



# UNIVERSIDAD LA SALLE

Escuela de Ingeniería  
Incorporada a la U.N.A.M.

**OBRAS DE RIEGO:**  
**su necesidad, su importancia.**  
**problemática y soluciones.**

## Tesis Profesional

Que para obtener el título de:  
**INGENIERO CIVIL**  
P r e s e n t a :

**José Luis García Rivero**

México, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE GENERAL

INTRODUCCION	1
1. EL RIEGO A TRAVES DE LA HISTORIA	
1.1 <u>Antecedentes</u>	1
1.2 <u>La irrigación en México</u>	2
2. NECESIDAD E IMPORTANCIA DE LAS OBRAS DE RIEGO EN MEXICO	
2.1 <u>Inventario y potencial de los recursos naturales</u>	12
2.1.1 Introducción	
2.1.2 Agua	
2.1.2.1 Disponibilidad	
2.1.2.2 Aprovechamiento	
2.1.2.3 Uso de agua para riego	
2.1.3 Suelo	
2.1.3.1 Disponibilidad	
2.1.3.2 Aprovechamiento	
2.1.3.3 Uso de suelo para riego	
2.2 <u>Agricultura de riego: su necesidad, su importancia</u>	31
2.2.1 Introducción	
2.2.2 Breve diagnóstico de la productividad agrícola nacional	

2.2.3	<u>Análisis de la productividad de las zonas de riego en México</u>	
2.2.4	<u>Requerimientos de obras de riego a corto y mediano plazos de acuerdo con las demandas de producción agrícola</u>	
2.2.4.1	<u>Demandas de alimentos básicos para los años 1990 y 2000</u>	
2.2.4.2	<u>Requerimientos de superficie bajo riego para los años 1990 y 2000</u>	
3.	<b>OBRAS DE RIEGO</b>	
3.1	<u>Problemas planteados por el riego</u>	60
3.2	<u>Definición</u>	61
3.3	<u>Obras de riego</u>	61
3.3.1	Obras de captación y almacenamiento	
3.3.2	Obras de conducción y distribución	
3.3.2.1	Obras accesorias	
3.3.2.2	Obras de cruce	
3.3.2.3	Obras de protección	
3.4	<u>Obras de drenaje</u>	72
3.5	<u>Infraestructura de apoyo</u>	74
3.5.1	Caminos	
4.	<b>PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DE LAS OBRAS DE RIEGO EN MÉXICO Y SUS POSIBLES SOLUCIONES</b>	
4.1	<u>Introducción</u>	77
4.2	<u>Planificación de las zonas y obras de riego</u>	78
4.2.1	Planeación	
4.2.2	Programación y presupuestación	
4.2.3	Estudios y proyectos	
4.3	<u>Construcción y operación de las obras de riego</u>	86
4.3.1	Construcción de las obras	
4.3.2	Entrega/recepción de las obras	
4.3.3	Operación del sistema	
4.3.4	Conservación, rehabilitación y modernización de las obras de riego	
4.3.5	Evaluación de proyecto	
4.4	<u>Calidad y conservación del agua</u>	108
4.4.1	Contaminación y tratamiento	

4.4.2 Equilibrio ecológico	
<b>4.5 <u>Aprovechamiento de los recursos disponibles</u></b>	<b>114</b>
4.5.1 Medición y control del agua	
4.5.2 Eficiencia y productividad	
<b>4.6 <u>Inversión y financiamiento</u></b>	<b>131</b>
4.6.1 Inversión	
4.6.2 Créditos	
4.6.3 Financiamiento y tarifas	
<b>4.7 <u>Distribución de la producción</u></b>	<b>141</b>
4.7.1 Comercialización y transporte	
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>143</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>1v</b>

## INDICE DE CUADROS

1.1 ACONTECIMIENTOS IMPORTANTES EN LA HISTORIA DE LA IRRIGACION EN MEXICO (1914 / 1986)	9
2.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL TERRITORIO NACIONAL	15
2.2 DISTRIBUCION DEL ESCURRIMIENTO, POBLACION, INDUSTRIA Y SUPERFICIES BAJO RIEGO	17
2.3 REGIONALIZACION HIDROLOGICA DEL PAIS	19
2.4 ALMACENAMIENTOS SUPERFICIALES DE AGUA POR REGIONES	20
2.4.1 ALMACENAMIENTOS SUPERFICIALES DE AGUA POR ESTADOS	
2.5 USOS DEL AGUA ALMACENADA	22
2.6 REGIONES CON PROBLEMAS DE SOBREEXPLOTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS	24
2.7 POTENCIAL AGRICOLA DEL TERRITORIO NACIONAL	27
2.8 INCIDENCIA DE SEQUIAS EN LOS ULTIMOS 100 AÑOS	28
2.9 MAGNITUD DE COMPARACION DE LA SUPERFICIE CULTIVABLE	30
2.10 LOCALIZACION DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE RIEGO EN MEXICO	32
2.11 PRINCIPALES CULTIVOS EN ZONAS DE RIEGO	39
2.12 EVOLUCION DE LA PRODUCCION NACIONAL EN ZONAS DE RIEGO	40
2.13 PRODUCTOS BASICOS AGRICOLAS COSECHADOS EN ZONAS DE AGRICULTURA DE TEMPORAL EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS	43
2.14 PRODUCTOS BASICOS AGRICOLAS COSECHADOS EN ZONAS DE AGRICULTURA DE RIEGO EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS	45

2.15 RENDIMIENTOS DE PRODUCCION AGRICOLA EN SUPERFICIES BAJO — RIEGO Y TEMPORAL EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS DE LOS PRODUCTOS — BASICOS SELECCIONADOS	47
2.16 RENDIMIENTOS PROMEDIO EN ZONAS DE AGRICULTURA DE RIEGO Y — DE TEMPORAL EN EL PERIODO DE 11 AÑOS ANALIZADO	48
2.17 PARTICIPACION DE LA AGRICULTURA DE RIEGO Y DE TEMPORAL EN— LA PRODUCCION AGRICOLA TOTAL NACIONAL	49
2.18 PARTICIPACION DE LOS CULTIVOS BASICOS EN LA SUPERFICIE CO— SECHADA BAJO RIEGO EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS	50
2.19 DEMANDAS DE ALIMENTOS BASICOS AGRICOLAS ESTIMADAS PARA EL— AÑO 1990	54
2.20 DEMANDAS DE ALIMENTOS BASICOS AGRICOLAS ESTIMADAS PARA EL— AÑO 2000	55
2.21 SUPERFICIE DE PRODUCCION AGRICOLA ESTIMADA PARA LOS AÑOS — 1990 y 2000	58
3.1 ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PRESAS ALMACENADORAS	62
3.2 APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES UNIFORMES Y LENTAS	64
3.3 COMPUERTA DE TOMA	66
3.4 DESARENADOR	66
3.5 FRACCIONAMIENTO DEL TERRENO NATURAL	68
3.5.1 SALTOS Y RAPIDAS	
3.6 TIPOS DE PARTIDORES	69
3.7 SIFON INVERTIDO	70
3.8 PUENTE CANAL	71
3.9 OBRA DE DESCARGA	73
3.10 ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO "OBRA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION/OBRA DE DRENAJE"	75
4.1 INTERACCION DE LOS FACTORES DEL PROCESO PARA INCORPORAR UNA ZONA A LA AGRICULTURA DE RIEGO	106
4.2 EFICIENCIAS DE CONDUCCION DEL AGUA EN ZONAS DE RIEGO	119
4.3 PRODUCTIVIDAD POR UNIDAD DE AGUA EN ALGUNAS ZONAS DE RIEGO — IMPORTANTES DEL PAIS (CULTIVOS BASICOS)	125
4.4 ESQUEMA DE FINANCIAMIENTO DE LAS ZONAS DE RIEGO	140

"El viento y las olas, las inundaciones y el fuego, los terremotos y las avalanchas, el lodo y la roca y la fuerza eterna de la gravedad, la necesidad del hombre de dormir y trabajar con seguridad y comodidad, almacenar y transportar sus cosechas, viajar rápidamente y sin peligro por mar y tierra, beber agua pura y vivir en un ambiente sano: todo esto da sus problemas a los ingenieros civiles.

Si los ingenieros han de ser clasificados, deben ser considerados más humanistas que científicos".

Hardy Cross (Engineers and Ivory Towers)

## **INTRODUCCION**



## INTRODUCCION

México es un país con grandes recursos y con grandes necesidades. Dentro de las necesidades más apremiantes, y que poco a poco se han convertido en un problema de atención urgente, se encuentran las de producir en nuestras tierras alimentos suficientes para elevar la oferta -- por habitante sin tener que recurrir a la importación de bienes comestibles de origen agrícola, abastecer a la industria nacional de materias primas teniendo en cuenta la reducción de importaciones de productos primarios o semielaborados de origen agrícola y, contribuir al fortalecimiento y diversificación de nuestra economía destinando remanentes hacia los mercados internacionales para la captación de divisas. Dichas necesidades hacen de la agricultura un sector de producción y una actividad de carácter prioritario y primordial para el desarrollo económico del país.

No se puede hablar de la agricultura sin hacerlo también del -- riego, pues éste es el medio más importante y sólido para fomentarla.

La participación de la agricultura de riego en la producción a-

grícola nacional es considerable, ya que cada año alcanza cifras que --- fluctúan alrededor del 50% de la producción agrícola total nacional.

Dada la importancia que tiene la agricultura de riego como factor que puede propiciar, permitir, apoyar, alcanzar y mantener la autosuficiencia agrícola nacional ¿por qué aún y hasta la fecha se siguen importando grandes cantidades de granos básicos para cubrir la demanda interna que la producción nacional no puede a pesar de los 5.8 millones de hectáreas bajo riego que colocan a nuestro país en el séptimo lugar mundial en cuanto a superficie regada?, ¿qué es lo que sucede en las zonas de riego mexicanas que frena y retrasa la autosuficiencia agrícola buscada?, ¿dónde empieza el problema?, ¿será posible su solución?, ¿son suficientes y eficientes las obras de riego que hacen posible la práctica de este tipo de agricultura?.

Las preguntas anteriores justifican la realización del presente trabajo y dan origen a su objetivo general: destacar la importancia y necesidad de la agricultura de riego y plantear y analizar la problemática que afecta a la práctica de este tipo de agricultura; así mismo, llevar a cabo una propuesta de soluciones.

Es necesario mencionar que el objetivo alcanza hasta donde la ingeniería civil tiene acción directa; ésto es, la planeación, programación, diseño, construcción, operación y conservación de las obras de riego, sin dejar de tomar en cuenta otros aspectos que también le conciernen, como, la calidad, conservación, medición y control del agua, la eficiencia y productividad del sistema y los aspectos de financiamiento e inversión para la ejecución y operación de las mismas.

Los objetivos particulares se han desarrollado en cada capítulo.

El capítulo 1. tiene como objetivo mostrar y destacar la importancia nacional que han tenido las obras de irrigación a lo largo de las diferentes etapas históricas sociales, políticas, económicas y culturales de México hasta nuestros días.

El capítulo 2. tiene un doble objetivo; por una parte, conocer el potencial productivo de los recursos naturales agua y suelo, así como su localización, cantidad, calidad y distribución espacial y en el tiempo y grado de utilización actual en la agricultura de riego; por otra parte, destacar la necesidad e importancia que ha tenido, tiene y tendrá la irrigación, debidas a sus altos rendimientos de producción.

Si se va a plantear la problemática de las obras de riego en México hay que definir lo que son las zonas de riego y las obras de riego y describir sus tipos y su utilización; para ello se desarrolló el capítulo 3.

Una vez comprendido que la agricultura de riego es casi indispensable en nuestro país, es necesario plantear la gama de problemas que aquejan y frenan el buen funcionamiento de las obras de riego y que impide el logro de los objetivos para los que fueron creadas y el alcance de los beneficios que de ellas se esperan. Así mismo, las soluciones a esta problemática no se deben omitir. Todo lo anterior constituye el objetivo particular del capítulo 4..

Finalmente resta decir que el problema nos afecta a todos pero, el problema tiene solución.

"Las generaciones jóvenes de México deben poseer una conciencia histórica, un sentido cabal de nuestra tradición, que es la verdadera esencia de la nacionalidad. Sin ella, no somos mexicanos. Nada nos ha sido dado en lo social, en lo político y en lo económico que no sea producto de -- las luchas, los esfuerzos, de los errores y de los aciertos de nuestros antepasados. Por eso es indispensable conservar, aunque en ocasiones resulte doloroso, el sentido del hecho histórico".

Cuauhtémoc Anda Gutiérrez

## **CAPITULO 1.**

## 1. EL RIEGO A TRAVES DE LA HISTORIA

### 1.1 Antecedentes

El hombre, movido por su voluntad en conjunción con un acto secreto y extraño de la naturaleza deja de ser nómada para convertirse en sedentario. Así, al establecerse en un sólo sitio descubre la agricultura; inicialmente de temporal y, relativamente poco tiempo después debido al incremento de la población, a las escasas lluvias y a la insuficiente producción de las tierras temporales, la de riego.

A esa transición se le ha llamado generalmente "la revolución agrícola" que, según estudios y testimonios antropológicos se dió hace aproximadamente 12 000 años (1). La Sagrada Biblia es un testimonio antropológico que narra la historia de Israel, un pueblo nómada que se convirtió en una tribu agrícola.

(1) "La cosecha de las estaciones", El Ascenso del Hombre. Bronowski, J. (Fondo Educativo Interamericano), 1979, p. 59.

La práctica de la agricultura permitió al hombre desarrollar actividades que lo han hecho trascender, como el comercio a gran escala, - la evolución de su ingenio para crear obras de irrigación y, al establecerse en un lugar definido y definitivo, el desenvolvimiento del arte.

Tierra y Agua se transformaron entonces en forjadores de civilización y la humanidad comenzó el dominio del medio ambiente natural pasando a una vida fundada en los sistemas de producción.

## 1.2 La irrigación en México

La historia de la irrigación en México es interesante y vale la pena incluirla en este trabajo por la participación que ha tenido el ingeniero civil en el desarrollo e impulso de esta actividad tan importante y necesaria.

Las obras de riego prehispánicas que corresponden a la civilización mesoamericana tuvieron una evolución totalmente empírica.

Los constructores, ingenieros civiles de la época, realizaron - numerosas obras pequeñas en el Altiplano Central para practicar la agricultura de riego. A la llegada de los españoles existían aproximadamente 380 obras de irrigación en las zonas templadas de Guanajuato, Hidalgo, - Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla y Tlaxcala (2). Estas obras llamaron la atención de los europeos por el ingenio demostrado en su concepción.

Los Aztecas practicaron el riego utilizando chinampas, huertos - y cultivos flotantes formados sobre balsas rústicas y construyeron un --

(2) "Evolución del aprovechamiento del agua", El Aprovechamiento y la administración del agua como factores para el desarrollo y bienestar. (Colegio de Ingenieros Civiles de México), 1981, p. 12.

sistema de diques en el Valle de México para evitar inundaciones en Tenochtitlán beneficiando y protegiendo mediante el control de niveles de las aguas de los lagos, a los campos de cultivo ribereños proporcionando les por capilaridad la humedad adecuada para su crecimiento.

Durante la Colonia, la ingeniería civil tuvo escasa participación en la construcción de obras de riego a pesar de contar con las técnicas importadas de Europa debido a que el desarrollo de la agricultura no fue el objetivo principal de los gobiernos españoles, sino la minería. A pesar de ello se construyeron importantes obras entre las que destacan el bordo para formar la actual Laguna de Yuriria, Gto., y el Tajo de Nochistongo para auxiliar en el desagüe del Valle de México e irrigar el Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo.

Ya entrada la época independiente del país, en 1869, por decreto del Presidente Juárez, se crea la Escuela Nacional de Ingenieros donde jóvenes mexicanos podían estudiar la carrera de ingeniero de caminos, puentes y canales con el fin de dar posteriormente un impulso a la construcción de obras de riego. Desgraciadamente, debido a las tres guerras que libró nuestro país con naciones extranjeras la situación económica de México no le permitió al gobierno realizar obras públicas como no fueran las de más urgente necesidad.

La agricultura tuvo que ser el sostén de un pueblo empobrecido con una organización agrícola y de producción deficientes; pero con esfuerzos se logró la construcción de 4 presas de almacenamiento y derivación y algunos canales de riego para satisfacer, aunque fuera en forma débil, la demanda de productos del campo. Todas las obras fueron emprendidas por particulares otorgadas a concesión.

En 1877, el Presidente Díaz impuso un nuevo orden social y poli

tico que repercute en la economía nacional y en las posibilidades de un desarrollo constructivo. Se realizaron numerosas obras de irrigación a - concesión por particulares y, consecuentemente, el gobierno aún no podía controlar el uso de las aguas.

Durante este régimen se logró cubrir una superficie de un mi--- llón de hectáreas con riego gracias a la creación de la Caja de Préstamos que fomentaba la construcción de obras de riego por particulares (3).

En el año 1917 se intentó reorganizar y controlar el aprovechamiento de los recursos del país al quedar establecida en el Artículo 27- de la recién redactada Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos la propiedad nacional de las tierras y aguas comprendidas dentro - de los límites de nuestro territorio. Por ello, en este mismo año se cre a el Departamento de Irrigación con el fin de controlar el aprovecha--- miento de las corrientes de los ríos para riego.

A apoyado en los idearios de la Constitución, en el año 1921, el- Presidente Obregón decreta la formación de la Dirección de Irrigación -- con el propósito de incrementar la superficie cultivada y asegurar cose- chas favoreciendo la producción. Más tarde, en el año 1926, se crea la - Comisión Nacional de Irrigación (C.N.I.), organismo encargado de desarro llar la política gubernamental de regadío en el país para un mejor apro- vechamiento de nuestros recursos hidráulicos y propiciar el desarrollo - agrícola; así mismo, se inicia la primera etapa de la actuación consoli- dada del gobierno en esta materia.

La primera política de irrigación fue la realización de las ---

(3) "Obras de Irrigación", México: sus necesidades, sus recursos. Díaz Gómez C. y Orive Al- ba, A. (Editora Técnica, S.A.), México, 1970, p. 186.



grandes y medianas obras de riego dando preferencia a aquéllas que fuesen más fáciles y económicas en su ejecución con el fin de obtener resultados y beneficios inmediatos a la mayor escala posible. Estas actividades que resultaron ser grandes problemas se atendieron y resolvieron -- con asesoría extranjera en algunos casos debido a que los ingenieros civiles mexicanos carecían de experiencia en proyectos de riego de gran -- magnitud; experiencia que poco a poco adquirieron al participar en las -- compañías extranjeras, lo que permitió prescindir de ellas en sólo seis -- años.

Una labor importante de la Comisión Nacional de Irrigación fue el aprovechamiento de las aguas de los afluentes mexicanos que llegaban al Río Bravo y que eran utilizadas por los norteamericanos para regar -- sus tierras. Más tarde ésto constituyó la política de aguas internacionales.

Durante los veintinueve años de vida institucional de dicha Comisión (1926 a 1947) se realizaron obras de riego habilitando a ----- 827 425 hectáreas (4).

La segunda etapa de la política de irrigación se inicia cuando el Presidente Alemán decreta en el año 1946 (10. de diciembre), la transformación de la Comisión Nacional de Irrigación en Secretaría de Recursos Hidráulicos. Este organismo tendría como objetivo principal coordinar los aprovechamientos múltiples de las obras hidráulicas y fomentar -- con un mayor control la irrigación. Además de haber puesto, a través de sus treinta años de funciones (1947 a 1976), 2 447 000 hectáreas bajo -- riego, se descentralizó la política de irrigación al crearse Comisiones-

(4) "Irrigación", Estadísticas Históricas de México, (Instituto Nacional de Estadística -- Geografía e Informática), México, 1985, p. 845.

Ejecutivas con autonomía administrativa para accionar con rapidez y dar el gran impulso al desarrollo hidráulico regional por cuencas (5).

Las primeras Comisiones Ejecutivas fueron las de los ríos Papaloapan, Tepalcaltepec, Fuerte y Grijalva. De esta manera se iban marcando los lineamientos que permitirían controlar el uso del agua en sus múltiples aprovechamientos, primordialmente el riego.

En el año 1962 se elaboraron planes hidráulicos regionales con el objeto de redistribuir en forma racional, espacial y en el tiempo el agua y disponer de información precisa acerca de la relación disponibilidad/demanda/dotación de agua a nivel regional y nacional.

Los planes se plantearon por zonas prioritarias y de acuerdo a sus condiciones hidrológicas similares y son los siguientes: Plan Hidráulico del Nordeste (PLHINO), Plan Hidráulico del Golfo Norte (PLHIGON) y Plan Hidráulico del Centro (PLHICEN). En un principio estos planes carecían de la consistencia necesaria para accionar, pero a través de los años han permitido la toma de decisiones importantes en sus campos de acción.

Con el tiempo, la organización y administración públicas evolucionaron, las políticas de irrigación que habían sido planteadas desde el año 1926 poco a poco fueron consolidándose, los estudios realizados por las Comisiones Ejecutivas empezaban a dar lineamientos hacia el futuro en la política de irrigación del país, los planes hechos en los años sesentas lograban con esfuerzos su integración proporcionando información hidrológica más precisa; así, reuniendo todos estos hechos y con el fin de que tierra y agua fueran manejadas por una sola dependencia, en

(5) "Irrigación", Estadísticas Históricas de México, (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), México, 1965, p. 845.

el año 1976 (29 de diciembre) por decreto del Presidente López Portillo—  
son fusionadas la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la Secretaría—  
de Recursos Hidráulicos para formar la Secretaría de Agricultura y Recur—  
sos Hidráulicos. Con ello se inicia la tercera etapa de la política hi—  
dráulica del país, teniendo como meta fundamental el aprovechamiento ra—  
cional y económico del agua y del suelo para satisfacer la demanda de al—  
imentos básicos de los mexicanos.

Paralelamente a la creación de esta dependencia, se presenta en  
el año 1976, la Comisión del Plan Nacional Hidráulico\*, la cual unifica—  
y conjuga todos los esfuerzos anteriores encaminados a planear el mejor—  
provecho y preservación de los recursos hidráulicos de México.

Al finalizar el sexenio del Presidente López Portillo, la Secre—  
taria de Agricultura y Recursos Hidráulicos logró incorporar a la agri—  
cultura de riego un total de 656 412 hectáreas (6).

En el año 1982 se inicia una nueva administración pública con -  
el Presidente De la Madrid. En este periodo se conservaron inicialmente—  
los lineamientos de la política de irrigación planteados en el sexenio -  
anterior.

\* "En realidad la idea de elaborar el Plan Nacional Hidráulico se había concebido a finales  
de los años cincuenta por técnicos mexicanos, pero debido al gran brecho que existe en  
tre las ideas y programas elaborados por técnicos y su aceptación final en el nivel po—  
lítico más alto, se detuvo su puesta en marcha. Posteriormente, la actitud de los polí—  
ticos cambió aparentemente al percibirse de la necesidad de la agricultura de subsisten—  
cia, pero la verdad fue más bien por la presión de los acontecimientos lo que les hizo  
advertir las posibles consecuencias sociales y políticas que acarrearía el no seguir la  
ruta trazada por los técnicos, así como el peligro potencial que significaba para la —  
continuidad del sistema político. Después, estando ya listo para ponerse en marcha el  
plan, se presentó la explosión sociopolítica en el otoño del año 1968 creando nuevas —  
prioridades de urgencia. Hubo que esperar cuatro años, entonces, para que las condicio—  
nes fueran propicias para la elaboración del plan, pero ya se habían perdido poco más —  
de doce años en la planificación hidráulica a gran escala".

"Magno plan hidráulico perdido", artículo del periódico EXCELSIOR, domingo 3 de abril -  
de 1988, por Miguel S. Wloneczek, primera plana y p. 9 sección A.

(6) "Irrigación", Estadísticas Históricas de México, (Instituto Nacional de Estadística, -  
Geografía e Informática), México, 1985, p. 845.

Siguiendo la línea de readecuación y reorientación de la política hidráulica a la nueva situación que vive el país: escasos recursos financieros junto a una necesidad creciente de la población, en el año - 1986 la Comisión del Plan Nacional Hidráulico se transformó en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), con el objeto de desarrollar la tecnología y los recursos humanos calificados para contribuir en el aprovechamiento y preservación del agua a corto y mediano plazos.

Las acciones realizadas durante el presente sexenio han permitido dotar de infraestructura de riego a 875 476 hectáreas, cantidad que - sumada a la superficie bajo riego acumulada hasta el año 1982 hace un - total de 5 800 000 hectáreas (7), lo que constituye el 2.86% del territorio nacional. De esta cantidad, 4 800 000 hectáreas (8) han sido habilitadas por el gobierno y 1'000 000 de hectáreas (9) por particulares.

En el CUADRO 1.1 se presenta el crecimiento de la superficie habilitada para practicar la agricultura de riego; se indican también acontecimientos importantes en la historia de la irrigación en México.

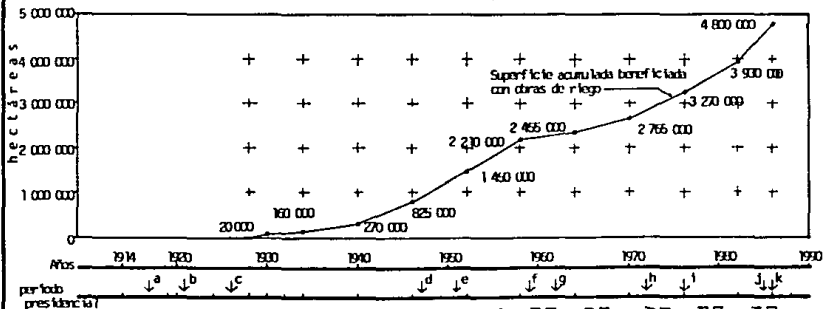
Como se ha podido ver, a lo largo de la historia del riego en - nuestro país, el papel del agua y del suelo como factores indispensables para el desarrollo agrícola ha sido crucial; de ahí, la intervención del gobierno para realizar los mayores esfuerzos que provoquen el impulso y - la productividad del binomio agua/tierra en obras de irrigación. Dichos - esfuerzos han sido arduos, sin embargo, hay mucho por hacer todavía para - enfrentar una grave problemática presente en la deficiente utilización -

(7) "Programa Nacional de Uso Eficiente de la Infraestructura Hidroagrícola", Documento -- Central, (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), México, 1986, p.1.

(8) Idem.

(9) Idem.

ACONTECIMIENTOS IMPORTANTES EN LA HISTORIA DE LA IRRIGACION EN MEXICO (1914 / 1986)



Años	1914	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
periodo presidencial	a	b	c	d	e	f	g	h	i
	Carretera	Veracruz	Veracruz	Veracruz	Veracruz	Veracruz	Veracruz	Veracruz	Veracruz

NOTA: Se presentan únicamente las hectáreas beneficiadas por acciones gubernamentales.  
 FUENTE: Comité de Estudio del Agua, Colegio de Ingenieros Civiles de México.  
 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Tesis Profesional  
 José Luis García Rivera

ACONTECIMIENTOS IMPORTANTES EN LA HISTORIA DE  
LA IRRIGACION EN MEXICO ( 1914 / 1986 )

En la primera parte de este cuadro se indicaron con letras de la "a" a la "k" sobre el eje del "periodo presidencial" los acontecimientos que se enlistan a continuación:

- a. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917).
- b. Dirección de Irrigación (1921).
- c. Comisión Nacional de Irrigación (1926).
- d. Secretaría de Recursos Hidráulicos. (1947).
- e. Comisiones de los Ríos Papaloapan, Fuerte y Grijalva (1951).
- f. Comisión de Estudios de la Cuenca del Río Pánuco (1959).
- g. Planes Hidráulicos del Noroeste, del Golfo Norte y del Centro (1962)
- h. Elaboración del Plan Nacional Hidráulico (1972).
- i. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1976).
- j. Programa Nacional de Uso Eficiente de la Infraestructura Hidroagrícola (1985)
- k. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) (1986).

Tesis Profesional  
José Luis García Riera

de la infraestructura hidroagrícola que de no atacarse oportuna y eficientemente, afectará en forma considerable la capacidad alimentaria del país.

"Contrariamente al animal que está fijado en un medio ambiente, el hombre se ve obligado, para sobrevivir en su especie peculiar humana, a --- transformar la naturaleza elemental que le rodea en un ambiente específicamente humano".

Wolfgang Schadewalt

## CAPITULO 2.



## 2. NECESIDAD E IMPORTANCIA DE LAS OBRAS DE RIEGO EN MEXICO

### 2.1 Inventario y potencial de los recursos naturales

#### 2.1.1 Introducción

La riqueza natural de un país, como bien se sabe, está constituida por una enorme gama de fenómenos y recursos que el hombre ha ido descubriendo y aprovechando.

México ha conocido el proceso de descubrimiento y planeación racional de sus recursos naturales para garantizar el desarrollo y la productividad demandados por el crecimiento de su población.

Para que la ingeniería civil y otras especialidades tomen acciones eficientes en la utilización de nuestros recursos, es necesario conocer y tomar en cuenta un inventario lo más amplio posible de nuestras necesidades y de la disposición de los recursos, ya sean económicos o naturales que las atacarán; todo ello con el fin de adecuar recursos y necesidades para obtener el mejor provecho y los mayores beneficios.

En el caso de las obras para la agricultura de riego, tema central de este trabajo, agua y suelo son dos recursos naturales imprescindibles que, al combinarse armónicamente con el trabajo humano, generan la producción agrícola de la que en gran medida dependen nuestra alimentación y economía nacional.

## 2.1.2 Agua

### 2.1.2.1 Disponibilidad

El agua, elemento determinante para la agricultura y factor limitante para la producción agrícola, tiene su origen en la precipitación pluvial.

Al sufrir el proceso conocido como "ciclo hidrológico" (evaporación/condensación/precipitación/movimiento/evaporación), el volumen de agua sobre el planeta se presenta en forma constante, por lo que se considera un recurso permanente y renovable.

En México ha sido posible cuantificar los elementos del ciclo hidrológico. Anualmente llueven en promedio 1.53 billones de metros cúbicos capaces de formar una capa de agua sobre el territorio nacional de 783 milímetros de altura (10).

En los ríos que hay en nuestro país escurren aproximadamente -- 410 000 millones de metros cúbicos anuales, casi el 27% de la precipitación pluvial total nacional. El otro 73% se infiltra o se evapora (11).

Por su propia naturaleza, las cuantificaciones de agua subterránea son menos precisas que las de agua superficial. Los estudios de acuíferos subterráneos realizados hasta el año 1987 sobre el 75% del territo

(10) "Recursos de agua y suelo", Plan Nacional Hidráulico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (Comisión del Plan Nacional Hidráulico), México, 1981, p. 18.

(11) *Idem*.

rio del país permitieron identificar un volumen aproximado de 31 000 millones de metros cúbicos de agua disponible y renovable anualmente. Se han encontrado también, según investigaciones sobre el 57% del territorio nacional, acuíferos con 110 000 millones de metros cúbicos de agua aprovechable no renovable susceptible de emplearse para riego en forma económica (12). Obviamente estos datos varían en función de la cobertura de los estudios e investigaciones.

Se ha estimado que existen, como complemento, 14 000 millones de metros cúbicos de agua en lagos y lagunas (13).

Tomando en cuenta la disponibilidad media anual de agua renovable como indicador de la cantidad del recurso se podría afirmar que es suficiente para satisfacer las demandas presentes y futuras del país en su conjunto, pero su mala distribución geográfica impide aprovecharlo a escala nacional, lo que refleja la magnitud del reto que representa para la ingeniería civil mexicana hacer factible dicho aprovechamiento.

Como se puede observar en el CUADRO 2.1, las grandes disponibilidades de agua se encuentran por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar y al sur de los paralelos 28° y 24° en las franjas costeras del Océano Pacífico y del Golfo de México, donde la precipitación es abundante mientras las necesidades más apremiantes se presentan arriba de esa altitud y al norte de dichos paralelos (14).

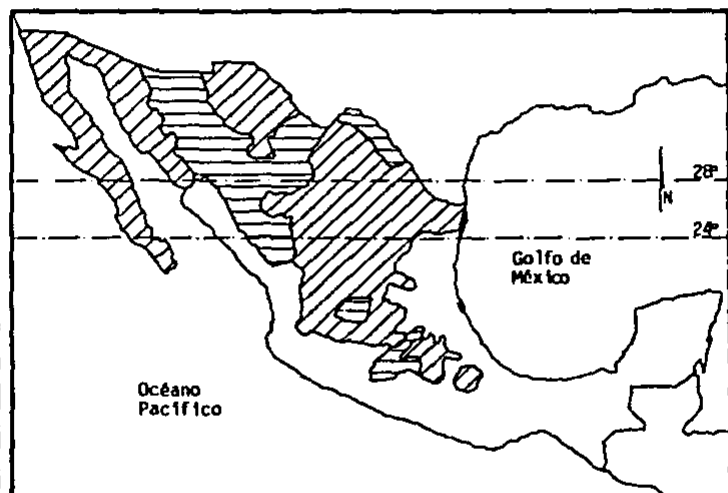
En la porción norte y en el Altiplano Central del país, más del




(12) "Un reto que crece", artículo de la revista Ingeniería Civil, (Colegio de Ingenieros-Civiles de México), número 244, México, agosto 1987, p. 28.

(13) Idem

(14) "Planeación de los sistemas de recursos hidráulicos", artículo de la revista Ingeniería, González Villanreal, F. (Facultad de Ingeniería, UNAM), número 4, vol. I, México 1980, p. 26.

## DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL TERRITORIO NACIONAL



-  Agua disponible
-  Agua disponible comprometida
-  Agua escasa

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Trabajo Profesional  
José Luis García Rivera

50% de la superficie total nacional, ocurre el 19% del escurrimiento superficial disponible y a la vez el 66% de la población total tiene sus asentamientos; además, ahí mismo se localiza el 70% de la industria manufacturera y el 45% de la superficie bajo riego (15). En contraste, en el sureste, 20% del territorio del país, ocurre más del 65% del volumen de escurrimiento total y el 20% de la población se encuentra en esta zona; allí la industria manufacturera es incipiente al igual que la superficie bajo riego. Arriba de los 2 000 metros sobre el nivel del mar se encuentra la cuarta parte de la población del país y sólo el 4% del escurrimiento medio anual, mientras que abajo de los 500 metros sobre el nivel del mar se encuentra aproximadamente el 4% de la población del país y el 50% del escurrimiento medio anual (16). Para efectos de comparación se presenta el CUADRO 2.2.

#### 2.1.2.2 Aprovechamiento

Las lluvias insuficientes y mal distribuidas en la mayor parte de nuestro país, aunadas a las condiciones abruptas de las cuencas de captación, reflejan condiciones irregulares en el escurrimiento de los ríos; éstos presentan por lo regular cortos recorridos y fuertes pendientes longitudinales causando que las corrientes presenten un régimen eminentemente torrencial y, por consiguiente, difíciles de aprovechar en su estado natural.

Con el propósito de regular y controlar los ríos para la mayor utilización del recurso, se han construido hasta la fecha, 1 264 presas de almacenamiento y derivación con una capacidad total de 124 745 millo-

(15) "Documento resumen", "Agua y desarrollo", consulta popular para la planeación. (Partido Revolucionario Institucional (PRI)). Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales (IEPES), México, 1982.

(16) *Idem*.

DISTRIBUCION DEL ESCURRIMIENTO, POBLACION, INDUSTRIA  
Y SUPERFICIES BAJO RIEGO.

	Norte y Altiplano Central	Sureste
% de la superficie nacional	50	20
% de escurrimiento	19	65
% de población	66	20
% de industria	70	mínimo
% de superficies bajo riego	45	mínimo

FUENTE: Instituto de Estudios Políticos, Económicos y Sociales, (IEPES/PRI).

Tesis Profesional  
José Luis García Rivera

nes de metros cúbicos de agua equivalentes al 30.5% de la disponibilidad superficial media anual (17).

Para fines de análisis, el Plan Nacional Hidráulico ha adoptado una regionalización que considera a la cuenca hidrológica como la unidad de planeación más adecuada para el manejo y aprovechamiento integral del agua desde el punto de vista físico. Esta consideración divide al país - en 14 regiones hidrológicas, las cuales se muestran en el CUADRO 2.3. -- Dicha regionalización ha permitido conocer la localización de los almacenamientos de agua en el país; éstos se muestran en el CUADRO 2.4.

Como se ha podido observar, los grandes almacenamientos se localizan principalmente en las regiones Noroeste, Bravo y Grijalva/Usumacinta. Los embalses de las dos primera regiones deben su magnitud a la gran demanda de agua para riego principalmente, ya que son zonas áridas escasas de humedad donde es necesario llevar el agua a los cultivos en forma artificial. En la región Grijalva/Usumacinta los almacenamientos se han destinado a la generación de energía eléctrica primordialmente.

Actualmente, del volumen total almacenado en los embalses del país, 124 745 millones de metros cúbicos\*, el 37% se destina a la generación de energía eléctrica, 33% al riego, 14% al control de avenidas y el 1% al abastecimiento de agua potable; El 15% restante es capacidad muerta. En consecuencia, la capacidad utilizable es de aproximadamente ----- 106 000 millones de metros cúbicos. En el CUADRO 2.5 se presenta la evolución del uso del agua almacenada desde el año 1950 hasta 1980. Como se ha observado, la tendencia del uso de agua para riego es decreciente.

(17) "Un reto que crece", artículo de la revista Ingeniería Civil, (Colegio de Ingenieros-Civiles de México), número 244, México, agosto 1987, p. 25.

\* Esta cifra es la suma de la capacidad de almacenamiento de cada presa; la cifra indicada se verá alterada y será mucho menor en las épocas de estiaje y peor aún de sequía.

## REGIONALIZACION HIDROLOGICA DEL PAIS



- I Baja California
- II Noroeste
- III Pacífico Centro
- IV Balsas
- V Pacífico Sur
- VI Bravo
- VII Golfo Norte

- VIII Papaloapan
- IX Orizaba/Alamogordo
- X Península de Yucatán
- XI Cuencas Conradas
- XII Lerma/Santiago
- XIII Valle de México
- XIV Costa Centro

FUENTE: Plan Nacional Hidráulico 1981. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Tesis Profesional  
José Luis García Rivas



## ALMACENAMIENTOS SUPERFICIALES DE AGUA POR REGIONES

Región	No. de presas	%	Almacenamiento total ( $10^6 m^3$ )	% de Almacenamiento
Baja California (I)	8	0.63	176	0.14
Morelos (II)	42	3.32	21 247	17.03
Pacífico Centro (III)	39	3.09	1 643	0.94
Balsas (IV)	86	6.80	1 727	1.39
Pacífico Sur (V)	28	2.22	2 066	1.66
Bravo (VI)	169	13.37	25 247	20.24
Golfo Norte (VII)	8	0.63	1 587	1.27
Papaloapan (VIII)	5	0.40	8 604	6.90
Guajalvo/Usulután (IX)	4	0.32	34 436	27.61
Península de Yucatán (X)	—	—	—	—
Cuencas Cerradas (XI)	162	12.82	5 930	4.75
Lerma/Santiago (XII)	583	46.12	7 852	6.29
Valle de México (XIII)	126	9.97	1 963	1.57
Costa Centro (XIV)	4	0.32	12 898	10.31
Total	1 264		124 745	100

NOTA: Para mostrar de otra manera estos datos, se presentan por entidades federativas en el CUADRO 2.4.1.

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, Dirección de Información y Estadística.

Tesis Profesional  
José Luis García Rivera

## ALMACENAMIENTOS SUPERFICIALES DE AGUA POR ESTADOS

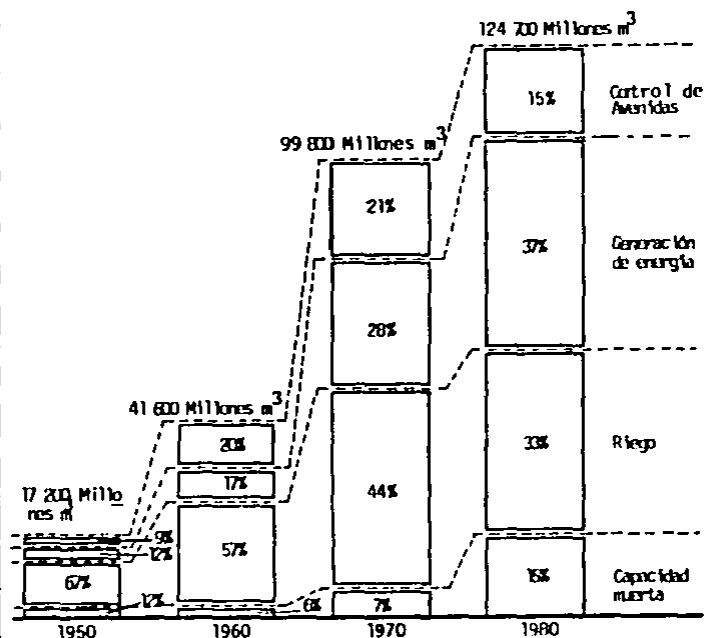
Estado	Almacanismos existentes (*)	%	Capacidad de Almacenamiento (hm <sup>3</sup> )	%
Agua Calientes	55	4.35	546	0.44
Baja California Norte	5	0.40	109	0.15
Baja California Sur	3	0.24	7	0.01
Coahuila	51	4.03	8 603	6.90
Colima	7	0.55	53	0.04
Chiapas	4	0.32	34 870	27.95
Chihuahua	62	4.91	5 541	4.44
Durango	92	7.28	5 731	4.59
Guanaajuato	163	12.90	2 354	1.92
Guerrero	12	0.95	475	0.38
Hidalgo	49	3.88	988	0.79
Jalisco **	174	13.77	2 657	2.12
México	60	4.75	1 320	1.05
Michoacán	108	8.54	14 513	11.63
Morelos	4	0.32	31	0.02
Nayarit	10	0.79	17	0.01
Nuevo León	57	4.51	162	0.17
Oaxaca	26	2.06	11 121	8.91
Puebla	9	0.71	712	0.57
Querétaro	65	5.14	312	0.25
San Luis Potosí	50	3.96	161	0.17
Sinaloa	14	1.11	10 232	8.20
Sonora	24	1.90	10 917	8.75
Tampulipas	36	2.85	11 140	8.93
Tlaxcala	16	1.27	86	0.06
Veracruz	4	0.32	1 269	1.01
Zacatecas	104	8.23	691	0.55
Total	1 264		124 745	

\* Almacanismos mayores de 0.5 hm<sup>3</sup>

\*\* No se incluye el Lago de Chapala

Ingeniero Profesional  
José Luis García Rivera

USOS DEL AGUA ALMACENADA



FUENTE: Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.  
 Comité de Estudio del Agua. Colegio de Ingenieros Civiles de México.

Trabajo Profesional  
 José Luis García Rivero

Debido a la gran demanda de agua en zonas áridas, cuyos almacenamientos superficiales son incapaces de satisfacerla, los acuíferos subterráneos son con frecuencia el único medio para saciar esa necesidad. - De los sesenta acuíferos de importancia que están en explotación, treinta y seis se sobreexplotan y en algunos de ellos se presentan graves problemas de calidad, de abatimiento indeseable de los niveles freáticos -- (lo que provoca infiltraciones mayores y grandes pérdidas en el momento de regar una superficie determinada) y de intrusión salina contaminando el subsuelo. Se puede observar en el CUADRO 2.6 que las regiones sobreexplotadas se encuentran en las zonas áridas del norte y del Altiplano Central del país carentes del agua superficial necesaria que demanda el riego y el abastecimiento de agua potable; ésta última a menor escala.

### 2.1.2.3 Uso de agua para riego

Se estima que la demanda de agua actual por año es del orden de los 46 000 millones de metros cúbicos para el riego de 5.8 millones de hectáreas. De dicho volumen se consumen casi 37 000 millones de metros cúbicos. (18).

De los productos incluidos en la canasta básica del Programa Nacional de Alimentación, el maíz y el trigo utilizan el 34% del volumen total consumido, mientras que el frijol, arroz, soya y cártamo usan en conjunto el 13% de dicho volumen; por otra parte, el jitomate, la caña de azúcar, el alfalfa y el algodón absorben el 35%. El otro 18% es utilizado en menor proporción por otros cultivos (19).

Respecto al aprovechamiento del agua, no será factible apro-

(18) "Extracción de agua de los almacenamientos", Agenda Estadística Agrícola. Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial. Subsecretaría de Planeación S.A.R.H., México, 1984, pp. 5 a 50.

(19) Idem.

REGIONES CON PROBLEMAS DE SOBREENPLOTAION  
DE AGUAS SUBTERRANEAS

- + Abatimiento de niveles freáticos
- \* Intrusión salina

FUENTE: Plan Nacional Hidráulico 1981. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Tesis Profesional  
José Luis García Rivera

vechar más del 75% del agua disponible a mediano plazo, ya que un gran número de proyectos hidráulicos presentan problemas sin solución con los métodos tecnológicos actuales y que en algunas cuencas no existen las -- condiciones naturales necesarias para desarrollar las obras hidráulicas-- indispensables para el control y utilización de los ríos (20).

El uso de agua para riego presenta una grave problemática, principalmente en la conducción y distribución de agua a las zonas de riego, ya que en este proceso se pierde gran cantidad del líquido causando la -- disminución de la eficiencia del sistema y por consiguiente la mala productividad de las tierras bajo riego. De esta problemática se tratará -- más ampliamente en el capítulo 4. de este trabajo.

### 2.1.3 Suelo

#### 2.1.3.1 Disponibilidad

Los suelos exigen un uso racional por parte del hombre, pues de estar sujetos a una explotación inadecuada sufrirían deterioros y se tornarían inútiles. Su aprovechamiento depende del buen uso de la técnica y la ciencia para mejorar el cultivo de las tierras y, en muchos casos, -- convirtiendo en fértiles los suelos que se consideraban estériles.

Las características climáticas del territorio mexicano hacen -- del riego una actividad prácticamente indispensable.

El 63% del área total nacional (1 953 128 kilómetros cuadrados) es árida, o sea que no es aprovechable para fines agrícolas sin riego; -- el 31% es semiárida, en la que solamente es posible desarrollar cultivos de temporal durante la estación de lluvias con serias limitaciones;--

(20) "Bases para el aprovechamiento racional de los recursos hidráulicos en México", artículo de la revista Ingeniería Hidráulica en México, Benassini, O. (Secretaría de Recursos Hidráulicos), número 4, vol. XXV, México, 1971, pp. 366 y 367.

el 5% de la superficie es semi/húmeda en la que prácticamente todos los años es posible obtener cosechas sin riego, aunque se considera conveniente para aumentar los rendimientos del terreno; y el 1% restante es húmedo y permite desarrollar productos todos los años sin necesidad de riego por la existencia de lluvias abundantes y bien distribuidas en el tiempo (21).

El riego, entonces, es indispensable en el 63% del área del país, necesario en el 31%, muy conveniente en el 5% e innecesario en el 1%; tomando en cuenta lo anterior se puede afirmar que nuestro país es un país árido y ello limita el desarrollo agrícola. El CUADRO 2.7 presenta el potencial agrícola de México considerando lo mencionado en este párrafo.

El riesgo de sequías tiene una gran relación con la aridez, por lo que amplias zonas del país son afectadas severamente por el fenómeno; la magnitud de la afectación se observa en el CUADRO 2.8.

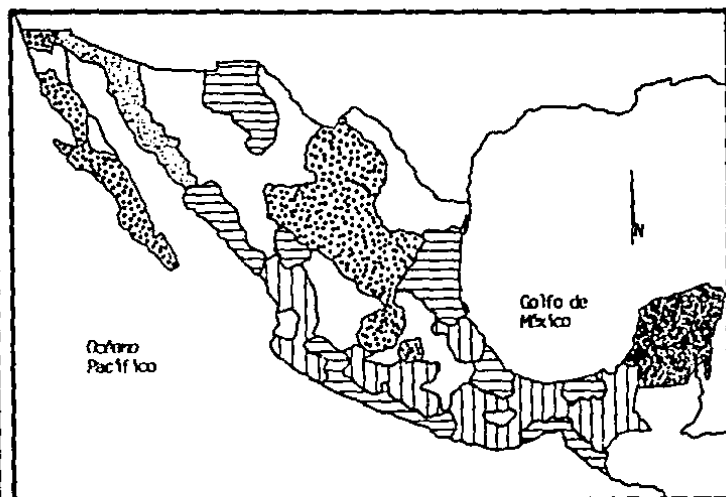
Aunado a lo anterior, por si fuera poco, las condiciones orográficas reducen las posibilidades agrícolas del país. México es uno de los países más montañosos de la Tierra y por esta característica se presentan fuertes pendientes a través del territorio limitando la calidad y extensión de las tierras aprovechables. El 36% de la superficie continental de México son tierras llanas con pendientes menores al 25%, el resto son terrenos abruptos o que por su naturaleza se destinan a otras actividades (silvicultura, ganadería, etc.) (22).







La topografía constituye el segundo factor limitativo de la uti

(21) "Bases para el aprovechamiento racional de los recursos hidráulicos en México", artículo de la revista Ingeniería Hidráulica en México, Benassini, O. (Secretaría de Recursos Hidráulicos), número 4, vol. XXV, México, 1971, pp. 375 a 378.

(22) "Suelos", Recursos Naturales, Bassols B., Angel. México, 1975, p. 161.

## POTENCIAL AGRICOLA DEL TERRITORIO NACIONAL



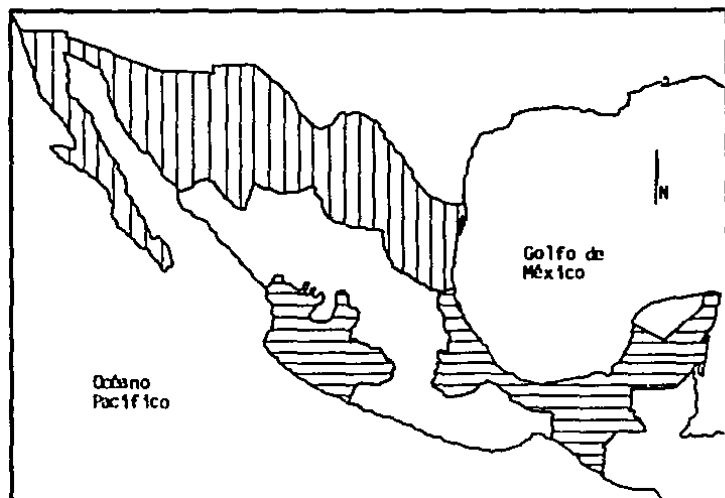
-  Agua y suelo disponibles
-  Suelo disponible y agua escasa con posibilidad de importación
-  Suelo escaso y abundancia de agua
-  Agua escasa; disponible sólo para uso urbano/industrial
-  Conflictos en los usos del agua por cantidad o calidad
-  Posibles problemas de contaminación de aguas subterráneas sin escurrimiento superficial




FUENTE: Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Tesis Profesional  
José Luis García Riera



INCIDENCIA DE SEQUÍAS EN LOS ÚLTIMOS 100 AÑOS



-  Alta, mayor de 12 sequías
-  Media, de 7 a 12 sequías
-  Baja, menor de 7 sequías

FUENTE: Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Tests Profesional  
José Luis García Rivera

lización agrícola del territorio nacional.

Tomando en cuenta los factores hidrológicos, climáticos y orográficos, se ha estimado que el área total regable alcanza los 12 300 000 hectáreas incluyendo 3 000 000 de hectáreas regables con aguas subterráneas, y de cultivo de temporal, los 23 208 500 hectáreas en condiciones aleatorias de acuerdo con su ubicación, incluyendo 2 000 000 de hectáreas localizadas en las zonas húmedas donde se requieren obras de control y encausamiento de los ríos. Lo anterior hace un total de 35 508 500 hectáreas abiertas a la agricultura. Para tener idea de la magnitud de las superficies mencionadas se elaboró el CUADRO 2.9.

### 2.1.3.2 Aprovechamiento

Además de la disponibilidad de suelo para riego citada anteriormente, la difícil y variada constitución de las tierras mexicanas permitiría la práctica de otras actividades económicas, como la cría de ganado en pastizales (13% del territorio nacional) y la explotación silvícola y forestal (27% de la superficie del país). Estas actividades productivas, junto con el potencial agrícola, ocupan el 57% del territorio mexicano (23).

### 2.1.3.3 Uso de suelo para riego

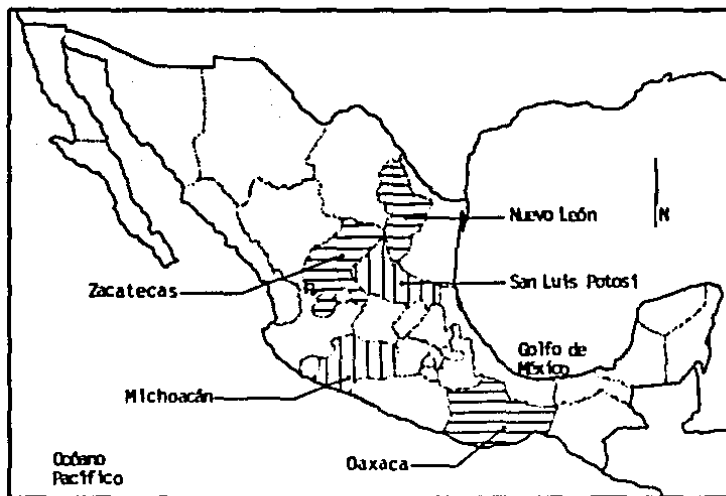
De los 35.5 millones de hectáreas aptas para la agricultura, 5.8 millones se emplean actualmente bajo riego y 21 millones con agricultura de temporal (24).

En nuestro país las tierras bajo riego están concentradas principalmente en las regiones donde se localizan grandes almacenamientos de

(23) "Uso del suelo", Cómo es México, (Secretaría de Programación y Presupuesto), México, 1978, p. 107.

(24) "Programa Nacional de Uso Eficiente de la Infraestructura Hidroagrícola", Documento Central, (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), México, 1986, p. 1.

MAGNITUD DE COMPARACION DE LA SUPERFICIE CULTIVABLE



Superficie cultivable con agricultura de temporal.

Superficie equivalente a las superficies de los Estados:

Nuevo León	64 924 km <sup>2</sup>
Zacatecas	73 252 km <sup>2</sup>
Oaxaca	93 952 km <sup>2</sup>
	<u>232 128 km<sup>2</sup> = 23 212 800 ha *</u>

Superficie cultivable con agricultura de riego.

Superficie equivalente a las superficies de los Estados:

San Luis Potosí	63 068 km <sup>2</sup>
Michoacán	59 928 km <sup>2</sup>
	<u>122 996 km<sup>2</sup> = 12 299 600 ha **</u>

\* Cifra aproximada a 23 208 500 ha disponibles para temporal.

\*\* Cifra aproximada a 12 300 000 ha disponibles para riego.

FUENTE: Mayorías Técnicas del XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C. 1983.

Tesis Profesional  
José Luis García Rivera

agua, como en los Estados de Sinaloa y Sonora que poseen entre ellos casi una tercera parte del total nacional del área irrigada; en el noreste, Tamaulipas y Nuevo León contienen el 12.1%; en el centro de la República, los Estados de Guanajuato, Puebla, Michoacán y Jalisco, disponen en conjunto del 21.7% y en el norte, Chihuahua, el 4.9%; el resto de las áreas de riego se encuentran dispersas en el territorio nacional (25).

En el CUADRO 2.10 se presenta la localización de las zonas de riego del país (el cuadro se ha dividido en tres para mayor facilidad gráfica).

Además de la problemática natural para el uso del suelo para fines agrícolas, existen otros factores que degradan al recurso, como las inundaciones por deficiente drenaje interno o por métodos y políticas de riego inadecuados, salinidad, sodicidad, acidez, fijación de fósforo, erosión, utilización exagerada de fertilizantes, plaguicidas y malas prácticas de cultivo. Todas estas circunstancias inciden negativamente en la productividad del terreno.

## 2.2 Agricultura de riego: su necesidad, su importancia

### 2.2.1 Introducción

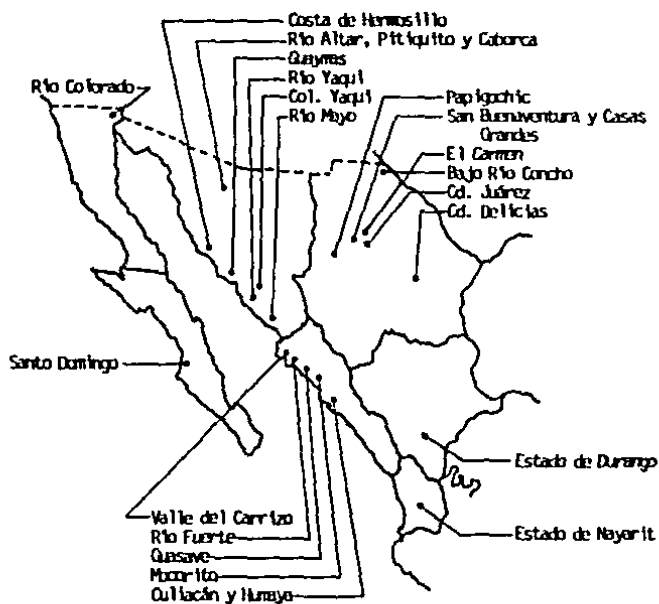
Se ha afirmado en organismos de alcance internacional, que cuando menos dos terceras partes de la humanidad viven en la desnutrición y en la verdadera hambre\*. A la fecha no se ha comprobado esta afirmación:

(25) Conferencia: "Las obras de infraestructura y la ampliación de las áreas de cultivo", Dr. Fernando González Villarreal, Colegio de Ingenieros Civiles de México; México, a gusto 1983.

\*Uso del suelo", Cómo es México, (Secretaría de Programación y Presupuesto), México, 1978, p. 107.

\* Esta afirmación fue hecha por Lord Boyd Orr, Director de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), Nueva York, 1951.

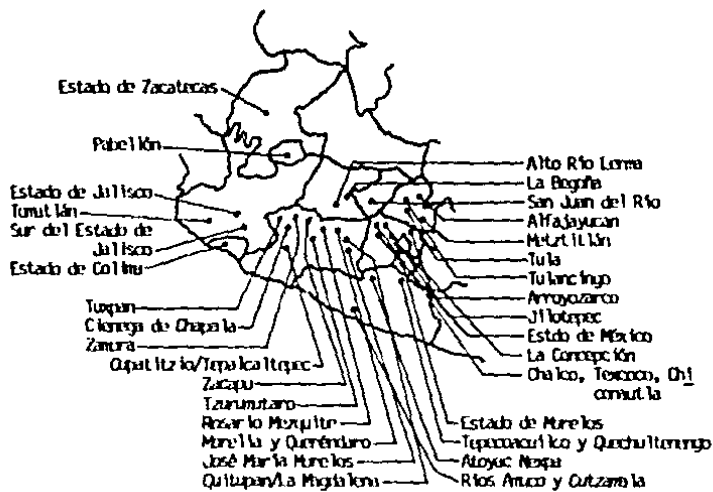
### LOCALIZACION DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE RIEGO EN MEXICO



FUENTE: Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial,  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos.

Tesis Profesional  
José Luis García Rivera

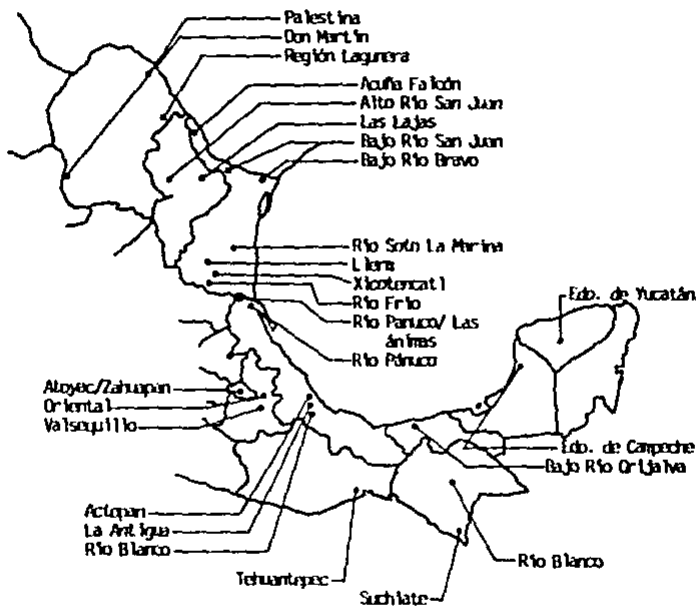
LOCALIZACION DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE RIEGO EN MEXICO



FUENTE: Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Tejista Profesional  
José Luis García Rivera

LOCALIZACION DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE RIEGO EN MEXICO



FUENTE: Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial.  
 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Tesis Profesional  
 José Luis García Rivera

sin embargo, lo que sí se sabe es que existe escasez de alimentos que, - para algunos analistas quiere decir que los países en vías de desarrollo no producen lo suficiente en sus agriculturas para que se pueda alimentar el creciente número de su población.

Grandes extensiones de países subdesarrollados se cultivan por medio de la agricultura de temporal; si las lluvias no ocurren a tiempo se pierde la cosecha, si los campesinos no cosechan no tienen alimento, - pero tampoco dinero para comprar otros alimentos. Por ello, la producción agrícola de un país no debe basarse en este tipo de agricultura aleatoria, y menos en los tiempos actuales que presentan un alto crecimiento demográfico; lo que ocasiona las grandes demandas de producción.

Así mismo, esta situación incide negativamente y de manera muy considerable en la economía de una nación, ya que se tienen que importar grandes cantidades de alimentos para cubrir la demanda que la producción local no puede. Esto genera cuantiosas pérdidas de divisas y se debilita la economía, debido a que los excedentes agrícolas de los países ricos resultan a veces inalcanzables para los pobres por los altos precios. Esa suerte es la que ha corrido nuestro país en los últimos 18 años. Actualmente es patente la insuficiencia de producción agrícola nacional, y cada año que transcurre, la necesidad de incrementarla es dramáticamente más urgente, en virtud de la elevadísima tasa de crecimiento demográfico.

Por lo anterior, corresponde a los mexicanos realizar esfuerzos para que nuestra agricultura atienda a las siguientes prioridades:

1° Producir en nuestras tierras alimentos suficientes para elevar la oferta por habitante sin tener que recurrir a la importación de bienes comestibles de origen agrícola.



2º Abastecer a la industria nacional de materias primas teniendo en cuenta la reducción de importaciones de productos primarios o semielaborados de origen agrícola.

3º Contribuir al fortalecimiento y diversificación de nuestra economía destinando remanentes hacia los mercados internacionales para la captación de divisas.

De las prioridades surge la necesidad de incrementar la incorporación de nuevas superficies regables, ya que con la práctica eficiente de la agricultura de riego se crean nuevas tierras cultivables donde las condiciones naturales no permitirían ningún cultivo por falta de agua, a la vez se aumenta la calidad y cantidad de los productos que requiere la población y se consiguen altos rendimientos de producción y se aseguran las cosechas durante todo el año.

Paralelamente a lo anterior se deben llevar a cabo las acciones necesarias para aumentar la productividad de las zonas de riego en operación mediante obras de rehabilitación o mejoramiento que se requieran. Todo encaminado a alcanzar las metas definidas como prioritarias.

## 2.2.2 Breve diagnóstico de la producción agrícola nacional

A partir de la década de los años cuarentas, las proporciones de las exportaciones eran considerables. En 1940 se exportaba el 5% de la producción agrícola nacional y en 1960 el 11%. Tales exportaciones -- llegaron a representar en 1950 el 28.3% del flujo total de exportaciones de bienes y servicios del país, y el 26% en 1960 (26).

(26) "Desarrollo del sector agropecuario y rural", Memoria Técnica. Ponencias maestras, -- XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Jardines Moreno, J., Lavín Ortiz, F., Salinas de Gortari, R. (Colegio de Ingenieros Civiles de México), México, 1963, pp. 14/15.

Por otra parte, de las importaciones que recibía el país en --- 1945, el 20% lo constituían los cereales consumidos internamente\*; situación que cambia en los decenios siguientes debido al aumento registrado en la producción; con ello se logra que en 1960 desaparezcan los déficit alimenticios, y a partir de 1963 la producción nacional supera la demanda interna permitiendo la exportación de grandes cantidades de maíz y -- trigo. Dicha tendencia se invierte en los primeros años de la década de los setentas; las importaciones de cereales básicos llegan a representar el 20% del consumo interno del país (27). Esta situación no ha cambiado a la fecha.

Según cifras obtenidas del movimiento del comercio exterior de México en 1987, señalan que el 17% del consumo nacional de trigo y maíz se cubre con importaciones (28).

La necesidad de importar productos agrícolas del exterior se debe a la gran demanda interna del país que la producción nacional no es capaz de satisfacer. Aquí se nota un desequilibrio económico y demográfico; a medida que la población crece aumenta también la demanda y debería aumentar también la producción interna también, sin embargo, esta última etapa del proceso aumenta pero no en la misma proporción. La causa de ello es una problemática que va desde la desviación de los recursos financieros del país hacia otros sectores, como el industrial y el energético, descuidando el agrícola, hasta la cultura e idiosincracia del campesino mexicano.

\* Se han tomado para el análisis el maíz y el trigo.

(27) "Agricultura y ganadería", Aguas. Grupos de trabajo para la elaboración del Plan de Gobierno 1962/1968. Documento preliminar. México, 1962, p. 39.

(28) "Comercio exterior", V Informe de Gobierno. Anexo estadístico. Lic. Miguel de La Madrid Hurtado; México, septiembre 1987, pp. 342 a 370.

### 2.2.3 Análisis de la productividad de las zonas de riego en México

Desde el inicio de la operación y funcionamiento de las primeras zonas de riego en México se han presentado cambios importantes en los indicadores de su productividad saltando a la vista la existencia de una grave problemática.

Para poner en evidencia el desarrollo de tal problemática se analizaron, mediante índices de crecimiento, los cambios ocurridos en ciertos aspectos que reflejan las condiciones productivas de las zonas de riego en un año determinado. En función de la información disponible se ha analizado un periodo que inicia en 1956 y termina en 1987 y comprende el comportamiento de la producción de los 52 cultivos principales que han representado alrededor del 97% del valor total de la producción y de la superficie cosechada. Los cultivos mencionados se presentan en el CUADRO 2.11.

En el CUADRO 2.12 se puede observar el desenvolvimiento de los índices de crecimiento del valor de la producción, de los rendimientos de producción, de las superficies y de los precios de los cultivos generados en las zonas de riego.

Los índices de crecimiento del valor de la producción, en general, descendieron desde un 15.3% en 1956 hasta el 4.5% en 1970 y a partir de entonces este índice no se ha incrementado considerablemente. Desde el punto de vista estadístico el valor de la producción ha presentado relativamente un crecimiento constante variando entre el 4.5% y el 6% -- desde 1970 hasta 1987; aparentemente existe un "crecimiento" pero si se compara este indicador con otros aspectos de la realidad (que sería un error omitir) como el crecimiento demográfico, inflación, incremento de -

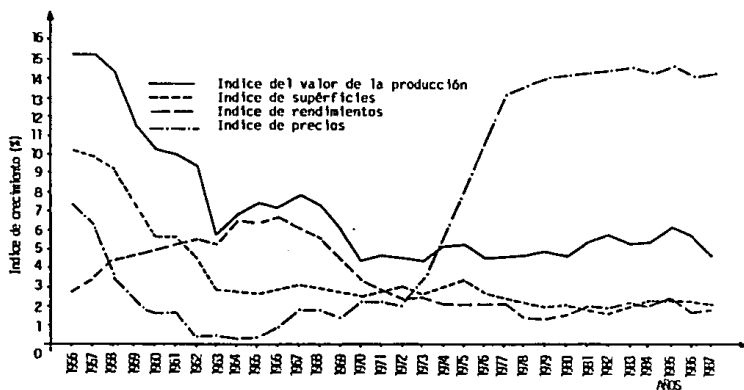
## PRINCIPALES CULTIVOS EN ZONAS DE RIEGO

<u>GRANOS</u>	<u>OTRAS ALIMENTICIAS</u>	<u>FRUTALES</u>	<u>OLEAGINOSAS</u>
Alpiste	Ajo	Aguate	Ajonjolí
Arroz	Berenjena	Cacao	Cacahuete
Arvejon	Camote	Café	Cártamo
Avena	Cebolla	Chabacano	Linaza
Cebada	Chicharo	Ciruelo	Palma de coco
Frijol	Chile seco	Durazno	Soya
Garbanzo	Chile verde	Limon	
Haba	Ejote	Manzana	
Lenteja	Fresa	Naranja	
Maiz	Jicama	Nogal	
Sorgo	Jitomate	Papaya	
Trigo	Melón	Pera	
	Papa	Plátano	
	Sandía	Vid	
	Tomate	Mango	
<u>FORRAJERAS</u>	<u>INDUSTRIALES</u>	<u>TEXTILES</u>	
Alfalfa	Caña de azúcar	Algodón	
	Tabaco		
<u>CONSUMO HUMANO</u>	<u>CONSUMO ANIMAL</u>	<u>DEMANDA EXTERNA IMPORTANTE</u>	
Arroz	Sorgo	Cacao	
Frijol	Alfalfa	Café	
Maiz		Algodón	
Trigo		Jitomate	
		Fresa	

FUENTE: Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial. SRRH

Tesis Profesional  
José Luis García Rivera

EVOLUCION DE LA PRODUCCION NACIONAL EN ZONAS DE RIEGO



FUENTE: Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Banco de México.

Trabajo Profesional  
Luis García Rivas

importaciones y reducción de exportaciones el supuesto "crecimiento" resulta todo lo contrario.

El índice de crecimiento de las superficies, muy alto a partir de la apertura de las zonas de riego, descendió desde el 10% en 1956 hasta el 3% en 1963, nivel en que se mantuvo hasta 1975 para finalmente descender hasta valores cercanos al 2 % en los 12 años siguientes (29).

El comportamiento descendente de las superficies bajo riego se debe a que a partir de los últimos años de la década de los sesentas el país empezó a transformarse de un país agrícola a un país industrial destinando mayor inversión pública hacia el ramo industrial, principalmente el energético.

En sentido opuesto, los índices de crecimiento de los rendimientos se iniciaron con valores bajos (2.8%) a partir de 1956 aumentando -- hasta llegar al 6.5% en 1964, debido a mejoras genéticas, pero empezaron a declinar hasta el 1.5% en 1978, situación que no ha mejorado. Esta deficiencia se debe a un obvio descuido y a una lamentable falta de atención a las tierras habilitadas con infraestructura hidroagrícola y a los productos que en ellas se producen o se intentan producir (30).

En cuanto al índice de precios, éste descendió en forma rápida en los primeros periodos desde los altos valores alcanzados a mediados -- de la década de los cincuentas hasta valores de 0.5% en 1964; en años -- posteriores se recuperaron un poco hasta 1972, año en el que, como sucedió con los índices de precios a nivel nacional, se inició un periodo -- brusco ascendente hasta nuestros días (31).

(29) "Agricultura", Plan Nacional Hidráulico 1981. Anexo 3. Usos de Agua. (Comisión del -- Plan Nacional Hidráulico. SRAH), México, 1981, pp. 1.2 a 1.29.

(30) Idem.

(31) Idem.

A pesar de los bajos índices de crecimiento de obras de irrigación actualmente se encuentran habilitadas con infraestructura hidroagrícola, aproximadamente, 5.8 millones de hectáreas (32) en las cuales se origina poco menos de la mitad de la producción agrícola total nacional, y hacen que México ocupe el séptimo lugar en el mundo en lo que a superficie bajo riego se refiere, después de China, India, Estados Unidos, Pakistán, U.R.S.S. e Indonesia (33).

A continuación se presentan los CUADROS 2.13, 2.14, 2.15, 2.16, 2.17 y 2.18 que muestran, respectivamente, la producción de alimentos para la canasta básica recomendable del Programa Nacional de Alimentación-cosechados en zonas de temporal en los últimos once años\*, la producción de alimentos básicos cosechados en zonas de riego, los rendimientos de producción agrícola en temporal y riego de los alimentos básicos recomendados, los rendimientos promedio presentados en los últimos once años, la participación de las zonas de temporal y de riego en la producción y en la superficie cosechada en cada uno de los últimos once años y, la participación de los cultivos básicos en la superficie cosechada bajo riego.

Para fines de comparación como se ha observado en el ----- CUADRO 2.15, los rendimientos obtenidos de la producción agrícola en zonas de riego son mayores que los encontrados en las zonas donde se prac-

(32) "Programa Nacional de Uso Eficiente de la Infraestructura Hidroagrícola", Documento Central, (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), México, 1986, p. 1.

(33) "Cinco siglos de lucha por el agua", artículo de la revista Ingeniería Civil, (Colegio de Ingenieros Civiles de México), México, 1981, número 222, p. 19.

\* Se han seleccionado 8 cultivos para el análisis: arroz, frijol, maíz, trigo, ajonjolí, sorgo, soya y cártamo. Estos constituyen los alimentos de origen agrícola de la canasta básica.

CUADRO 2.13

PRODUCTOS BASICOS AGRICOLAS COSECHADOS EN ZONAS DE  
AGRICULTURA DE TEMPORAL EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS

	Aroz	Frijol	Maíz	Trigo	Ajonjolí	Sorgo	Soya	Cártamo	Total
1977									
P (10 <sup>3</sup> ton)	143	567	7709	123	164	2510	85	220	11 441
S (10 <sup>3</sup> has)	73	1466	6430	54	154	961	102	250	9 609
1978									
P (10 <sup>3</sup> ton)	89	569	8309	132	102	1803	64	66	11 134
S (10 <sup>3</sup> has)	46	1374	6244	96	192	517	74	104	8 949
1979									
P (10 <sup>3</sup> ton)	95	316	6062	86	69	1634	68	144	8 524
S (10 <sup>3</sup> has)	43	838	4725	78	179	615	72	175	6 725
1980									
P (10 <sup>3</sup> ton)	121	665	9233	145	84	2588	23	120	13 079
S (10 <sup>3</sup> has)	52	1325	5661	108	198	1064	17	169	8 584
1981									
P (10 <sup>3</sup> ton)	164	938	11541	221	56	3472	79	96	16 567
S (10 <sup>3</sup> has)	66	1674	6688	150	129	1094	58	176	10 035
1982									
P (10 <sup>3</sup> ton)	113	1092	6792	846	3	2389	42	12	11 289
S (10 <sup>3</sup> has)	60	1232	4538	217	60	705	75	53	6 440
1983									
P (10 <sup>3</sup> ton)	94	828	10024	674	29	2726	-	-	14 445
S (10 <sup>3</sup> has)	56	1629	6223	177	108	1019	5	-	9 217
1984									
P (10 <sup>3</sup> ton)	299	560	9800	476	30	2577	291	-	13 933
S (10 <sup>3</sup> has)	84	1410	5995	153	105	1070	182	-	8 999
1985									
P (10 <sup>3</sup> ton)	208	864	11161	294	43	3564	49	-	16 203
S (10 <sup>3</sup> has)	60	1634	6546	160	98	1131	129	-	9 757

Tests Profesional  
José Luis García Rivero



PRODUCTOS BÁSICOS AGRÍCOLAS COSECHADOS EN ZONAS DE  
AGRICULTURA DE TEMPORAL EN LOS ÚLTIMOS 11 AÑOS

	Arroz	Frijol	Milz	Trigo	Ajónjolí	Sorgo	Soya	Cártamo	Total
1986									
P (10 <sup>3</sup> ton)	102	835	8769	269	11	2332	71	41	12 430
S (10 <sup>3</sup> has)	67	1606	5365	167	44	943	42	139	8 308
1987									
P (10 <sup>3</sup> ton)	301	905	11317	7	45	3704	354	154	16 807
S (10 <sup>3</sup> has)	-	2118	7524	4	140	1532	227	312	1 185

P = Producción

S = Superficie

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.  
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.  
V Informe de Gobierno (1987). Anexo Estadístico.

Yesis Profesional  
José Luis García Rivera

PRODUCTOS BASICOS AGRICOLAS COSECHADOS EN ZONAS  
DE AGRICULTURA DE RIEGO EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS

	Aroz	Frijol	Miz	Trigo	Ajonjolí	Sorgo	Soya	Cártamo	Total
1977									
P (10 <sup>3</sup> ton)	369	174	2158	2027		1913	409	370	7 420
S (10 <sup>3</sup> has)	92714	141093	867799	551973		482386	213715	231785	2 571 465
1978									
P (10 <sup>3</sup> ton)	300	167	2163	2434	40	2063	252	503	7 922
S (10 <sup>3</sup> has)	67223	144014	820910	589155	46156	498194	134909	327034	2 627 634
1979									
P (10 <sup>3</sup> ton)	381	223	2018	2104	92	2265	627	490	8 200
S (10 <sup>3</sup> has)	100981	178469	766940	454885	127882	552543	311204	361121	2 854 025
1980									
P (10 <sup>3</sup> ton)	321	216	2199	2453	53	2130	279	370	8 021
S (10 <sup>3</sup> has)	76191	191345	879966	573033	67334	533637	130217	262478	2 717 291
1981									
P (10 <sup>3</sup> ton)	492	367	2726	2640	14	2675	609	252	9 775
S (10 <sup>3</sup> has)	111818	308305	913728	634495	17795	634436	300066	232873	3 156 176
1982									
P (10 <sup>3</sup> ton)	308	428	3337	3827	28	2347	606	233	11 264
S (10 <sup>3</sup> has)	95821	348733	105131	810808	30757	570367	300677	136203	3 398 457
1983									
P (10 <sup>3</sup> ton)	321	453	3037	2786	58	2051	737	434	9 877
S (10 <sup>3</sup> has)	77273	367199	118020	679670	56171	498729	386015	275055	3 538 072
1984									
P (10 <sup>3</sup> ton)	179	359	2944	3950	26	2236	354	250	10 298
S (10 <sup>3</sup> has)	40196	296134	1015445	862957	25349	503074	185545	177973	3 098 283
1985									
P (10 <sup>3</sup> ton)	271	342	3079	4441	27	2675	514	227	11 576
S (10 <sup>3</sup> has)	58426	228025	1036272	937270	22900	582354	278952	141571	3 285 770

Tejís Profesional  
José Luis García Rivero

PRODUCTOS BÁSICOS AGRÍCOLAS COSECHADOS EN ZONAS  
DE AGRICULTURA DE RIEGO EN LOS ÚLTIMOS 11 AÑOS

	Arroz	Frijol	Maíz	Trigo	Ajonjolí	Sorgo	Soya	Cártamo	Total
1986									
P (10 <sup>3</sup> ton)	331	250	2952	4531	48	2441	638	120	11 341
S (10 <sup>3</sup> has)	94006	213662	128733	133000	58390	564364	33868	66259	3 418 133
1987									
P (10 <sup>3</sup> ton)	139	354	2783	4002	22	2502	334	168	10 304
S (10 <sup>3</sup> has)	31883	258963	98836	97380	22312	576429	76418	85475	3 121 543

P = Producción

S = Superficie

FUENTE: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.  
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.  
V Informe de Gobierno (1987). Anexo Estadístico.

Tests Profesional  
José Luis García Rivero

CUADRO 2.15

RENDIMIENTOS DE PRODUCCION AGRICOLA EN SUPERFICIES BAJO RIEGO Y TEMPORAL EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS DE LOS PRODUCTOS BASICOS SE LECCIONADOS

AÑOS	Arroz (ton/ha)	Frijol (ton/ha)	Maíz (ton/ha)	Trigo (ton/ha)	Ajónjolí (ton/ha)	Sorgo (ton/ha)	Soya (ton/ha)	Cártamo (ton/ha)
1977								
Riego	3.95	1.23	2.52	3.67		3.97	1.91	1.60
Temporal	1.96	0.39	1.19	1.23	0.57	2.61	0.63	0.86
1978								
Riego	4.46	1.16	2.63	4.13	0.87	4.14	1.87	1.54
Temporal	1.93	0.41	1.33	1.58	0.53	2.20	0.86	0.63
1979								
Riego	3.77	1.25	2.63	4.63	0.72	4.09	2.01	1.36
Temporal	2.21	0.44	1.28	1.10	0.39	2.66	0.94	0.82
1980								
Riego	4.21	1.11	2.50	4.28	0.79	3.99	2.14	1.41
Temporal	2.32	0.50	1.65	1.34	0.42	2.43	1.36	0.71
1981								
Riego	4.40	1.19	2.98	4.16	0.79	4.22	2.01	1.08
Temporal	2.43	0.56	1.73	1.47	0.43	3.17	1.36	0.55
1982								
Riego	4.15	1.40	3.02	4.72	0.91	4.11	2.01	1.71
Temporal	1.83	0.89	1.50	3.90	0.05	3.39	0.56	0.23
1983								
Riego	4.15	1.23	2.54	4.10	1.03	4.11	1.81	1.58
Temporal	1.68	0.51	1.61	3.81	0.27	2.74	-	-
1984								
Riego	4.45	1.25	2.90	4.58	0.99	4.44	1.91	1.40
Temporal	3.56	0.41	1.63	3.11	0.29	2.36	1.60	-
1985								
Riego	4.64	1.50	2.97	4.74	1.18	4.59	1.89	1.60
Temporal	3.47	0.54	1.71	1.84	0.44	3.15	0.38	-
1986								
Riego	4.30	1.17	2.86	4.36	0.82	4.17	1.88	1.84
Temporal	1.52	0.52	1.63	1.61	0.25	2.52	1.69	0.29
1987								
Riego	4.36	1.32	2.81	4.11	0.99	4.34	1.91	1.97
Temporal	-	0.44	1.50	1.75	0.32	2.41	1.56	0.49

FUENTE: CUADROS 2.13 y 2.14

Testis Profesional  
José Luis García Rívera

RENDIMIENTOS PROMEDIO EN ZONAS DE AGRICULTURA DE  
 RIEGO Y DE TEMPORAL EN EL PERIODO DE 11 AÑOS ANA  
 LIZADO

	RIEGO (ton / ha)	TEMPORAL (ton / ha)	COEF. DE COM PARACION
Arroz	4.26	2.30	1.85
Frijol	1.26	0.51	2.47
Maíz	2.76	1.52	1.82
Trigo	4.31	2.05	2.10
Ajonjolí	0.91	0.36	2.53
Sorgo	4.20	2.69	1.56
Soya	1.95	1.11	1.77
Cártamo	1.55	0.58	2.67

FUENTE: CUADRO 2.15

Tesis Profesional  
 José Luis García Rivera

PARTICIPACION DE LA AGRICULTURA DE RIEGO Y DE TEMPORAL EN LA PRODUCCION AGRICOLA TOTAL NACIONAL Y EN LA SUPERFICIE COSECHADA DE ALIMENTOS BASICOS EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS

AÑO	RIEGO		TEMPORAL		PROD. TQAL (100%) (10 <sup>6</sup> ton)	SUP. TOTAL (100%) (ha)
	P (%)	S (%)	P (%)	S (%)		
1977	37	21	61	73	18 861	12 130 465
1978	42	23	58	77	19 056	11 576 694
1979	49	30	51	70	16 725	9 579 025
1980	38	24	62	76	21 700	11 301 201
1981	37	24	63	76	26 342	13 191 176
1982	50	33	50	67	22 553	10 338 487
1983	41	28	59	72	24 322	12 755 072
1984	42	26	58	74	24 291	12 097 283
1985	42	25	58	75	27 779	13 042 770
1986	48	29	52	71	23 831	11 816 133
1987	36	21	62	79	27 111	14 979 543

FUENTE: CUADROS 2.13 y 2.14

Tesis Profesional  
José Luis García Rivero

## PARTICIPACION DE LOS CULTIVOS BASICOS EN LA SUPERFICIE COSECHADA BAJO RIEGO EN LOS ULTIMOS 11 AÑOS

AÑO	SUPERFICIE HABILITADA ACUMULADA (10 <sup>3</sup> ha)	SUPERFICIE SEMBRADA (10 <sup>3</sup> ha)	SUPERFICIE COSECHADA (10 <sup>3</sup> ha)	PARTICIPACION DE LOS CULTI- VOS BASICOS (ha)	% DE LA SUPER- FICIE COSECHA- DA
1977	5 120	4 664	4 406	2 571 465	57
1978	5 220	4 976	4 818	2 627 694	55
1979	5 270	5 262	4 957	2 854 004	58
1980	5 300	5 213	4 868	2 717 201	56
1981	5 400	5 497	5 133	3 156 176	61
1982	5 467	5 520	5 053	3 398 487	67
1983	5 534	5 457	4 845	3 538 072	73
1984	5 604	5 393	5 005	3 098 200	61
1985	5 672	5 798	5 453	3 285 770	60
1986	5 725	5 557	5 176	3 418 133	66
1987	5 800	5 408	5 054	3 121 543	61

FUENTE: CUADRO 2.14

Tesis Profesional  
José Luis García Rívera

tica la agricultura de temporal. Los rendimientos de producción bajo riego, en promedio, dominan a los obtenidos bajo condiciones de temporal en un rango que va desde 1.56 a 2.67 veces, como lo muestra el CUADRO 2.16. - De aquí la importancia de abrir más tierras al riego o por lo menos de rehabilitar y mejorar las condiciones funcionales y operativas de las ya existentes para aumentar la producción, y con ella, los rendimientos; lo que constituye la principal ventaja de la agricultura de riego sobre la de temporal.

Aunque los rendimientos en zonas de riego sean los más altos de la agricultura nacional, deben considerarse muy bajos al tener en cuenta las eficiencias débiles de estas zonas, que en los casos más favorables, y que desgraciadamente son muy pocos, apenas alcanzan un 60% (34); se quiere decir con esto, que poco más de la mitad de su potencial productivo queda inutilizado o prácticamente mal aprovechado. Los factores que causan estas bajas eficiencias se plantearán en el capítulo 4. de este trabajo.

Respecto a la incidencia de la producción agrícola en zonas de riego en la total nacional, el CUADRO 2.17 muestra su comportamiento en los últimos once años. Se puede observar que en el año 1982 la producción en zonas de riego de los alimentos básicos seleccionados (arroz, frijol, maíz, trigo, ajonjolí, sorgo, soya y cártamo) cubrió la mitad de la obtenida en todo el país en tan sólo la tercera parte de la superficie total empleada para el cultivo de dichos productos. En general, en las zonas de riego se ha generado cada año una parte importante de la --

(34) "Algunas causas por las que no se aprovecha eficientemente la infraestructura hidráulica", Pérez Ponce, L. Ponencia. Memorias del 9º Congreso Nacional de Hidráulica, (Asociación Mexicana de Hidráulica), Querétaro, 1986, tomo III, p. 140.



producción total nacional de alimentos básicos en una proporción de superficie considerablemente menor a la empleada por la agricultura de temporal.

Finalmente, se elaboró el CUADRO 2.18 con el propósito de mostrar la importancia que tiene el cultivo de los alimentos básicos seleccionados en zonas de riego y fundamentar así la decisión de utilizar este grupo de productos como muestra estadística para el análisis realizado. Se puede observar en este cuadro que la participación de los cultivos recomendados para la canasta básica alimentaria en la superficie cosechada bajo riego es importante y alcanza cifras de más de la mitad de la superficie cosechada en el país.

Es necesario mencionar un detalle de la agricultura de riego y que se refleja en el CUADRO 2.18. Los años 1981, 1982 y 1985 presentan una superficie sembrada mayor que la habilitada; ésto se debe a la práctica de cultivos dobles y segundos cultivos. Los cultivos dobles son aquéllos que se obtienen en los dos ciclos agrícolas en un año: ciclo primavera/verano y ciclo otoño/invierno. Los segundos cultivos son aquéllos que pueden compartir una misma superficie para su desarrollo; es decir, por ejemplo, que una hectárea cultivada con árboles de aguacate puede albergar también, al mismo tiempo, plantas de frijol; así, esa hectárea se cuantifica doblemente: para la producción de frijol y para la producción de aguacate. Para esta práctica, los cultivos perennes\* casi siempre comparten superficies con los cultivos cíclicos\*\*.

\* Los cultivos perennes son aquellos árboles o arbustos que lleva tiempo su maduración para dar frutos, y para que produzcan no es necesario sembrarlos cada período.

\*\* Los cultivos cíclicos son aquellos que se siembran y cultivan en los ciclos de primavera/verano y otoño/invierno.

## 2.2.4 Requerimientos de obras de riego a corto y mediano plazos de acuerdo con las demandas de producción agrícola

### 2.2.4.1 Demandas de alimentos básicos para los años 1990 y 2000

En el año 1981 la Comisión del Plan Nacional Hidráulico elaboró la proyección de las demandas o consumos de la población nacional de productos agrícolas incluidos en la canasta básica recomendable para los años 1990 y 2000. Para ese fin se seleccionó el criterio nutricional tomando en cuenta el consumo de calorías por individuo en una sociedad dividida en diferentes niveles de alimentación: consumos menores, iguales y superiores a 2 750 calorías. Con ello y con el auxilio del censo de población realizado en el año 1980, se logró definir la población objetivo para cada nivel de alimentación y sus necesidades cuantitativas de alimentos estableciendo un modelo de demanda interna de productos agrícolas.

Las consideraciones básicas tomadas en el modelo fueron:

- 1º Patrones de consumo de alimentos por grupo de población de distintos ingresos.
- 2º Evolución de los patrones medios de consumo.
- 3º Transformación de la demanda de alimentos de consumo familiar, en demandas agrícolas a nivel de productor.

El modelo se calibró y ajustó haciendo comparaciones con los resultados obtenidos en las demandas y consumos durante los años sesentas y setentas. Se consideraron tasas de crecimiento de población del orden de 2.4% para el período 1981/1990 y 1.7% del año 1991 al 2000.

Los CUADROS 2.19 y 2.20 muestran las demandas proyectadas para los años 1990 y 2000, respectivamente, de los ocho productos agrícolas -

ESTADO	DEMANDAS DE ALIMENTOS BASICOS AGRICOLAS ESTIMADAS PARA EL AÑO 1990							
	Miiz	Trigo	Arroz	Frijol	Ajonjolí	Cártamo	Soya	Sorgo
Agua Calientes	106	27	23	13	0	0	10	108
Baja California N.	177	181	26	64	16	32	42	286
Baja California S.	26	25	3	8	4	7	3	0
Campeche	125	33	10	13	0	0	2	17
Coahuila	261	114	23	49	4	9	24	209
Colima	116	18	3	9	0	0	8	81
Chiapas	592	100	27	63	0	0	2	17
Chihuahua	468	173	23	73	4	7	15	120
Distrito Federal	1794	770	130	173	62	123	204	1520
Durango	322	63	20	38	4	7	21	183
Guajaluto	622	163	29	82	0	1	42	431
Guerrero	632	121	21	56	0	0	0	0
Hidalgo	336	104	17	39	0	1	1	4
Jalisco	1053	208	174	123	62	105	100	1456
México	1244	530	68	199	45	93	150	1120
Michoacán	868	168	29	85	6	12	10	47
Morelos	169	58	9	22	0	0	2	18
Nayarit	238	37	7	23	0	0	0	1
Nuevo León	363	194	33	80	31	62	160	1262
Oaxaca	643	113	30	72	0	0	0	0
Puebla	843	239	42	102	6	10	42	389
Queretaro	151	42	8	22	0	0	70	727
San Luis Potosí	412	91	19	51	0	0	2	24
Sinaloa	405	156	23	65	0	0	13	135
Sonora	322	138	20	55	32	64	54	262
Tlaxasco	283	61	16	35	0	0	0	4
Tamaulipas	479	191	30	79	4	9	8	40
Tlaxcala	113	33	5	14	0	0	33	136
Veracruz	1450	314	78	161	5	10	6	2
Yucatán	277	60	18	25	5	10	24	198
Zacatecas	420	61	12	40	0	0	1	6
Quintana Roo	48	11	22	5	0	0	0	0
Mismos y páridas	1650	393	65	161	11	29	62	391
TOTAL	16266	5115	1762	2119	291	591	1270	9391

CUADRO 2.20

DEMANDAS DE ALIMENTOS BASICOS AGRICOLAS ESTIMADAS PARA EL AÑO 2000								
ESTADO	Miéz	Trigo	Arroz	Fríjol	Ajonjolí	Cártamo	Soya	Sorgo
Aguascalientes	156	36	32	18	0	0	14	151
Baja California N.	286	237	43	99	22	46	56	428
Baja California S.	42	33	5	13	5	10	4	0
Campeche	198	44	18	22	0	0	2	25
Coahuila	369	133	36	64	6	12	32	312
Colima	170	24	6	13	0	0	11	122
Chiapas	786	109	42	81	0	0	2	26
Chihuahua	638	203	37	93	5	10	20	180
Distrito Federal	1433	907	195	217	84	171	269	2200
Durango	439	83	29	47	5	10	28	274
Guanaajuato	863	197	46	110	1	1	58	646
Guerrero	723	139	32	71	0	0	0	0
Hidalgo	526	123	27	51	1	1	1	7
Jalisco	1511	330	250	172	73	147	253	2198
México	1793	726	120	230	64	129	200	1680
Michoacán	1204	212	47	115	9	17	13	70
Morelos	254	75	13	31	0	0	2	27
Nayarit	329	49	11	30	0	0	0	1
Nuevo León	497	227	52	103	43	88	213	2028
Oaxaca	825	119	45	88	1	0	0	0
Puebla	1130	264	63	130	7	14	57	585
Quintana Roo	227	59	14	33	0	0	96	1092
San Luis Potosí	576	110	30	67	0	0	3	36
Sinaloa	608	211	40	95	0	0	13	203
Sonora	458	167	31	73	44	90	72	393
Tabasco	388	69	25	47	0	0	0	7
Tampulipas	721	254	54	118	6	12	10	60
Tlaxcala	157	44	8	17	0	0	44	505
Veracruz	2028	374	128	212	7	14	5	4
Yucatán	378	68	28	36	7	14	32	297
Zacatecas	587	79	20	50	0	0	1	9
Quintana Roo	81	17	32	8	0	0	0	0
Mermas y pérdidas	2280	417	100	218	16	40	83	588
TOTAL	22661	6304	1659	2771	406	826	1600	14244

Testis Profesional  
José Luis García Rívero

que se han usado como muestra en los análisis realizados en el presente capítulo.

Como se ha podido observar, la demanda de maíz se estimó de --- 16.3 millones de toneladas para 1990 y de 22.7 para el año 2000. En el año 1990 los principales Estados que demandarán este producto son, Jalisco, México, Veracruz y el Distrito Federal, que constituyen en conjunto el 30% de la demanda total nacional.

En el caso del trigo, las demandas estimadas son de 5.1 millones de toneladas para 1990 y de 6.2 para el año 2000. En 1990 los principales Estados que requerirán este alimento son, México y el Distrito Federal, constituyendo en 26% de la demanda total en el país.

#### 2.2.4.2 Requerimientos de superficie bajo riego para los años 1990 y 2000

La demanda futura de productos agrícolas se logrará satisfacer mediante aumentos de la productividad unitaria y de la superficie cultivada. El aumento de la producción está asociado, entre otros factores, con el empleo y mejoramiento de insumos (semillas, fertilizantes, etc.), utilización de tecnología adecuada y con el uso de variedades genéticas de los cultivos. Todo ello contribuye en el incremento del rendimiento de producción en la unidad de superficie. Este aumento está involucrado con la capacidad del sector para incorporar a la producción áreas nuevas antes ociosas, abandonadas después de haber estado en producción, o --- bien, aquellas con alto potencial agrícola actualmente destinadas a otros usos.

Establecido un ritmo de la productividad el crecimiento de la superficie debe determinarse conforme a la producción necesaria para satisfacer la demanda total de productos agrícolas.

Este inciso presenta la estimación de las superficies agrícolas de riego elaborada por la Comisión del Plan Nacional Hidráulico en 1985, que se requiere incorporar en la próxima década para satisfacer la demanda total nacional. La estimación es resultado de la combinación de la -- proyección de la demanda con los índices obtenidos de la evolución del -- crecimiento de superficies y rendimientos presentada hasta la fecha por las zonas de riego del país.

Tomando en cuenta los criterios anteriores, se consideraron tasas de incremento anual de los rendimientos en zonas de riego para el -- periodo 1986/1990 de 2.3% y de 2% para 1990/2000\*.

En cuanto a la incorporación de nuevas superficies a la agricultura de riego, se deberán obtener índices de crecimiento de poco más de 240 mil hectáreas anuales para tener los recursos físicos necesarios y -- lograr las metas de producción requeridas, manteniendo la participación actual de las zonas de riego en esta producción a nivel nacional.

Así, en el año 1990 se deberá contar con 6.9 millones de hectáreas bajo riego, y a fines de siglo con 9 millones, como lo muestra el -- CUADRO 2.21. En ese entonces, de la disponibilidad total de tierras nacionales susceptibles de emplearse bajo riego, se habrá ocupado el 73%.

Cabe mencionar que los requerimientos de superficie han sido de terminados de acuerdo a las condiciones de crecimiento, construcción, operación, conservación, rehabilitación, mejoramiento y de financiamiento en el momento de los estudios. Si se les pone mayor atención a estos factores, mejorándolos, sería posible prescindir de los estrictos requerimien

\* Para complementar esta información y respecto a la agricultura de temporal, se tomaron tasas de crecimiento de los rendimientos de 1.7% para 1986/1990 y de 1.8% para -- 1990/2000.

SUPERFICIE DE PRODUCCION AGRICOLA ESTIMADA PARA  
LOS AÑOS 1990 Y 2000

SUPERFICIES	1990	2000
+ RIEGO	6 900	9 000
+ TEMPORAL	16 000	17 000
TOTAL	22 900	26 000

NOTA: Como información adicional se ha incluido la superficie estimada para la agricultura de temporal.

FUENTE: Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Teles Profesional  
José Luis García Riveiro

tos de superficie mencionados ya que la superficie existente habilitada con infraestructura hidroagrícola se podría hacer más productiva sin necesidad de mayores inversiones y seguir fomentando así, la deficiente-productividad, la operación inadecuada, la conservación inoportuna, las escasas labores de rehabilitación y mejoramiento y los obsoletos sistemas tarifarios. Todo ello ha constituido una problemática para el aprovechamiento eficaz de las obras de riego y, como consecuencia, para la obtención de una alta producción. De esta problemática se tratará más ampliamente en el capítulo 4. de este trabajo.



"Hoy la ciencia no es únicamente un código de conocimientos de la humanidad acerca de las leyes del desarrollo de la naturaleza y de la sociedad, sino además incluye la industria de los descubrimientos, que es una rama especial de la economía política. Su producción son: las nuevas máquinas, los nuevos procesos tecnológicos y los nuevos materiales. La actividad científica se ha convertido en el primer eslabón, en la primera etapa del proceso industrial."

Leonid Bliajman

## **CAPITULO 3.**

### 3. OBRAS DE RIEGO

#### 3.1 Problemas planteados por el riego

La práctica de la agricultura de riego presenta interrogantes - iniciales y fundamentales: ¿dónde y cómo encontrar el agua?, ¿cómo llevarla al lugar de empleo y cómo distribuirla? y, ¿cómo proporcionar esta agua al suelo a fin de que las plantas saquen el mejor provecho?.

Estos problemas básicos comprenden, por una parte, la construcción de los medios convenientes para captar, almacenar y conducir el agua que ha de emplearse para el desarrollo de los cultivos, y por otra, la elección del sistema adecuado para proporcionarla al suelo.

Cabe señalar que no basta con tener el agua, poderla transportar y poderla proporcionar, aún hay que determinar la cantidad de agua indispensable para los riegos y cómo utilizarla según los requerimientos de cada cultivo. Este problema, también planteado por el riego, al igual que la elección del sistema de riego adecuado, no se tratarán en el presente trabajo por estar fuera de los alcances del mismo planteados en la Introducción.

### 3.2 Definición

Una zona de riego es una unidad agrícola que cuenta con las aguas necesarias para poder efectuar el riego de las tierras comprendidas dentro de ella, y con aquellas obras que permiten el correcto funcionamiento del sistema. La regulación del agua, la conservación de las tierras bajo riego y el desarrollo agrícola, social, comercial e industrial de la unidad.

La utilización de las disponibilidades de agua en las zonas de riego se realiza mediante un conjunto de obras que captan, almacenan, conducen y distribuyen dichas aguas. Estas obras reciben el nombre de "obras de riego".

Aún cuando cada una de ellas tiene su función específica su finalidad se resume en una sola: el riego eficaz de las tierras de cultivo para el incremento de la producción agrícola.

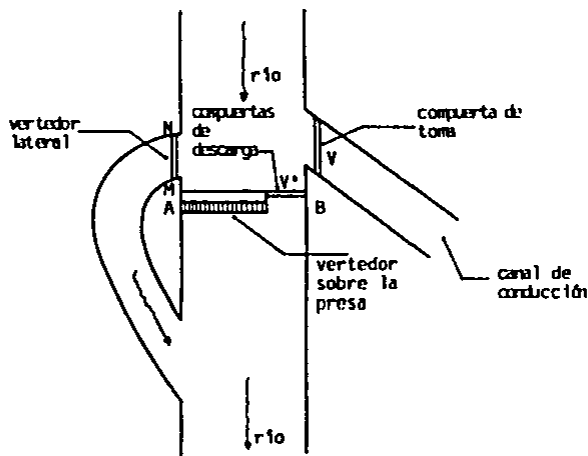
### 3.3 Obras de riego

#### 3.3.1 Obras de captación y almacenamiento

Las obras de captación y almacenamiento están constituidas por presas de almacenamiento que captan, almacenan y controlan las aguas de los escurrimientos superficiales disponibles en una cuenca determinada. Su funcionamiento general hidráulico se muestra en el CUADRO 3.1.

Debido a la configuración orográfica de las cuencas hidrográficas y a la irregularidad de los regímenes de los escurrimientos en nuestro país son contados los casos de corrientes uniformes y relativamente lentas que se pueden aprovechar ininterrumpidamente durante todo el año cubriendo los requerimientos de agua para riego sin necesidad de obras de almacenamiento pues por lo general se presentan grandes avenidas du-

ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PRESAS  
ALMACENADORAS



SE TIENE UN RÍO CORTADO POR LA PRESA "A B". PARTE DEL AGUA ENTRA EN UN CANAL DE RIEGO POR UNA COMPUERTA "V", LLAMADA COMPUERTA DE TOMA. EL EXCESO DE AGUA PUEDE SER EVACUADO POR TRES PARTES:

- 1º POR ENCIMA DE LA MISMA PRESA, SI ES UN VERTEDOR A LA VEZ.
- 2º POR ENCIMA DE UN VERTEDOR LATERAL "M M".
- 3º POR UNA SERIE DE COMPUERTAS "V'" DE DESCARGA.

Tesis Profesional  
José Luis García Rivas

rante la época de lluvias con duración de tres a cuatro meses cuando más y un largo período de escasos escurrimientos que no pueden cubrir la demanda de las tierras más que en una porción mínima, particularmente en los meses de estiaje durante la primavera. El CUADRO 3.2 presenta la manera de captar y aprovechar las corrientes con régimen uniforme y lento durante todo el año.

Dentro del cuerpo de la presa o en lugares cercanos a ella se encuentran construidas las tomas u obras de extracción de agua provistas de un conjunto de mecanismos de operación y dispositivos accesorios como tuberías, compuertas, bombas de desagüe, etc.

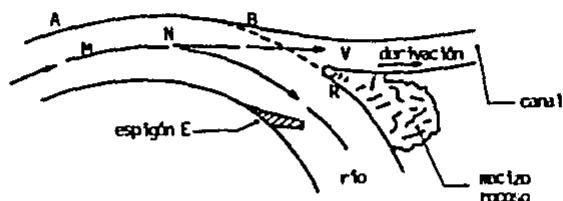
Cuando el agua almacenada no tiene más utilización que el riego, las obras de toma descargan libremente en los canales de conducción.

El empleo de presas de almacenamiento para captar el agua necesaria para riego ofrece las siguientes ventajas:

- 1ª Se elevan los tirantes del río proporcionando las cargas suficientes para que las tomas permitan las derivaciones necesarias cubriendo una zona regable más extensa.
- 2ª Teóricamente el nivel del agua tiende a conservar una invariabilidad casi constante permitiendo la disponibilidad permanente del agua.
- 3ª La alimentación del canal de conducción está asegurada mientras el río lleve el caudal necesario para ello.

Cuando las zonas de riego no se encuentran cercanas a los almacenamientos superficiales se perforan pozos para explotar los acuíferos subterráneos mediante plantas de bombeo. El problema de la utilización de estas aguas es doble; se trata en primer lugar de encontrarlas y después de elevarlas a un nivel conveniente para ser conducidas.

APROVECHAMIENTO DE LAS CORRIENTES UNIFORMES  
Y LENTAS



SE SABE QUE LAS VENAS DE AGUA TIENDEN A SER EMPUJADAS HACIA LA ORILLA "A B", LLAMADA ORILLA CONCAVA; ES PUES, EN LA ORILLA CONCAVA DONDE SE DEBE REALIZAR EL CORTE; SU MEJOR POSICION SERA POCO MAS O MENOS LA DEL ENCUENTRO DE ESTA ORILLA - CON LA PROLONGACION DE LA LINEA "M N" DEL CENTRO DE LA CORRIENTE, ANTES DE ACENTUARSE LA CURVA.

SI SE ENCUENTRA SOBRE LA ORILLA CONCAVA UNA ROCA "R" SOBRESALIENDO DEL LECHO DEL RIO, LA TOMA ESTARA MUY BIEN COLOCADA INMEDIATAMENTE AGUAS ARRIBA DE ESTA ROCA GARANTIZANDO SU FIJACION. LA ENTRADA DEL AGUA EN LA DERIVACION SE FACILITARA CON UN ESPIGON "E" DE PIEDRAS, GAVIONES, TABLAESTACAS, ETC.

A POCOS METROS DESPUES DE LA ABERTURA SE COLOCARA UNA COMPUERTA DE TOMA "V" DESTINADA A REGULAR LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE DESEA ENTRE AL CANAL.

Tesis Profesional  
José Luis García R. y otros

### 3.3.2 Obras de conducción y distribución

Las obras de conducción comprenden todos los canales principales que conducen el agua de riego desde las presas de almacenamiento o desde las plantas de bombeo hasta las tierras de cultivo.

Para lograr una distribución satisfactoria de las aguas es necesario contar a lo largo de los canales principales con obras que permitan la derivación hacia un lugar determinado, y al mismo tiempo, hacia otros lugares que también necesiten el agua.

En el recorrido de los canales principales se presentan con frecuencia cruces de arroyos, ríos, carreteras, vías ferroviarias, canales de drenaje, barrancas, etc., por lo que es necesario contar con obras de cruce para que las aguas sufran las menores interrupciones posibles.

Es indispensable proteger, dentro de los límites económicos, a toda la zona de riego y a sus obras accesorias y de cruce contra daños accidentales con la doble finalidad de no causar entorpecimientos en la distribución y de la posibilidad de las labores de conservación durante el funcionamiento.

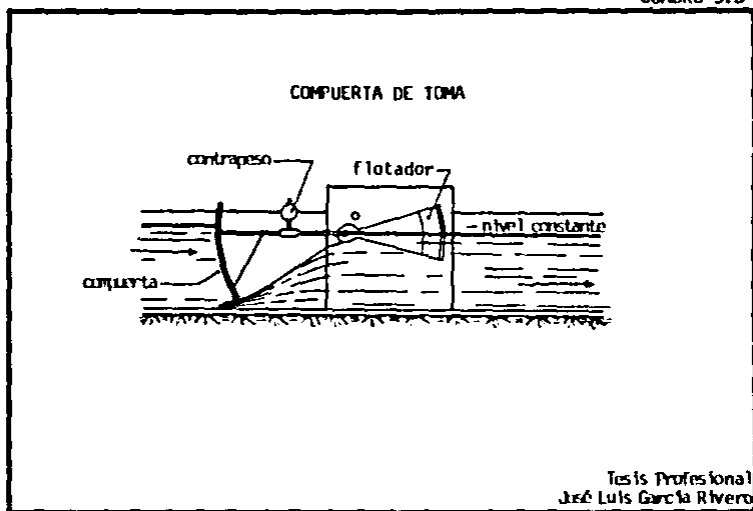
#### 3.3.2.1 Obras accesorias

Dentro de las obras accesorias se encuentran las siguientes:

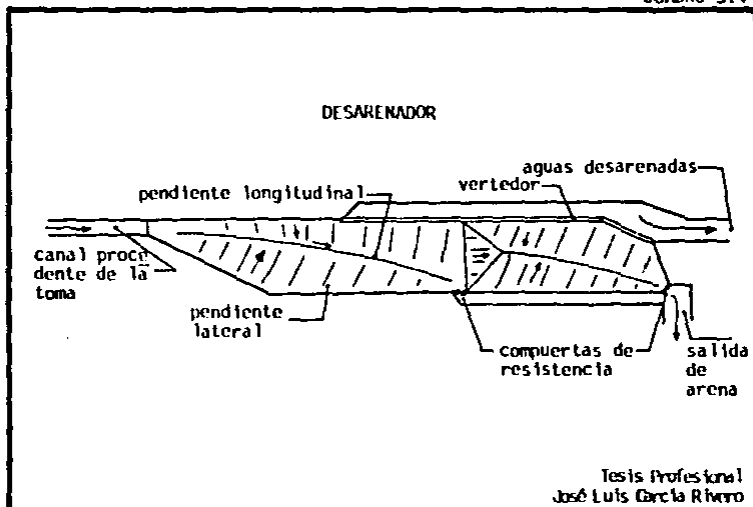
a) Compuertas de toma. Estas tienen por objeto regular la entrada de agua al canal. Su funcionamiento se muestra en el CUADRO 3.3.

b) Desarenador. Este accesorio se coloca en el canal principal para impedir que las arenas en suspensión que lleve el agua sigan por los canales y lleguen a los campos. Su funcionamiento se presenta en el CUADRO 3.4.

CUADRO 3.3



CUADRO 3.4





c) Saltos y rápidas. Frecuentemente, a causa de un exceso de -- pendiente del terreno natural, es necesario el fraccionamiento del recorrido del canal principal en trozos sucesivos con pendientes más débiles como se muestra en el CUADRO 3.5. Si lo anterior no es viable, se colocan entonces, saltos hidráulicos y tramos con pendientes fuertes tomando las consideraciones necesarias para los efectos de socavación de las superficies en contacto con el agua. Estas estructuras se presentan en el CUADRO 3.5.1.

d) Partidores. Tienen como fin dividir y repartir el agua que -- lleva el canal principal entre los canales secundarios. Existen partidores fijos y móviles; los primeros dividen el volumen transportado en una relación constante y los segundos permiten el paso de un caudal variable. En el CUADRO 3.6 se muestra su funcionamiento.

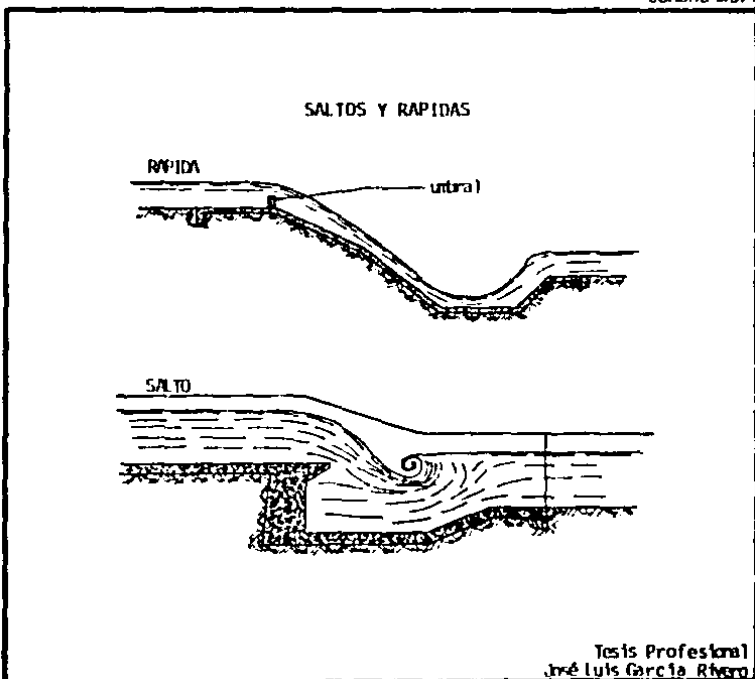
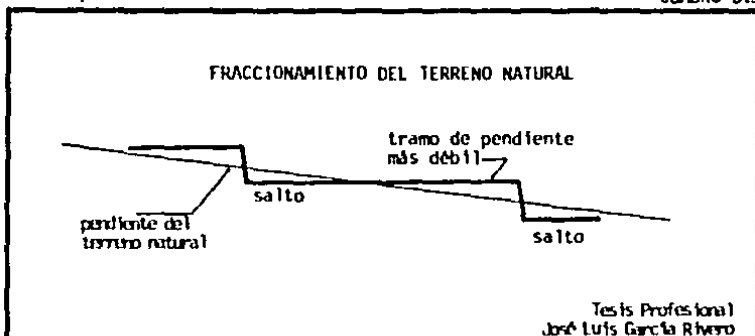
### 3.3.2.2 Obras de cruce

Las obras de cruce son las siguientes:

a) Sifones invertidos. Estas estructuras se emplean para cruzar vías de comunicación, corrientes de agua o barrancas de poca profundidad. El empleo de sifones invertidos es la opción alterna de los puentes canal. En el CUADRO 3.7 se presenta un tramo inicial (similar al final) -- de un sifón invertido.

b) Puentes canal. Estos son empleados, al igual que los sifones invertidos, para cruzar vías de comunicación, ríos o depresiones anchas y profundas, las poco profundas se procurará cruzarlas siempre que sea -- posible sobre un terraplén, a menos que sea preferible la utilización de sifones invertidos. En el CUADRO 3.8 se puede observar un puente canal.

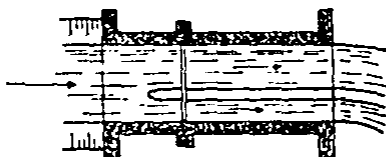
c) Alcantarillas. Se les llama así a las obras que se necesitan proyectar y construir cuando el canal principal impide la libre circula-



TIPOS DE PARTIDORES

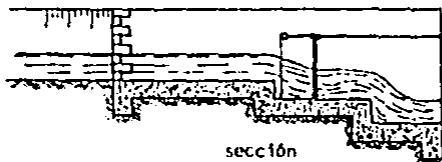


sección

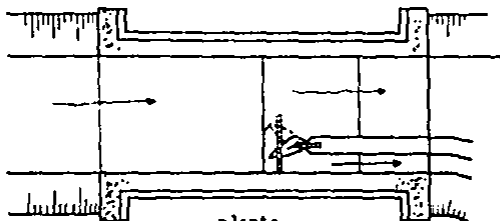


planta

PARTIDOR FIJO



sección

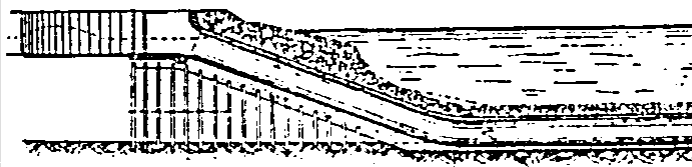


planta

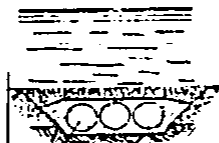
PARTIDOR MOVIL

Testis Profesional  
 Dr. Luis García Riquero

SIFON INVERTIDO

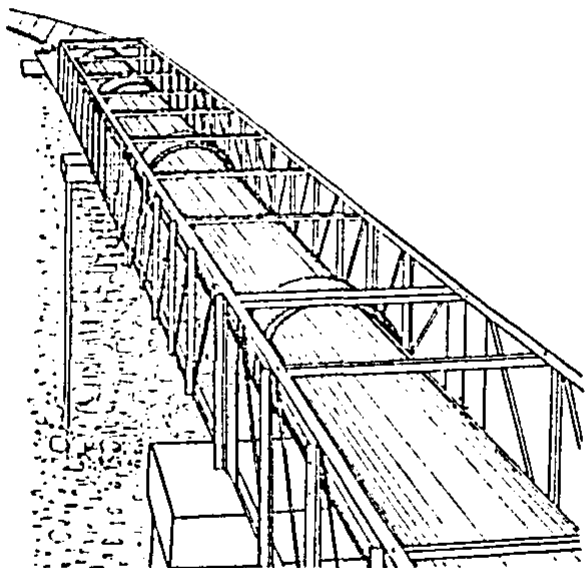


CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL

PUENTE CANAL



Tesis Profesional  
José Luis García Rivera

ción de los relativamente pequeños escurrimientos que se generan en algunas zonas bajas de los valles. A veces es posible conducir estos escurrimientos por encima del canal por losas inclinadas, en otras, será preciso construir un sifón bajo el canal sólo si el caudal a conducir es inferior al del canal, si no, es preferible prever el paso del canal a través de un sifón bajo el cauce de los escurrimientos a cruzar.

### 3.3.2.3 OBRAS DE PROTECCIÓN

Dentro de este tipo de obras se encuentra la siguiente:

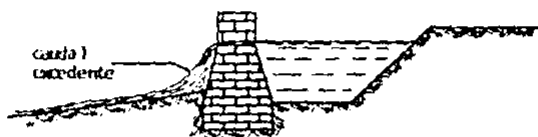
a) Descargadoras. A veces es necesario evacuar fuera del canal principal una parte del caudal debido a la admisión accidental demasiado grande de agua por las compuertas de toma o por el cierre inesperado de las compuertas de riego aguas abajo. Estas obras son vertedores colocados en la margen del canal y están calculados en función del volumen de agua a evacuar durante las crecidas. En el CUADRO 3.9 se observa una obra de este tipo.

### 3.4 OBRAS DE DRENAJE

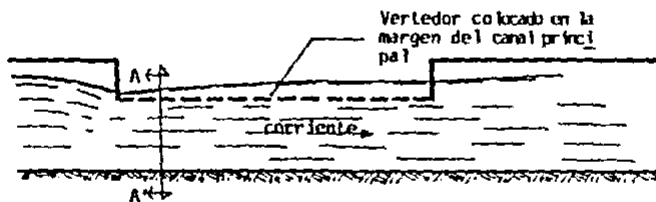
Sobre la superficie de las áreas regadas y dentro de la misma masa del suelo se acumulan durante las lluvias o durante periodos de riego intenso grandes cantidades de agua que perjudican a las tierras y a la agricultura.

La única forma efectiva y eficaz de evitar los daños causados por la acumulación superficial de las aguas, por la elevación excesiva del nivel freático y por la acumulación de sales solubles en la zona superficial de los suelos (de las regiones áridas especialmente) es mediante las obras de drenaje que conducen los remanentes de agua ya sea por escurrimiento libre y natural a través de canales tributarios o me-

## OBRA DE DESCARGA (VERTEDOR)



SECCION TRANSVERSAL A/A'



SECCION LONGITUDINAL

dian te dispositivos de bombeo hacia un depósito con nivel inferior al -- punto más bajo de la zona de riego que se drena.

El funcionamiento de las obras de conducción y distribución en conjunción con las obras de drenaje se esquematiza en el CUADRO 3.10.

### 3.5 Infraestructura de apoyo

#### 3.5.1 Caminos

El impulso que la agricultura recibe con el auxilio del riego - se manifiesta en el gran volumen de producción en toda la zona agrícola.

Esta gran producción presenta la necesidad de movilizarla con - la rapidez conveniente para que logre ingresar oportunamente a la co--- rriente general de la producción del país a fin de apoyar la oferta para satisfacer la demanda interna. Para que este proceso pueda realizarse es necesario contar con una adecuada red de caminos que haga más fácil la - comunicación en toda la zona de riego.

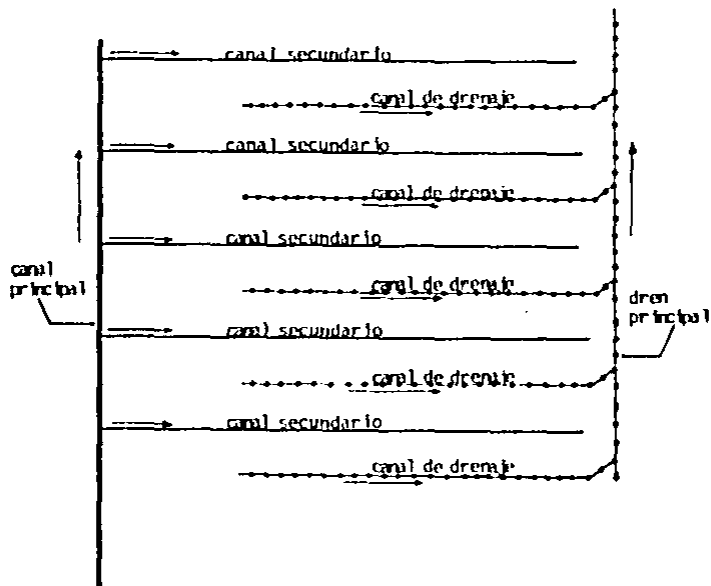
Se considera que los caminos en una zona de riego, de acuerdo - con su utilización, se agrupan en tres categorías:

a) Red general de caminos. Esta red comprende los caminos desti - nados a establecer la comunicación entre los centros poblados, puntos de embarque y regiones de producción en general, tomando en cuenta las nece - sidades fundamentales de comunicación y movilización económicas genera - les de la zona de riego.

b) Caminos sobre los bordos de canales y drenes. Estos tienen - la finalidad de permitir la vigilancia, la operación y la conservación - de las obras, por lo tanto deberán ser transitables en todo momento. Así mismo, deberán construirse en la corona o en las bermas de los bordos de los canales para cumplir su función debida y directamente.



## ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO "OBRA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION / OBRA DE DRENAJE"



Tesis Profesional  
José Luis García Rivero

c) Caminos de acceso a las obras. Son los que comunican a una zona de riego con las presas o plantas de bombeo que almacenan y extraen el agua y que, generalmente, se encuentran fuera de la red de los caminos mencionados anteriormente.

"Alto grado de concentración de la tierra y de la maquinaria agrícola, - poca atención relativa por parte del sector público a las actividades agropecuarias, de crédito, de seguros, de asistencia técnica, de almacenamiento, de precios de garantía, etc., en las zonas de mayor desarrollo y en ciertos cultivos, fueron minando el potencial de desarrollo agrícola del país y, con ello, la fortaleza y las posibilidades de expansión de - la industria y de la economía en su conjunto".

Carlos Tello

## **CAPITULO 4.**

#### 4. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA DE LAS OBRAS DE RIEGO EN MEXICO Y SUS POSIBLES SOLUCIONES

##### 4.1 Introducción

Como se mencionó en la primera parte de este trabajo, las condiciones climáticas y la gran demanda de la población de productos del campo de nuestro país obligan la práctica de la agricultura de riego para hacer productivas aquellas tierras estériles por la escasez natural de agua y para obtener mayores rendimientos de producción; sin embargo, la distribución y localización de los recursos naturales agua y suelo, a lo largo del territorio nacional, no coincide con la distribución y localización de esas exigencias. Todo ello constituye una problemática a resolver dentro de los límites de lo natural, dentro de lo que la naturaleza ha planteado desde un principio y que corresponde a la ingeniería mexicana transformar y obtener de ello el mejor provecho.

Una vez detectadas, analizadas y resueltas dichas vicisitudes de carácter natural que presentan los proyectos de riego se siguen pre-

sentando una serie de problemas cuyo origen ya no radica en la naturaleza, sino en el grupo de personas encargadas del funcionamiento eficiente de las obras de riego que garantice el cumplimiento de sus objetivos y el alcance de los beneficios esperados.

En México esa problemática es grave y a través de los años, en lugar de resolverse paulatinamente, se ha venido empeorando.

La problemática abarca aspectos humanos y técnicos que, en el fondo, son originados también por el aspecto humano.

La problemática está presente desde la planeación de un proyecto de riego hasta la distribución de la producción generada por este tipo de agricultura, pasando por la programación técnica y económica; por los estudios de factibilidad, proyecto y construcción de las obras respectivas; por la operación, conservación, rehabilitación y mejoramiento de las mismas; por la calidad del agua a utilizar; por la capacitación del personal operativo y la asistencia técnica a los productores y usuarios de las obras, y por toda una serie de factores humanos y económicos que se encuentran siempre presentes en cada fase.

Al igual que la problemática también se menciona una serie de soluciones en cada fase para corregir las deficiencias existentes y fomentar el desarrollo positivo de la agricultura de riego, actividad de la que depende en gran medida, primeramente, nuestra alimentación y, posteriormente, nuestra economía y progreso nacionales.

## 4.2 Planificación de las zonas y obras de riego

### 4.2.1 Planeación

La planeación es un instrumento que permite precisar objetivos y metas, asignar prioridades, determinar estrategias y programas a se---

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

guir; así como la asignación de recursos, la toma de decisiones en la actividad gubernamental y privada y, el fomento del uso racional y adecuado de los recursos disponibles.

En una economía mixta, como la mexicana, es el Estado quien vigoriza y orienta la economía nacional a través de la planeación y construcción de infraestructura, de la dotación de bienes y servicios y de la organización de la producción.

En materia de irrigación, el gobierno ha elaborado e implantado planes a nivel regional y nacional para el mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo; sin embargo, aún a ese nivel de planeación, se presenta una escasa vinculación entre los planes, los proyectos y los factores que determinarán el buen funcionamiento y aprovechamiento de las obras a realizar. Mientras los planes se dedican principalmente a la racionalización de los recursos económicos del país sin atender lo suficiente a la previsión de los impactos económicos (producción, productividad, generación de empleos, incremento del ingreso, etc.), ecológicos (modificación de los ecosistemas debido a la construcción y operación de las obras de riego), sociales (salud, alimentación, educación y vivienda), y políticos (organización de la comunidad, tenencia de la tierra, alivio de tensiones sociales, etc.); los proyectos abordan la solución de los problemas particulares no contemplados en la etapa de planeación que presentan las zonas que se quieren aprovechar, como, escases o abundancia de agua, indemnizaciones, incongruencia entre lo establecido por los planes y los recursos disponibles que en realidad se tienen en el lugar, y problemas sociales, económicos y políticos, entre otros.

Lo anterior constituye un problema en el proceso planeación-ejecución de las obras, pues en algunos casos éstas no llegan a realizarse-

de acuerdo con los planes ni se obtienen de ellas los beneficios esperados. La prueba está en que a pesar del gran esfuerzo por parte del Gobierno para promover la producción en las zonas de riego, no se han alcanzado niveles de autosuficiencia de alimentos provenientes de las labores agrícolas. En cambio, se presentan problemas en su funcionamiento -- causados por otros factores que se mencionarán a lo largo de este capítulo.

Para que los nuevos proyectos de zonas de riego alcancen sus -- objetivos y metas (suficiente producción de alimentos logrando altos rendimientos, adecuado aprovechamiento de los recursos agua y suelo, uso -- eficiente de la infraestructura hidroagrícola y buenos programas de operación y conservación) es necesaria la congruencia entre éstos, los recursos naturales y financieros disponibles con las expectativas y posibilidades productivas de los usuarios.

Por lo anterior, es necesario perfeccionar la etapa de planeación para lograr una mejor concepción y más rápida ejecución de los proyectos de aprovechamiento de los recursos agua y suelo, formulando y actualizando procedimientos y normas que consideren la experiencia acumulada con el fin de unificar criterios, establecer mínimos de calidad y facilitar la implantación de los programas que se planteen.

Se considera importante para la elaboración de planes de riego, que éstos se regulen, se acondicionen y se orienten, tomando en cuenta la disponibilidad y calidad y cantidad de agua y el potencial productivo de los usuarios; para ello se deben completar y actualizar los inventarios de los recursos hidráulicos, de la disponibilidad de suelo para uso agrícola y del padrón de usuarios de las obras de riego; todo ello en -- cuanto al espacio, tiempo, calidad y cantidad.

Es de suma importancia tomar en cuenta en el proceso de planeación no sólo los factores de disponibilidad de agua y suelo en la zona y los factores de económicos del Gobierno, que es el que hace la inversión, sino también los factores sociales, políticos, económicos y ecológicos que se presentan en el lugar alterado, ya que de ellos dependerá la productividad esperada y el buen funcionamiento de las obras y de la zona de riego.

El proceso de planeación debe conjugar y cuidar una serie de etapas para lograr las metas y objetivos establecidos. Estas etapas determinan todo un sistema de planeación y no tanto un proceso; y son las siguientes:

#### 1ª Generación de proyectos

En esta etapa se facilita la toma de decisiones para, después de haber analizado y estudiado la disponibilidad de agua y suelo en toda la cuenca hidrológica, seguir con los estudios, diferirlos o, en el caso particular de una gran factibilidad, iniciar la elaboración del proyecto ejecutivo.

#### 2ª Catálogo de proyectos

Con los trabajos elaborados en la etapa anterior es conveniente elaborar un catálogo de proyectos a nivel de prefactibilidad y factibilidad para prever las demandas de agua a nivel de cuenca al ponerse en marcha las obras de irrigación.

#### 3ª Jerarquización y programación de proyectos

En esta etapa se toman en cuenta los beneficios que se generen, los costos, el nivel de estudios previos, el periodo de ejecución de las obras, el periodo de maduración de las mismas, el empleo generado, el incremento del ingreso de los productores y, las posibilidades de altos --



rendimientos de producción en el cultivo de alimentos que la población - demanda.

La correcta planeación de las obras de riego dependerá de las - acciones que realice el Estado para llevar a cabo planes que satisfagan - realmente las necesidades de la nación y que se apeguen lo más posible - a las disponibilidades de los recursos naturales y financieros.

#### 4.2.2 Programación y presupuestación

Teniendo definidos los planes, se prosigue con la elaboración - de los programas de inversión para el desarrollo de los proyectos selec - cionados. A este respecto, la programación y presupuestación de los pro - yectos presentan poca solidez y no siempre son los más adecuados.

En algunos casos la jerarquía de los proyectos se modifica o se incluyen inversiones injustificadas en éstos. Tales deficiencias derivan en obras inconclusas y/o en importantes modificaciones en los costos pre vistos. Al suceder ello se pierde el estricto control del programa de -- costos y, así mismo, del programa de tiempos de ejecución. Esto deterio - ra la economía del inversionista, es decir, del Gobierno.

Para disponer de una programación y presupuestación realistas y adecuadas, es recomendable fortalecer el catálogo de proyectos elaborado en la etapa de planeación, destacando para cada proyecto, que su realiza - ción alcanzará los lineamientos, objetivos y metas definidos en un prin - cipio. En dicha programación y presupuestación se debe buscar un equili - brio entre las metas que se propongan, la oferta de proyectos y las posi - bilidades de financiamiento; así mismo, su capacidad de ejecución y de - detección oportuna de los problemas de contratación, suministro de mate - riales y equipo. Lo anterior se logra a través de una adecuada programa -

ción y asignación presupuestal.

Debido a la situación financiera actual, sólo se deben programar a corto plazo las acciones que permitan alcanzar las metas de producción fijadas; es decir, aquellos proyectos que garanticen beneficios a corto plazo.

#### 4.2.3 Estudios y proyectos

Cuando se trató la problemática que afecta a la etapa de planeación, se mencionó en forma muy somera la situación que se presenta en la elaboración de los estudios y proyectos para la incorporación de nuevas áreas a la agricultura de riego. Por considerar estas actividades previas a la ejecución de un proyecto tan importantes como la planeación, la programación y presupuestación, se planteará más ampliamente su problemática a continuación.

La elaboración de estudios de prefactibilidad técnica, social y económica para integrar una nueva zona al riego es necesaria para establecer los parámetros que permitan la solución de problemas particulares de la cuenca hidrológica que se quiera aprovechar tomando en cuenta las prioridades regionales definidas por los planes y las disposiciones financieras de los programas y presupuestos.

Los estudios mencionados hacen posible la elaboración de los proyectos ejecutivos; además, de ellos dependerá el éxito de las obras, ya que para el desarrollo de un proyecto de obras de riego intervienen importantes factores de incertidumbre como, la eficiente captación de agua en una presa, la localización de agua suficiente en acuíferos, la posibilidad de conducir el agua económica y adecuadamente, la factibilidad de emplearse el suelo de la zona que se quiere regar para el cultivo de determinados alimentos, etc. De igual forma se deben contemplar los

aspectos sociales, económicos, ecológicos y políticos.

En la etapa de elaboración de estudios y proyectos se presentan problemas que requieren una cuidadosa atención. En algunos casos se realizan inversiones para la ejecución de un proyecto definitivo sin haber realizado los estudios previos necesarios provocando que éste no concuerde con la realidad. Esta deficiencia se compensa tomando las consideraciones más desfavorables y conservadoras dadas por la experiencia, pero de todas maneras subjetivas, inciertas, inadecuadas e inaplicables en la solución del problema real. Lo anterior constituye una grave manera de actuar y de decidir que va en perjuicio del costo de las obras correspondientes, haciéndolo más alto, y de su funcionamiento adecuado.

Dadas las circunstancias anteriores, se manifiestan, por una parte, problemas con la distribución suficiente de agua a la zona de riego provocando bajos rendimientos de producción y, por otra, una baja eficiencia de la infraestructura hidroagrícola existente. Esta situación -- tiende a agravarse en gran medida, además de la falta de estudios de pre factibilidad u factibilidad, por un proceso de generación y selección de proyectos en el que influyen excesivamente situaciones coyunturales y de presión política provocando que las soluciones que se den durante la ejecución de un proyecto a los problemas particulares que se presentan en la región aprovechable resulten costosas e ineficaces.

Una consecuencia de haber iniciado la incorporación de nuevas tierras a la agricultura de riego hace poco más de sesenta años con la realización de los mejores proyectos, los menos complejos y los menos -- costosos, los nuevos se vuelven cada vez más complejos y costosos. A esto se suma frecuentemente, la falta de información básica o de apoyo pa-

ra la elaboración de los estudios previos al proyecto ejecutivo, como, - datos de escurrimientos en la cuenca, o específicamente en la zona donde se requiere construir una presa almacenadora o derivadora; precipitación pluvial, climas, uso potencial del suelo, calidad del agua en la zona, - etc. Estas indisponibilidades restringen la profundidad de los análisis y la rapidez con la que éstos se puedan realizar. Por lo anterior, los - proyectos sufren considerables y constantes modificaciones desde su concepción hasta su construcción.

Los especialistas que elaboran los estudios y desarrollan los - proyectos, así como los funcionarios que deciden su ejecución deben tomar como punto de partida, y no como aspecto secundario, el medio físico, el desarrollo tecnológico de la región, los materiales, herramientas y técnicas habituales de trabajo y la disponibilidad de mano de obra. To do ello con el fin de hacer congruentes los planes, objetivos, metas y - medios, con la situación real de la región que se incorporará al riego.

Los estudios y proyectos deben definir los componentes mínimos de obra para iniciar la operación e incluir el procedimiento constructivo y la estrategia financiera para la total terminación de un proyecto.

Siguiendo la línea de una buena planeación y programación, es - necesaria la existencia de un catálogo de proyectos, amplio y cuidadosamente estudiado para maximizar rendimientos de producción y obtener los beneficios esperados de las obras. Debido a los escasos recursos económi cos del país no todos los proyectos pueden tener salida a pesar del grado de prioridad que posean; por ello habrá que jerarquizar cuidadosamente los proyectos que forman este catálogo a fin de realizar los más red tuables.

#### 4.3 Construcción y operación de las obras de riego

##### 4.3.1 Construcción de las obras

Los programas de infraestructura hidroagrícola tienen como meta la incorporación de superficies a la agricultura de riego para obtener mayores volúmenes de producción de alimentos cultivados.

Las labores de construcción conforman una etapa importante en dichos programas. En el periodo de construcción o de rehabilitación de obras de riego concurren la planeación, la programación, la presupuestación, los estudios y los proyectos, armando todo un proceso productivo y bien definido. Si existen deficiencias y problemas no solucionados en cada una de estas etapas el funcionamiento del conjunto en general no será el esperado.

La construcción de las obras de riego se complementa con la operación, la rehabilitación y la modernización de éstas.

En la etapa de construcción existe un problema que impide la ejecución oportuna de las labores constructivas si se toman en cuenta los fenómenos naturales que podrían interferir apreciablemente durante ellas; específicamente las lluvias. Los trámites administrativos necesarios están ubicados en el tiempo de tal manera que su terminación o su aprobación para dar inicio a los trabajos de construcción inmediatamente se presenta casi a mediados de cada año coincidiendo con la temporada de lluvias en el país. Lo anterior provoca el suministro inadecuado y desfasado de materiales y equipos necesarios para la construcción. Si se decide iniciar la construcción de las obras durante el siguiente periodo de precipitaciones escasas o nulas, se provocará la reprogramación de la fecha de inicio. Cabe señalar aquí que la magnitud del periodo de aplaza-

miento debido a la reprogramación dependerá de las condiciones naturales de la región en cuestión.

El desfasamiento del programa de construcción sumará a los problemas anteriores otro más. Consecuentemente se tendrá que prever el aumento de los precios de los insumos, y en su caso, el del alquiler del equipo de construcción. Además, todas las zonas recién incorporadas a la agricultura de riego requieren de un período de maduración inicial durante el cual las obras alcanzan un grado de operación aceptable. Habiendo un aplazamiento de la construcción automáticamente el inicio del período de maduración se desplazará en el tiempo provocando que las metas de producción fijadas se encuentre más lejano del tiempo previsto y que la producción de alimentos satisfactora de la demanda prevista resulte insuficiente.

Como se señaló en el inciso anterior, los mejores proyectos y más fáciles de construir se han llevado a cabo desde los años treinta, dejando para los tiempos posteriores los más difíciles y complejos. Es-to, sumado a las frecuentes oposiciones de los futuros usuarios y de los afectados por las obras y al retraso en la disponibilidad de fondos para financiar las obras, provoca que los períodos de ejecución de las mismas se extiendan más de lo necesario violando los programas originales de tiempo y costo.

La falta de supervisión estricta y de control adecuado de la ca-lidad de los materiales propicia el incumplimiento de los programas de tiempo y costo y, por consiguiente, el abastecimiento deficiente de insu-mos y equipos; ello origina la incongruencia entre el avance programado y el real, y entre las obras realizadas y los diseños previstos.

Otra problemática importante en la construcción de obras de riego, pero no específica de éstas, es la mala calidad de mano de obra debido a la inexperiencia de los habitantes de la región.

Considerando los factores problemáticos que se han planteado; primeramente es conveniente un cambio del año fiscal que permita obtener las asignaciones financieras con mayor oportunidad y poder aplicarlas de acuerdo con el programa de obra establecido para ese trámite.

En virtud de la gran complejidad que poseen los proyectos por realizar y la necesidad de reducir los periodos de maduración, es necesaria la creación de un programa que organice la producción, tomando en cuenta para ello, a los usuarios y operarios contemplando los siguientes objetivos:

1o. Iniciar, conservar e incrementar durante el periodo de construcción de las obras, la producción agrícola acelerando su etapa de maduración, mediante acciones de promoción, organización y capacitación de los operarios de las mismas.

El objetivo se logrará si dentro del esquema operacional de las obras de riego se organice a los operarios para recibir de la empresa constructora el asesoramiento necesario para evitar que el no conocerlas ni saberlas operar provoque dificultades en el proceso entrega/recepción de las obras.

Las obras deben entregarse a la entidad operadora, regando, con un padrón de usuarios completo, con un programa agrícola definido y las tierras adecuadamente preparadas para las labores de siembra.

De lo anterior se desprende como necesaria la "operación preparatoria" definida como "el conjunto de acciones correctivas y preventi-

vas a realizar en las obras construídas o en proceso de construcción, para la puesta en marcha de las mismas en coordinación con las entidades - oficiales y privadas que intervienen en el sector agrícola (Secretaría - de Agricultura y Recursos Hidráulicos, la empresa constructora y los usuarios de las obras)\*(35).

La operación preparatoria debe iniciar desde que un proyecto entra al programa constructivo, promoviendo entre los usuarios la organización para el inicio de dicha operación. Si existe, por ejemplo, una hectárea cultivable se determinará el cultivo o los cultivos, el trazo y la receta de riego, la organización de los usuarios respecto al cultivo y - condiciones socioeconómicas de los mismos. Así, se trabajaría con pequeñas parcelas de prueba simultáneamente a la construcción de las obras. - Conforme se avanza la construcción mayor será la superficie de riego utilizable en forma paulatina.

La capacitación de los operarios es un factor importante que interviene en el proceso de producción agrícola. Esta capacitación debe iniciar desde el inicio de la construcción y durante la operación preparatoria para que a su término la obra opere en su totalidad y con un grado óptimo de producción, ya que el objeto de la construcción de las obras - de riego no es en sí la construcción, sino la producción de alimentos.

Pasando a la problemática de la incongruencia entre los programas de obra y avances reales y el deficiente suministro de insumos y equipo, se encuentra necesario el mejoramiento de la supervisión y el control haciéndolos más estrictos a fin de conocer oportunamente avances fi

(35) "Desarrollo de sector agropecuario y rural", Memoria Técnica. Ponencias Maestras, --- Jardines, J.L., Lavín, F., Salinas de Gortari, R.; XII Congreso Nacional de Ingenieros Civiles. Colegio de Ingenieros Civiles de México; México, 1983; p. 36.



sicos y financieros reales, así como evitar retrasos que perjudiquen el seguimiento ordenado de las labores constructivas. Esta mejora redundará en una mejor calidad de los trabajos realizados.

Conviene insistir en que las obras deben realizarse de acuerdo al diseño o diseños previstos con el fin de lograr los resultados esperados, siempre y cuando el proyecto ejecutivo que se esté llevando a cabo se haya sustentado en estudios previos bien elaborados y confiables.

Respecto al problema de la mano de obra, es necesaria la capacitación constructiva de los obreros de la región que se emplearán a fin de que ello sirva de elemento multiplicador de sus aptitudes para lograr su autodesarrollo.

La construcción de obras de riego debidamente terminadas y equipadas para entrar de inmediato en operación podrá considerarse elementovalioso para captar la participación de los operarios y de los usuarios. Dicha participación es determinante para la producción, como se observará a lo largo de este capítulo.

#### 4.3.2 Entrega/recepción de las obras

El proceso entrega/recepción de las obras de riego se localiza entre la etapa de construcción y la etapa de operación. Lo efectúan la residencia general de construcción, la asociación de usuarios y la entidad operadora de las obras.

En la mayoría de las zonas de riego dotadas con infraestructura hidroagrícola se presentan problemas en este proceso por la falta de obras complementarias.

En el año 1986 se tenían aproximadamente 7 000 obras de mediana y pequeña irrigación para ser entregadas; sin embargo, hasta el año 1987

faltaban por entregar 5 060 de ellas (35). Ello se debe a la falta de -- actualización de la información del avance y terminación total de las -- obras.

Los atrasos en este proceso se atribuyen a la escasa vincula--- ción entre las áreas de construcción y operación, originando problemas - en el momento de entregar las obras por falta de acuerdo previo en la de finición de criterios generales de diseño; ésto provoca la identifica--- ción tardía de obra faltante o de posibles correcciones a las ya constru idas.

Las deficiencias en el proceso entrega/recepción de las obras - de riego propicia:

1o. El atraso del inicio de la operación y aprovechamiento de - las obras y la disposición inoportuna de recursos humanos, financieros, - crediticios e insumos para la producción.

2o. El retraso del conocimiento físico de la zona y de la adqui sición de la experiencia y capacidad de los usuarios para la producción, así mismo, del uso del agua para riego y de la problemática de la tenen- cia de la tierra.

3o. La conservación diferida por el retraso de la organización- para la operación.

4o. El retraso de la adquisición del equipo para la conserva--- ción y mejoramiento de las obras.

5o. El aplazamiento del inicio del periodo de maduración.

(35) "Programa Nacional de Uso Eficiente de la Infraestructura Hidroagrícola", Documento - Central, (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), México, 1986, p. 3.

Para solucionar la problemática planteada es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos y llevarlos a cabo:

1o. Definición de los criterios generales de las obras.

Esta actividad reúne a la parte constructora y a la parte operadora de las obras de riego para unificar los criterios generales que contribuyen en la construcción y operación de éstas a fin de evitar problemas posteriores de malos entendidos.

Se debe proporcionar a ambas partes la descripción general del proyecto, la superficie dominada, la capacidad de las tomas de las parcelas, sitios de control y tipos de estructuras aforadoras en canales, drenes y tomas en las parcelas, la carga hidráulica para la operación de las tomas en las parcelas, derechos de vía para canales, drenes y caminos y, tipos y cantidad de maquinaria para las labores de conservación.

2o. Establecimiento o creación de las obras de la zona de riego y, en su caso, expropiación de terrenos.

Debido a que el proceso entrega/recepción de las obras, al igual que otras actividades que intervienen en los proyectos de irrigación, se ve afectado y atrasado por problemas de tenencia de la tierra, afectaciones a propietarios, etc.; resulta entonces importante que cuando se definan los límites del proyecto y las obras que lo constituyen, se tenga información veraz y oportuna sobre la tenencia de la tierra en la región y sobre las afectaciones a terrenos ejidales o particulares a fin de definir los montos de indemnizaciones a los propietarios.

Teniendo la información anterior, es conveniente, como se señaló en el inciso de estudios y proyectos, llevar a cabo estudios de factibilidad desde el punto de vista sociopolítico, previendo gestiones respectivas de posibles expropiaciones de terrenos afectados y la asignación -

de indemnizaciones correspondientes para que durante la construcción -- del proyecto no se presenten problemas inesperados de este tipo. Así se reducirá el riesgo de un proceso entrega/recepción de las obras aplazado y retardado.

A pesar de las precauciones mencionadas en los dos aspectos anteriores es oportuno que durante la operación preparatoria, la cual es una actividad simultánea a la construcción, se lleven a cabo las observaciones pertinentes respecto a modificaciones de las obras construídas a fin de aumentar su eficiencia operativa, así como su ejecución inmediata para que cuando se lleve a cabo la entrega definitiva se encuentren de acuerdo con los requerimientos de la entidad operativa; para ello, vale la pena insistir en que dicha entidad debe tener la capacitación y preparación suficiente para indicar las modificaciones.

Es importante aclarar que para lo anterior, tendrán que estar aprobados los recursos presupuestales; éstos, al igual que todas las modificaciones realizadas se incluirán en el documento oficial que estabiezca la entrega definitiva.

#### 4.3.3 Operación del sistema

La operación de las obras de una zona de riego es el conjunto de actividades que llevan a cabo la distribución del agua a todos los usuarios dentro de esa zona y concurren finalmente en la producción agrícola. Además constituyen junto con la producción agrícola la finalidad esencial de los largos y costosos trabajos durante la planeación, programación, estudios, proyecto y construcción de las obras de que se sirve la zona de riego para realizar esta actividad.

La operación es la actividad que impulsa el movimiento de toda-

la zona, pues con ésta entran en función conjunta los tres factores fundamentales de la agricultura de riego: clima, suelo y agua.

Cabe mencionar que en el buen funcionamiento de la operación intervienen consideraciones fundamentales de las que ya se ha hablado en incisos anteriores; ellas son, la correcta localización y construcción de las obras destinadas a la captación, conducción y distribución del agua en la zona de riego y, aunque se tratará de ésta en el siguiente inciso, la debida conservación de las mismas.

A iniciarse la operación aparecen todos los efectos benéficos derivados del riego, pero también todos los perjudiciales, y con éstos, las labores complejas y complicadas que dan lugar a variadas problemáticas.

Las actividades de operación de las obras de riego están a cargo del Estado. La participación de los usuarios se limita a contribuir en el financiamiento de los costos de operación por considerarla inversión inútil debido a su mal funcionamiento.

Los costos de operación no se alcanzan a cubrir con el sistema tarifario y de cuotas aplicado a los usuarios de las obras de riego, obligando al Estado a canalizar subsidios para cubrirlos, y aún así los resultados no son favorables.

Otras causas que propician la mala operación son, en algunos casos, errores en la concepción de los proyectos por estudios previos incompletos y mal realizados, desconocimiento de especificaciones de operación durante la construcción y escasa o nula vigilancia en el mantenimiento de las obras.

Otro problema que se presenta y que impide una adecuada opera--

ción es la antigüedad de las estructuras, misma que dificulta el mantenimiento de sus equipos y sus mecanismos por no existir refacciones o por ser de importación. Así mismo, la falta de capacitación del personal de operación en labores de mantenimiento preventivo de las obras, al desconocer las especificaciones e indicaciones de operación, no advierte los problemas oportunamente reportándose las fallas cuando ya se requieren medidas correctivas o de reemplazo de equipos y mecanismos.

Aunado a los factores problemáticos anteriores se debe mencionar la aleatoriedad de las condiciones climatológicas, las modificaciones del sistema económico y los diferentes niveles de conocimientos de los operarios y usuarios que les dificultan el aprovechamiento máximo de las obras.

El proceso de producción agrícola no es fácil de optimizar, ya que en él ocurren aspectos de magnitud y profundidad variables desde diversos orígenes como el social, el económico, el climatológico y el tecnológico. En este último aspecto no se han unificado los criterios considerados en las etapas de planeación, estudios, proyecto y construcción con los de la operación debido a la pérdida gradual a lo largo de todo el proceso de los verdaderos objetivos y metas al utilizar como medios e instrumentos para llegar a ellos elementos inadecuados desatendiendo a los verdaderamente importantes. La producción, por tanto, no se incrementa en función directa al aumentar la atención en cualquiera de los aspectos mencionados.

Considerando la problemática planteada, se requieren políticas de operación que permitan un uso eficiente del agua y el incremento posible en la óptima operación de las obras de riego. Para ello es necesario vincular aún más las etapas de planeación, estudios, proyecto y construc

ción de obras de riego para nuevas áreas agrícolas, así como para las dedicadas a consolidar y mejorar la producción de las ya establecidas; es decir, obras de rehabilitación. Con ese fin, conviene considerar la posibilidad de integrar estas áreas de producción bajo una única entidad administrativa que coordine y controle las labores de operación de las obras dentro de su jurisdicción; ello promueve la descentralización y la división de responsabilidades que, concentradas en un sólo núcleo, hacen más compleja y difícil la labor coordinadora.

Habiendo logrado una nueva modalidad en la operación es muy importante adecuar el sistema de cuotas y tarifas por servicios de riego a las propias necesidades de autofinanciamiento de la operación de las obras de riego a fin de eliminar los subsidios que proporciona la Federación.

Respecto a la antigüedad de las estructuras es necesario realizar y llevar a cabo programas de rehabilitación, modernización y mejoramiento de las mismas; para ello debe resolverse antes el problema que presenta la etapa de operación; si no existe una entidad operativa preparada, capaz y bien organizada, dichos programas son irrealizables; si no existe un autofinanciamiento o si las tarifas y cuotas no generan remanentes económicos para invertirlos en los programas de mejoramiento éstos también son irrealizables. Podrían realizarse a través de subsidios pero ello deteriora la economía nacional y además el objetivo del autofinanciamiento es eliminarlos.

#### **4.3.4 Conservación, rehabilitación y modernización de las obras de riego**

La conservación, la rehabilitación y la modernización de las obras de riego existentes constituyen un medio para incrementar y mejorar

la producción agrícola, que sin duda es tan importante como la construcción de nuevos proyectos. Esto es válido actualmente en nuestro país, ya que debemos optimizar todos los recursos disponibles y tener en perfectas condiciones las obras de infraestructura hidroagrícola existentes. A pesar de esto, gran parte de ellas, por falta de conservación se han estado deteriorando y se han dejado de mantener por construir o hacer otras nuevas.

La conservación, la rehabilitación y la modernización de las obras de riego carece del atractivo que tiene la construcción de nuevas obras, puesto que esta última representa para los políticos capacidad de decisión y logros técnicos.

Con las tres actividades mencionadas en éste inciso se termina el proceso que incorpora, pone y mantiene en marcha a las obras de una zona de riego.

En esta etapa, en la que se realizarán las labores que mantendrán y propiciarán el buen funcionamiento de las obras de riego, también se presentan problemas; aquí repercuten y se concentran todas aquellas problemáticas que se presentaron en las etapas anteriores que no tuvieron solución y corrección oportuna.

Existe un gran número de obras de riego fuera de operación o de operación deficiente debido a la falta de control en su etapa inicial de funcionamiento y al inadecuado o inexistente mantenimiento. Esto en gran parte obedece a la insuficiente capacitación del personal operativo, que, al desconocer las especificaciones, políticas y manuales de operación no detectan los problemas y fallas en forma oportuna originando la realización de medidas correctivas o de reemplazo de los equipos y mecanismos cuando pudieran ser innecesarias.



La falta de personal calificado ha provocado la disminución de la capacidad de las redes de canales, el descuido de los drenes, de los caminos y de las bodegas de almacenamiento de insumos y de acopio para la producción agrícola; ha propiciado de igual manera las fallas de los sistemas electromecánicos y de las estructuras y equipos de captación, extracción, control y medición del agua, tanto superficial como subterránea.

Como se ha podido observar a lo largo de este capítulo, en el proceso para incorporar una nueva zona de riego el factor humano es importante y esencial y debe ser prioritario. El "fracaso" de algunas zonas de riego se debe a la poca atención dada a este factor desde la planeación de éstas.

Si existe la insensibilización de la población beneficiada por las obras de riego, la poca participación para el logro de los objetivos del proyecto, los problemas sociales de oposición a la ejecución del proyecto, deficiencias en la producción y deficiencias en las labores de operación, conservación, rehabilitación y modernización de las obras, es porque no se han tomado suficientemente en cuenta a los usuarios y operarios de las obras de riego como humanos con toda una gama cultural, de tradiciones, costumbres y modos de vida; y sin embargo, sí, como máquinas que acatarán las órdenes incondicionalmente y que iniciarán la producción que se les indique, como se les indique y cuando se les indique.

Tomando en cuenta lo anterior es necesario mencionar un aspecto que se presenta en la etapa de planeación, pero, por afectar directamente en esta etapa se cita hasta ahora.

En la planeación de las obras de una zona de riego puede haber dos criterios para la ejecución de un proyecto:

1o. De arriba hacia abajo.

Cuando la entidad que planea, en nuestro caso el Gobierno, lleva a cabo ella sola el proceso de decisión sin tomar en cuenta el factor humano se presenta este criterio; es decir, la actitud de los habitantes de la zona que se verá alterada con el proyecto ante la ejecución de este mismo, no es considerada.

Este criterio acelera el proceso de decisión, el diseño (estudios y proyecto) y el de construcción. Tiende a resaltar los componentes tecnológicos y no tanto los humanos.

2o. De abajo hacia arriba.

Este criterio considera el patrón cultural promedio de la población que se beneficiará o se verá afectada con las obras, su interés por aprender nuevas técnicas, el grado de colectivismo existente en la economía de la región y, en especial, la persistencia de tradiciones y costumbres sociales y de prácticas agrícolas. Todo ello constituye el factor humano.

Así, sólo cuando las circunstancias anteriores son propicias para garantizar el éxito del proyecto, éste se lleva a cabo.

El primer criterio ha provocado algunas veces, a pesar de una buena etapa de planeación, programación, diseño y de construcción, que la operación sea insatisfactoria debido a la renuencia de los agricultores para aprender nuevas prácticas agrícolas y de irrigación que contrastan con sus tradiciones y antecedentes culturales.

El segundo criterio puede resultar satisfactorio únicamente en proyectos compuestos de una multitud de otros a menor escala operados por comunidades locales pero no encara con facilidad los problemas de -

las grandes obras de irrigación que requieren la construcción, operación y mantenimiento, todas unificadas para un mismo proyecto, debido a las diferencias culturales y de tradición agrícola de las poblaciones que en marca el proyecto.

Sea cual fuere el criterio, se deberá lograr la participación efectiva de los usuarios y operarios de las obras. Con el primer criterio será más difícil que con el segundo.

Aunado a la problemática de carácter humano, se encuentra la falta de recursos económicos. En algunas zonas de riego se pospone la construcción de algunas obras necesarias que se detectan durante la operación de la infraestructura y la ejecución de medidas correctivas, habiendo pospuesto antes las preventivas, para alcanzar la eficiencia con la que debe operar el sistema. Se observa entonces la falta de conservación oportuna y adecuada de las obras y el incremento de la conservación diferida. Esto conduce al aprovechamiento parcial de la superficie proyectada y al deterioro de la producción de las áreas servidas.

Para plantear las soluciones de la problemática señalada es necesario saber qué es conservación, rehabilitación y modernización de las obras de riego.

Conservación es la actividad, dentro de las labores de operación, que mantiene en buen estado las obras de riego para que distribuyan el agua en forma eficaz.

Rehabilitación es el proceso de renovación de un proyecto que se deteriora y cuyo funcionamiento no cumple con los criterios y necesidades originales. Abarca las mejoras de la etapa de diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Modernización es el proceso de mejoramiento de un proyecto existente para satisfacer criterios óptimos y alcanzar los objetivos originales. Abarca los cambios en el diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Estas tres actividades se enfocan al mejoramiento de la administración del agua.

Las razones para rehabilitar y modernizar las obras de una zona de riego son:

1º Irrigación deficiente o inadecuada para los requerimientos de las cosechas.

2º Diferencias en la disponibilidad del agua entre agricultores localizados en diferentes partes de la zona.

3º Filtraciones y salinización de los suelos.

4º Envejecimiento de las instalaciones, ya sea por el paso del tiempo o por un mantenimiento inadecuado.

5º Quejas de los agricultores por horarios de servicio de riego poco satisfactorios y demasiado rígidos; en particular de aquéllos que necesitan trabajar de noche.

6º Consumos de energía muy altos cuando se trata de bombeos.

Respecto a la problemática de carácter humano, es necesario motivar y convencer a los operarios de las obras de riego para capacitarse a fin de llevar a cabo la conservación adecuada de la infraestructura; para ello habrá que formular esquemas más eficientes de capacitación en el campo.

Cuando se trate de nuevas zonas es importante que desde la planeación se consideren los factores humanos que intervendrán en la conser-

vación de las obras.

La conservación debe ser preventiva. Desde el diseño de un proyecto deben tomarse en cuenta las labores de conservación junto con las de construcción y operación a fin de elegir la opción más rentable y factible. Es conveniente la creación de normas y especificaciones que indiquen las acciones de conservación para ser proporcionadas a los operarios para que las consideren.

Al entregar en forma definitiva las obras terminadas se entregarán también los manuales de conservación de las instalaciones, exigiendo el cumplimiento estricto de las mismas. Es muy importante crear conciencia entre los operarios acerca de la necesidad de conservar las obras en condiciones adecuadas de funcionamiento; así como, asesorar y supervisar los trabajos de conservación.

Considerando la problemática financiera es conveniente procurar, con los recursos económicos disponibles, llevar a cabo una jerarquización de programas de inversión para obras de rehabilitación y modernización tomando en cuenta el interés nacional, la participación de los usuarios, los beneficios generados en la región y el pago de la inversión con el objeto de lograr un óptimo aprovechamiento de los escasos recursos económicos con que actualmente cuenta el país.

Debe estudiarse la factibilidad de hacer partícipes a los usuarios beneficiados por las obras para cubrir una parte del costo de las obras de rehabilitación y modernización en aquellos casos en que los usuarios tengan un nivel de ingresos aceptable.

Para no seguir deteriorando la economía del Estado, es conveniente eliminar los subsidios que se otorgan a las zonas de riego median

te el bajo costo del suministro del agua y los trabajos de rehabilitación y modernización en algunos casos. Esto se logrará adecuando el sistema tarifario a las necesidades financieras de la zona de riego, incrementando las cuotas hasta alcanzar el costo real del suministro del agua y los servicios de riego; todo ello con la finalidad de generar saldos positivos susceptibles de invertirse en dichas obras.

Resulta también interesante pensar en la posible participación de la iniciativa privada en la inversión de capital en obras de rehabilitación y modernización mediante convenios de cooperación con el sector público.

Las soluciones anteriores permitirán aprovechar cada vez más la infraestructura de riego ya instalada. Las obras de rehabilitación y modernización tienen la ventaja, sobre la incorporación de nuevas zonas a la agricultura de riego, de que para obtener la producción de estas últimas, después del largo proceso de planeación, programación, diseño y construcción, habrá que esperar aún más para la maduración de las obras; además del bajo costo relativo; sin embargo, es necesario tener presente que los trabajos de rehabilitación y modernización pocas veces son acciones rápidas y su implantación gradual debe planearse con mucho cuidado cuando éstos afectan a los métodos tradicionales de operación y mantenimiento obligando la alteración de las costumbres de cultivo.

#### 4.3.5 Evaluación de proyecto

El proceso de incorporación de una zona a la agricultura de riego no termina al iniciar la operación, la rehabilitación o su modernización. Existe una última fase que generalmente no es considerada en la planeación, diseño y construcción de obras de riego. Esta fase es aqué-

lla que por medio del análisis comparativo de objetivos y metas con los resultados obtenidos, permite sugerir correcciones en los planteamientos originales a fin de lograr futuras acciones y alcanzar los beneficios - que se persiguen y en los tiempos esperados.

La evaluación debe estar siempre presente en el proceso de incorporación de una zona al riego.

La forma de evaluar la bondad económica de los proyectos de irrigación ha evolucionado desde esquemas simples como el costo por hectárea habilitada o rehabilitada y modernizada, hasta distintas variantes - del análisis beneficio/costo en las que se manejan un gran número de factores. De igual manera se han determinado métodos para medir la eficiencia de las obras de riego permitiendo evaluar su funcionamiento desde -- varios puntos de vista como se verá en el inciso posterior.

En las obras de riego se han adicionado criterios sociales para beneficiar a zonas marginadas; sin embargo, la experiencia en materia de irrigación indica que los supuestos beneficios utilizados para la evaluación de un proyecto difieren de la realidad. Las causas principales de - esta diferencia son: la subestimación de costos y la sobreestimación de los pronósticos de la evaluación de superficies y rendimientos de producción; esta última es debida a la falta de información técnica y agronómica acorde con las condiciones de la zona del proyecto y al considerar en forma insuficiente los aspectos sociales, los problemas de organización, asistencia técnica y capacitación y, los requerimientos de mecanización-- algunas veces inalcanzables. Vale la pena recordar que todo ello es propiciado por el criterio de decisión "de arriba hacia abajo" citado en el inciso 4.3.4.

Aunado a la problemática anterior, la creciente demanda y contaminación del agua, en algunas regiones del país aumentan la competencia y los conflictos por el uso de los recursos disponibles. La solución a estos conflictos se apoya generalmente en obras de uso múltiple, afectaciones al medio ambiente, cambios de uso, reúso y transferencia de agua entre cuencas o entre entidades federativas. Todas estas acciones requieren criterios de evaluación que consideren los beneficios y los costos para las distintas partes involucradas (usuarios e inversionistas).

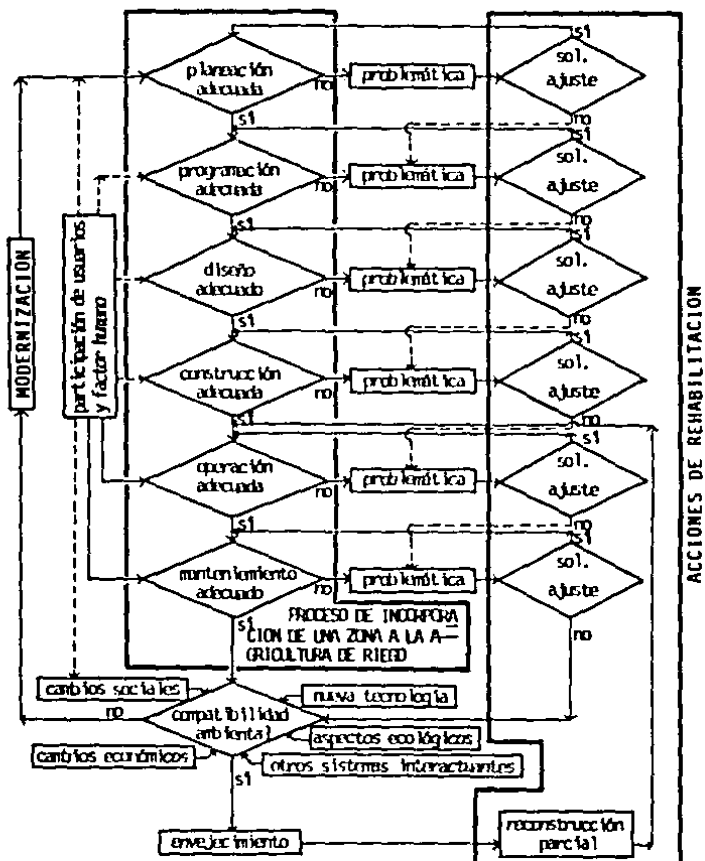
El empleo de una eficiente evaluación financiera permitirá definir si las inversiones realizadas para llevar a cabo un proyecto de irrigación se recuperarán y en cuánto tiempo siguiendo la estrategia financiera vigente. Si no es recuperable la inversión, o recuperable pero en un tiempo inoportuno, la evaluación financiera determinará si es necesario ajustar los criterios de jerarquización de inversiones o la adecuación del sistema tarifario aplicado a los usuarios de las obras.

En la fase de evaluación de un proyecto de irrigación concurre toda una serie de factores que determinan, a lo largo del mismo, su desarrollo. Para explicar la interacción de todos ellos se ha elaborado el diagrama del CUADRO 4.1.

Como se observa en el diagrama el proceso puede cumplir su función y objetivos sólo si la planeación, la programación, el diseño, la construcción, la operación y la conservación son adecuados, pero si se presenta alguna problemática en cualquiera de estas fases se requerirá de la rehabilitación de la fase afectada; esto es, dar solución a la problemática detectada. La operación y el mantenimiento inadecuados son las causas más frecuentes en nuestro país para llevar a cabo acciones de rehabilitación. Ello se debe a la poca atención y promoción de capacita---



INTERACCION DE LOS FACTORES DEL PROCESO PARA IN-  
CORPORAR UNA ZONA A LA AGRICULTURA DE RIEGO



NOTA: Se tomó como base el esquema realizado por C.A. Fasso,  
profesor de Mecánica de Fluidos en el Politécnico de -  
Milán, Italia.  
(Ingeniería Hidráulica en México; sept./dic. '87)

Tests Profesional  
José Luis García Rivero

ción oportuna y a la insuficiencia en la captación de fondos económicos para cubrir estos gastos.

La adecuación y vinculación de las seis fases mencionadas en el proceso de incorporación no es suficiente para la administración y evaluación completa y satisfactoria del funcionamiento general de las obras de la zonas de riego ya que ésta no es una instalación meramente técnica, sino un complejo sistema que conjuga los aspectos sociales, técnicos, políticos, económicos y ecológicos, abiertos al medio ambiente e interactuando con él.

Por tanto, las obras de riego deben ser compatibles con los componentes del medio, los que en el diagrama se han resaltado en cinco recuadros; uno representa las interacciones con otros sistemas, ya sean hidráulicos como abastecimientos de agua potable, generación de energía eléctrica, etc.; o no, como caminos, zonas industriales, etc.; los demás componentes toman en cuenta e incluyen cambios en el medio ecológico, social, político, económico y tecnológico de la región; este último produce, si existe rezago, la obsolescencia del sistema.

Si se satisfacen todos los componentes anteriores, el sistema operará bien y sólo necesitará rehabilitarse cuando el envejecimiento de las obras y del equipo lo requieran. Si existe alguna falla o falta de correspondencia con uno o más de los componentes del medio significa la incongruencia de los objetivos y criterios originales con la realidad; ello provocará su ajuste y será necesaria la modernización.

Vale la pena aprovechar la ocasión para destacar la diferencia entre rehabilitación y modernización de las obras de riego no expresada anteriormente. Si se toman en cuenta todos los componentes del sistema y no sólo los físicos y los técnicos la diferencia fundamental es que la-

primera se requiere por fallas internas en el propio proceso, en tanto - que la segunda es necesaria para que las obras funcionen de acuerdo con los factores externos del proceso. En ambas actividades debe haber retroalimentación para la obtención de resultados satisfactorios.

En el diagrama se puede observar que se requieren trabajos de - rehabilitación y modernización en distintas circunstancias. El envejecimiento se asocia a la reconstrucción parcial y corresponde a intervalos de tiempo largos su requerimiento. Los seis tipos de rehabilitación, --- cuando son necesarios, se realizan en etapas mucho más inmediatas.

Cabe insistir en la importancia que tiene el tomar en cuenta a los usuarios y beneficiarios. Esto se muestra en el diagrama; si no se toma en cuenta el factor humano desde la fase de planeación, se propiciarán, en breve, acciones de modernización, ya que este factor estará presente en los cambios sociales que influirán en la evaluación de la compatibilidad del sistema con el medio ambiente. De no contemplar estos aspectos a tiempo, se provocarán funcionamientos inadecuados en el proceso.

#### 4.4 Calidad y conservación del agua

##### 4.4.1 Contaminación y tratamiento

Es un hecho la existencia de aguas con mala calidad que no cumplen las normas técnicas y legales establecidas y aceptadas para considerarse adecuadas para su aprovechamiento.

Los principales problemas de contaminación de aguas superficiales se presentan en once cuencas principales del país que albergan al 59% de la población y al 52% de la superficie bajo riego; dentro de esas --- cuencas se produce el 77% del valor bruto de la producción industrial y-

se descarga el 54% de los desechos orgánicos que se generan en el país. Entre dichas cuencas se encuentran las de los ríos Pánuco, Lerma y Balsas (36).

Las aguas almacenadas en estas cuencas, ya con un índice de contaminación, conducidas y distribuidas para regar una zona afectan al buen desarrollo de los cultivos y a la degradación del suelo. Ello da lugar a labores de mantenimiento y de conservación más continuas con el riesgo de que éstas mismas funcionen en forma deficiente.

Una vez usadas y cargadas de residuos de sustancias químicas tóxicas provenientes de fertilizantes y plaguicidas, son vertidas sin tratamiento a los cuerpos receptores contaminando otras zonas "aguas abajo".

El aumento de materia orgánica contaminante en los vasos almacenadores propicia el crecimiento de lirios acuáticos que hace difícil la operación de las obras captadoras y derivadoras de agua ocasionando la distribución insuficiente del agua demandada por las zonas de riego.

Para la solución de los problemas o la disminución de los riesgos anteriores es necesario promover el uso de agua tratada en las zonas de riego, y también, el mejoramiento de la calidad del agua que se va a deshechar y que ha sido utilizada para riego.

Los limitados recursos disponibles obligan a desatender necesidades por atender otras de igual o mayor importancia. Proveer de agua potable a la población es prioridad ante la construcción de obras de alcantarillado y, en el caso particular de éste, se prefiere atender a la red

(36) "Problemas con respecto a la calidad y conservación del agua", El aprovechamiento y administración del agua como factores para el desarrollo y bienestar, Colegio de Ingenieros Civiles de México, Comité de Estudio del Agua, México, 1982, p.p. 36 a 41.

de tuberías y se posponen los proyectos y la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, el problema real no es sólo el económico, sino también la actitud de los grupos de usuarios y beneficiarios de las obras de riego que utilizan el agua; el usuario que paga por controlar la calidad de las aguas descargadas y que contaminó en su zona de riego no se beneficia directamente; es decir, el agua de buena o mala calidad se recibe "aguas abajo" y no daña a quien sacó antes provecho de ella. Esta actitud carece de conciencia social y provoca el deterioro de los esfuerzos por preservar el agua.

Las aguas de las poblaciones se descargan comunmente sin previo tratamiento a los cuerpos receptores contaminando otras aguas de buena calidad. No obstante, ciudades como México, Juárez, Monterrey y Puebla, las utilizan para el riego directo de 110 mil hectáreas en las zonas de riego de los Estados de Hidalgo, Puebla, México y Chihuahua (37). El uso señalado disminuye en una parte considerable la contaminación de los cuerpos receptores y finalmente del mar; sin embargo, es importante tener presente que estas aguas llevan altos contaminantes que degradan al suelo y a los cultivos. Un riesgo de lo anterior es, al ser empleadas directamente para riego sin ningún tratamiento previo, estas aguas se infiltran en el suelo hasta llegar a los acuíferos subterráneos provocando su contaminación y por consiguiente su inutilización.

La utilización de aguas para riego podría extenderse en aquellas zonas que no presenten el riesgo de contaminación de acuíferos, cuidando también los mínimos de calidad de las mismas para no degradar en forma crítica el suelo y los cultivos pero aún son deficientes el con-

(37) "Aprovechamiento de las aguas residuales", Informe de labores 1986, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), (Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos), México, 1986, p.p. 3.43 y 3.44.

tro y la reglamentación de la calidad de las descargas de centros urbano/industriales y los controles sanitarios en las zonas de riego con --- aguas residuales.

La solución de la problemática de la calidad del agua se contempla en la concientización de todos los usuarios que no requieren de su - potabilidad al 100%, como el caso de las zonas de riego, para utilizar - agua tratada. Como el factor financiero está presente en todos los pro- blemas de éste y de otros aspectos, se insiste en que es necesario co--- brar el costo real por suministro de agua y hacer participes a los usuarios en la construcción de las plantas de tratamiento previo a la utili- zación.

Se considera conveniente y muy importante el soporte político - para obligar a los usuarios de agua en zonas de riego a que sus drenes,- conductores de agua contaminada de fertilizantes y plaguicidas, no des- carguen en los vasos y corrientes receptoras, sino en plantas de trata--- miento para que al momento de descargarlas vayan con una calidad mínima- que no dañe "aguas abajo" de su uso anterior. Esto es, se requiere trata- miento antes y después del uso de agua para riego.

Para lograr lo anterior se requiere de un monitoreo estricto como medida para controlar la calidad de las aguas extraídas y retornadas. La calidad de las aguas de retorno a los cuerpos receptores deberán cum- plir con los requerimientos mínimos de calidad. Estos requerimientos de- berán estar determinados y elaborados de acuerdo con las condiciones tec- nológicas y sociales del país en materia de tratamiento de aguas a fin de hacer posible su aplicación eficiente, sistemática e imparcial entre- los usuarios.

#### 4.4.2 Equilibrio ecológico

Cuando se planea abrir una nueva zona a la agricultura de riego, se presenta el problema de hacer coincidir la oferta y la demanda de agua y suelo ocasionando el deterioro radical del ecosistema; este deterioro se refleja en la pérdida de suelo por erosión y en las consecuencias de las obras de captación, almacenamiento, conducción, cambios de uso y transferencia de agua entre cuencas.

Uno de los problemas de carácter ecológico que origina la gran demanda de agua para riego en zonas donde al agua superficial no es suficiente es la sobreexplotación de acuíferos subterráneos no renovables con el riesgo de presentarse intrusión salina en regiones cercanas al mar, e intrusión de aguas residuales utilizadas para riego que se infiltran en el suelo llegándolos a contaminar.

En las zonas semiáridas y áridas del país se encuentra la mayor parte de las zonas de riego y para su abastecimiento de agua se requiere la explotación de acuíferos subterráneos por insuficiencia o por lejanía de los almacenamientos superficiales. Esta extracción de agua ha conducido a la explotación excesiva del agua subterránea.

Actualmente, de los sesenta acuíferos de importancia en el país que están en explotación, treinta y seis de ellos se sobreexplotan y en algunos de ellos se presentan graves problemas de calidad por intrusión salina y de aguas residuales y de abatimiento indeseable de los niveles freáticos (39). Todos esos acuíferos sobreexplotados se encuentran en la zona norte y en la zona del Altiplano Central del país; lugares donde el agua es escasa.

(39) "Un reto que crece", artículo de la revista Ingeniería Civil, (Colegio de Ingenieros-Civiles de México), México, agosto 1987, número 244, p. 28.

Aunque la urgencia de agua sea muy grande es importante y necesario regular su uso en las zonas de riego. Para ello habría que promover el uso eficiente de la infraestructura hidroagrícola y, así mismo, - cobrar el valor real del agua a fin de que su utilización sea más cuidada y no se siga desperdiciando como hasta ahora.

Para la explotación de los acuíferos subterráneos particulares se requiere de un trámite de solicitud y asignación de la licencia de perforación de pozos. Ello quiere decir que el marco jurídico es suficiente para ejercer el control de uso y usuarios; sin embargo, los mecanismos para instrumentar y hacer cumplir esos ordenamientos son deficientes, lo que provoca que se sigan sobreexplotando mantos subterráneos en forma clandestina.

La solución de la problemática planteada consiste en la elaboración y ejecución de reglamentos y el estricto control de los pozos existentes a fin de preservar\* y conservar\*\* los recursos hidráulicos subterráneos.

Es de primordial importancia, para no causar afectaciones desfavorables al medio ambiente que se verá alterado con las obras, analizar los aspectos ecológicos en la etapa de planeación y diseño para alcanzar mayores beneficios.

Como la pérdida de suelo es inevitable debido a su continuo uso conviene fortalecer las labores de operación y conservación y asistencia técnica, poniendo al alcance de los usuarios y operarios los métodos -

\* Salvar al agua de cualquier riesgo de daño. Se refiere a su calidad.

\*\* Cuidar la permanencia del agua en la naturaleza. Se refiere a su cantidad.



y los medios mecánicos para rehabilitar el suelo a fin de conservar o incrementar su rendimiento; para ello, habría que dar solución a la problemática que se ha planteado en las etapas de planeación y conservación, -rehabilitación y modernización de las obras de riego.

#### 4.5 Aprovechamiento de los recursos disponibles

##### 4.5.1 Medición y control del agua

En gran parte de las zonas de riego del país se conoce cuánta -agua se deriva de las presas para su uso agrícola pero no se tiene la -manera de controlar la entrega de la dotación o volumen de agua a cada -una de las parcelas de producción; fundamentalmente ello se debe a la --falta de estructuras aforadoras en los canales principales y secunda----ríos. Por otra parte, prácticamente no se encuentran medidores de la ca--lidad del agua a la salida de las parcelas dejando ir en ella graves contaminantes de otras aguas "aguas abajo".

La falta de información a nivel global de los volúmenes aprove--chados en las zonas de riego dificulta la administración y el control --del agua. Este problema se presenta también en el aprovechamiento de las aguas subterráneas. A la carencia de estructuras de aforo se suma la falta de medios adecuados para la obtención de datos hidrométricos acerca -de la extracción y recarga de agua en los acuíferos explotados diariamente para el riego de una zona. Por lo anterior se hace casi imposible de--terminar el grado de extracción respecto a la recarga; si la extracción--es mayor que la recarga será necesario aplicar acciones correctivas para evitar la sobreexplotación; pero, si no existir estructuras de aforo se--propicia que las acciones correctivas no se implanten o se implanten en--una forma inoportuna.

Esta problemática se debe atacar mediante la construcción y colocación de estructuras para medir la cantidad y calidad del agua a la entrada y salida de una zona de riego. Es conveniente, también, establecer un sistema de muestreos y análisis del agua a la entrada, dentro y a la salida de las zonas de riego para determinar su calidad.

Las mediciones de cantidad y calidad del agua deberán ser tomadas periódicamente dependiendo de la intensidad, práctica y métodos de riego, a fin de llevar a cabo la evaluación del funcionamiento de las obras en forma oportuna. En el caso de los pozos de bombeo, las estructuras de aforo serán las que ayuden a determinar si los acuíferos utilizados se sobreexplotan o no.

Para la construcción de estas estructuras será necesaria la selección previa de los sitios en que serán colocadas al igual que el tipo de las mismas. Una vez hecho esto se estimarán los costos correspondientes para posteriormente ser revizados y gestionar, si proceden, el presupuesto de construcción y habilitación de las zonas de riego.

Durante la construcción de estas estructuras la entidad operadora de las obras de riego tiene que supervisar su colocación, habiendo antes unificado los criterios y consideraciones técnicas para su diseño. Al terminar las nuevas estructuras de medición y control de agua, la entidad constructora debe entregar los manuales de operación y conservación a los operarios de las obras.

Como se señaló en otros incisos, en esta etapa será también importante tener en cuenta el factor financiero. Para llevar a cabo las obras de aforo complementarias tendrá que haber un capital para invertir, el cual se debe originar en la adecuación del sistema tributario de tarj

fas y cuotas o en la participación directa de la inversión de los usuarios.

Finalmente, cabe mencionar que la falta de estructuras aforadoras es ocasionada por la deficiente supervisión durante la elaboración - del diseño y durante la construcción de las obras, o por la incapacidad-técnica de los operarios durante la operación preparatoria, o por llevar a cabo el proceso entrega/recepción de las obras cuando la totalidad de éstas no se ha cubierto, o por el desfasamiento de labores de rehabilitación y modernización, o, en el peor de los casos, por la combinación de dos o más de las causas anteriores.

#### 4.5.2 Eficiencia y productividad

Los problemas relacionados con el aprovechamiento del agua y -- del suelo en la agricultura de riego se caracterizan por la baja eficiencia en el uso de estos recursos y por las dificultades de financiamiento en las zonas de riego.

Se ha identificado que la baja eficiencia en el uso del agua de riego se debe a los siguientes factores, entre otros, y que algunos de ellos ya se han comentado y otros queda por hacerlo:

1o. Necesidad de rehabilitación y modernización de las zonas de riego.

2o. Falta de sistemas adecuados para la conducción y distribución del agua.

3o. Carencia de sistemas de medición y control para entregar el agua por dotación volumétrica.

4o. Falta de estímulos al usuario para que ahorre agua.

5o. Prácticas inadecuadas en el manejo del líquido por parte -- del usuario, como entarquinamientos, excesivas inundaciones y reiterado lavado de suelo.

6o. Aplicación inoportuna de los resultados de la investigación agrícola.

7o. Falta de capacitación y asistencia técnica a los operarios- y a los usuarios.

8o. Falta de políticas adecuadas de operación y mantenimiento - de las obras.

Para plantear la problemática existente en la eficiencia de las obras de riego se pueden señalar cuatro factores principales cuya importancia varía en cada caso y se combinan a la vez para obtener la eficiencia hidráulica total del aprovechamiento del agua para riego:

#### Eficiencia en el almacenamiento

Esta depende de la operación de las presas almacenadoras. Tradicionalmente en los almacenamientos superficiales se ha manejado la asignación de agua para las zonas de riego siguiendo dos tendencias:

1ª Se dispone el uso inmediato del agua y está basada en el valor productivo del agua.

2ª Se asignan pequeños volúmenes de agua para riego con el fin de asegurar grandes almacenamientos para el futuro.

Tales tendencias extremas pueden ser contradictorias y conducir a pérdidas económicas cuando se tienen daños por sequía, como el actual, o cuando se originan inesperadamente escurrimientos abundantes.

Los riesgos anteriores obligan a corregir las labores de opera-

ción del almacenamiento. Convendrá entonces la implantación de modelos matemáticos que determinen las cantidades de agua a derivar durante los periodos y épocas debidas para garantizar tanto el funcionamiento del almacenamiento en forma eficiente sin riesgos ni peligros, como la asignación oportuna de agua a las zonas de riego.

Lo anterior supone la capacitación y adiestramiento de los operarios del almacenamiento para llevar a cabo las indicaciones que arroje el estudio del modelo matemático.

Cuando el almacenamiento se encuentre funcionando conforme a las nuevas políticas de operación será necesaria y útil la evaluación de esta actividad a fin de realizar en la práctica ajustes para optimizar aún más su funcionamiento.

Eficiencia en la conducción de agua\*

La eficiencia en la conducción de agua está dada por la siguiente expresión:

$$EC = VE / VD \quad (40)$$

donde: EC es la eficiencia de conducción.

VE es el volumen entregado al usuario en su parcela.

VD es el volumen de agua derivado de un río, de una presa o de otra fuente natural, conducido y distribuido por una red de canales.

En el CUADRO 4.2 se observa que la eficiencia promedio de la conducción del agua en las zonas de riego en el país marca una tendencia

\* Se le conoce también como eficiencia de operación.

(40) "Eficiencia en el riego", Uso del agua en irrigación, (Comisión del Plan Nacional Hidráulico), México, 1978, p. 58.



decreciente en los últimos años hasta 1984, pasando por una máxima del - 65% en el ciclo 1978/1979 a una del 62% en el ciclo 1983/1984 (41).

Tomando en cuenta la definición de eficiencia de conducción lo anterior quiere decir que, por ejemplo, si en el ciclo 1983/1984 se extrajeron 100 metros cúbicos de agua de una determinada presa sólo llegaron a la zona de riego 62 metros cúbicos; los otros 38 metros cúbicos -- que completan el total extraído se perdieron por evaporación (esta pérdida se considera despreciable) y principalmente por infiltración a lo largo de los canales de conducción hechos de tierra no revestidos o revestidos en forma deficiente; ello constituye una problemática a resolver.

Para llegar a determinar la eficiencia de conducción se requiere conocer el tipo de operación, el método de distribución, las condiciones de los suelos sobre los que pasan los canales de conducción y si éstos están revestidos o no, y con qué calidad.

Con el fin de evitar importantes pérdidas de agua por infiltración a lo largo de los canales de conducción es conveniente realizar labores de rehabilitación en las zonas de riego que permitan revestir los canales que hasta ahora su acabado ha sido de tierra.

Se ha observado que cuando los canales están totalmente revestidos la eficiencia de conducción se incrementa en un 8%; si aunado a esto se tienen acciones de operación y mantenimiento adecuados, oportunos y eficaces la eficiencia puede alcanzar un incremento del 2% sobre el 8% logrado con el revestimiento (42).

(41) "Programa Nacional de Uso Eficiente de la Infraestructura Hidroagrícola", Documento - Central, (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), México, 1986, p. 4.

(42) "Eficiencia en el riego", Uso del agua en irrigación, (Comisión del Plan Nacional Hidráulico), México, 1978, p.p. 58 a 69.

### Eficiencia parcelaria

La eficiencia parcelaria está expresada de la siguiente manera:

$$EP = ( VE - PI ) / VE \quad (43)$$

donde: EP es la eficiencia parcelaria.

VE es el volumen total que le llega al usuario a su parcela.

PI son las pérdidas por infiltración determinadas con el tipo de método de riego y de tipo de suelo.

En los métodos de riego por gravedad, que son los más empleados en México, la eficiencia parcelaria en las mejores condiciones naturales y de operación difícilmente supera al 65 o 70%, debido a que de cualquier forma existen infiltraciones en los suelos (44).

Según los datos que se tienen de las zonas de riego de nuestro país la eficiencia parcelaria alcanza el 80%, pero, tomando en cuenta la consideración mencionada arriba, pone en evidencia que esta eficiencia está sobreestimada. Esta imprecisión es debida a la insuficiencia de estructuras aforadoras que permitan la medición de los volúmenes entregados a los usuarios, situación que origina la incertidumbre de los datos.

Los factores que se deben cuidar para lograr una buena eficiencia parcelaria son los siguientes: tipo de suelo y método de riego, la lámina de riego aplicada y el número de estructuras aforadoras a nivel parcelario.

(43) "Eficiencia en el riego", Uso del agua en irrigación, (Comisión del Plan Nacional Hidráulico), México, 1978, p. 60.

(44) Estimación de acuerdo con las recomendaciones de M. Parry y Ch. Ollier. "El Regadío", Editores Técnicos Asociados, S.A., Barcelona, España. 1970. p.p. 120 a 158.



Es conveniente realizar un estudio que determine el método de riego y la lámina de agua a utilizar sobre los suelos a fin de evitar la saturación de ellos y grandes pérdidas por infiltración.

Si en la zona que se quiere regar se tienen suficientes estructuras aforadoras se logrará una mejor medición del agua y los resultados serán más precisos; ésto permitirá la evaluación de la eficiencia parcelaria.

La eficiencia parcelaria tendrá que aumentar al establecer como cuota de utilización de la infraestructura el costo real del agua, ya -- que el usuario tendrá que realizar esfuerzos para utilizar en forma más eficiente el agua que le llega al tener que pagar más por ella.

#### Eficiencia total

La eficiencia total se define con la siguiente expresión:

$$ET = VE / RRT \quad (45)$$

$$RRT = UC / LLEO$$

donde: ET es la eficiencia total.

VE es el volumen entregado al usuario.

RRT es el requerimiento de riego teórico que dependerá -- del cultivo.

UC Es el uso consuntivo de agua de los patrones históricos de los cultivos por regar.

LLEO es la lluvia efectiva ocurrida.

La eficiencia total promedio en las zonas de riego del país en

(45) "Eficiencia en el riego", Uso del agua en irrigación, (Comisión del Plan Nacional Hidráulico), México, 1978, p. 58.

el ciclo 1983/1984 fue del 40% (46); es decir, por ejemplo, que en ese periodo se entregaron al usuario 40 metros cúbicos de agua para riego, -- llovió un total de 20 metros cúbicos y los requerimientos de las plantas sembradas fueron de 120 metros cúbicos, en ese mismo periodo. Como se -- puede observar, la mala o insuficiente distribución de agua en el país -- propicia el desarrollo inadecuado de los cultivos.

Debido a que la eficiencia total es una combinación de las dos -- eficiencias anteriores su incremento dependerá de la solución de los -- problemas que se presentaron en ella.

#### Productividad

Este factor se determina con base en el volumen de producción -- obtenido por unidad de agua y depende de la relación existente entre el -- patrón de cultivo seleccionado y las condiciones locales para el desarro -- llo del mismo.

En México se presenta el empleo de patrones de cultivo obli -- gado ocasionando bajos rendimientos de producción.

En algunas zonas de riego cuya disponibilidad de agua es baja -- se siembran indebidamente cultivos que requieren para su buen desarrollo -- mayor cantidad de agua que la que se les puede proporcionar ahí. Ello -- provoca un mal desarrollo del cultivo, baja productividad del recurso, -- bajos rendimientos de producción por hectárea y la mala utilización de -- un área de siembra que podría ocupar otro cultivo que con esa dotación -- mínima de agua pudiera desarrollarse sin problemas.

El factor productividad no sólo depende del suelo y del agua, --

(46) "Programa Nacional de Uso Eficiente de la Infraestructura Hidroagrícola", Documento -- Central, (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos), México, 1986, p. 11.

sino también, y en forma considerable, de las actitudes de los campesinos y usuarios de las obras de riego. En algunas zonas rurales de México se insiste en practicar la agricultura de riego donde la práctica ha demostrado que la gente definitivamente no tiene vocación agrícola y que no usa las obras de riego, y si las usa, lo hace mal, provocando resultados de producción muy deprimentes.

Según las observaciones realizadas en diversas zonas de riego del país se puede demostrar que la productividad del agua presenta fuertes variaciones poniendo en evidencia el empleo de patrones de cultivo obligados.

En el CUADRO 4.3 se muestran algunas zonas de riego del país, entre las más importantes, que presentan variaciones de productividad -- tomando en cuenta los cultivos básicos.

Del cuadro mencionado se desprenden varios comentarios interesantes acerca de patrones de cultivo obligados en algunas zonas de riego en México.

Se observa que en la zona de riego del Río Colorado, B.C.N., se presentan los más bajos índices de productividad en relación con la totalidad en las zonas analizadas respecto a los cultivos cártamo y ajonjolí. Si se comparan éstos con los más altos a nivel nacional se tiene que el índice del cártamo en esta zona no es tan bajo o crítico como el del ajonjolí. Estos bajos rendimientos pueden deberse al empleo de patrones de cultivo obligados, a la poca preparación técnica de los productores, al poco interés en la producción de estos alimentos o a las condiciones climáticas desfavorables. Ello sugiere estudiar la factibilidad de suspender la producción de ajonjolí en la zona de riego del Río Colorado, -

PRODUCTIVIDAD POR UNIDAD DE AGUA DE ALGUNAS ZONAS DE  
RIEGO IMPORTANTES DEL PAIS (cultivos básicos)

ZONA DE RIEGO	ESTADO	Trigo		Alfalfa		Frijol	
		m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>
Río Colorado	B.C.N.	11 600	.352	13 100	.153		
Santo Domingo	B.C.S.	7 000	.643	5 000	.300	5 000	.374
Río Mayo	Son.	8 800	.479	3 800	.418	6 900	.652
Río Yaqui	Son.	8 600	.509			6 900	.130
Costa de Hermosillo	Son.	6 900	.638	6 100	.328	6 900	.217
Cullacán	Sín.	7 400	.521	3 800	.405	4 500	.235
Huaya San Lorenzo	Sín.	7 400	.487	4 500	.160	4 900	.165
Valle del fuerte	Sín.	11 800	.323	4 900	.368	6 400	.161
Ciudad Delicias	Chih.	13 300	.286			7 800	.126
Región Lagunera	Coah./Dgo.	7 300	.344	5 900	.349	7 800	.168
Bajo Río Bravo	Tamps.					6 900	.084
Bajo Río San Juan	Tamps.	7 500	.420			6 900	.155
Alta Río Lerma	Gto.	10 000	.504			10 000	.077
La Begoña	Gto.	10 000	.479			10 000	.007
Tula	Hgo.	10 000	.310			6 300	.302
Estado de Morelos	Mor.					6 300	.223
Valsequillo	Pue.	10 000	.100			6 300	.190
Tehuantepec	Oax.					6 900	.214
Río Blanco	Ver.					6 900	.145
Morelia/Queréndaro.	Mich.	10 000	.320			7 700	.135
Ciénega de Chapala	Mich.	10 000	.264	5 300	.340	7 700	.148
Zamora	Mich.	10 000	.350			10 400	.105
Cupatitzio/Tepicaltepec	Mich.					7 700	.013

Tests Profesionales  
José Luis García-Rivero

CUADRO 4.3 (cont.)

PRODUCTIVIDAD POR UNIDAD DE AGUA DE ALGUNAS ZONAS DE  
RIEGO IMPORTANTES DEL PAÍS (cultivos básicos)

ZONA DE RIEGO	ESTADO	Soya		Sorgo		Arroz	
		m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>
Río Colorado	B.C.N.			8 900	.289		
Santo Domingo	B.C.S.	7 700	.218	4 500	.086		
Río Mayo	Son.	10 300	.192	11 900	.404		
Río Yaquí	Son.	11 600	.174	11 900	.328		
Costa de Hermosillo	Son.	8 800	.313	11 900	.378		
Cullacán	Sín.	8 600	.248	10 400	.573	7 200	.568
Humaya San Lorenzo	Sín.	8 600	.234	10 400	.465	20 600	.180
Valle del Fuerte	Sín.	7 400	.258	2 500	.777		
Ciudad Delicias	Chih.	13 300	.193	6 700	.522		
Región Lagunera	Coah./Dgo.			7 600	.385		
Bajo Río Bravo	Tamps.			6 200	.455		
Bajo Río San Juan	Tamps.			10 400	.264		
Alto Río Lerma	Gto.			5 500	.484		
La Bogaña	Gto.						
Tula	Hgo.						
Estado de Morelos	Mor.					32 900	.182
Valsequillo	Pue.						
Tehuantepec	Oax.			7 600	.329		
Río Blanco	Ver.						
Morelia/Queréndaro	Mich.			5 500	.160		
Ciénega de Chapala	Mich.			5 500	.242		
Zaira	Mich.						
Cuatitzilco/Tepealcaltepec	Mich.			3 900	.864	21 200	.205

FUENTE: Plan Nacional Hidráulico.  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.  
Estadísticas agrícolas. Informe de distribución de aguas de riego.

Tesis profesional  
José Luis García Rivero

CUADRO 4.3 (cont.)

PRODUCTIVIDAD POR UNIDAD DE AGUA DE ALGUNAS ZONAS DE RIEGO IMPORTANTES DEL PAIS (cultivos básicos)

ZONA DE RIEGO	ESTADO	Maíz		Ajoñolite	
		m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /ha	kg/m <sup>3</sup>
Río Colorado	B.C.N.	4 300	.744	14 900	.084
Santo Domingo	B.C.S.	5 200	.649		
Río Mayo	Son.	7 800	.427	3 400	.176
Río Yaquí	Son.	7 800	.464	5 000	.171
Costa de Hermosillo	Son.			6 000	.227
Cullacán	Sin.	7 700	.237	4 500	.157
Humbaya San Lorenzo	Sin.	7 700	.225	4 000	.351
Valle del Fuerte	Sin.	7 000	.032	4 500	.171
Ciudad Delicias	Chih.	8 400	.320		
Región Lagunera	Coah.	9 900	.233	6 000	.025
Bajo Río Bravo	Tamps.	8 400	.264		
Bajo Río San Juan	Tamps.	10 400	.285		
Alto Lerma	Gto.	5 500	.765		
La Begoña	Gto.	6 000	.956		
Tula	Hgo.	15 750	.262		
Estado de Morelos	Mor.	7 800	.315		
Valsequillo	Pue.	1 220	.246		
Tehuantepec	Oax.	9 100	.137	6 000	.163
Río Blanco	Ver.	7 200	.513		
Morelia/Queréndaro	Mich.	4 400	.640		
Ciénega de Chapala	Mich.				
Zamora	Mich.				
Cupatitzilco/Tepalcaltepec	Mich.	5 000	.471	6 400	.124

FUENTE: Plan Nacional Hidráulico.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Estadísticas Agrícolas. Informe de distribución de aguas de riego.

Tesis Profesional  
José Luis García Rívera

B.C.N.. Por otra parte, el maíz presenta el índice de productividad más alto de dicha zona que, comparado con el máximo alcanzado a nivel nacional, la diferencia que presentan no es tan grande; por ello, sería conveniente alentar la producción de maíz en esta zona de riego y suspender la de ajonjolí.

En la zona de Santo Domingo, B.C.S., se tienen los índices de productividad más altos a nivel nacional de trigo y de frijol; sin embargo, el índice más bajo también a nivel nacional en la producción de sorgo es el índice de productividad más bajo de la zona; éste, comparado con el índice de producción de sorgo más alto a nivel nacional se encuentra que es más bajo. Conviene entonces, alentar en esta zona la producción de trigo y de frijol y suspender la producción de sorgo; ésta última se puede compensar alentando la siembra de este cultivo en la zona de Cupatitzio/Tepalcaltepec, la cual presenta el más alto rendimiento de producción a nivel nacional.

Tomando en cuenta cada cultivo analizado se considera conveniente lo siguiente:

1o. Alentar la producción de trigo en las zonas de riego de Santo Domingo, B.C.S. (por presentar el rendimiento de producción más alto a nivel nacional) y en las zonas de Río Mayo, Son., Río Yaqui, Son., Costa de Hermosillo, Son., Humaya, Sin., Bajo Río San Juan, Tamps., La Begoña, Gto. y en la de Zamora, Mich. (por presentar los rendimientos más altos en cuanto a la producción de trigo respecto a los demás cultivos que se siembran en tales zonas). Además, suspender la siembra de trigo en la zona de Valsequillo, Pue. (por presentar el rendimiento de producción más bajo a nivel nacional, y más aún, de la misma zona).

2o. Alentar la producción de cártamo en la zona del Río Mayo, - Son. (por presentar el rendimiento de producción más alto a nivel nacional) y en la zona de riego "Ciénega de Chapala", Mich. (por presentar el rendimiento de producción más alto respecto a los demás cultivos de esta misma zona). Además, suspender la siembra de cártamo en la zona del Río Colcrado, Son., (por presentar el rendimiento más bajo a nivel nacional) y en la zona de riego Humaya, Sin. (más bajo rendimiento que se presenta en esta zona).

3o. Alentar la producción de frijol en la zona del Río Santo Domingo, B.C.S. (por presentar el rendimiento de producción más alto del país) y suspender su siembra en las zonas del Río Yaquí, Son., Costa de Hermosillo, Son., Cd. Delicias, Chih., Bajo Río Bravo, Tamps., Bajo Río San Juan, Tamps., Alto Río Lerma, Gto., La Regosa, Gto., Río Blanco, --- Ver., Morelia/Queréndaro, Mich., Ciénega de Chapala, Mich., Zamora, --- Mich. y Cupatitzio/Tepalcaltepec, Mich. (por presentar los más bajos rendimientos de producción de cada zona respecto a los demás cultivos que se siembran en ellas). Es importante llevar a cabo un análisis más profundo acerca del cultivo del frijol en estas zonas para determinar la causa de estos resultados.

4o. Alentar la producción de soya en la zona de riego Costa de Hermosillo, Son. (rendimiento de producción más alto a nivel nacional) y suspender la siembra de soya en la zona del Río Yaquí, Son. (rendimiento de producción más bajo a nivel nacional).

5o. Alentar la producción de sorgo en la zona de Cupatitzio/Tepalcaltepec (rendimiento de producción más alto a nivel nacional) y en las zonas de Cuiliacán, Sin., Valle del Río Fuerte, Sin., Cd. Delicias, - Chih., Región Lagunera, Coah. y Dgo., Bravo Río Bravo, Tamps. y en la zo



na de Tehuantepec, Oax. (rendimientos de producción más altos en cada -- zona respecto a los de los demás cultivos).

6o. Alentar la producción de arroz en la zona de Culiacán, Sin. (rendimiento de producción más alto a nivel nacional) y desalentarla en la zona de Humaya, Sin. (más bajo rendimiento de producción a nivel nacional)]. Habría que analizar esta situación, ya que estas zonas son co- lindantes entre sí y se presentan diferencias en sus rendimientos.

7o. Alentar la producción de maíz en la zona La Begoña, Gto. -- (por presentar el rendimiento de producción más alto del país) y además-- en las zonas del Río Colorado, Son., Santo Domingo, Son., Alto Lerma, -- Gto., Estado de Morelos, Mor., Valsequillo, Pue., Río Blanco, Ver., More- lla/Queréndaro, Mich. (por presentar los rendimientos más altos de pro- ducción en cada zona respecto a los demás cultivados en las mismas).

8o. Alentar la producción de ajonjolí en la zona de Humaya, --- Sin. (por presentar el rendimiento de producción más alto del país) y -- desalentarla en la zona del Río Colorado, Son., del Río Mayo, Son., Cu- liacán, Sin. y Región Lagunera, Coah. y Dgo. (por presentar los rendi--- mientos más bajos en cada una de las zonas respecto a los demás culti--- vos).

Las observaciones anteriores han sido realizadas de una manera-- extremista, ya que no se analizaron los casos en que se presentan rendi- mientos de producción situados alrededor de la media estadística. Para - realizar una estudio más completo, objetivo, imparcial y general habría-- que recurrir a los modelos matemáticos de asignación que maneja la Inge- niería de Sistemas. En el presente trabajo no se llevará a cabo tal estu- dio por encontrarse fuera de los alcances del mismo.

## 4.6 Inversión y financiamiento

### 4.6.1 Inversión

El Estado se ha valido de la inversión pública para ejercer el control de la economía y orientación del desarrollo del país.

En materia de irrigación, las obras de riego han recibido los mayores montos de la inversión destinada al fomento del sector agropecuario alcanzando el 80% (47); ello obliga a tener un mayor cuidado en la selección y asignación de las inversiones para obtener de ellas los más altos beneficios.

La inversión en obras de riego presenta varios problemas que -- afectan a su calidad de rentable. Estos problemas se fundamentan en deficiencias en la estimación de costos en los proyectos. No ha existido la debida congruencia entre el número de obras en construcción y la disponibilidad financiera para cubrir su costo, principalmente debido a la influencia de presiones políticas que obligan a modificar los programas y proyectos, provocando dispersión de esfuerzos, largos periodos de construcción y de maduración de las obras de riego, encarecimiento de los -- costos de insumos y, retraso en la obtención de los beneficios.

Se presenta también, un proceso retardado en la aprobación de -- la inversión, lo que dificulta concentrar el trabajo de construcción durante la época de sequía ocasionando el aumento considerable de los costos unitarios por el proceso inflacionario y por la elaboración a des--- tiempo de las especificaciones de los proyectos en construcción.

Aunado a lo anterior se encuentran los problemas sociales, de --

(47) "Sector agropecuario", V Informe de Gobierno. Anexo Estadístico. Lic. Miguel de la Madrid Hurtado, México, 1987, p.p. 365 a 420.

organización y tenencia de la tierra, carecía de una cultura agrícola de riego y, la falta de tecnología agrícola adecuada y probada para el incremento de la producción y, por consecuencia, la recuperación de la inversión y verificación de la rentabilidad del proyecto.

Todo lo anterior ha ocasionado que en las dos últimas décadas, las inversiones en proyectos de irrigación hayan resultado menos rentables que las efectuadas con anterioridad. Como se señaló al plantear la problemática de la etapa de construcción, los proyectos de más fácil diseño y construcción se llevaron a cabo en primer lugar, postergando los más complejos y difíciles; ello se demuestra con el nivel de producción que presentan ambas clasificaciones. El 80% del valor de la producción se obtiene en aquellas zonas de riego habilitadas con obras hidroagrícolas antes de 1970, con una inversión del 55% de la total acumulada hasta 1980; en tanto que las habilitadas desde 1970 con el 30% de la inversión acumulada aportan únicamente el 5% del valor de la producción nacional en zonas de riego (48).

La infraestructura de irrigación es una importante obra social, los resultados de ésta han influido en el bienestar económico y social de sus usuarios en el país, y aunque la recuperación de la inversión realizada en ella sea a muy largo plazo, su rentabilidad social es indirecta y genera beneficios hacia otros sectores. A pesar de ello, las formas tradicionales de selección y jerarquización de inversiones para obras de riego se basan exclusivamente en índices económicos y financieros, sin tomar en cuenta las aspiraciones de la gente del campo.

(48) "Irrigación", Estadísticas Históricas de México, (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, S.P.A.), México, 1986, tomo II, p.p. 839 a 848.

Considerando la problemática presentada en la inversión es necesario formular nuevas metodologías de selección y asignación de inversiones que asocien estrechamente las disponibilidades financieras del país, las metas del proyecto y los beneficios (económicos y sociales) esperados. Para ello, es conveniente realizar un inventario de estudios y proyectos en proceso a fin de actualizar su costo, determinar su avance y estimar la inversión faltante y su fecha de terminación. Hecho esto, habrá que identificar y jerarquizar los casos que ofrezcan los mayores beneficios con las menores inversiones y la mejor posibilidad de ejecución; todo ello para establecer un programa de inversiones a corto plazo y tener una visión preliminar de otras acciones que se tengan que llevar a cabo en un plazo más largo. Es importante tener presente en la identificación y jerarquización de los proyectos, a parte de los criterios señalados, el interés y la participación de los futuros usuarios y la rentabilidad de la inversión; ésta última, tanto económica como social.

Se considera favorable que la rentabilidad se alcance en el menor tiempo posible a fin de permitir acciones desahogadas de operación, conservación, rehabilitación y modernización de las obras de riego para seguir dando un buen servicio. Esto propiciará la autosuficiencia financiera de las obras de riego.

En nuestro país, por razones de rentabilidad, las inversiones destinadas a los proyectos de riego se han concentrado principalmente en tres entidades federativas (Sonora, Sinaloa y Tamaulipas), ya que son zonas que alcanzan altos rendimientos de producción.

Debe señalarse que el proceso de selección y jerarquización de inversiones se debe llevar a cabo también para los proyectos de rehabilita

ción y modernización de las obras de riego.

Para alcanzar pronto la recuperación de la inversión conviene - instrumentar nuevas cuotas que representen el costo real de los servi- cios de distribución de agua para riego.

Es importante, para fomentar la rentabilidad de la inversión, - estimular y desalentar la producción de los cultivos que sean rentables- y de los que no lo sean, respectivamente.

Finalmente, hay que evitar la iniciación de proyectos que no -- cuenten con los estudios de factibilidad previos necesarios a fin de re- ducir el riesgo de problemas durante su construcción, operación y conser- vación, incidiendo en la recuperación de la inversión al provocar prema- turamente labores de rehabilitación y modernización de la infraestructu- ra hidroagícola.

#### 4.6.2 Créditos

La situación crediticia en nuestro país se presenta en dos nive- les de aplicación respecto a la agricultura de riego. Por una parte, los créditos externos otorgados al Gobierno Federal para cubrir las labores- de diseño, construcción, rehabilitación y modernización de las obras de- riego, y, por otra, los créditos concedidos por la banca nacional a los- usuarios o productores para la adquisición de insumos (Fertilizantes, -- plaguicidas, semillas, etc.) y equipo agrícola (tractores, arados mecáni- cos, instalaciones hidromecánicas, etc.).

En ambos niveles los créditos se ven afectados por la inflación y por las devaluaciones que nuestra moneda ha venido sufriendo frente al "dólar", situación que deteriora la economía nacional y obliga a reali- zar desembolsos cada vez más elevados en la asignación presupuestal para

seguir llevando a cabo los proyectos de irrigación; tal asignación difícilmente se puede cubrir.

Aunados a lo anterior se encuentran los periodos largos de construcción y de maduración de las obras de riego incrementando el monto de los intereses acumulados.

A pesar de ello conviene seguir utilizando sólo en el desarrollo y ejecución de aquellos proyectos que presenten y garanticen los mayores beneficios económicos y sociales con la menor inversión y en los menores tiempos posibles créditos externos por representar una mejor alternativa de financiamiento, considerando las tasas preferenciales de interés y los largos periodos de amortización que ofrecen algunos organismos internacionales.

Al recurrir al crédito internacional, es muy importante y redituable respetar las indicaciones que norman la planeación, la gestión, la contratación, el control y el seguimiento de éste a fin de evitar la promoción de proyectos que, aunque técnica y económicamente factibles de llevarse a cabo, no ofrezcan el mayor cumplimiento de las metas definidas en la planeación y los beneficios económicos y sociales esperados. Por ello, las dependencias involucradas (la que concede el crédito y la que lo recibe) deben acatar el compromiso de garantizar la mayor eficacia en la asignación y aplicación de dichas divisas.

Respecto al crédito a nivel de usuario o productor, es conveniente elaborar planes crediticios que tomen en cuenta la situación económica y potencial productivo de los solicitantes y abrir más líneas de crédito a fin de no limitar o reducir las oportunidades de los productores usuarios de las obras de riego.

Para garantizar el buen uso del crédito, la entidad que lo concede debe supervisar y, en su caso, asesorar al agricultor para el logro de los más altos rendimientos de producción y financieros posibles.

A lo largo de esta investigación se encontró que existen organismos formados por la iniciativa privada, como la Fundación Mexicana para el Desarrollo Rural, A.C., que apoyan y asesoran a productores inexpertos y desorganizados en las gestiones de solicitud de crédito, y una vez obtenido éste, dan asesoría para hacer buen uso de ese capital, motivando al usuario a conservar e incrementar la productividad de sus tierras.

#### 4.6.3 Financiamiento y tarifas

Originalmente, al aparecer las primeras y grandes zonas de riego en el país, se pretendía que éstas fueran autosuficientes para cubrir los gastos internos de operación, conservación, rehabilitación y modernización de las obras que abastecían de agua\*; sin embargo, esos propósitos no fueron alcanzados por algunos aspectos que aún en nuestros días propician el mal desarrollo y funcionamiento de las obras de las zonas de riego de nuestro país.

La política de tarifas y cuotas por servicio de riego no ha sido ni es adecuada para permitir y fomentar la participación de los usuarios en el financiamiento de las obras respectivas. Las tarifas y cuotas que los usuarios pagan no reflejan el costo real de las labores de operación, conservación, rehabilitación y modernización.

Esta política tarifaria, además de deteriorar las finanzas de la entidad operadora (en el caso de México, del Gobierno a través de la

\* Política propuesta por la Ley de Irrigación en 1926. Comisión Nacional de Irrigación.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos) de las obras, propicia el uso ineficiente del agua y no permite justificar la adopción de tecnologías que optimicen su uso ya que nadie invertirá en ellas si la cantidad que se paga por usar el líquido es muy baja; aquí el motivo por el cual los productores no tienen interés en invertir en sistemas hidromecánicos de riego a pesar de los altos rendimientos de producción que generan, debido a la fuerte inversión inicial. Esta política tarifaria se opone indirectamente a otras que promueven el desarrollo.

Aunado a lo anterior, al Estado sólo le interesa el beneficio nacional que se logra al satisfacer las demandas de productos agrícolas obtenidos a través de la inversión en obras de riego, y no tanto, la recuperación de ésta por medio de tarifas y cuotas por servicio de riego.

A pesar del gran interés mencionado la producción agrícola en zonas de riego es insuficiente debido al grado de inutilización de las obras y superficies existentes y habilitadas. Los beneficios económicos que no se captan por tarifas y cuotas por riego se terminan pagando por productos de importación.

Las fallas de adecuación del sistema tarifario y de cuotas con la realidad económica y financiera no hacen factible la recuperación de la inversión y el autofinanciamiento, por ello, el Gobierno se ha visto obligado a destinar subsidios para cubrir los gastos de operación y conservación de las obras. Esos subsidios son insuficientes y al no cubrir los gastos reales de dichas labores se presentan funcionamientos deficientes.

A pesar del daño que causan los subsidios a la economía del Estado se siguen fomentando. En 1950 las cuotas cubrían el 95% de los costos de los servicios de distribución del agua (operación y conservación de las obras); en 1960, el 52%; en 1970, el 36% y en 1984, el 10%\*(49).



tos de los servicios de distribución del agua (operación y conservación de las obras); en 1960, el 52%; en 1970, el 36% y en 1984, el 10%\*(49).- De continuar esta tendencia los subsidios cubrirán dichos costos originando acciones deficientes de operación y conservación de las obras, improductividad en el uso del agua y suelo, poco aliciente para utilizar nuevas tecnologías de riego a fin de ahorrar agua, desperdicio de agua y el desfasamiento de labores de rehabilitación y modernización. De continuar esta tendencia todos los esfuerzos humanos y económicos realizados en las etapas del proceso para incorporar una superficie a la agricultura de riego habrán sido en vano; no porque los resultados en cada una de ellas hayan sido inútiles, sino porque no se obtiene un mejor beneficio y provecho de lo realizado con la operación y la debida conservación de las obras de riego.

Para atender la problemática señalada conviene adecuar el sistema tarifario y de cuotas con el fin de eliminar en lo posible los subsidios asignados por el Estado y lograr el autofinanciamiento mediante la captación directa de los costos de operación y conservación y la recuperación de la inversión.

El cobro del costo real de los servicios de riego permite generar remanentes financieros para las labores de rehabilitación y modernización de las obras e incrementar la eficiencia en el uso del agua; asimismo, evita su desperdicio y su uso inadecuado, especialmente en condiciones de disponibilidad escasa.

La adecuación del sistema tarifario y de cuotas plantea la necesidad

\* El porcentaje complementario es cubierto con subsidios.

(49) "Agricultura", Plan Nacional Hidráulico, Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, 1986, p.p. 112 y 113.

sidad de distribuir el agua por dotación volumétrica entre los usuarios, la cual debe depender del requerimiento de los cultivos que se siembran en la zona que recibe el servicio.

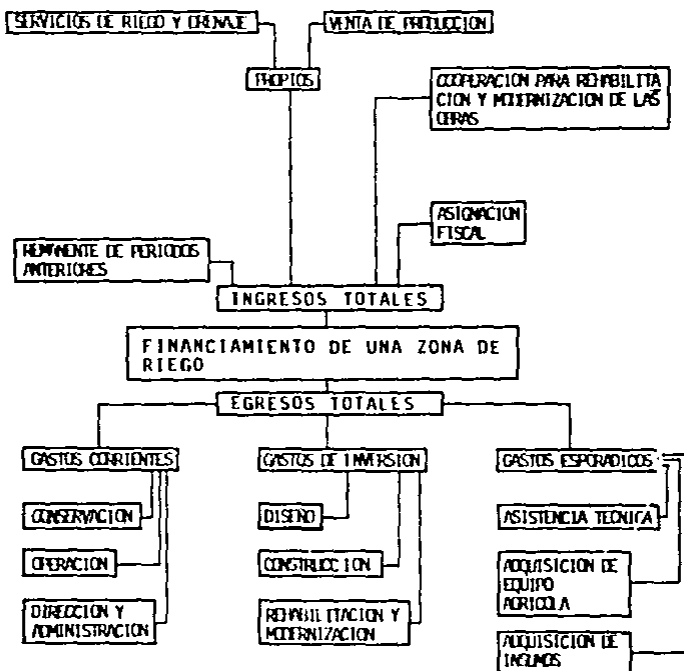
Para que una zona de riego sea autosuficiente es necesario lograr un control estricto de su estrategia de financiamiento; dicha estrategia se esquematiza en el CUADRO 4.4.

Para que la estrategia financiera mencionada funcione bien se deben hacer coincidir los ingresos totales con los egresos totales; si es posible, fortalecer los ingresos totales haciéndolos más grandes para lograr un desahogo económico mayor que permita solventar los costos de las labores de rehabilitación y modernización.

Con la puesta en marcha de las acciones planteadas anteriormente aparecerán problemas como, la resistencia de los usuarios ante el aumento de cuotas y tarifas por servicio de riego, la no aceptación a sujetarse a un control estricto de la cantidad de agua suministrada; así mismo, las protestas por diferencias de las dotaciones distribuidas entre los usuarios y, la necesidad de habilitar las zonas de riego con suficientes obras y estructuras de aforo en las tomas parcelarias a fin de garantizar el estricto control del suministro de agua; de igual manera se tendrán que intensificar las actividades de operación.

Para evitar las protestas es conveniente asignar a cada usuario una dotación volumétrica fija tomando en cuenta el agua disponible en la zona, la superficie total a regar, el número total de usuarios de las obras de riego, el requerimiento de agua de los cultivos y la capacidad y el tipo de productor. Este control convertirá al agua en una variable con la que el productor tendrá que decidir: qué, cuándo y cuánto sembrar; propiciando en forma inmediata su ahorro y el cuidado en su uso in

ESQUEMA DEL FINANCIAMIENTO DE LAS ZONAS DE RIEGO



Tests Profesional  
José Luis García Rivero

mediato.

Finalmente, cabe insistir en que el mejoramiento del sistema tarifario por servicio de riego no sólo incide en el autofinanciamiento de las obras, sino también contribuye a incrementar la eficiencia en el uso del agua, y por lo tanto, a alcanzar altos rendimientos de producción.

Sumada a la insistencia anterior, conviene también responsabilizar a los usuarios y beneficiarios de las obras de riego de la operación y conservación de éstas, manteniendo al Estado en una función normativa; ello apoya la autosuficiencia económica de la zona de riego, ya que el Gobierno no se vería obligado en cierto momento a destinar subsidios que mucho daño le causan al solventar los gastos de dichas actividades.

#### **4.7 Distribución de la producción**

##### **4.7.1 Comercialización y transporte**

Una vez que se ha concluido todo el proceso que encamina a las obras de las zonas de riego hacia la generación de un volumen de producción es necesario hacer llegar estos productos a toda la población, y si es posible, destinar remanentes para la exportación.

En esta etapa se presenta el problema de "turismo de producto", problema en el que por la desorganización de los mercados los productos generados en las zonas de riego se transportan a los grandes centros urbanos del país y regresan a los lugares de origen o cercanos a éstos poco después con márgenes de comercialización considerablemente altos. --- Ello evidencia la necesidad de un sistema organizado de comercialización con mecanismos adecuados de información que lleve a cabo el proceso de producción y transformación a los propios consumidores a fin de hacer posible la satisfacción inicial de las demandas regionales, evitando

los excedentes a otras regiones. No es que sea inadecuado producir exclusivamente para exportar, sino que es irracional el hecho de que el consumidor adquiera productos de su región a precios que incluyen los costos del turismo del producto.

Son cuatro los principales problemas que enfrentan la comercialización de productos agrícolas:

- 1o. Un número excesivo de intermediarios.
- 2o. Insuficiente almacenamiento y transportación.
- 3o. Pérdidas y mermas de los productos.
- 4o. Desorganización del mercado.

Estos problemas se interrelacionan y se sintetizan en altos márgenes de comercialización.

Existe una relación directa entre el desarrollo del sector agrícola y el correspondiente al sector transporte, ya que el primero cumplirá la función social de producir alimentos para la población nacional dependiendo de que a través del transporte se haga accesible la producción agrícola a los núcleos consumidores.

Si la producción de alimentos tendrá que duplicarse hacia el año 2000, será necesario armonizar ese crecimiento con la necesidad de su transportación hacia los centros de consumo. Esta actividad requerirá la participación activa de la Ingeniería Civil en la planeación, construcción y mantenimiento de la infraestructura de transporte que pueda hacer frente a las necesidades del futuro inmediato.

**\*No puedes bajar dos veces al mismo río,  
pues nuevas aguas corren por él\*.**

**Heráclito**

**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

1º La agricultura mexicana adolece de muchas fallas que limitan su productividad.

2º La producción agrícola en México es insuficiente frente a la demanda interna.

3º Los climas, determinantes en los cultivos, y aunque muy variados en nuestro país, no los favorecen.

4º La localización de algunas zonas de riego es incorrecta y el volumen de almacenamiento de las aguas no está bien calculado.

5º Los sistemas de cultivo (90% por gravedad) son deficientes; una extensión de tierra y una fuerte inversión de trabajo producen rendimientos insignificantes.

6º Las estaciones pluviométricas, que pueden ayudar al agricultor a escoger el cultivo propio de la zona en que vive son escasas.

7º La orografía mexicana constituye un factor limitativo para la agricultura.

8<sup>o</sup> La agricultura requiere de mayores capitales para su desarrollo, pues precisa de créditos a tasas más bajas de interés y mayores plazos para su recuperación.

9<sup>o</sup> La mala distribución de los escurrimientos hace necesaria la realización de grandes y costosas obras de captación, regularización y protección para proporcionar agua a los diversos distritos agrícolas del país.

10<sup>o</sup> Los problemas que enfrenta la política hidráulica del país son los relativos a elevar los rendimientos del uso del agua, conducirla a grandes distancias, desde donde hay recursos disponibles hasta donde carecen de ellos, y conservarla en los niveles más altos para reducir los escurrimientos al mar.

11<sup>o</sup> Se descuida a menudo el estudio detallado de la rentabilidad de los proyectos de riego, ya que se conservan los subsidios en el uso del agua y en los gastos de operación.

12<sup>o</sup> Los bajos costos en las tarifas por servicio de riego propician el desperdicio del agua y las dificultades financieras para cubrir los gastos de operación y mantenimiento.

13<sup>o</sup> Se concluye en la necesidad de hacer un estudio a fondo de las condiciones económicas, sociales y agronómicas del medio en que se practica la agricultura de riego, supeditando a ellas los estudios técnicos de toda la estructura o componentes del sistema como fin secundario y no como fin principal. No siempre se han abordado con esa visión de conjunto los grandes planes de riego. Se realizan los planes de riego estudiando y realizando casi exclusivamente la presa y el canal principal, sin analizar previamente a tan costosa inversión, los cultivos, rentabilidad de la mejora, la inevitable secuela de los problemas de propiedad,



parcelación, sistemas de riego, servidumbres, estudio de mercados futuros, industrias transformadoras, comunicaciones, inmigración, capacitación, etc.

14º La construcción de las obras de riego, así como su mantenimiento, conservación, rehabilitación y mejoramiento, no es un fin, sino un medio para alcanzar mayores rendimientos de producción y fortalecer la autosuficiencia alimentaria y económica de México.

15º Aunque en el futuro se presenten grandes demandas de alimentos de origen agrícola y de superficies bajo riego para satisfacer la demanda interna, lo conveniente es invertir en la conservación oportuna, - rehabilitación y mejoramiento de las obras de riego ya existentes, y no tanto en la construcción de nuevas obras para nuevas zonas, a fin de que el grado de utilización de dichas obras se incremente, o en su caso favorable, se conserve. Hay que tomar en cuenta que los nuevos proyectos de riego son cada vez más difíciles y costosos.

16º La deficiente e inoportuna conservación de las obras se origina en las bajas tarifas por servicio de riego.

17º Existe mala planeación en la selección del cultivo óptimo según la zona y las condiciones locales de riego.

18º La superficie actual habilitada para regarse (5.8 millones - de hectáreas) está mal aprovechada.

19º La planeación de arriba hacia abajo origina decisiones urgentes y rápidas pero con el riesgo de no ser las adecuadas.

20º La agricultura de riego se ha desatendido por atender otros sectores, como el industrial y el petrolero.

21º La importancia y la necesidad de obras de riego en México radica en las condiciones climáticas, de distribución y disponibilidad de -

suelo y agua y en los altos rendimientos de producción agrícola tan importantes para elevar la oferta por habitante y fortalecer a la economía mexicana.

22<sup>a</sup> La problemática de las obras de riego de alguna manera u otra nos afecta a todos, pero, afortunadamente ésta tiene solución.

## **BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Amilpa, Enrique; Arango, José Manuel  
"EL AGUA Y SU APROVECHAMIENTO"  
Ponencia  
XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil  
Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.  
México, D.F., 1987
- Anda Gutiérrez, Cuauhtémoc  
"MEXICO Y SUS PROBLEMAS SOCIOECONOMICOS"  
Tomos I y II  
Instituto Politécnico Nacional  
México, D.F., 1981
- Comité de Estudios del Agua  
"EL APROVECHAMIENTO Y LA ADMINISTRACION DEL AGUA COMO FACTORES PARA EL -  
DESARROLLO Y BIENESTAR"  
Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.  
México, D.F., 1982
- De La Madrid Hurtado, Miguel  
"V INFORME DE GOBIERNO". ANEXO ESTADISTICO  
México, D.F., 1987
- Díaz Gómez, Cutberto  
"MEXICO: SUS RECURSOS, SUS NECESIDADES"  
Editora Técnica, S.A.  
México, D.F., 1970
- Espinosa Vicente, Enrique  
"LOS DISTRITOS DE RIEGO"  
Compañía Editorial Continental, S.A.  
2ª Edición  
México, D.F., 1964
- Fasso, C.A.  
"REHABILITACION Y MODERNIZACION DE PROYECTOS DE IRRIGACION Y DRENAJE PA-  
RA MEJORAR LA ADMINISTRACION DEL AGUA"  
Artículo de la revista "Ingeniería Hidráulica en México" # 3, vol. II  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
México, D.F., 1987 (sept./dic.)

- González Villarreal, Fernando  
 "PANORAMA DEL AGUA EN MEXICO"  
 Artículo de la revista "Ingeniería Civil" # 216  
 México, D.F., 1980 (nov./dic.)
- Grupos de Trabajo para la Elaboración del Plan de Gobierno 82/88  
 "AGUA"  
 Documento preliminar  
 México, D.F., 1982
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática  
 "ESTADISTICAS HISTORICAS DE MEXICO"  
 Tomos I y II  
 México, D.F., 1985
- Jardines Moreno, José Luis; Lavín Ortiz, Fco.; Salinas de Gortari, Raúl  
 "DESARROLLO AGROPECUARIO Y RURAL"  
 Ponencia  
 XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil  
 Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.  
 México, D.F., 1983
- Moreno Fernández, Andrés; Martínez Salas, Federico  
 "OPERACION Y CONSERVACION DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA"  
 Ponencia  
 XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil  
 Colegio de Ingenieros Civiles de México, A.C.  
 México, D.F., 1987
- Parée, Maurice; Ollier, Charles  
 "EL REGADIO"  
 Editores Técnicos Asociados, S.A.  
 2ª Edición  
 Barcelona, España, 1970
- Pérez Pérez, Luis  
 "ALGUNAS CAUSAS POR LAS QUE NO SE APROVECHA EFICIENTEMENTE LA INFRAES---  
 TRUCTURA HIDRAULICA"  
 Ponencia  
 IX Congreso Nacional de Hidráulica  
 Asociación Mexicana de Hidráulica  
 Querétaro, Qro., 1986

- Rivera, Miguel Angel  
 "Entrevista al Sr. Francisco Merino Rábago, Ex/Secretario de Agricultura y Recursos Hidráulicos"  
 Artículo de la revista "Proceso"  
 México, D.F., 1982
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
 "CARACTERISTICAS DE LOS DISTRITOS DE RIEGO"  
 Tomos I, II, III y IV  
 México, D.F., 1980
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
 "LA INGENIERIA CIVIL EN EL DESARROLLO AGROPECUARIO DE MEXICO"  
 México, D.F., 1979
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
 "OPERACION DE DISTRITOS DE RIEGO"  
 Tomos I, II, III y IV  
 México, D.F., 1977
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
 "PLAN NACIONAL HIDRAULICO"  
 Anexo 2. "Disponibilidad de Agua y Suelo"  
 Anexo 3. "Usos del agua"  
 Anexo 4. "Balances Hidráulicos Regionales"  
 Comisión del Plan Nacional Hidráulico  
 México, D.F., 1982
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
 "PROGRAMA NACIONAL DE USO EFICIENTE DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRAGRICOLA"  
 Documento Central  
 México, D.F., 1986
- Tena Orozco, Sergio Gerardo  
 "ZONAS DE RIEGO: EVOLUCION Y PERSPECTIVAS"  
 Ponencia  
 IX Congreso Nacional de Hidráulica  
 Asociación Mexicana de Hidráulica  
 Querétaro, Qro., 1986

- Wionczek, Miguel  
"MAGNO PLAN HIDRAULICO PERDIDO"  
Artículo del periódico "Excelsior"  
1ª plana y página 9, sección A  
Abril 3, 1988  
México, D.F.