultura de conservación exige compromiso. Los agricultores deben cambiar su equipo de siembra, por lo que en el primer ciclo o primeros dos años pueden necesitar una mayor cantidad de herbicidas y plaguicidas, siempre y cuando los productos por aplicar estén autorizados, en tanto puedan iniciar el manejo integral de plagas. Cabe resaltar que esta técnica ha brindado resultados alentadores en unas 60 millones de hectáreas en distintas partes del mundo, principalmente en los Estados Unidos y América del Sur. Parte de estas tierras se estaban degradando a una alta velocidad, las cuales de otra manera hoy ya no podrían explotarse (Beltrán-Morales et al., 2005). Bajo este esquema siempre es necesario identificar el sistema de labranza más adecuado para producir un cultivo determinado en los diferentes tipos de suelo, dada la gama de variaciones y posibilidades disponibles (Ureste y Campos, 1995).

## **2. Estudio de caso: agotamiento hidro-agrícola y estado de la tecnología ante la implementación de programas de riego y de mejoramiento agrícola en el valle de Santo Domingo, Baja California Sur, noroeste de México**

### **2.1 Tipos de agricultura en el noroeste de México**

La agricultura en el noroeste de México es, sin duda, una de las más avanzadas del país, sin embargo, según Salinas-Zavala et al. (2006) las condiciones sociales, económicas y geográficas sugieren desarrollos diferenciales. Se han detectado cuatro tipos diferentes de desarrollo agrícola: los fronterizos (Mexicali-San Luis-Río Colorado), la agricultura indígena (colonias ejidales yaquis), la agricultura privada (agricultores de los valles Yaqui y Mayo, en Sonora, San Quintín en Baja California) y los Pioneros (agricultores del Valle de Santo Domingo en Baja California Sur). Dentro de los cultivos principales, el trigo de invierno ha destacado en los valles irrigados del noroeste de México; aun cuando su rendimiento es determinado significativamente por el mejoramiento tecnológico y el manejo, todavía refleja variaciones año con año parcialmente determinadas por factores climáticos, incluyendo las fases extremo del evento conocido como Oscilación del Sur o "El Niño" (Salinas-Zavala y Lluch-Cota, 2003). Dichas eventualidades o efectos climáticos obviamente no fueron consideradas por los paquetes desarrollados en el seno de la Revolución Verde, además de otros factores y limitantes de otra





índole, como la capacidad de asimilación tecnológica de los productores convencionales.

## **2.2 Objetivo**

El objetivo del presente estudio fue realizar una revisión y valoración socioambiental de la tendencia en la disponibilidad del agua a consecuencia de las extracciones destinadas a la expansión agrícola, favorecida por la promoción y consolidación de la Revolución Verde en la década de los sesenta y setenta del siglo XX.

## **2.3 Métodos**

Se realizaron análisis agro-hidrológicos cuantitativos con información documental disponible (Comisión Nacional del Agua, 2005, 2007, 2009; Comisión Nacional de Zonas áridas, 2009). El área agrícola del Valle de Santo Domingo se describió y caracterizó a partir de fuentes cartográficas y bases de datos disponibles en sistemas de información geográficos (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2000, 2005); información socioeconómica y productiva se revisó y adaptó de reportes oficiales de evaluación de los programas de Investigación y Transferencia de Tecnología (Trovo-Diéguez et al., 2002) y de Desarrollo Rural (VECCP, 2006), del Programa Federal Alianza para el Campo en Baja California Sur. Se realizaron recorridos de reconocimiento y levantamiento de campo en el Valle de Santo Domingo, BCS, en invierno de 2006, así como en primavera y otoño de 2007.

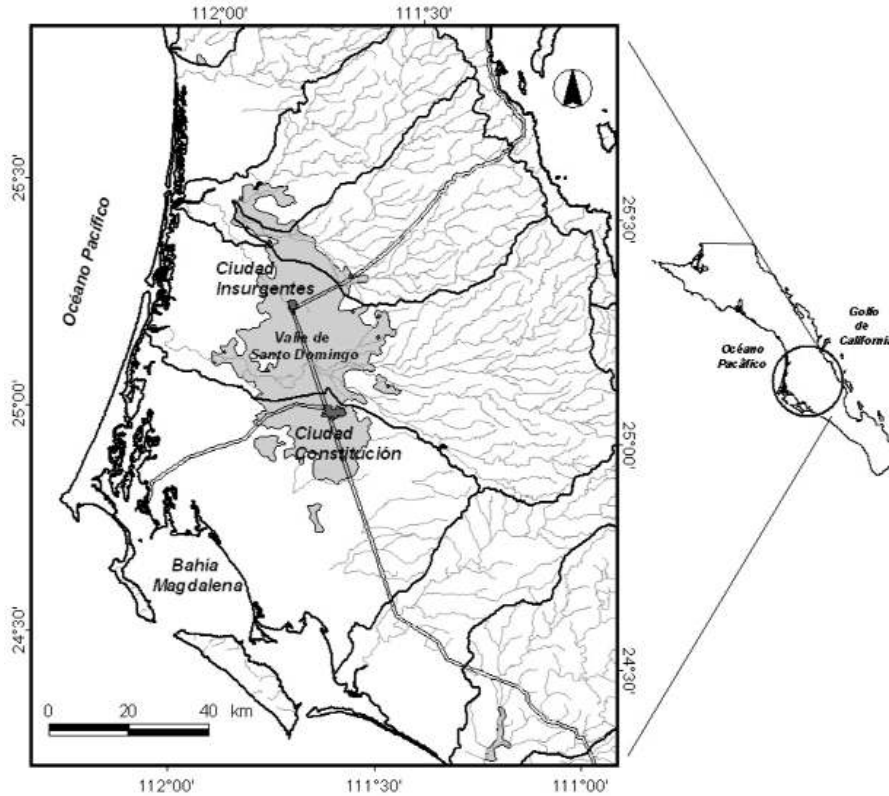
## **2.4 Área de estudio**

El municipio de Comondú, ubicado en la parte central de Baja California Sur, se extiende en una superficie de 17,073.55 km<sup>2</sup>. La densidad de población municipal es de 3.74 habitantes por km<sup>2</sup>, por debajo de la media estatal, que se estima en 12.72 habitantes por km<sup>2</sup>. La micro región del municipio con mayor superficie es el Valle de Santo Domingo, con 45.38% de la extensión municipal (Agúndez-Montaño, 2005).

El Valle de Santo Domingo o Distrito de Riego No. 066, en el Municipio de Comondú, Baja California Sur, abarca una superficie de 72,409 ha, de las cuales 62,986 (87%) pertenecen a pequeños propietarios y 9,423 ha (13%) corresponden al sector ejidal (figura 1). De hecho, en este valle agrícola se concentra 73.6 % (26,177 ha por ciclo) de la superficie sembrada en el estado, en promedio (Trovo-Diéguez et al., 2008).

La hidrografía de esta zona esta enmarcada por la presencia de arroyos y escurrimientos efímeros o intermitentes; destaca el arroyo Las Bramonas, que cruza el valle agrícola con dirección este a oeste, y descarga en la costa del Océano Pacífico por la región de Bahía Magdalena (figura 2). Las tierras del Valle de Santo Domingo, B. C. S., fueron en los años cincuenta y sesenta

Fig. 1. Ubicación geográfica del Valle de Santo Domingo, Baja California Sur



Fuente: elaboración propia en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, CIBNOR, S.C.  
[http://www.vinculacion.cibnor.gob.mx/portal\\_ulsu](http://www.vinculacion.cibnor.gob.mx/portal_ulsu).

altamente productivas con siembras de trigo, garbanzo de exportación y algodón de alta calidad, sin embargo, debido a la sobreexplotación del acuífero y a la intrusión salina al mismo, la producción agrícola de esta antaño próspera región declinó en el curso de tres décadas (de los setenta a los noventa), dejando a los agricultores del valle con deudas y carteras vencidas (CONAZA, 2009). La superficie promedio por unidad de producción rural que depende totalmente del riego es de 29.0 ha (VECCP, 2006). En el acuífero de dicho valle, el número de usuarios se eleva a 1,363, correspondiendo 727 a pequeños propietarios y 636 a ejidatarios (INEGI, 2000; INEGI, 2005).



Fig. 2. Imagen de satélite del valle agrícola de Santo Domingo, Baja California Sur (Distrito de Riego 066), México, 2009



Fuente: <http://maps.google.com/>

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Efectos de la extracción de agua en el recurso hídrico

Desde el punto de vista socioeconómico, para los acuíferos más importantes en Baja California Sur como son el de La Paz y el de Santo Domingo, existen 243 indicios de sobreexplotación alarmantes, detectados en la disminución de los niveles estáticos y dinámicos, en la disminución del volumen obtenido por pozo y sobre todo en la intrusión de agua salina a los pozos cercanos al mar. Hasta finales del siglo XX, existían en el Valle de Santo Domingo 720 pozos profundos para la extracción de agua en operación, aunque en el año 2000 disminuyeron a 713 (CONAGUA, 2005). Los primeros pozos profundos construidos con fines agrícolas iniciaron su operación en el año de 1949, con la llegada de los pioneros que, a invitación del presidente Manuel Ávila Camacho, arribaron a estas inhóspitas tierras con la promesa de recibir tierra y apoyo para crear una superficie de cultivo próspera. Sin embargo, sólo cinco años después, en 1954, se llegó a la necesidad de declarar por decreto presidencial la veda de perforación de nuevos pozos, ya que un descontrolado incremento ocasionó rápidamente los primeros síntomas de aba-



timiento del acuífero. La colonización del valle en los cincuenta ilustra los problemas interrelacionados que causa la apertura de tierras desérticas a la agricultura (Barrett, 1974).

En seguimiento a las políticas agrícolas nacionales, por Decreto Presidencial el 26 de junio de 1954 se estableció el Distrito Nacional de Riego de Baja California Sur, integrado por las Unidades de La Paz, Mulegé y Santo Domingo. El 19 de marzo de 1965 se publicó la reglamentación de las aguas subterráneas en la zona vedada del Distrito de Riego. Posteriormente, con fecha 14 de agosto de 1992, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Reglamento para el uso, explotación y aprovechamiento de las aguas del subsuelo del valle de Santo Domingo: este fue el ciclo de extracción del primero de octubre al 30 de septiembre del siguiente año (SAGARPA, 2009). En los años anteriores y algunos que siguieron a la publicación de dicho reglamento, derivado del deficiente seguimiento de la reglamentación y a la falta de claridad operativa de las autoridades competentes al no aplicar la ley de manera logísticamente organizada o aplicarla discrecionalmente. Las extracciones desmedidas ocasionaron que el acuífero se sobreexplotara; en el año de 1988 y 1991 llegó a una extracción anual histórica de 453 millones de metros cúbicos de agua (CONAGUA, 2005). Aunque la medida sirvió para frenar el incremento del número de pozos, se siguió dando una descontrolada explotación por parte de los productores agrícolas, quienes motivados por el bienestar económico y los resultados alentadores de la Revolución Verde alcanzados en poco tiempo, no previeron o bien desconocían, la importancia de un uso sustentable de los recursos (Troyo-Diéguez et al., 2008).

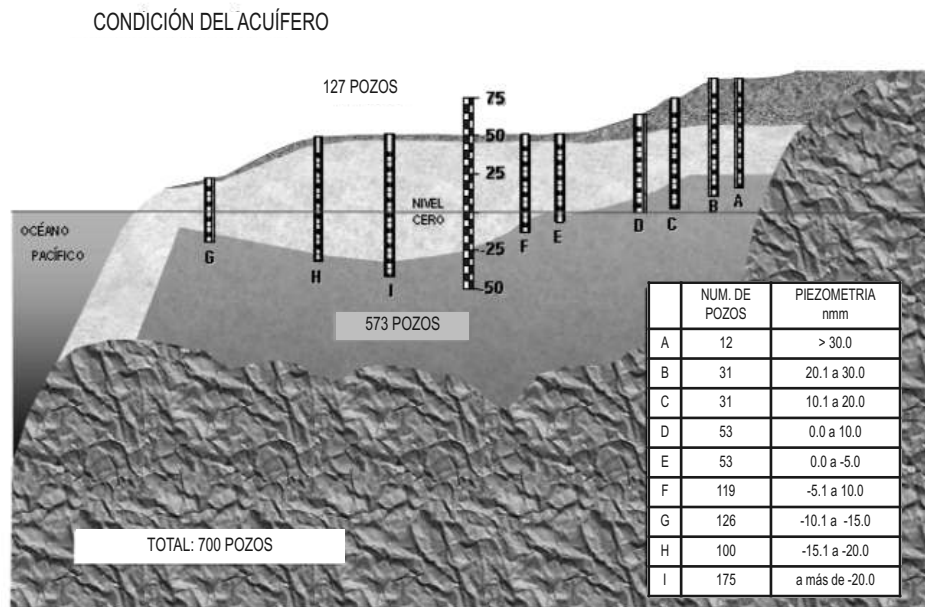
Las estadísticas muestran que los ciclos agrícolas que alcanzaron mayor abatimiento del manto acuífero fueron: el de 1978, donde el acuífero se abatió a 1.40 metros de su nivel inicial de referencia. Le siguieron el del ciclo agrícola 1988 con un abatimiento de 1.30 m del acuífero y los ciclos agrícolas de 1990 y 1991 con 95 y 93 cm respectivamente de abatimiento del manto acuífero. Después de numerosos años de sobreexplotación de su acuífero, usuarios y autoridades del Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, en el Estado de Baja California Sur, se propusieron la meta de alcanzar en el 2006 un equilibrio entre la recarga y la extracción real. El acuífero del Valle de Santo Domingo es la única fuente de abastecimiento de agua en la región productora del Municipio de Comondú, B.C.S. (se destina 97% al uso agrícola y 3% a otros usos), a la vez que es el principal centro de producción agropecuaria del estado, de ahí la importancia de las acciones para revertir los niveles de abatimiento anual, que en 1985 llegó a su nivel histórico (20 m por debajo del nivel del mar) (VECCP, 2006). Como consecuencia del efecto de las extracciones, hacia 1999 el mayor abatimiento ("cono de abatimiento") se localizaba hacia el centro-noroeste del Valle de Santo Domingo, B.C.S. Es notorio que hacia la última década del siglo XX, un número importante de pozos ya estaba extrayendo el agua subterránea desde un nivel por abajo del nivel medio del mar (figura 3), de tal suerte que

en los informes oficiales el acuífero se reportaba afectado o con riesgo de salinización de suelos y ensalitramiento de aguas subterráneas (CONAGUA, 2005). Asimismo, cabe mencionar que de 1981 a 1991, las extracciones para uso agrícola fluctuaron entre los 353 y 453 millones de m<sup>3</sup>, cuando la recarga se valora en sólo 188 millones de m<sup>3</sup>; es decir, durante diez años se explotó más del doble de lo autorizado.

### 3.2 Medidas y políticas de coordinación sectorial ante el agotamiento hidroagrícola

Como una respuesta institucional a la problemática derivada de la explotación intensiva, en 1987 se dio inicio a una estrategia de inducción de la participación de los usuarios del agua subterránea en grupos organizados con el propósito de buscar consensos para aprobar el Reglamento del Acuífero, que propiciara una reducción significativa de la extracción de agua subterránea. Bajo tal esquema, se conformó el Grupo del Agua del acuífero del Valle de Santo Domingo, a la vez que se publicó en 1992 el reglamento de dicho acuífero. A partir de la publicación del reglamento y, sobre todo, a través de un proceso de concienciación de los usuarios, se logró disminuir las extracciones a un promedio de 200 millones de metros cúbicos.

Fig. 3. Sección este-oeste del acuífero del Valle de Santo Domingo, donde se ilustran los pozos que extraen agua por debajo del nivel medio del mar



Fuente: elaboración propia con datos de campo y gabinete.



Durante el ciclo agrícola 2002-2003, gracias a una mayor coordinación entre las autoridades del sector (CNA, SAGARPA, gobierno del estado, CONAZA, FIRCO, Financiera Rural y otras) y los usuarios del agua de la zona, se disminuyeron las extracciones a 181.6 millones de m<sup>3</sup>. Sin embargo, el objetivo al concluir el ciclo agrícola 2003-2004 era no sobrepasar los 170 millones de m<sup>3</sup> (Escolero 2006). Lo anterior representó un enorme esfuerzo para evitar que desapareciera un acuífero que por cincuenta años ha dado vida y sustento a la región y, por el contrario, con el esfuerzo de todos, se logre un equilibrio entre la recarga y la extracción real. No obstante, y he aquí lo alarmante, de las 72,409 ha de la cuadrícula del Valle de Santo Domingo, aproximadamente 35,000 se utilizan para riego a través de los programas de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego y de Alianza para el Campo con avance de tecnificación en sólo 9,200 ha, por lo que el desperdicio del agua para riego en hectáreas no tecnificadas aún persiste en un 60%. Los programas de tecnificación iniciaron en el año de 1997, esto es, a casi diez años sólo se ha tecnificado 26% de las hectáreas susceptibles de aplicar cualquier sistema de tecnificación que ahorre el agua. A este ritmo, se necesitaría que transcurran más de veinte años para lograr una mediana tecnificación, con el consecuente abatimiento del acuífero por el agua que se desperdicia. Por lo anterior, es urgente que se aceleren los programas de tecnificación y que los recursos públicos destinados a estas obras no se detengan por burocratismos inapropiados (Troyo-Diéquez et al., 2002).

Actualmente se estima que debido a la modernización y tecnificación de más de 17,000 ha de las 23,000 destinadas a cultivos en los últimos años en este Distrito de Riego, a través de la implementación de sistemas de riego presurizados como el goteo, microaspersión, aspersión y pivote central, se redujo de manera significativa la extracción del agua; se pasó de 450 millones de m<sup>3</sup> a 167 millones anuales (CONAGUA, 2009).

Cabe resaltar que los productores han aportado sustancialmente a resolver dicha problemática, como fue el acuerdo logrado en la década de los noventa, mediante el cual a cambio de reducir a cada productor 50 mil m<sup>3</sup> de la extracción autorizada en las concesiones, el gobierno se comprometió a una tecnificación inmediata del Valle de Santo Domingo, lo cual cumplió sólo de manera parcial. Los 50 mil m<sup>3</sup> de agua con que se afectó a cada uno, y que era patrimonio de los productores, tienen un costo actual aproximado de \$350,000.00 (precios del año 2000), en tanto que no se recibió compensación alguna a cambio. Los límites y la disponibilidad hídrica de cinco acuíferos de la entidad (75% del almacenamiento subterráneo estatal) se publicaron en el Diario Oficial de la Federación, con fecha 31 de enero del 2003, donde se indica un déficit de -1.09 mm<sup>3</sup> para el Valle de Santo Domingo (DOF, 2003).

El hecho histórico de lograr la aparente estabilización del acuífero del valle de Santo Domingo, es el resultado de una denotada campaña para mitigar



o atenuar viejos hábitos, tradiciones agrícolas y desconocimiento sobre métodos eficientes de uso del agua.

Un esfuerzo compartido entre usuarios, técnicos y autoridades constó básicamente de cuatro etapas: la primera consistió en la reglamentación del uso, manejo y explotación del acuífero y se centró principalmente en una reducción de dotaciones a 250 millares, en la publicación del reglamento y difusión para su conocimiento, en una igualitaria imposición de sanciones y en la reducción de volúmenes autorizados.

La segunda etapa relativa a la organización del Distrito de Riego consistió en la transferencia de la misma a los usuarios, en la creación de la asociación de usuarios del agua y de los COTAS (Comité Técnico de Aguas Subterráneas); además, se promovió una mayor participación de los usuarios de manera individual o colegiada. El COTAS Santo Domingo B. C. S. fue instalado el 23 abril de 1998 (Álvarez-Icaza, 2009).

La tercera etapa, no menos importante, fue la de concienciación, la cual se basó fundamentalmente en la capacitación a técnicos y productores en la promoción de una nueva cultura del agua y sobre todo en el cambio del patrón de cultivos.

En la cuarta etapa, relativa a la infraestructura, se tomaron acciones tales como la tecnificación del riego, rehabilitación de equipos de bombeo, suministro e instalación de medidores, verificación mensual de las extracciones y monitoreo anual de la calidad del agua, aunque debe admitirse que aún falta mucho por hacer.

No obstante los avances alcanzados, es necesario incrementar los apoyos en infraestructura, consolidar y mejorar las acciones emprendidas y es urgente un trato personalizado a los productores, que a base de esfuerzos, lograron en el 2007 por segundo año consecutivo una aparente estabilización del acuífero del valle de Santo Domingo.

### **3.3 Alcances de los programas y acciones de investigación y transferencia tecnológica**

Los resultados más destacados de los programas de investigación realizados entre 1940 y 1950 se plasmaron en incrementos sustanciales en la productividad de algunos cultivos bajo condiciones de riego y acompañados de un "paquete tecnológico", que sentaron las bases de la hoy conocida como Revolución Verde. En Baja California Sur, la investigación agrícola se ha venido realizando desde los años cincuenta del siglo XX, particularmente en el Valle de Santo Domingo, donde la agricultura se orientó al algodón y trigo (Barrett, 1974). El entonces INIA, hoy INIFAP, ya contaba con infraestructura operativa y experimental en La Paz, Todos Santos y en el Valle de Santo Domingo, B. C. S. En su momento, una porción importante de la investigación se orientó a estudios de adaptación, rendimiento y calidad de la fibra de algodón, aunque desde la segunda mitad de la década de los setenta se dio un espe-



cial énfasis a programas de investigación sobre productos hortícolas, frutales y forestales (se promovió el estudio de especies como la jojoba, palo de arco, mezquite y damiana, entre otras) y un marcado interés por implementar nuevos sistemas agroforestales, hortícolas y agropastoriles. El actual INIFAP surgió en agosto de 1985 mediante la fusión de los tres institutos nacionales que le anteceden, el de investigaciones agrícolas (INIA), el de investigaciones pecuarias (INIP) y el de investigaciones forestales (INIF) (Tapia-Naranjo et al., 1997). Actualmente la necesidad de transferencia de tecnología se centra en la adecuación y validación de nuevos cultivos y sistemas, principalmente en lo que respecta al ahorro de agua y a la diversificación de la producción. Debe tomarse en cuenta que la aptitud del suelo para la agricultura con tecnología apropiada en promedio es baja, debido a la extrema aridez, la escasez de agua y la baja fertilidad de los suelos, entre otros factores (González-Sousa et al., 2006).

### **3.4 Estado actual de la gestión de la agricultura de riego: infraestructura y tecnología**

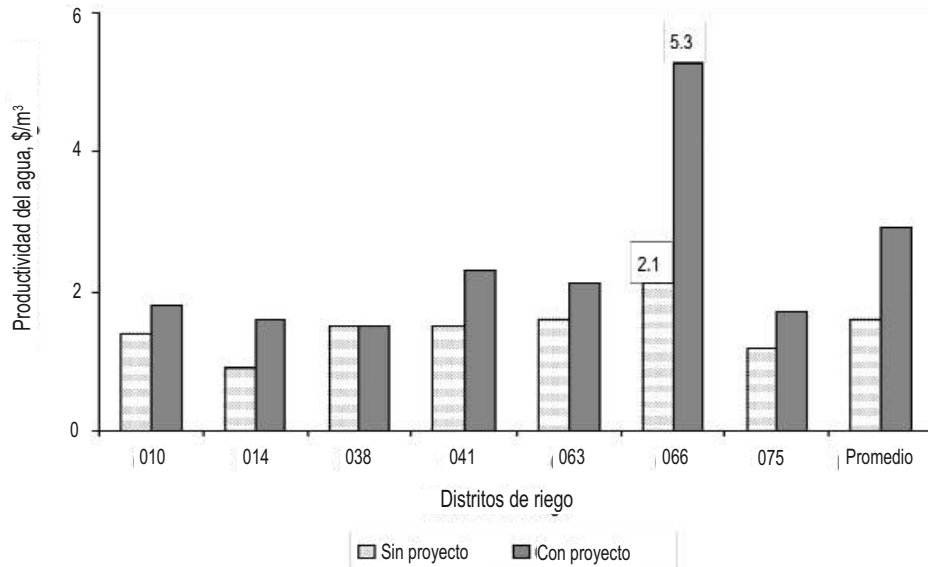
De acuerdo con la información disponible en los reportes de evaluación de los programas de Alianza para el Campo (Troyo-Diéguez et al., 2002; VECCP, 2006), en las zonas productoras de Baja California Sur el estado de la tecnología actual es variable y diverso, dependiendo de la situación socioeconómica del productor. Desde los agricultores más tecnificados (entre 15% y 20% del total de productores), que han implementado tecnologías altamente eficientes importadas de países avanzados en materia de riego, como Israel, España y los Estados Unidos, con y sin apoyo de los programas gubernamentales como el del Programa Alianza para el Campo, hasta los agricultores tecnológicamente más atrasados (alrededor de 25% de los productores y campesinos), que en realidad practican una agricultura de subsistencia, con uso de insumos sumamente bajo y una escasa o nula planeación de actividades.

Por otro lado, y ante la débil estructura financiera de los distritos y unidades de riego en el país y en el estado, la difícil situación económica del país y la participación cada vez menor en los gastos por parte de los usuarios originó, hacia fines del siglo XX, el deterioro de la infraestructura de los distritos de riego y la disminución de la eficiencia en el servicio del mismo. Esto redundó en una considerable disminución de la producción, manifiesta en una menor extensión de las áreas cosechadas y bajo rendimiento de los cultivos (Palacios-Vélez et al., 2002). Sin embargo, la gestión de la transferencia de tecnología de riego ha generado resultados positivos en algunos distritos del noroeste de México, como en el 066 del Valle de Santo Domingo, B. C. S., donde la productividad del agua se incrementó de 2.1 a 5.3 pesos por m<sup>3</sup> de agua consumida. Cabe destacar que en algunos caso no existen evidencias de cambios positivos, como en el 038 del Río Mayo, Sonora,



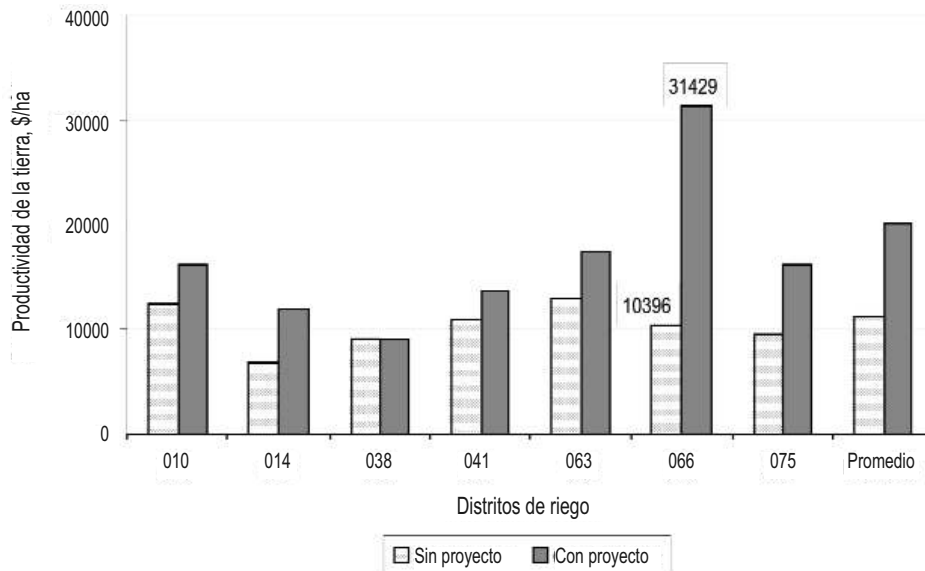


Fig. 4. Incremento en productividad del agua, con obras realizadas en el ejercicio 2005



Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2007) *Informe Final 2005*. Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego (PRYM).

Fig. 5. Incremento en productividad de la tierra, con obras realizadas en el ejercicio 2005



Fuente: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2007) *Informe Final 2005*. Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego (PRYM).



donde la productividad permaneció sin cambios, y se mantuvo 1.5 pesos por m<sup>3</sup> de agua (figuras 5 y 6) (CONAGUA, 2007).

Con respecto a los servicios de asistencia técnica, la adopción de nueva tecnología y de resultados de investigación se realiza por medio de mecanismos de extensión agrícola por parte de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), del Gobierno del Estado y de técnicos de instituciones académicas y de empresas privadas. La cobertura de la asistencia técnica es de las más elevadas del país, toda vez que se asesora a más del 60% de los productores. Sin embargo, la adopción de nuevos paquetes tecnológicos se realiza por lo común en las cercanías de los campos experimentales y recientemente a partir de la implementación de los denominados Sistemas-Producto (Troyo-Diéquez et al., 2002). Las líneas de investigación que han generado paquetes tecnológicos son principalmente: mejoramiento agrícola (validación y ensayo de nuevas variedades), mejoramiento ganadero (caprino y bovino), promoción y consolidación de la agricultura orgánica (albahaca) en el sur del estado y uso del agua e irrigación (capacitación en la operación y manejo de sistemas de riego presurizados; destacan el riego por goteo, riego por aspersión de tipo Pivote Central y riego por micro-aspersión) (VECCP, 2006).

Las regiones agro-geográficas productivas en estado crítico de desarrollo en Baja California Sur (Valle de Santo Domingo, Reserva de la Biósfera Desierto El Vizcaíno, B. C. S., región agrícola de San José del Cabo, cuenca de Los Dolores y Las Pocitas, San Miguel y San José de Comondú y Valle de La Paz, entre otras), requieren alternativas tecnológicas que se acoplen a sus perfiles socio-ambientales. Lo anterior debe incluir sistemas de producción para condiciones áridas extremas, intensificar la tecnificación del riego, promover el cultivo sostenible de hortalizas, forrajes y cultivos extensivos tolerantes a sequía, como el garbanzo y cártamo e inducir mayor apertura a la agricultura orgánica, fertilización orgánica y fruticultura para el semidesierto, entre otras estrategias. Dichos esquemas alternativos de producción deben considerar sistemas apropiados hacia la sostenibilidad hidro-social (Carabias, 2009).

### **Conclusiones**

Al planificar el desarrollo tecnológico y aplicar métodos de mejoramiento hidro-agrícola para la consolidación agropecuaria, para implantar agroecosistemas tolerantes a la sequía y promover el manejo racional del agua, es difícil determinar el balance óptimo entre las estrategias y atributos involucrados en la conservación del agua y aquellos requeridos para maximizar la producción, que logren al mismo tiempo consolidar el desarrollo socio-económico. Este balance depende, de manera compleja, de la situación agrícola, perfil socioeconómico y tecnológico del productor, de la geografía y del



clima particular en cada caso (especialmente de la probabilidad de las próximas sequías y precipitaciones).

En estudios ambientales de zonas áridas, el agua subterránea debe valorarse como parte central y activa del entorno y sus recursos, por lo que se requiere un entendimiento detallado de los sistemas de flujo involucrados, de tal forma que puedan definirse con precisión los problemas relacionados e instrumentar así las soluciones pertinentes que mitiguen oportunamente los efectos ambientales, considerando la naturaleza geoclimática y el perfil socioeconómico (Carrillo-Rivera et al., 2008). Un eventual incremento de la salinidad en el agua subterránea puede controlarse si los procesos involucrados son entendidos e integrados en los planes de manejo sustentable de los recursos (Cardona et al., 2004). A manera de ejemplo de las consecuencias que genera sacrificar el balance hídrico en aras de una mayor capacidad de producción, la agricultura en el Valle de Santo Domingo ha mostrado una alta tasa de incremento en la productividad, aunque los rendimientos máximos posibles al parecer ya han sido alcanzados. En los últimos años, la productividad ha disminuido debido principalmente a que el agua subterránea para el riego ha sido sobreexplotada. Además, la intrusión de agua salobre, exacerbada por la extracción inmoderada de agua de pozos profundos, ha inducido problemas de salificación, lo cual hace que los paquetes tecnológicos generados por la Revolución Verde e incluso por investigaciones más recientes sean ineficientes (Salinas-Zavala et al., 2006).

A pesar de las dificultades encontradas y la controversia que prevalece en las diferentes disciplinas relacionadas como la agronomía, irrigación, ecología agrícola, agro-economía y sociología rural, entre otras, aún existen horizontes para explorar las opciones de un mejoramiento agrícola sostenible basado en la manipulación o mejoramiento del entorno y de los atributos del agro-ecosistema. Tal mejoramiento va a alcanzar mayores posibilidades cuando el papel de la relación "hombre-agroecosistema" en el proceso de adaptación de las plantas y cultivos al medio natural sea mejor entendido (Trovo-Diéguéz et al., 2002). En su caso, además del mejoramiento de la infraestructura, el uso de procesos o productos biotecnológicos (transgénicos, mutantes y líneas isogénicas, entre otros) puede constituir una alternativa valiosa para encontrar soluciones ante condiciones extremas desfavorables, sin embargo, los riesgos de afectación a la salud humana y ambiente deben valorarse previamente en el marco de la ética ambiental. Los problemas de sostenibilidad constituyen uno de los puntos medulares de la preocupación actual de la sociedad, donde la temática ambiental aparece como uno de los aspectos que más se abordan a nivel académico y en los medios de comunicación. Por otra parte, es claro que la conservación de los recursos naturales y la calidad de los mismos está determinada por las características del entorno y factores socioeconómicos. No sólo se halla en riesgo la producción de alimentos, sino también la de servicios ambientales, toda vez que la evidencia muestra que la naturaleza de la estructura agrícola y las políticas



prevalecientes han llevado, dentro del contexto de dicha crisis ambiental, a favorecer las grandes fincas, la especialización de la producción, el monocultivo y la mecanización (Altieri, 2009). Debe tomarse en cuenta que dentro de las causas más importantes de la crisis agroalimentaria destacan las vinculadas a un desarrollo rural no planificado, que ha utilizado extensivamente los recursos naturales con la concepción de que son ilimitadamente renovables, debido en parte, a la ausencia de interacción de especialistas en los diferentes campos (Carabias, 2009).

En cuanto a la "transferencia de tecnología", las fundaciones y agencias de financiamiento se han constituido como el principal núcleo promotor y coordinador de la transferencia de tecnologías, nuevos proyectos y paquetes tecnológicos, ofertados por los centros de investigación y universidades, por lo que se ha pretendido que sean instancias que promuevan y realicen la gestión de la transferencia de tecnología. Una cultura de evaluación debería guiar a los diferentes actores a que se tomen de manera oportuna las medidas preventivas y correctivas, de modo que la relación administrador-investigador-técnico-productor resulte favorecida en beneficio del sector productivo agropecuario y forestal, que es el destinatario final de las acciones de los programas de apoyo, sean de investigación aplicada o de transferencia tecnológica (Troyo-Diéguez et al., 2002), sin embargo, la evaluación de programas de apoyo ha sido una actividad a la que se le brinda poca importancia en países latinoamericanos (Gómez Demetrio et al., 2009). No obstante la aplicación de diferentes esfuerzos de apoyo, la operación de las actividades de transferencia y vinculación ha sido irregular, posiblemente debido a las condiciones contrastantes en las diferentes regiones agroecológicas del noroeste de México, específicamente de Baja California Sur, así como a los diferentes niveles de capacitación y experiencia de los productores o usuarios receptores. Dichos esfuerzos no han respondido del todo a la evidente debilidad de la agricultura y ganadería debida, entre otros factores, a la inexistencia de un sector secundario, de una industria que agregue valor a los productos primarios y articule al sector primario con el terciario, lo que resulta en desintegración de las cadenas productivas; ello además de la lejanía de los principales mercados y de los procesos administrativos, i.e. la distancia Baja California Sur-Cd. de México (Agúndez-Montaño, 2005).

Con relación al agua subterránea, debe reconocerse que la capacidad del COTAS de gobernarse a sí mismo es todavía incipiente y aún alejada de experiencias exitosas que han superado la prueba del tiempo, como es el caso de los comités de aguas en el estado de California (EUA), que acumulan cincuenta años organizados autónomamente, o bien, los cortes del agua en Valencia, España (Álvarez-Icaza, 2009). Conflictos ecológicos distributivos relacionados con el recurso agua pueden tomar cauce a consecuencia de debates inconclusos y cuestionamientos como... ¿A quién le pertenecen las reservas hídricas? ¿Quién puede hacer uso de las mismas y usufructuar los bienes y servicios ambientales que de allí se derivan? Toda vez que el tema



de la propiedad de los bienes de la naturaleza sigue siendo materia de conflicto (Moreno, 2006), el análisis de decisiones debe fomentarse alrededor de la participación de organizaciones o comités ciudadanos como el COTAS.

Con la finalidad de motivar el uso sustentable del agua y suelo en las regiones productoras de Baja California Sur, deben promoverse métodos de agricultura de conservación, los cuales consideran tres principios primordiales: perturbación mínima del suelo y siembra directa, conservación de una cubierta permanente del suelo y selección racional de la rotación de los cultivos (Troyo-Diéguez et al., 2008). Métodos de agricultura sostenible como la agricultura orgánica o ecológica, que mejoran las propiedades del suelo relacionadas con la capacidad de retención de humedad, han sido exitosos en zonas áridas. La materia orgánica, base de la fertilización en dichos métodos, optimiza la infiltración y retención del agua, mejorando la estructura del suelo y frenando los procesos erosivos. Lo anterior, unido a una adecuada cubierta vegetal, coadyuva a que el manejo del agua sea sostenible en ahorro y ausencia de contaminación y, en consecuencia, se evite la degradación del suelo y agua (Chocano-Vañó et al., 2007). Se reitera que una agricultura de alta tecnología puede poner en riesgo la calidad ambiental y que la problemática relacionada con la disponibilidad de agua puede agravarse en el futuro inmediato. En este sentido, queda claro que a medida en que la modernización agrícola ha avanzado, la relación entre la agricultura y la ecología se ha quebrantado, en una proporción directa en que los principios ecológicos son ignorados o sobrepasados (Altieri, 2009).

Cabe resaltar la importancia de los recursos humanos con que cuenta el sector, incluyendo los agricultores, campesinos, técnicos y científicos. Son los propios productores quienes mejor conocen los recursos y la tierra con que cuentan, con quienes hay que compaginar los esfuerzos de investigación y transferencia para alcanzar la productividad que se requiere, debiendo considerar en todo momento la conservación del ambiente y sostenibilidad de los recursos naturales (Carabias, 2009). Se concluye que, aún lo poco alentador de las evidencias acumuladas, no debe extinguirse la posibilidad de alcanzar la sostenibilidad agrícola en condiciones de sequía y escasez de agua.



## Referencias

- Agnew, C. y E. Anderson (1992) *Water Resources in the Arid Realm*. London and New York, The Routledge Physical Environment Series, University of Cambridge.
- Agúndez-Montaño, N. (2005) *Plan Estatal de Desarrollo 2005-2011*. Gobierno del Estado de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México, 366 pp.
- Altieri, M. (2009) *La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable*. Universidad de California, Berkeley, USA. <http://agroeco.org/brasil/material/LaAgriculturaModerna.PDF>. (Consultado el 20 de abril, 2009).
- Álvarez-Icaza, P. (2009) *Dinámicas colectivas en la apropiación de las aguas subterráneas en México*. México, D. F., Instituto Nacional de Ecología (INE), 70 pp. [http://www.ine.gob.mx/dgipea/descargas/din\\_col\\_aprop\\_aguas\\_sub.pdf](http://www.ine.gob.mx/dgipea/descargas/din_col_aprop_aguas_sub.pdf). (Consultado el 30 de marzo de 2009).
- Barrett, E. M. (1974) "Colonization of the Santo Domingo Valley" en *Annals of the Association of American Geographers*. 64, 1, pp. 34-53.
- Beltrán-Morales, F. A. et al. (2005) "Sistemas de labranza, incorporación de abono verde y recuperación de la fertilidad de un yermosol háplico" en *TERRA Latinoamericana*. 23(3): 381-388.
- (2006) "Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*Lablab purpureus* L) sobre la respiración edáfica en un yermosol háplico" en *Interciencia*. 31(3): 226-230.
- Campos, P. E. (2006) *Variabilidad de la población patógena de Puccinia triticina, agente causal de roya anaranjada o de la hoja de trigo: comportamiento sanitario de cultivares de trigo, frente a las principales razas*. Buenos Aires, INTA, BASF.
- Carabias, J. (2009) *Conservación de ecosistemas y desarrollo rural sustentable en América Latina: condiciones, limitantes y retos*. <http://www.ibcperu.org/doc/isis/7632.pdf>. (Consultado el 24 de abril de 2009).
- Cardona, A. et al. (2004) "Salinization in Coastal Aquifers of Arid Zones: An Example from Santo Domingo, Baja California Sur, México" en *Environmental Geology*. 45, pp. 350-366.
- Carrillo-Rivera, J. J.; Cardona, A.; Huizar-Álvarez, R. y E. Graniel (2008) "Response of the Interaction between Groundwater and other Components of the Environment in Mexico" en *Environmental Geology*. 55, pp. 303-319.
- Chocano-Vañó, C., C. Sánchez-Fuster, F. López-Bermúdez (2007) "La agroecología como alternativa a la prevención y lucha contra la desertificación en la región de Murcia: la comarca del Noroeste" en *Agroecología*. 2: 75-84.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2005) *Estadísticas del Agua en México 2005*. México, D. F., Talleres Gráficos de México, 104 pp.
- (2007) *Informe Final 2005*. Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego (PRYM), Comisión Nacional del Agua, México, D. F., 275 pp.
- (2009) *BCS, ejemplo nacional de voluntad política y social para revertir la sobreexplotación de los acuíferos: Conagua*. México D. F., Comunicado de prensa no. 072-09, Comondú, Baja California Sur, a 23 de abril de 2009.
- Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) (2009) *CONAZA al combate contra la desertificación y el cambio climático*. <http://www.conaza.gob.mx/bcs.pdf>. (Consultado el 20 de abril de 2009).
- Crosson, P. y J. Anderson (2002) *Technologies for Meeting Future Global Demands for Food*. Discussion Paper 02-02, Resources for the Future, Washington, D.C. pp. 32.

- Crump, A. (1998) *The A to Z of World Development*. Oxford, England, New Internationalist, Publications Ltd.
- Darlympe, G. D. (1974) *Development and Spread of HYV of Wheat and Rice in the Less Developed Nations*. Washington, D. C., U. S. Department of Agricultura.
- Delgadillo, M. J.; Torres, T. F. y Y. H. Cortéz (2006) *Nuevas opciones para generar empleos e ingresos en el medio rural. Cuaderno Técnico de Desarrollo Rural*. San José, Costa Rica, Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2003) *Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Viernes 31 de enero, segunda sección, pp. 90-91.
- Escolero, O. A. (2006) "The Mexican Experience on Groundwater User Groups" en *International Symposium on Groundwater Sustainability (ISGWAS)*. Memorias, Madrid, España, enero 24-27, pp. 153-160.
- Evenson, R. E. y D. Gollin (2003) "Assessing the Impact of the Green Revolution: 1960-2000" en *Science*. 300, pp. 758-762.
- Gómez Demetrio, W. et al. (2009) "Identificación de indicadores de impacto en un programa de gobierno y modos de vida rurales" en *Estudios Sociales*. XVII(34): 7-36.
- González-Sousa, R. et al. (2006) "Construcción del Programa de Ordenamiento Territorial del Estado de Baja California Sur, México" en *Revista Internacional de las Ciencias de la Tierra*. Número 108, marzo/abril.
- Gutiérrez, J. A. (1996) "La revolución verde, ¿solución o problema?" en Suttcliffe, B. (coord.) *El incendio frío. Hambre, alimentación y desarrollo*. Barcelona, Icaria-Antrazyt, pp. 231-245.
- Hajek, E. R. (1995) *Pobreza y medio ambiente en América Latina*. Buenos Aires, Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo Latinoamericano, Hajek, E. R.
- Hounam, C. E. et al. (1975) *Drought and Agriculture*. Tech. Note 138, Ginebra, World Meteorological Organization, pp: 51-58.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2000) *Síntesis Geográfica del Estado de Baja California Sur*. Marco Geoestadístico 2000, Aguascalientes, Ags., México.
- (2005) *Anuario Estadístico del Estado de Baja California Sur*. Edición 2005. Aguascalientes, Ags., México.
- James, C. (1999) *Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 1999*. Ithaca, Nueva York, ISAAA Briefs, número 12,
- Jennings, P. R. (1974) "Rice Breeding and World Food Production" en *Science*. 186, 4169, pp. 1085-1088.
- Kaufmann, D.; Aart, K. y M. Mastruzzi (2006) "Aggregate and Individual Governance Indicators for 1996-2005" en *Governance Matters*. Washington, D. C. V. Banco Mundial.
- Ladejinsky, W. (1976) "Agricultural Production and Constraints" en *World Development*. 4, 1, pp 1-10.
- Moreno, J. (2006) "El agua y la riqueza de la naturaleza base de los conflictos ambientales, el caso de Curití en Sanander-Colombia" en *Ecología política*. 30: 33-38
- Olmedo, G. F. (1998) *La tercera Revolución Verde. Plantas con luz propia*. Debate, Madrid.
- Pingali, P. y G. Traxler (2002) "Changing Locus of Agricultural Research: Will the Poor Benefit from Biotechnology and Privatization Trends" en *Food Policy*. 27, pp. 223-238.



- Pingali, P. y S. R. Rajaram (1999) *World Wheat Facts and Trends, 1998/99*. México, D. F., CIMMYT.
- Piñeiro, M.; Trigo, E. y R. Vernon (1985) *Cambio técnico en el agro latinoamericano*. San José de Costa Rica, Costa Rica, Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture, Cooperative Research Project on Agricultural Technology, pp. 490.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2009) "Reglamento para el uso, explotación y aprovechamiento de las aguas del subsuelo en la zona conocida como Valle de Santo Domingo, Municipio de Comondú, en el estado de Baja California Sur, y que establece la reserva de agua potable respectiva". [http://www.sagarpa.gob.mx/legislacion/docs/reglamentos/15\\_reg%20para%20el%20Uso%20explot%20baja%20sur.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/legislacion/docs/reglamentos/15_reg%20para%20el%20Uso%20explot%20baja%20sur.pdf). (Consultado el 3 de abril de 2009).
- Salinas-Zavala, C. A. y D. B. Lluch-Cota (2003) "Relationship Between ENSO and Winter-wheat Yields in Sonora, Mexico" en *Geofísica Internacional*. 42, 3, pp. 341-350.
- Salinas-Zavala, C.A.; Lluch-Cota, S. E. e I. Fogel (2006) "Historia del desarrollo del cultivo invernol de trigo en cinco distritos de riego en el desierto de Sonora, México" en *Interciencia*. (Venezuela) 31, 4, pp. 254-261.
- Tollner, E. W. (2002) *Natural Resources Engineering*. John Wiley & Sons, Inc. pp. 576.
- Troyo-Diéguez, E.; García-Hernández, J.L. y B. Murillo Amador (2002) *Evaluación de la Alianza para el Campo 2001*. Informe de Evaluación Estatal del Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología. SAGARPA-Gob. del Edo. de B.C.S.-CIB-NOR, La Paz, B.C.S., 93 pp.
- Troyo-Diéguez, E. et al. (2008) "Diagnóstico agro-ambiental de Baja California Sur: estado actual y alternativas para el desarrollo agropecuario sostenible", Capítulo 13, en Cariño, M. y M. Monteforte (eds.), *Del saqueo a la conservación: historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003*. México, D.F., SEMARNAT-INE-UABCS-CONACYT, 04530, pp: 551-570.
- Ureste, J. y S. Campos (1995) "Respuesta del cultivo de maíz a la labranza de conservación en cuatro diferentes suelos tropicales" en *Agronomía Mesoamericana*. 6: 80-87.
- VECCP (2006) *Evaluación del programa de desarrollo rural BCS-SAGARPA.2005*. Informe, Visión Empresarial Capacitación Consultoría y Proyectos S. C., septiembre, 2006, La Paz, B.C.S. 117 pp.
- Villa, L. A. (2001) "Sostenibilidad y medio ambiente. Políticas, estrategias y caminos de acción" IICA – FINAGRO – Tercer Mundo, Misión Rural, vol. 4. 95 p.