

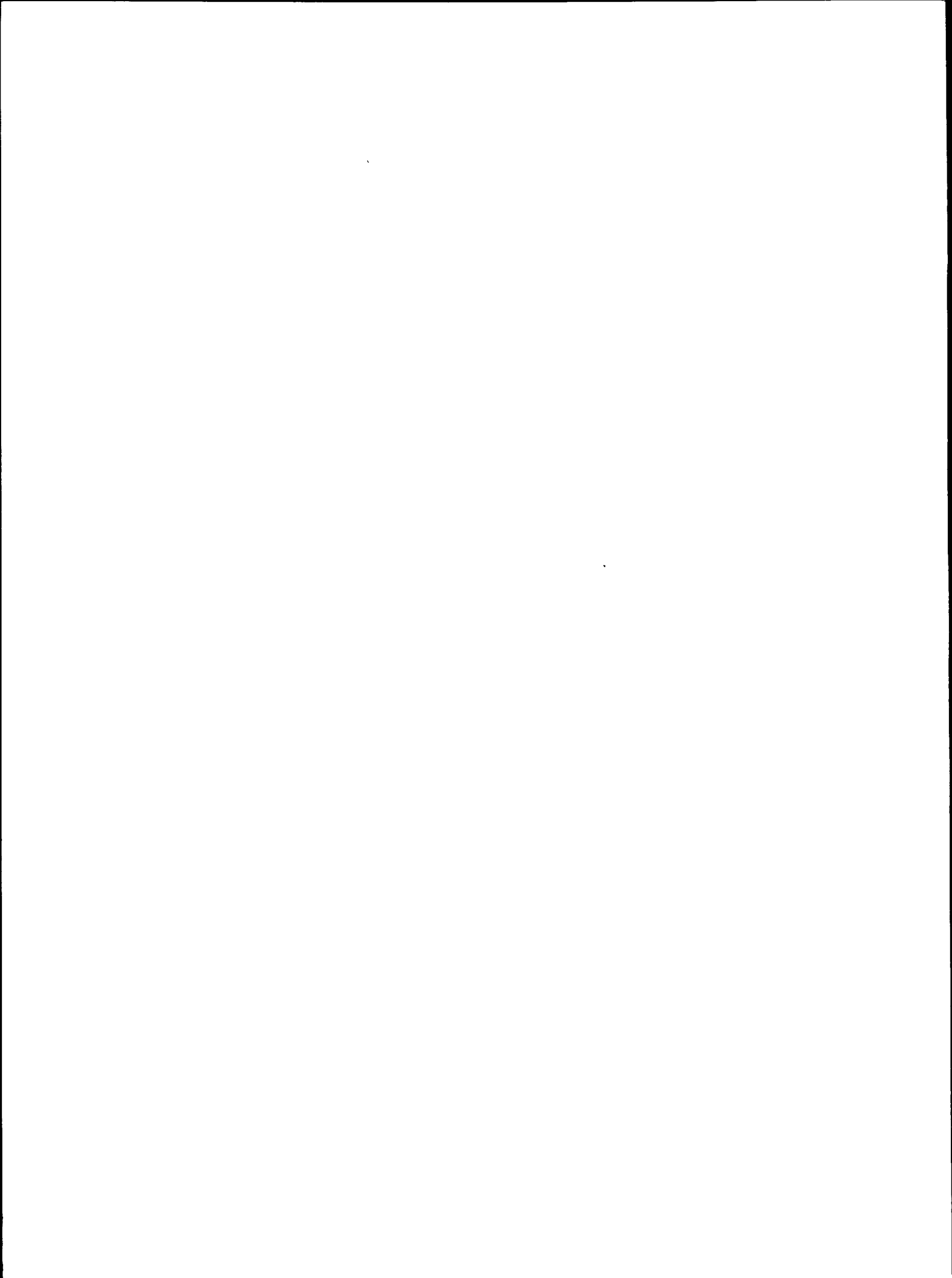
# Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI

Patricia Ávila García  
Editora



El Colegio de Michoacán  
Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

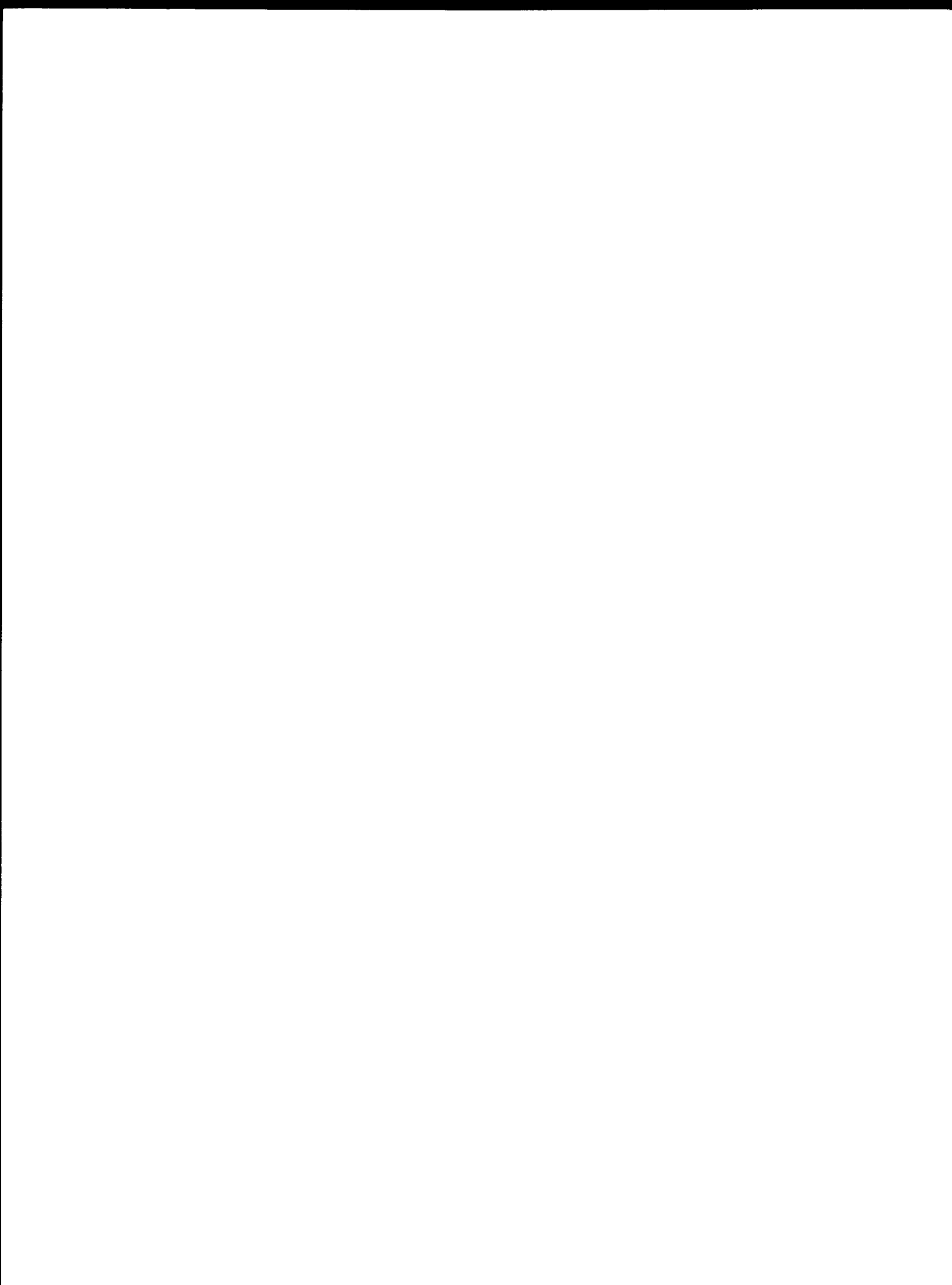








AGUA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO EN EL SIGLO XXI



AGUA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO EN EL SIGLO XXI  
MÉXICO DESDE UNA PERSPECTIVA GLOBAL Y REGIONAL

Patricia Ávila García  
Editora



El Colegio de Michoacán



SEMARNAT/Instituto Mexicano  
de Tecnología del Agua



Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA  
CENTRO DE CONSULTA DEL AGUA

553.7 Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI : México desde una perspectiva global y regional / Editora  
AGU Patricia Ávila García. -- Zamora, Mich. : El Colegio de Michoacán : Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente :  
SEMARNAT/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003.  
476 p. : il. ; 28 cm. -- (Colección Debates)  
ISBN 970-679-101-9

1. Agua - Abastecimiento  
2. Agua- Aprovechamiento  
3. Agua - Consumo  
4. Agua - Contaminación  
I. Ávila García, Patricia, ed.  
II. t.

Ilustración de portada: El lago de Cuitzeo y su parcelación, 1998. Fotografía de Raúl Ramón Ramírez.

© D. R. El Colegio de Michoacán, A. C., 2003  
Centro Público de Investigación  
CONACyT  
Martínez de Navarrete 505  
Fracc. Las Fuentes  
59699 Zamora, Michoacán  
publica@colmich.edu.mx

© D. R. Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, 2003  
Escarcha 372  
Prados Campestre  
58290 Morelia, Michoacán

© D. R. SEMARNAT/Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2003  
Paseo Cuauhnáhuac 8532  
Progreso  
62550 Jiutepec, Morelos

Impreso y hecho en México  
*Printed and made in México*

ISBN 970-679-101-9

Clasif. 9 500.01  
43934  
C.B. 43934  
Proced. DONACIÓN  
Fecha 25.03.04

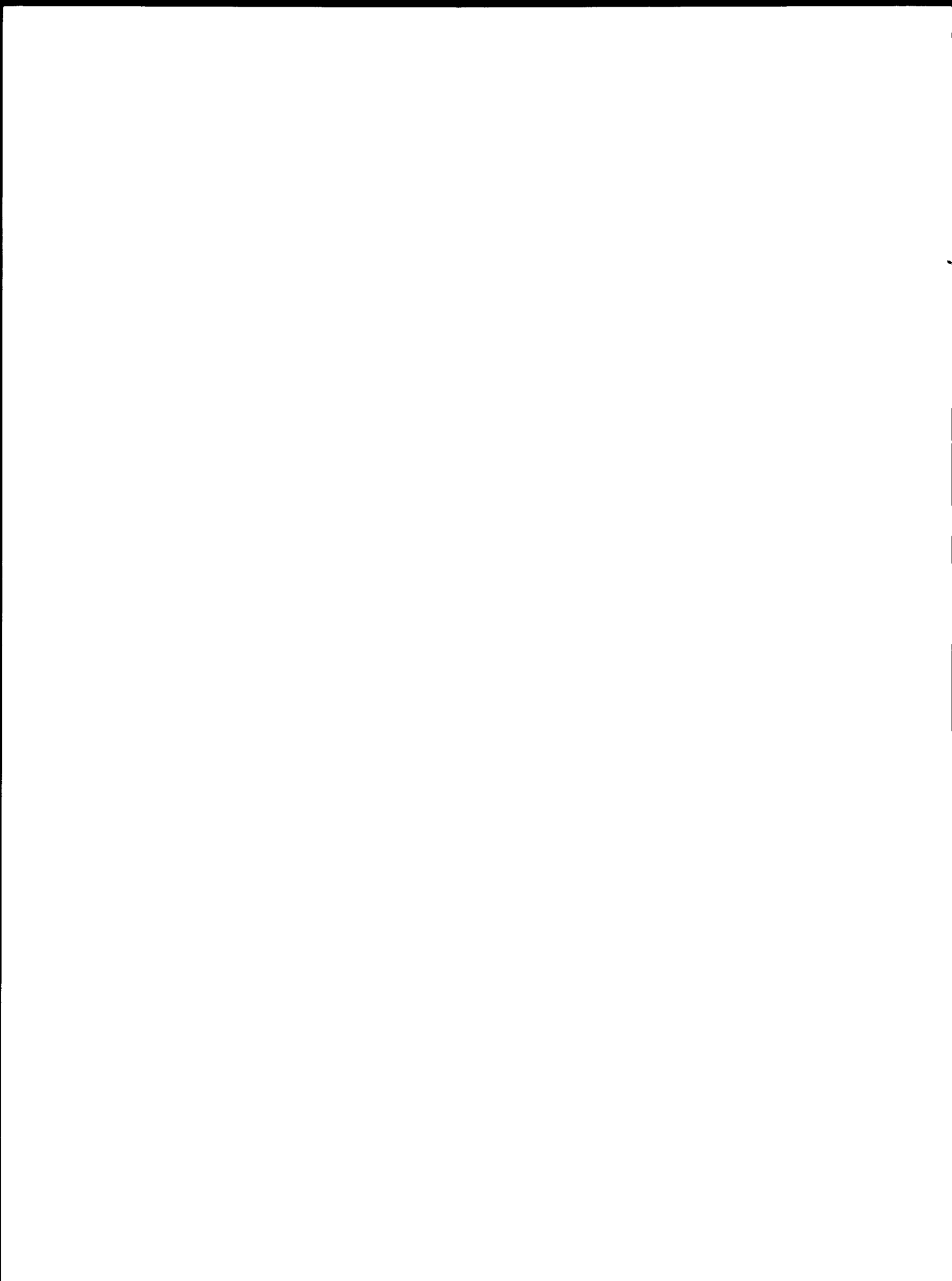
## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	
<i>Patricia Ávila</i>	11
I. PROBLEMAS DEL AGUA EN UN CONTEXTO GLOBAL Y NACIONAL	
Saciando la sed planetaria: los problemas del agua en el fin del milenio	
<i>Danilo Antón</i>	15
Gestión del agua en Latinoamérica y El Caribe	
<i>Asit k. Biswas</i>	29
De la hidropolítica a la gestión sustentable del agua	
<i>Patricia Ávila</i>	41
Escasez de agua y vulnerabilidad: México desde una perspectiva global	
<i>Olli Varis</i>	55
Patrones de precipitación en años "El Niño": su efecto en la agricultura y seguridad alimentaria en México	
<i>Mario Tiscareño, Norman J. Rosenberg, Guillermo García y Ariel Ruíz</i>	91
II. AGUA Y MEDIO BIOFÍSICO	
El agua como elemento integrador de los procesos funcionales del ecosistema	
<i>Manuel Maass</i>	109
La gran cuenca del río Usumacinta: una contradicción regional	
<i>Ignacio J. March y José Carlos Fernández</i>	117
Agua para siempre: obtención de agua y conservación de suelos a través de la regeneración de cuencas	
<i>Raúl Hernández</i>	135
La relación del agua superficial con el agua subterránea: el caso de la cuenca de Chapala	
<i>Teodoro Silva y Ramiro Rodríguez</i>	153
Conservación de la calidad del agua subterránea: reto de fin de milenio	
<i>Ramiro Rodríguez y Teodoro Silva</i>	165
Proyecto de rediseño del programa nacional de monitoreo de la calidad del agua en México	
<i>J. Eugenio Barrios</i>	175

III. GESTIÓN DEL AGUA Y SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL	
Gestión del agua por cuencas hidrológicas: los casos de Canadá, Inglaterra, Estados Unidos de América, Francia y México	
<i>Carlos Díaz, María Vicenta Esteller y Khalidou Mamadou Bâ</i>	191
Política del agua y participación social: del modelo centralizado al modelo de gestión integral por cuenca	
<i>Sergio Vargas Velázquez</i>	203
La producción de agua en México: aportación campesina al desarrollo mexicano	
<i>David Barkin</i>	213
Posibilidades y limitantes para el desarrollo de un programa acuícola en Michoacán	
<i>María Luisa Sevilla</i>	223
El uso ambientalmente adecuado del agua ante la descentralización de los módulos de riego del valle de Mexicali	
<i>Adriana Álvarez y Alfonso Andrés Cortez</i>	231
¿Es la “mano invisible” gestora eficiente de un uso sustentable del agua en México?	
<i>Patricia Romero</i>	247
Evaluación de los costos ecológicos del agua: bases para un desarrollo sustentable en la ciudad de México	
<i>Américo Saldívar</i>	259
Viabilidad e impactos de los programas de cultura del agua en la zona fronteriza: un análisis exploratorio para Tijuana, Baja California Norte	
<i>José Luis Castro y Elizabeth Méndez</i>	273
La huella ecológica del uso-consumo de agua: el caso del municipio de Xalapa, Veracruz	
<i>Alejandro Callejas y Mathis Wackernagel</i>	287
IV. USO Y MANEJO DEL AGUA DE RIEGO	
La primera transferencia: gestión y administración federal del agua en México	
<i>Martín Sánchez</i>	311
Regadío y origen del estado: la investigación de casos mexicanos de administración autogestiva de sistemas hidráulicos	
<i>Jacinta Palerm</i>	321
El pequeño riego en México: metodología de estudio	
<i>Tomás Martínez</i>	335
Organización autogestiva de regantes	
<i>Jacinta Palerm</i>	347
La organización social de los regantes en el río Nexapa, estado de Puebla	
<i>José Guadalupe Rodríguez y Jacinta Palerm</i>	363
¿Determinarán las relaciones de género el futuro de la agricultura de riego?	
Relaciones de género y mercados de agua	
<i>Rhodante Ahlers</i>	379
La gestión del agua en el ejido de Rincón Grande, municipio de Ecuandureo, Michoacán	
<i>Octavio M. González</i>	395
El riego con aguas negras: apuntes metodológicos	
<i>Claudia Cirelli</i>	411



V. AGUA, TECNOLOGÍA Y COMUNICACIÓN	
Comunicación y cultura: el infortunio de la tecnología del agua <i>Daniel Murillo</i>	425
El papel de la comunicación en la transferencia de tecnología del agua <i>Marco Antonio Sánchez</i>	435
Problemática de la formación de recursos humanos en México en el área de las ciencias del agua <i>Carlos Díaz, María Vicenta Esteller y Khalidou Mamadou Bâ</i>	447
ÍNDICE ANALÍTICO	459



## INTRODUCCIÓN

El libro “Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional” es una compilación de 31 ensayos realizados por investigadores de México y otras partes del mundo. La idea fue analizar, desde diferentes enfoques teóricos y metodológicos, los problemas contemporáneos del agua en México como son, entre otros: la escasez y contaminación del agua en el campo y la ciudad; el deterioro ecológico de cuencas hidrológicas; los conflictos y disputas por el acceso y control del recurso; y las nuevas formas de gestión del agua y el impacto de las políticas ambientales. Esto sin perder la perspectiva global del problema, es decir, ubicando la situación de México con respecto a otras partes del mundo y su vulnerabilidad ante procesos como el cambio climático.

En este sentido, el libro buscó iniciar un diálogo interdisciplinario (entre la Ingeniería, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales) para entender la compleja relación sociedad-agua; explicar el papel estratégico del agua en términos políticos y su relación con los nuevos conflictos a nivel regional e internacional; y avanzar en la búsqueda de soluciones a la problemática de los recursos hídricos.

Con este fin, el libro aborda cinco ejes de análisis:

- Los problemas del agua en un contexto global y nacional
- El agua y el medio biofísico
- La gestión del agua y la sustentabilidad ambiental
- El uso y manejo del agua de riego
- Agua, tecnología y comunicación

El primer eje analizó aspectos relacionados con la escasez de agua en el mundo (Danilo Antón), la crisis en la gestión de los recursos hídricos en Latinoamérica (Asit Biswas), la hidropolítica y gestión del agua en Norteamérica y Sudamérica (Patricia Ávila); el problema del agua en México desde una perspectiva de cambio global (Olli Varis) y climático (Mario Tiscareño, Norman J. Rosenberg, Guillermo García y Ariel Ruíz).

El segundo eje buscó resaltar la importancia del agua como eje integrador de los ecosistemas (Manuel Maass) así como de la cuenca hidrológica como unidad de gestión de los recursos naturales (Ignacio March y José Carlos Fernández, Raúl Hernández). De igual forma, los trabajos de Teodoro Silva y Ramiro Rodríguez mostraron la vulnerabilidad de los recursos hídricos subterráneos ante el deterioro de su calidad; y el estudio de Eugenio Barrios

planteó las dificultades que existen para monitorear la calidad del agua y determinar el origen de la contaminación.

El tercer eje estudió la relación que existe entre la gestión del agua y la sustentabilidad ambiental. Los trabajos de Carlos Díaz, Vicenta Esteller y Khalidou M. Bâ, así como el de Sergio Vargas plantearon ejemplos de gestión de los recursos hídricos en México y algunos países desarrollados. Otros autores, a través de sus ensayos, propusieron caminos novedosos para promover el desarrollo regional sustentable (la producción del agua de David Barkin o la promoción de la pesca en aguas interiores de María Luisa Sevilla); valorar el agua en un sentido más allá del económico (Américo Saldívar y Patricia Romero); medir el impacto ecológico de los patrones actuales de consumo de agua (Alejandro Callejas y Mathis Wackernagel); evaluar las implicaciones ambientales de los cambios en la gestión de los recursos hídricos (Adriana Álvarez y Alfonso Cortéz) y el papel de los programas de cultura del agua en las ciudades (José Luis Castro y Elizabeth Méndez).

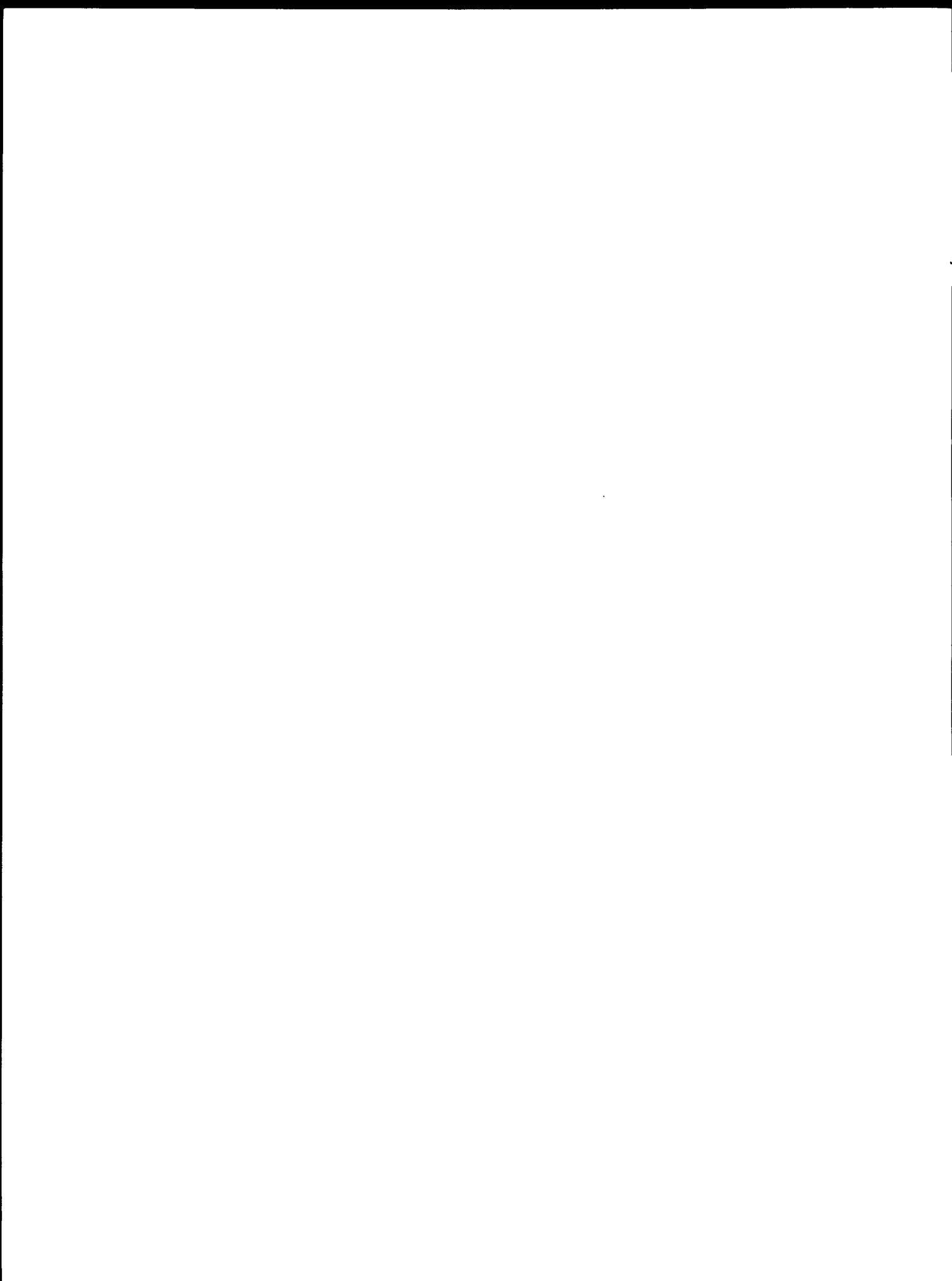
El cuarto eje se centró en el uso y manejo del agua de riego desde una perspectiva poco tradicional: la indagación histórica de la transferencia de las obras de riego (Martín Sánchez); el estudio del pequeño riego y sus formas de gestión social (Jacinta Palerm y colaboradores, Tomás Martínez, José Guadalupe Rodríguez, Octavio González); las relaciones de género en el acceso al agua de riego (Rhodante Ahlers) y la organización social en torno al aprovechamiento de las aguas residuales en la agricultura (Claudia Cirelli).

El quinto eje buscó integrar elementos que tienen que ver con la generación y transferencia de conocimiento en el campo de la tecnología del agua. Tales son los casos de los trabajos sobre el papel de la comunicación en la apropiación de la tecnología del agua (Daniel Murillo y Marco Sánchez); y el de la formación de profesionales en las ciencias del agua (Carlos Díaz, Vicenta Esteller y Khalidou M. Bâ).

Finalmente queda hacer un reconocimiento a las incontables personas e instituciones que participaron en la realización de este proyecto académico. En particular, a los autores que con su esfuerzo y profesionalismo lograron enriquecer los cinco ejes de análisis. Asimismo se agradecen las observaciones y comentarios realizados por la maestra Xóchitl Prado, así como el apoyo logístico y editorial brindado por la maestra Leticia Díaz.

Patricia Ávila García  
Otoño del 2002

I  
PROBLEMAS DEL AGUA EN UN CONTEXTO GLOBAL  
Y NACIONAL



## SACIANDO LA SED PLANETARIA: LOS PROBLEMAS DEL AGUA EN EL FIN DEL MILENIO

Danilo Antón<sup>1</sup>

### ALGUNOS DATOS BÁSICOS

La mayor parte del agua del planeta está almacenada en los océanos (97.39%) y en los *inland-sis*, glaciares y banquisas (2.01%). El resto está contenido, en su mayoría, en las formaciones geológicas (0.54%). Sólo 0.06% escurre como agua superficial, de la cual más de la mitad es salada, y por lo tanto, no potable. En realidad, el agua dulce disponible constituye menos de 0.02% de la hidrósfera. De estas aguas superficiales, 95% está almacenada en lagos, dejando tan sólo 0.001% para todos los ríos y arroyos.

A pesar de su aparente escasez, el volumen utilizable para el consumo humano es más que suficiente para satisfacer todas las necesidades humanas actuales y del futuro cercano. Cada año, caen 496 mil kilómetros cúbicos de agua, algo así como 100 mil metros cúbicos por persona por año. Si las precipitaciones se distribuyeran homogéneamente sobre el planeta, su altura anual sería de 973 milímetros. Sólo 25% de este total cae en los continentes. Aún con precipitaciones medias de apenas 696 mm por año, Asia recibe la mayor parte (28%) del agua precipitada. América del sur con menos de la mitad del área asiática recoge 25% debido a sus precipitaciones medias superiores (1 464 mm por año). El promedio africano es similar al de Asia y el norteamericano ligeramente inferior (645 mm por año). Asumiendo que el volumen de agua almacenado en los acuíferos se mantuviera estable, se puede estimar el agua evaporada a partir de los continentes en 84% de las precipitaciones en África, 67% en Australia y 62% en América del Norte. En Asia y América del Sur las pérdidas por evaporación representan 60% del agua caída; en Europa, 57%. Solamente en la Antártida la tasa es considerablemente menor (17%).

Aún limitando nuestros cálculos a las precipitaciones continentales (y restando el volumen evaporado que es aproximadamente 60%) habría más de 80 mil metros cúbicos de agua anuales disponibles para el consumo de cada persona en el planeta.

Las necesidades *per capita* varían de lugar a lugar, pero generalmente son inferiores a un metro cúbico por día y por persona, o sea de 200 a 350 metros cúbicos por año. Estas cifras muestran que la disponibilidad de agua para el consumo humano no se relaciona con

1. Departamento de Estudios Internacionales, Macalaster College, Minnesota, EU.



su volumen. Más bien, depende de otros factores que identificaremos y caracterizaremos a continuación.

#### CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El agua cae sobre las diversas áreas continentales dirigiéndose hacia las partes más deprimidas del relieve. El escurrimiento tiende a organizarse a partir de las zonas elevadas dando lugar a valles, planicies fluviales y lagunares, humedales, salinas, deltas, estuarios y otros elementos morfológicos. El conjunto de estos componentes paisajísticos se estructuran alrededor de ejes y desembocaduras comunes en las llamadas cuencas hidrográficas. Las cuencas hidrográficas son complejas ya que incluyen tanto agua superficial como subterránea, categorías hidrológicas que deben ser consideradas como un continuo. Los principales componentes de una cuenca típica son la cuenca de recepción propiamente dicha, la red hidrográfica y los sistemas de aguas subterráneas asociados. Estos tres elementos están interconectados: las cuencas de recepción reciben las precipitaciones, éstas a su vez se infiltran en los sistemas subterráneos o fluyen hacia los valles formando ríos y arroyos. Parte de las aguas subterráneas pueden regresar a los cursos de agua y los caudales de éstos contribuir a recargar los acuíferos subyacentes. Una porción del agua es reevaporada pudiendo precipitarse nuevamente en las cuencas de recepción, completando el ciclo.

En general, el sistema es abierto, pues la mayoría de las cuencas se conectan con el mar o con otro cuerpo de agua mayor. La desembocadura de la cuenca es también la vía de salida para los sedimentos, las sales disueltas y los contaminantes.

#### EL CICLO GEOMÓRFICO DEL AGUA

Las aguas superficiales pueden existir en un complejo espectro de sistemas hidrológicos, incluyendo cursos de agua, lagos, humedales y otros cuerpos de agua corrientes o lénticas. Los cuerpos de agua superficial son alimentados por tres fuentes principales: las lluvias (y subsecuente escurrimiento), los manantiales (afloramiento de acuíferos) y la fusión de hielos y nieves.

En los climas áridos, tropicales y templados, los cursos de agua se alimentan principalmente a partir del escurrimiento instantáneo. La precipitación cae en los suelos desnudos, con poca o ninguna infiltración, fluyendo luego ladera abajo hacia los valles fluviales. En los ambientes áridos los ríos tienen regímenes irregulares y pueden dar lugar a inundaciones catastróficas o sequías.

En los ambientes húmedos ocurre lo contrario, los suelos están cubiertos por vegetación y el agua de lluvia es interceptada por hojas y ramas. La mayor parte del agua se evapora o se infiltra y sólo una pequeña fracción da lugar a corrientes superficiales. Bajo tierra, el agua fluye a través del subsuelo resurgiendo como manantiales cerca de los cursos de agua, lagos o humedales.

Por esa razón, en los climas húmedos la mayor parte del agua proviene de los manantiales; mientras que en las zonas áridas se origina principalmente a partir de los procesos de escurrimiento. Por otra parte, como consecuencia de las tasas de evaporación más elevadas y la presencia de sales en el suelo, en los ambientes áridos el agua contiene una mayor concentración de sólidos disueltos; y en los ambientes húmedos sucede lo contrario.

#### DIFICULTADES PARA MANEJAR CUENCAS HIDROGRÁFICAS INTERNACIONALES

Las cuencas hidrográficas, tanto superficiales como subterráneas, no “respetan” las fronteras nacionales. En la mayoría de los casos tampoco los límites de los estados han sido definidos en función de los sistemas hidrológicos. Son comunes en muchas partes del planeta, las cuencas y recursos hídricos compartidos por dos o más países. En algunos casos, esta situación da lugar a conflictos y el tema hídrico puede transformarse en un factor importante de la política internacional.

Algunas cuencas hidrográficas, incluso muy extensas, se encuentran principal o totalmente en un solo país; por ejemplo, el río Yang-tsé en China y el Mississippi en los Estados Unidos. Muchas otras cuencas mayores están divididas por las fronteras de dos o más estados; en esos casos los problemas de gestión se complican.

#### SUMINISTRO DE AGUA Y OPCIONES

El enorme volumen de agua dulce que circula a través de los continentes anualmente, es suficiente para satisfacer las necesidades de la humanidad por siglos, sin embargo mucha gente en diversas partes del mundo no tienen acceso a este vital líquido. Varias razones hay para que ello ocurra. En primer lugar, a pesar de que el agua es abundante, el agua dulce utilizable sólo existe en grandes volúmenes en pequeñas áreas del planeta (los cursos bajos de los ríos, los grandes lagos y los acuíferos de elevado caudal). En segundo lugar, las aguas disponibles no son siempre adecuadas para el consumo humano, a veces por causas naturales, pero más frecuentemente como resultado de la degradación antrópica. En tercer lugar, no todos los recursos hídricos se renuevan a una tasa suficientemente apropiada como para su utilización a largo plazo. Finalmente, la demanda de agua está concentrada en unas pocas áreas densamente pobladas que no coinciden necesariamente con los lugares de mayor disponibilidad.

En resumen, las aguas de buena calidad y en suficiente cantidad, para ser utilizadas en la satisfacción de las necesidades de la población y la producción, no se encuentran fácilmente. Por esa razón, cada vez más la disponibilidad hídrica se está transformando en un factor limitante para el crecimiento demográfico y económico.

## USO Y ABUSO DEL CONSUMO DE AGUA

El agua es la sustancia de consumo más común y generalizada. Se utiliza en los hogares para beber, limpiar y cocinar; en las industrias como materia prima, para enfriamiento y lavado; en la producción agropecuaria para riego y limpieza y en otras actividades con diversos propósitos. Ochenta por ciento del total es consumida por la agricultura; y del 20% restante, aproximadamente la mitad se utiliza a nivel doméstico y poco menos de la mitad en los procesos industriales.

Estas cifras reflejan tan solo el volumen de agua que es efectivamente utilizada. Grandes volúmenes que no son utilizados directamente son afectados por la acción humana. El agua de buena calidad, fluvial o lacustre, se degrada como resultado de las descargas de aguas residuales con o sin tratamiento. El volumen de aguas naturales que son afectadas por las actividades humanas es enorme y difícil de cuantificar. Es probable que sea, por lo menos, equivalente a toda el agua consumida en el mundo, y tal vez, considerablemente mayor.

Otra causa antrópica de degradación hídrica o, por lo menos, disponibilidad restringida, se relaciona con el manejo inadecuado de suelos y laderas. Las prácticas agrícolas o de pastoreo inapropiadas causan erosión de suelos y el agua de escurrimiento proveniente de los cultivos comerciales suele transportar fertilizantes agrícolas y pesticidas. En estas áreas "sobre-utilizadas" el escurrimiento se concentra en un periodo corto, causando inundaciones e impidiendo la utilización óptima de los recursos acuáticos. Durante las crecientes, los ríos transportan partículas en suspensión que no solamente disminuyen la calidad del agua, sino que también obstruyen los mecanismos en las plantas de filtrado, haciendo el tratamiento más costoso y difícil.

## IMPACTO ANTRÓPICO SOBRE LOS SISTEMAS DE AGUA

En tiempos antiguos, las cuencas hidrográficas evolucionaban naturalmente a ritmos variados dependiendo de los factores climáticos, geológicos y biológicos. Pero desde el principio de la historia, las sociedades introducen otros factores que podemos llamar "artificiales".

La agricultura, la ganadería, la explotación de los bosques, la excavación de canteras y la construcción de estructuras artificiales en general, han tenido un efecto importante en la hidrodinámica a nivel local, regional y global.

El crecimiento de la población global y las modificaciones generalizadas y profundas en la superficie de la tierra que tuvieron lugar como resultado de la expansión ecuménica, sobre todo a partir de la Revolución Industrial, han aumentado gradualmente el impacto sobre los sistemas hidrológicos. Éstos han sido particularmente intensos a partir del avance de la revolución urbana durante el siglo veinte: por ejemplo el desarrollo de grandes ciudades con varios millones de habitantes y la concentración de población excesiva en muchas áreas rurales, creó una demanda de agua creciente y concentrada.

El volumen de agua utilizada para propósitos agrícolas, domésticos, industriales y otros continuó aumentando: se construyeron represas, se perforaron pozos, el agua se extrajo de sus reservas naturales a ritmos sin precedentes. Aguas "usadas" de mala calidad se devolvieron al ambiente, causando degradación generalizada de los cursos de agua, lagos y acuíferos.

## VULNERABILIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La vulnerabilidad de los recursos hídricos a la contaminación antrópica, varía de lugar a lugar. Los ríos mayores son menos vulnerables que los ríos pequeños. La misma lógica cabe aplicar con los cuerpos hídricos lacustres, aunque en este último caso, su vulnerabilidad tiende a ser mayor por su menor tasa de renovabilidad. Las fuentes de aguas superficiales se contaminan rápido, pero al mismo tiempo, son relativamente simples de limpiar cuando existe la voluntad política y social de hacerlo.

El agua subterránea, por el contrario, es menos vulnerable en el corto plazo. En general (con algunas excepciones, como los acuíferos cársticos), los contaminantes tardan más tiempo en infiltrarse en las reservas subterráneas. En algunos casos, las napas de agua pueden estar protegidas por niveles impermeables. Sin embargo, muchos acuíferos pueden ser fácilmente contaminados a partir de sus áreas de recarga o debido a perforaciones inapropiadas. Cuando esto ocurre, el daño puede ser difícil y costoso de corregir. En muchos casos la situación es irreversible.

## LOS PROBLEMAS DE AGUA EN LAS ÁREAS DENSAMENTE POBLADAS

La Revolución Industrial conllevó al crecimiento gradual de numerosos centros urbanos. Para principios del siglo veinte había varias ciudades que sobrepasaban el millón de habitantes (casos de Londres, Nueva York y París). Hoy existen más de 300 ciudades con una población superior a un millón y más de 20 que superan los 10 millones.

En la mayor parte de estos centros urbanos, en el momento de su fundación o desarrollo inicial, los recursos hídricos eran abundantes. En muchos casos, la presencia de agua fue un elemento central para decidir la localización del núcleo inicial: muchas obtenían el agua de ríos y lagos cercanos, y en ese momento los recursos eran más que suficientes. Donde no existían ríos o lagos, o eran de difícil acceso, las ciudades utilizaron acuíferos subyacentes o cercanos. Debido a la presencia de agua suficiente y otras razones, las poblaciones originales pudieron crecer transformándose en centros urbanos de consideración.

Desafortunadamente, casi sin excepción, los sitios de las ciudades no fueron elegidos pensando en el crecimiento que habrían de tener en el futuro como consecuencia de los procesos industriales y demográficos.

Hoy día, la mayoría de las grandes ciudades de los siglos dieciocho y diecinueve serían consideradas pequeñas o medianas. En el año 1800 no había ninguna urbe en todo el continente americano que superase los 100 000 habitantes. Para estos niveles de población los recursos de agua requeridos eran relativamente reducidos. A pesar de ello, durante el siglo diecinueve los sistemas de abastecimiento de agua de las ciudades, incluso de las más pequeñas, eran de muy escasa cobertura y eficacia. Por esa razón, los consumos *per capita* eran notoriamente más bajos que los actuales.

A fines del siglo diecinueve y durante el siglo veinte, muchas ciudades crecieron transformándose en megalópolis. Al mismo tiempo, sus requerimientos de agua aumentaron dramáticamente: en algunos casos, el consumo *per capita* aumentó a 600 litros por día.

Las grandes ciudades consumen importantes volúmenes de agua. Los Ángeles, México y Tokio, tres de las ciudades mayores del mundo, utilizan de 50 a 150 metros cúbicos de agua por segundo. Estas cantidades pueden parecer enormes; sin embargo, son minúsculas comparadas con el flujo de los grandes ríos del planeta. El caudal del Amazonas al desembocar en el océano Atlántico asciende a unos 150 000 metros cúbicos por segundo, dos mil veces la tasa de consumo de la mayor metrópolis del planeta.

En su desembocadura el río Congo lanza al mar en promedio 60 mil metros cúbicos por segundo. Muchos otros ríos, como el Paraná, el Yang-tsé y el Mississippi derraman más de 10 mil metros cúbicos cada segundo. En realidad, esta aparente sobreabundancia de agua no refleja la realidad. Los ríos Amazonas y Congo no son típicos pues una porción significativa de sus cuencas se encuentra en zonas de alta pluviosidad. Muchos otros ríos con grandes cuencas (como el Nilo y el Níger) poseen caudales sustancialmente menores. En promedio, menos agua está disponible. No hay que olvidar que las cifras señaladas se refieren al caudal en la desembocadura del río (donde normalmente es el máximo).

En consecuencia, los recursos hídricos disponibles para las ciudades y áreas densamente pobladas son mucho menores de lo que serían si estuvieran localizadas en sitios ideales. Muchas ciudades que se encuentran en la boca de grandes ríos (como Georgetown en Guayana o Montevideo en Uruguay) no pueden usar el agua directamente debido a su carácter salobre (salinidades generadas por el ascenso o desplazamiento del agua de mar durante la estación seca, la acción de las mareas o los vientos).

Algunas ciudades están situadas cerca de las divisorias de aguas por lo que el agua disponible es limitada (como Sao Paulo y en menor grado Madrid), o cerca de cursos de agua demasiado pequeños o irregulares (Los Ángeles y Lima). En estos casos los recursos disponibles no pueden satisfacer las necesidades crecientes de las áreas metropolitanas adyacentes.

A pesar de estos problemas potenciales, los principales centros urbanos de inicio del siglo veinte lograban sobrevivir utilizando el agua de sus cercanías sin mayores problemas de escasez. Gradualmente, la situación fue cambiando radicalmente. Las ciudades que antiguamente tenían 50 o 100 mil habitantes aumentaron sus respectivas poblaciones a 10 o 15 millones de habitantes, con un número análogo en las zonas circundantes. Con las tasas de crecimiento actuales, e incluso con una población estabilizada, en los próximos años habrá numerosas megalópolis que superen los 15 millones de habitantes.

En muchas de estas megaciudades, los recursos hídricos locales han sido agotados o degradados, en algunos casos desde hace varias décadas. Las autoridades y compañías de suministro se han visto forzadas a buscar el líquido en otras cuencas o acuíferos vecinos. Como consecuencia, el costo del agua ha aumentado considerablemente, aunque en muchos casos está "disfrazado" en los presupuestos nacionales, provinciales o municipales. A menudo las cuentas de suministro de agua urbano sólo registran los costos operacionales, las inversiones son financiadas a nivel nacional, y en algunos casos, incluso los costos de reemplazo no están plenamente considerados.

Cuando las ciudades no pagan el precio total del agua, alguien debe hacerlo en su lugar. En muchos países las ciudades mayores están siendo subsidiadas por la población en general, incluyendo los contribuyentes de las poblaciones pequeñas y de las zonas rurales que no se benefician (más bien se perjudican) con las obras.

El continuo crecimiento de las grandes áreas urbanas agravará el problema aún más. Nuevas fuentes de agua sólo se encontrarán más lejos o a mayor profundidad; su aprovechamiento requerirá embalses, plantas de tratamiento y sistemas de conducción y distribución más costosos. Las estrategias futuras deberán procurar redefinir los paradigmas de "desarrollo constante" que son la causa de la insostenibilidad en los sistemas actuales. Se requerirá un nuevo enfoque que permita que el consumo de agua se relacione con su distribución y disponibilidad y donde las políticas racionales y equitativas tengan prioridad sobre las inversiones crecientes y el derroche innecesario de los recursos.

#### GENERACIÓN DE ENERGÍA

La utilización excesiva de agua se relaciona con frecuencia con la necesidad de generación de energía. En Armenia, el histórico lago Sevan está siendo drenado paulatinamente por las plantas hidroeléctricas del río Razdan para producir la energía eléctrica tan necesaria para este país mediterráneo. Las plantas fueron construidas en la década de 1940 cuando los niveles de agua estaban 20 metros por encima de los actuales. El lago está totalmente eutroficado y su extensión está siendo reducida cada día. A ello se agrega que, debido al conflicto con Azerbaiján, Armenia fue privada de petróleo (que anteriormente venía de este país) y condujo a la producción hidroeléctrica con las consecuencias ambientales antes mencionadas. Este es un ejemplo de cómo las guerras y los conflictos entre las naciones pueden acelerar los procesos de degradación de los sistemas hidrológicos naturales. Otros casos similares se aprecian en el oeste de los Estados Unidos y en varios países andinos.

#### EL AGUA SUBTERRÁNEA

Con frecuencia los recursos hídricos subterráneos son sustancialmente mayores que los superficiales. En términos de agua dulce utilizable, la diferencia puede ser de varios órdenes de magnitud. Sin embargo, la cantidad de agua subterránea disponible no debe ser medida en volumen, sino en su tasa de renovabilidad. Cuando los recursos subterráneos se gastan más rápidamente de lo que son recargados, los niveles y los costos de bombeo aumentan y, tarde o temprano, el recurso se termina.

Si observamos los acuíferos en función de su renovabilidad, la disponibilidad de las aguas subterráneas es del mismo orden de magnitud que las aguas superficiales. Por otra parte, los acuíferos y las poblaciones urbanas pueden no coincidir espacialmente. Algunos grandes acuíferos están en zonas escasamente pobladas o donde no se les necesita pues hay suficiente agua superficial. Al mismo tiempo, muchas áreas urbanas no tienen acuíferos apropiados en sus proximidades. A pesar de estas limitantes, el uso del agua subterránea ofrece muchas ventajas:

- Es menos vulnerable a la contaminación.
- Normalmente no requiere tratamiento.

- Puede ser explotada utilizando una estrategia modular, con menor inversión y mayor participación local.
- No requiere sistemas de distribución extensos y complejos.
- No se necesitan grandes tanques de almacenamiento (se almacenan "bajo tierra").

A pesar de que el agua subterránea puede ser una alternativa factible para proveer agua a las zonas urbanas, se debe poner especial cuidado para protegerla de la degradación a partir de las fuentes externas o por la sobreexplotación. Como se mencionaba más arriba, a pesar de que los acuíferos son menos vulnerables a la contaminación, cuando son afectados, el daño puede ser irreversible.

#### LOS PROBLEMAS PARTICULARES DE LAS CIUDADES COSTERAS

Una limitante común al suministro de agua en zonas costeras es la intrusión de aguas salobres en los cursos bajos de los ríos. Esto ha forzado a ciudades como Londres (sobre el Támesis) y Guayaquil (sobre el Guayas) a trasladar sus tomas, aguas arriba de los ríos.

Las ciudades costeras que dependen de acuíferos cercanos también han experimentado problemas con las intrusiones salinas debido a la extracción excesiva del recurso subterráneo. El agua del mar entra al acuífero cuando el nivel piezométrico desciende por debajo de un cierto punto.

Muchas de estas ciudades, como Recife (Brasil), Calcuta (India), Dakar (Senegal), Georgetown (Guayana) y Maracaibo (Venezuela), han recurrido a la conducción de agua desde ríos más alejados o fuentes subterráneas. Otras, localizadas en ríos salobres o estuarios, han preferido explotar los afluentes fluviales más apropiados. Nueva York, por ejemplo, se vio forzada a utilizar agua subterránea (en Long Island y otros municipios) porque el río Hudson es salobre. Actualmente el agua proviene de embalses que se encuentran aguas arriba. Montevideo (Uruguay) no puede depender del río de la Plata, ya que tiene alta salinidad por lo que localizó sus tomas en el río Santa Lucía, que es un afluente del Plata, a una distancia de 30 kilómetros de su desembocadura.

Algunas ciudades costeras no están situadas cerca de un río, especialmente aquellas localizadas en sitios cársticos o volcánicos donde hay pocos cursos de agua (por ejemplo, Jakarta en Indonesia; Manila en las Filipinas; Miami en los Estados Unidos; La Habana en Cuba y Mérida en México). Estas ciudades dependen exclusivamente del agua subterránea para su abastecimiento.

#### OTRAS LIMITACIONES

La contaminación creciente del agua superficial, que resulta de la falta de tratamiento de las aguas residuales, está transformándose gradualmente en un problema central en muchas zonas del mundo. En ciertas áreas densamente pobladas, varios tipos de aguas negras son ver-



tidas o escurren en dirección a los sistemas hídricos naturales. Este problema es común en la mayor parte de las grandes urbes de los países de América Latina, África y Asia.

Se han propuesto proyectos e iniciativas para solucionar el problema en algunas de estas ciudades, pero los costos involucrados en corregir la situación son muy elevados, generalmente fuera del alcance de las economías urbanas e incluso nacionales. Un ejemplo de lo anterior lo proporciona Sao Paulo: el río Tieté que atraviesa la ciudad, está altamente contaminado debido al inadecuado saneamiento de su cuenca. Recientemente se aprobó un proyecto de 3 000 millones de dólares para limpiarlo. Las referencias recientes sobre el mismo, provenientes de organizaciones no gubernamentales (ONG's) locales e internacionales indican que las obras proyectadas o a implementarse son insuficientes; y más bien tienden a satisfacer intereses empresariales y probablemente no terminen limpiando efectivamente el río.

En resumen, hay dos limitaciones básicas que afectan el suministro de agua de las ciudades y otras áreas densamente pobladas del mundo: una es la localización inapropiada de las ciudades con relación a los recursos hídricos y otra es la creciente degradación de los recursos existentes en dichos lugares.

#### LA DEMANDA DE AGUA

Los problemas de abastecimiento no son los únicos que interesan a la gestión hídrica. En los hechos, el tema del agua tiene dos aspectos: la disponibilidad de los recursos (suministro) y la demanda existente. Este último aspecto, crucial en la gestión del recurso agua, es frecuentemente subestimado. Muchos problemas de abastecimiento de agua no existirían, o serían mucho menos graves, si se formularan e implementaran políticas y estrategias que tuvieran más en cuenta el problema de la demanda.

En la mayoría de los países y ciudades, incluso en los países pobres, hay problemas de consumo excesivo de agua. El derroche tiene lugar en todas las etapas de los sistemas de agua: pérdidas en las tuberías, actitudes de consumo innecesario promovidas por falta de contabilidad o inadecuadas políticas de precios, tecnologías de los artefactos de agua que promueven gastos innecesarios, etcétera. Para resolver estos problemas se deben implementar estrategias de gestión que tiendan a reducir la dilapidación del recurso.

En la mayoría de las áreas urbanas, la obtención de recursos hídricos suficientes podría ser lograda, por muchos años, con un mejor mantenimiento del sistema y políticas de precios y contabilidad diseñadas con este propósito. Los enfoques que influyen directamente sobre la demanda son mucho más económicos que los que se basan exclusivamente en la planificación e implementación de nuevos embalses alejados y sistemas asociados. A la vez, este tipo de políticas tienden a reducir los efectos negativos sobre los sistemas de agua naturales.

Desafortunadamente, pocas ciudades en el mundo han puesto en práctica enfoques sostenibles en el manejo de sus recursos hídricos. Esta situación se relaciona con el modelo de desarrollo adoptado en muchos países que tiende a priorizar el crecimiento económico sobre la sostenibilidad.

## SOSTENIBILIDAD Y EQUIDAD EN LAS ÁREAS URBANAS

Para resolver los problemas de abastecimiento de agua, las estrategias de gestión deben evaluar las inversiones requeridas comparándolas con los beneficios en un marco de sostenibilidad y equidad. Para cada área densamente poblada hay varias opciones sostenibles y equitativas posibles. Habitualmente los criterios de selección se basan principalmente en los costos de los sistemas propuestos.

Sin embargo, hay otros factores que entran en la ecuación. En primer lugar, los sistemas de suministro no deben afectar la sostenibilidad de los recursos hídricos propiamente dichos (esto quiere decir, que los volúmenes extraídos no deben ser mayores que los volúmenes renovados, y que la calidad del agua no debe degradarse). En segundo lugar, el concepto de sostenibilidad incluye también la protección de otros recursos naturales de la región (por ejemplo, los ecosistemas fluviales o lacustres).

Además de la sostenibilidad ecológica, los sistemas de aguas deben ser socialmente viables. La implementación de cualquier sistema de abastecimiento presenta consecuencias socioeconómicas, no sólo desde la perspectiva de la satisfacción de las necesidades de la población en forma equitativa, sino también desde otros puntos de vista. El establecimiento de sistemas de agua genera empleo, promueve ciertos tipos de industrias, e incluso afecta otras estrategias urbanas (por ejemplo, estimula el desarrollo de ciertos vecindarios sobre otros).

## AGUAS Y MODELOS DE DESARROLLO EN LAS ÁREAS URBANAS

Aún cuando se utilizan enfoques sostenibles, el crecimiento de la población puede exceder el potencial de los sistemas naturales locales. En estos casos, el problema no son los recursos, sino los modelos de desarrollo aplicados que llevaron o llevan a la concentración de la población en lugares que no son los más apropiados desde el punto de vista de los recursos.

Ello parece claro en muchas de las grandes ciudades del mundo, cuyo desarrollo puede ser evaluado como desequilibrado, si se considera la existencia y distribución de los recursos en los países donde ellas se encuentran. Es claro que ninguna megaciudad es sostenible en el largo plazo. Uno se pregunta, por ejemplo, sobre el futuro de la ciudad de México y zonas adyacentes, con una población que se aproxima a los 20 millones de habitantes y aún en proceso de crecimiento. Si bien la población del Distrito Federal se ha estabilizado, los niveles demográficos de la región megaurbana del México Central continúan aumentando. El agua local hace ya tiempo que es insuficiente y se han debido realizar cuantiosas inversiones y gastos para conducir el agua a la metrópolis y zonas urbanas satélites (Toluca, Cuernavaca, Cuautla, etc.). Parece claro que el modelo de desarrollo de México debe ser revisado, el crecimiento centralizado debe ser limitado, y ello requerirá revisar las políticas en forma holística. Si estas medidas son aplicadas en forma inteligente, hay una posibilidad real de que el problema del agua se reduzca considerablemente.

La ciudad de Lima posee una población muy numerosa (más de siete millones de habitantes) y se encuentra situada en un ambiente excesivamente árido (llueve poco más de 10 mm anuales). Su abastecimiento depende de los aportes de un río de caudal moderado (el

Rimac) que sirve para abastecer la toma principal de La Atarjea y es la fuente de recarga del acuífero local. La sobreexplotación de las aguas subterráneas ha dado lugar a su salinización y descenso de niveles y la expansión urbana en las orillas del río y ocupación inadecuada de la cuenca ha limitado sus posibilidades de utilización. Parece claro que la ciudad de Lima se encuentra en un lugar inadecuado, sobre todo si consideramos el volumen de población que alberga en la actualidad. El modelo de desarrollo peruano lleva a que un número creciente de pobladores del interior vaya a la costa limeña para engrosar los barrios pobres de la ciudad. La falta de agua generalizada ha desembocado en problemas sanitarios importantes (como la epidemia de cólera). La solución al problema de Lima pasa por una profunda revisión de las causas que promueven la migración desde las zonas rurales y ciudades del interior. La falta de agua es un síntoma, la enfermedad es otra.

En las Filipinas y Tailandia, la centralización creciente de las economías de sus dos principales megalópolis ha dado lugar a procesos igualmente insostenibles. Los sitios geográficos de Manila y Bangkok no son adecuados para albergar a conurbaciones de grandes dimensiones (más de 10 millones de habitantes). Bangkok utiliza aguas subterráneas provocando el hundimiento gradual del suelo, que en la actualidad se encuentra prácticamente al mismo nivel que el mar; y originando problemas de drenaje y sanitarios durante las lluvias. Un proceso análogo se ha experimentado en Manila.

La situación de Sao Paulo en Brasil también es crítica: desde sus inicios, se puede afirmar, que la ciudad estuvo ubicada en un sitio "hidrológicamente" erróneo, demasiado cerca de la divisoria de aguas principal y lejos de los grandes ríos. El tiempo y el crecimiento han empeorado la situación. La centralización económica ha traído muchos millones de inmigrantes a la ciudad, que hoy se ha transformado en una gigantesca urbe de más de 15 millones de habitantes. La calidad de vida se ha deteriorado, los costos se han multiplicado y el proceso continúa. Se requiere un nuevo modelo de desarrollo que permita relocalizar algunas actividades urbanas para disminuir el proceso agudo de concentración que vive la ciudad. La aplicación exitosa de políticas en esa dirección podrán permitir resolver algunos de los problemas urbanos, incluyendo los de abastecimiento de agua.

#### LA AGRICULTURA DE RIEGO: UNO DE LOS MAYORES USUARIOS DE AGUA

En la mayoría de los países, no son las poblaciones urbanas las que requieren los mayores volúmenes de agua, sino la irrigación agrícola. El riego agrícola utiliza enormes cantidades de agua. Los suelos que requieren agua para el cultivo, están frecuentemente situados en sitios donde las tasas de evaporación son elevadas. Ello es agudizado por el tipo de cultivos que se plantan, algunos de los cuales poseen altos índices de transpiración. Una hectárea de arroz irrigada evapora aproximadamente 20 000 metros cúbicos de agua por año. Incluso en aquellos cultivos de riego que consumen menos agua, el gasto por hectárea, en promedio, es equivalente al de 40 hogares urbanos. Por ese motivo, la agricultura de irrigación es competitiva sólo si se plantan cultivos de alto valor comercial o en los lugares donde el precio del agua es muy bajo.

A menudo el bajo precio del agua de irrigación no refleja los costos reales. En algunas zonas irrigadas, el agua se obtiene de sistemas cuyo costo no ha sido incorporado en el precio. Los precios artificialmente bajos del agua permiten el desarrollo o persistencia de las plantaciones de riego en áreas donde, de otra forma, no sería rentable ni posible. En esos casos, la agricultura logra sobrevivir solamente debido a los subsidios proporcionados indirectamente por la institución o agencia que construyó o financió las obras hidráulicas, y que no está transfiriendo los costos a los usuarios.

A menudo la inversión de capital requerida para las obras, es proporcionada por el gobierno (nacional, estatal, municipal) o a través de un préstamo internacional cuyo costo es reembolsado por toda la sociedad. En California, por ejemplo, las grandes obras hidráulicas del río Colorado fueron financiadas por el gobierno federal. Se beneficiaron las empresas agrícolas, pero las inversiones las hizo toda la nación. En México las necesidades de inversión de la mayoría de los distritos de irrigación, así como una parte considerable de los costos de bombeo, también fueron o están siendo financiados por el gobierno.

#### DEFINIENDO LAS ESTRATEGIAS HÍDRICAS

Uno de los problemas de gestión hídrica más apremiantes, se relaciona con los conflictos existentes entre los grupos y sectores agrícolas y urbanos para obtener el valioso y escaso recurso al menor precio posible.

Individualmente, los agricultores consumen mucha más agua que los habitantes de las ciudades (incluso cuando se tienen en cuenta los consumidores industriales urbanos). Por esa razón, la competitividad de las actividades agrícolas está estrechamente relacionada con el costo del agua. Si el agua es cara, el agricultor se ve imposibilitado a vender sus productos en el mercado, con un precio competitivo. Los usuarios urbanos pueden permitirse pagar mucho más por unidad de agua porque el costo se comparte entre muchos y porque su consumo *per capita* es mucho menor.

En la competencia entre agricultores y ciudades son estas últimas las que tienden a imponerse. En algunos casos, ello puede ocurrir en detrimento de actividades agrícolas tradicionales de muchos pequeños granjeros que dependen de la irrigación (por ejemplo en Egipto). En otras situaciones, las políticas de aguas especulativas pueden terminar en el despojo de los pequeños agricultores o comunidades indígenas, desviando el agua para grandes compañías dedicadas a la explotación agrícola comercial (por ejemplo, la transferencia de agua desde el valle Owens a los valles inferiores en California en la década de 1920).

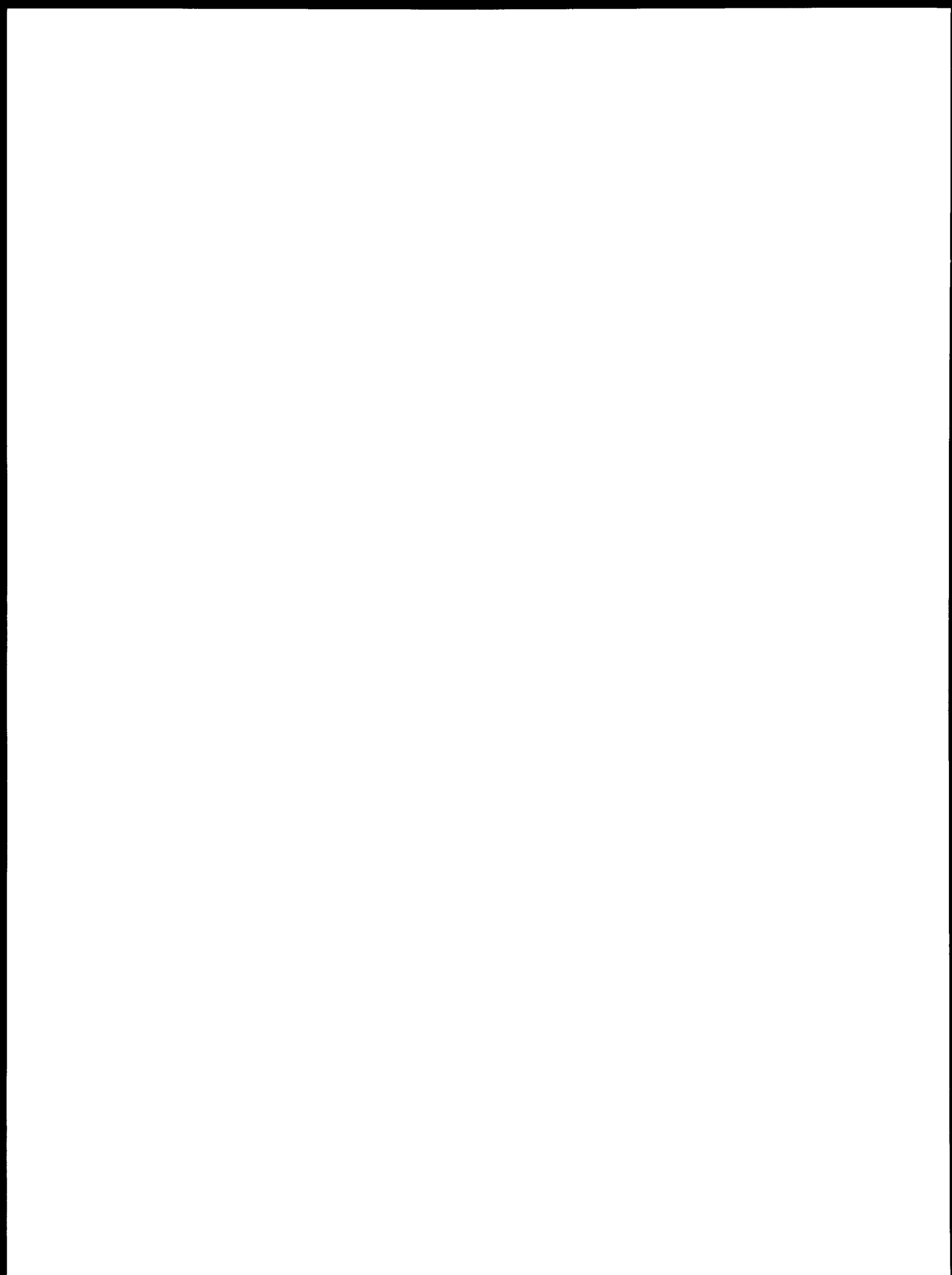
Por esa razón, cuando se definen las estrategias de agua es necesario tener en cuenta todos los elementos de la ecuación:

- ¿Cuánta agua hay disponible?
- ¿Quién la necesita más?
- ¿Qué parte le corresponde a cada usuario?
- ¿Quién tiene prioridad?
- ¿Cuál es la solución económica más lógica?

Estas preguntas deben ser respondidas en el marco de modelos de desarrollo sólidos y equitativos en los que la calidad de vida y el uso sostenible de los recursos sean prioritarios. El uso de los recursos hídricos será óptimo y la problemática del agua será enfocada satisfactoriamente sólo cuando los modelos de desarrollo social y ambiental que se definan y adopten, sean efectivamente sostenibles en el largo plazo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ANTÓN, Danilo, *Ciudades sedientas*, IDRC, Ottawa/Monteideo, 1996.
- BARTHONE, Carl R., "Water quality and urbanization in Latin America", en *Water International*, núm. 15, 1990, pp. 3-14.
- BETHEMONT, J., *Geografía de la utilización de las aguas continentales*, Barcelona, Oikos Tau, 1980.
- HERRERA, I. et al., *El agua y la ciudad de México*, México, Academia de la Investigación Científica/Academia Nacional de Ingeniería/Academia Nacional de Medicina, 1995.
- KAWAMURA, Susumu et al., "More and better water for thirsty Sao Paulo", en *Journal IWA*, Octubre, 1989.
- ECLAC, *Latin America and the Caribbean: inventory of water resources and their use*, ECLAC, 1990.
- LONERGAN, S. C. y D. B. BROOKS, *Watershed: the role of fresh water in the Israelil-Palestinian conflict*, Ottawa, IDRC, s/f.
- MOUGEOT, L. J., *Hydroelectric development and involuntary resettlement in Brazilian Amazonia*, Edinburgh, Cobham Resource Consultants, 1988.
- POSTEL, Sandra, *Last oasis*, Nueva York, W.W. Norton and Company, 1992.
- REISNER, M., *The Cadillac desert*, Nueva York, Penguin Books, 1986.



## GESTIÓN DEL AGUA EN LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

Asit K. Biswas<sup>1</sup>

### RESUMEN

Durante el siglo XXI es probable que la gestión del agua potable y residual será uno de los asuntos más críticos, relacionados con los recursos naturales, que tendrán que enfrentar los países de Latinoamérica y el Caribe. De hecho, en la actualidad, la región ya está enfrentando serios problemas para tener un abasto confiable de agua para todos los usos, así como un adecuado manejo de las aguas residuales generadas. Junto con el crecimiento de la población y la aceleración de las actividades humanas, se prevé que los problemas del agua empeorarán, a menos que mejore significativamente la gestión del agua en el corto plazo. Existen, sin embargo, signos de esperanza en naciones como Brasil, donde se están logrando avances importantes. Por ello, países en desarrollo deben aprender de casos exitosos como ese, en vez de depender exclusivamente de las experiencias y tecnología del occidente; con el fin de resolver sus problemas de gestión del agua potable y residual de una manera oportuna y eficiente.

### INTRODUCCIÓN

Una gestión eficiente del agua es un requisito fundamental para el desarrollo sustentable a largo plazo en los países de Latinoamérica y el Caribe. Los esfuerzos de hoy en día, están encaminados a aliviar la pobreza y generar empleos en todos los países de la región, con el fin de mejorar los actuales estilos de vida de la gente. Sin embargo, sólo podrán tener, cuando mucho, un éxito parcial, ya que no hacen énfasis en el manejo eficiente y equitativo de los limitados recursos hídricos de cada país. A menos que se tomen medidas explícitas para mejorar los distintos procesos de gestión del agua, es probable que las iniciativas de desarrollo fracasen o, al menos, no sean efectivas en cuanto a sus costos y tomen un largo tiempo para lograr los objetivos propuestos por los planeadores.

La gestión de los recursos hídricos debe recibir el más alto nivel de prioridad en las políticas públicas de casi todas las naciones de la región. De otra manera los avances en el

1. Presidente del Centro del Tercer Mundo para la Gestión del Agua, A. C.



manejo del agua y las prácticas de desarrollo no serán alcanzados oportunamente. Además, el mejoramiento de las condiciones económicas y la distribución de ingresos regionales, será más lenta, menos efectiva y sustentable, que las expectativas de la población y los políticos. En tal escenario, de no ser satisfechas las expectativas, surgirán movimientos sociales y conflictos en el futuro.

De allí que si los gobiernos de tales países olvidan el hecho elemental de que el agua limpia y la sanidad adecuada son condiciones esenciales para la supervivencia humana y su continuo desarrollo, enfrentarán una mayor turbulencia social y política en los años venideros. El acceso a los medios de comunicación y la mayor conciencia y participación política, son sólo una muestra de que la gente ya no está dispuesta a vivir en las condiciones insatisfactorias que tenían las generaciones anteriores. Las potenciales consecuencias de este cambio en el paisaje sociopolítico, ya no pueden considerarse como una hipótesis: varios levantamientos sociales han ocurrido por la falta de disponibilidad de agua limpia en países de Latinoamérica y el Caribe, así como en otras zonas del mundo en desarrollo.

Un ejemplo de lo que podría suceder en el futuro, son los problemas sociopolíticos que surgen por un sistema ineficiente de distribución de agua en una ciudad, como Monterrey en México. El abasto incierto y discontinuo del agua para los residentes urbanos, llegó a convertirse en un grave problema por la inadecuada planeación y manejo ineficiente del recurso. En un principio, ni los políticos ni los medios de comunicación mostraron interés en la difícil situación que vivía la gente: sobre todo, las mujeres de clase media-baja y baja, tuvieron que cargar con la mayor parte de los problemas impuestos por un abasto pobre e incierto del agua. Se cansaron de vivir en tal situación y desafiaron directamente a la autoridad: bloquearon las principales calles y "secuestraron" a los vehículos y al personal involucrado en el servicio del agua.

Los medios de comunicación acogieron la historia de las dificultades en el abasto de agua de la población e hicieron de las privaciones vividas por un sistema deficiente de abastecimiento de agua, un importante asunto político en el ámbito nacional. Como el problema trascendió el ámbito regional y llegó al nacional, hizo posible la liberación de nuevos fondos de inversión; los más importantes administradores del agua se vieron obligados a prestar una atención cada vez mayor al problema en Monterrey, conduciendo así a una rápida solución. Esto indica que, a menos que el abasto de agua reciba la atención y la prioridad sociopolíticas que merece, incidentes como el de Monterrey son un indicador de lo que probablemente será la norma, en vez de la excepción en el futuro.

#### EL AGUA Y EL INCREMENTO EN LAS ACTIVIDADES HUMANAS

Con la creciente población en los países de Latinoamérica y el Caribe, el total de las actividades humanas está aumentando sin lugar a dudas cada vez más rápido en la región. Mientras que los niveles y los tipos de tales incrementos bien pueden variar de un país o de una región a otra, el hecho es que dichas aceleraciones sin lugar a dudas tienen serias implicaciones en términos del uso total del agua, de la calidad de los cuerpos de agua nacionales, regionales y locales y de los asuntos políticos, sociales, económicos, ambientales y de la salud. Además,

las normas y el pensamiento sociales están cambiando rápidamente y esto, por su parte, trae rápidos cambios en la manera en que la sociedad conceptualiza el agua y las prácticas administrativas relacionadas, así como la importancia de contar con un buen sistema de abastecimiento de agua y de instalaciones sanitarias. Algunos de estos cambios ya están visibles, otros pueden ser pronosticados para el futuro venidero con una certeza razonable y unos cuantos probablemente serán inesperados debido a varias razones y, por lo tanto, serán identificados con toda probabilidad sólo después de haber sucedido.

Un buen ejemplo de este cambio de mentalidad tiene que ver con los aspectos ambientales del desarrollo del agua. Hace sólo tres décadas esta materia se consideraba de una importancia menor y, por lo tanto, recibía una inadecuada atención en todo el mundo. Sin embargo, conforme las consideraciones ambientales subieron cada vez más alto en la agenda política nacional e internacional, llegó a ser un asunto de prioridad en muchas naciones en términos de la construcción de nuevos proyectos de desarrollo de agua y de la administración de los ya existentes. De acuerdo con las tendencias actuales y previsibles resulta altamente probable que dentro de más o menos una década las necesidades de agua de los ecosistemas serán consideradas como un usuario legítimo del agua y, así, tendrán que ser tomadas en cuenta explícitamente en el proceso de la distribución del líquido. Por esta razón, es probable que las necesidades del ecosistema en cuanto al agua llegarán a constituirse en un competidor directo frente a otros usos de agua tradicionales y existentes. Por su parte, esta "nueva" necesidad intensificaría los conflictos entre los diversos usos del agua, especialmente en aquellas regiones donde el líquido ya está escaso. Lamentablemente sin embargo, los principales administradores del agua en muchos países en vías de desarrollo, independientemente de la retórica presentada, aún siguen creyendo que la protección ambiental es un lujo que dichos países no pueden darse. Es probable que este pensar irracional y la continua e inadecuada atención a los factores ambientales apropiados relacionados con la administración del agua aumentarán la intensidad y la magnitud de los futuros conflictos entre los varios tipos de usos y sus respectivos intereses.

La introducción de una nueva categoría de uso de agua, por más justificada que pudiera ser, haría el proceso del manejo del agua significativamente más complejo que lo que es en la actualidad. Esto se debe a que los requerimientos de agua, por lo menos durante las próximas tres a cinco décadas, seguirán en aumento debido a dos razones muy importantes: a saber, el crecimiento de la población y el aumento en los requerimientos de agua *per capita*. Si hoy en día ya existe una escasez de agua en alguna región, la situación probablemente empeorará en el futuro debido a todas esas demandas nuevas y adicionales, a menos que se puedan revertir las tendencias actuales.

En términos del crecimiento demográfico, y de acuerdo con los estimados recientes del Banco Mundial (Bos *et al.*, 1994), la población total de los países de Latinoamérica y el Caribe incrementará probablemente de 435 millones de habitantes en 1990 a 585 millones en 2010 y a 751 millones de personas en el año de 2030. Esto significa que en un periodo de 40 años entre 1990 y 2030 se espera que la población de la región aumente en 316 millones de personas, 73 por ciento. Desde luego que se presentarían variaciones regionales muy amplias. Por ejemplo, durante ese periodo se estima que la población de Bolivia aumente en 106 por ciento, la de Guatemala en 138 por ciento, la de El Salvador en 83 por ciento y la de Vene-

zuela en 82 por ciento. En contraste, se espera que la población de Cuba aumente sólo 21 por ciento. El cuadro 1 muestra los estimados del incremento de población para la región en sí, y para sus seis naciones más pobladas.

Cuadro 1  
Población de Latinoamérica y el Caribe y de seis de sus países más poblados, en millones de habitantes, 1990-2030

	1990	2000	2010	2020	2030
Total: Latinoamérica y el Caribe	434.58	512.25	584.73	644.33	751.06
Argentina	32.32	35.77	38.90	42.05	44.62
Brasil	149.02	172.23	194.10	214.95	231.45
Colombia	32.30	37.47	42.17	46.82	50.67
México	81.72	98.79	114.02	128.46	142.33
Perú	21.51	25.92	30.03	33.79	37.26
Venezuela	19.33	24.24	28.20	31.83	35.24

Se calcula asimismo que la demanda de agua aumentará debido a la alza en el estándar de vida de la población así como a los cambios en el estilo de ésta. Conforme más y más gente en la región de Latinoamérica y el Caribe logren un más alto nivel de vida, aumentarán también sus requerimientos de agua *per capita*. Históricamente esto ha sido un hecho en el mundo desarrollado y parece ser que lo mismo ha estado ocurriendo en los países en vías de desarrollo durante los años recientes. Por ejemplo, el uso *per capita* de agua en Japón se duplicó exactamente en el periodo de 26 años entre 1965 y 1991, de 169 litros a 336 litros. De manera semejante, si persisten las tendencias actuales, los requerimientos totales de agua en Inglaterra y Gales subirán probablemente en más de 20 por ciento para el año 2020, aun cuando el aumento de la población total será con toda probabilidad bastante modesto. Los cambios en el estilo de vida, principalmente en términos de incrementos significativos en el uso de lavadoras automáticas para ropa y trastes, explicarían en primer lugar este aumento.

Toda la evidencia anecdotal indica que los requerimientos *per capita* de agua entre la población más próspera están aumentando en el mundo en vías de desarrollo. Así, conforme los programas de alivio de la pobreza logren mejorar el nivel de vida de la población pobre, uno de los impactos directos de su éxito será una más alta demanda de agua de parte de un creciente número de personas, al tiempo que se vuelven más y más prósperas. En sus respectivos planes para la administración del agua a nivel nacional, regional o local, ninguno de los países de Latinoamérica y el Caribe ha tomado en cuenta los crecientes requerimientos de agua *per capita* para una población más próspera.

Está claro que todos estos incrementos significan que cada vez más agua será necesaria en el futuro para satisfacer las demandas adicionales para los siguientes usos: el consumo humano, la producción agrícola e industrial, la generación de energía, el recreo y la preservación de los ecosistemas. Ya que las actividades humanas generalmente degradan la calidad del agua usada, el tratamiento de las aguas residuales es otro tema que deberá recibir un énfasis mucho más fuerte que hasta ahora. En general, hoy en día alrededor del seis por ciento de las aguas residuales generadas en Latinoamérica es tratada apropiadamente. Así, es preciso pro-

ver un tratamiento adecuado no sólo para las aguas residuales que en la actualidad no están siendo tratadas correctamente, sino además para todas las aguas residuales adicionales que serán generadas en el futuro. Esta no será una tarea fácil puesto que las inversiones requeridas para tratar eficientemente todas las aguas residuales generadas serían extremadamente altas. En la actualidad, no existen estimados confiables en cuanto al monto de las inversiones que se requerirían en los ámbitos nacional y regional, pero es probable que el total alcance los cientos de miles de millones de dólares. Es difícil prever cómo se pudieran generar inversiones de capital tan enormes al interior de la mayoría de los países cuando precisan de inversiones parecidas en otros sectores como son la educación, el transporte, los servicios sociales y la protección ambiental.

Además de los muy altos niveles de inversión de capital que se necesitan, las autoridades nacionales de agua en toda la región no cuentan con el conocimiento especializado adecuado en el monitoreo y en el manejo de la calidad del agua, ni tampoco tienen la capacidad técnica necesaria para operar todas las plantas tratadoras que serán necesarias. La privatización quizá ayude pero entonces sería probable que las naciones se volvieran aún más dependientes de las compañías extranjeras que pudieran estar más bien interesadas en sus ganancias netas que en proveer a los pobres un servicio confiable y económico. Por lo general el sector privado no ha estado muy entusiasmado por el abastecimiento de agua a los distritos de bajos ingresos por los bajos niveles de ganancias en relación al capital invertido. Ahora es preciso elaborar sistemas de control para asegurar que el sector privado consiga una ganancia razonable pero que, a la vez, toda la población reciba un abastecimiento adecuado de agua e instalaciones de tratamiento para las aguas residuales y todo a un costo razonable, especialmente la gente que vive en distritos de bajos ingresos. De la misma manera, las capacidades nacionales respecto de todas las facetas del manejo de la calidad del agua necesitan mejorarse significativamente dentro de un muy reducido periodo de tiempo. Desgraciadamente, en general ni siquiera las universidades están equipadas para enfrentarse al enorme desafío de desarrollar la capacidad requerida. Periodos prolongados de negligencia histórica en esta materia significan que sería muy difícil lograr esta tarea satisfactoriamente en el corto o mediano plazo.

Si el manejo del ambiente y de la calidad del agua no reciben la prioridad y atención que requieren, el costo para las naciones en términos de la salud y el desarrollo sustentable con toda probabilidad será extremadamente alto en el largo plazo.

#### EL MANEJO DEL AGUA EN LATINOAMÉRICA

Se han logrado tremendos avances en Latinoamérica en los años recientes en cuanto al manejo del agua, aunque el resto del mundo e, incluso, la mayoría de los profesionistas del agua en Latinoamérica misma lo ignoran. De la misma manera, el agua está mucho más fuertemente representada en la agenda política en Latinoamérica que en las demás regiones del mundo. Por ejemplo, en la Reunión Cumbre de Santa Cruz, Bolivia, en diciembre de 1996, los líderes declararon categóricamente que:

A pesar de los extensos esfuerzos de parte de los países de las Américas por mejorar el uso del agua y su manejo, la demanda sigue subiendo mientras que la contaminación ha

degradado seriamente la calidad del agua dulce, provocando enfermedades y pérdidas económicas.

Una pobre estructura administrativa y de precios, así como la falta de un compromiso de los usuarios con el manejo del agua y su conservación, son factores importantes que contribuyen a la creciente escasez. Particularmente inquietantes son las demandas proyectadas del agua potable respecto de la población urbana y los potenciales conflictos entre los sectores, regiones y países que comparten recursos hídricos.

Enseguida los líderes latinoamericanos identificaron las cinco materias prioritarias:

- el manejo y el uso
- el acceso y la disponibilidad
- la participación de usuarios/interesados
- los conflictos de agua a través de fronteras, y
- la valorización económica de los recursos hídricos

Las diferencias entre el poco preciso capítulo 18 de la Agenda 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo (UNCED) celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992 y la declaración sucinta respecto del agua de las Cumbres de las Américas así como su priorización de las áreas de acción son, de hecho, notables.

De manera semejante, si uno compara los vagos principios de Dublín con los principios esbozados en la ley de agua de Brasil de 1997, tendrá que reconocer que los brasileños están años luz adelante de los resultados de Dublín, aun cuando ciertas organizaciones internacionales siguen afirmando erróneamente (al menos en público) que la recomendación de Dublín aseguraría el desarrollo sustentable del agua. Un análisis objetivo de los principios de Dublín y de los de la legislación brasileña indicaría las diferencias fundamentales inherentes entre estos dos conjuntos de principios. A continuación se desglosan esas diferencias:

Dublín	Brasil
1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, un recurso natural esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente.	1. El agua es un recurso limitado.
2. El desarrollo y el manejo del agua deben basarse en una aproximación participativa que involucra a los usuarios, los planeadores y los legisladores en todos los niveles.	2. El manejo de los recursos debe implicar la participación del gobierno, de los usuarios y de las comunidades.
3. Las mujeres deberán jugar un papel central en la provisión, el manejo y el resguardo del agua.	3. ....
4. El agua tiene un valor económico en todos sus usos y debe ser reconocido como una mercancía.	4. El agua tiene un valor económico.
5. ....	5. ¡El agua es de propiedad pública!
6. ....	6. Cuando existe la escasez, la prioridad en el uso de los recursos hídricos se da al consumo humano y al de los animales.
7. ....	7. El manejo de los recursos del agua siempre debe prever los múltiples usos del recurso.
8. ....	8. Las cuencas de los ríos son la unidad territorial para la implementación de la Política Nacional de los Recursos Hídricos y de las acciones del Sistema Nacional de Manejo de los Recursos Hídricos.

Además de los principios presentados arriba, la ley de Brasil estipula específicamente las siguientes condiciones como "Lineamientos Generales de Acción":

- la integración del manejo de los recursos del agua con el manejo ambiental;
- la coordinación de la planeación respecto de los recursos hídricos con la de los sectores de usuarios y con la planeación a los niveles regional, estatal y nacional;
- la coordinación del manejo de los recursos hídricos con la del uso del suelo; y
- la integración del manejo de las cuencas de los ríos con los sistemas de estuarios y el manejo de las costas.

De acuerdo con lo anterior, aquellos países en vías de desarrollo que están contemplando la elaboración de nueva legislación tocante al agua, o enmiendas a la legislación existente, harían bien en estudiar los regímenes jurídicos para el manejo del agua en ciertos países de Latinoamérica, como son Argentina, Brasil, Chile y México, y en estudiar el estatus de la implementación de dichas leyes así como las razones de ella. Es altamente probable que ese paso contribuya a la formulación de leyes más apropiadas e implementables, comparado con un seguimiento y una dependencia exclusivos y casi ciegos de los regímenes jurídicos de los países industrializados, la mayoría de los cuales no puede implementarse adecuadamente debido a varios constreñimientos importantes.

#### EL AGUA Y LA PAZ

Con la conclusión de la Guerra Fría un nuevo tipo de materia de seguridad internacional, regional y nacional está causando una creciente inquietud. Las dimensiones militares convencionales de la paz y de la seguridad aún persisten, si bien en niveles de importancia mucho más bajos que antes. Esta reducción sin embargo se ha visto más que compensado por las crecientes amenazas de seguridad no convencionales que provienen de nuevos factores como son el crecimiento demográfico y los impactos relacionados que incluyen el agotamiento y deterioro de los recursos naturales, especialmente del agua, y el deterioro del medio ambiente.

El papel central que juega el agua en sostener la vida en la tierra y en preservar los diferentes ecosistemas está más allá de cualquier disputa. Conforme aumenta la población de los países de Latinoamérica y el Caribe y el estilo de vida de millones de personas sigue mejorándose, se precisará de cada vez más agua para el consumo doméstico, la expansión industrial, la producción agrícola, la generación de energía y la preservación de los ecosistemas. El agua ya es una mercancía escasa en gran parte de las zonas habitadas del mundo y manejar exitosamente el ciclo continuo de inundaciones y sequías se ha convertido en una tarea muy difícil debido a la más grande demanda del líquido y de los cambios significativos en el uso del suelo. Conforme siguen creciendo las demandas de agua dulce en el futuro en todos los países de la región las tensiones al interior de las naciones, así como entre nación y nación, por el uso de las fuentes de agua podrían llegar a intensificarse cada vez más, a menos que se formulen e implementen contramedidas apropiadas en los años por venir.

Específicamente, los problemas relacionados con el uso de los cuerpos de agua internacionales —es decir, los ríos, lagos y mantos acuíferos que son compartidos entre dos o más

países— podrían volverse cada vez más complejos, agudos y cargados de peligro. En ciertas condiciones especiales la competencia cada vez mayor por las limitadas fuentes de agua dulce entre los países que comparten cuencas podría llevarlos a la guerra. Este es un factor importante a tomar en cuenta en relación a los países sudamericanos, ya que 60 por ciento de la superficie del continente está compuesto de cuencas de ríos y lagos internacionales (Biswas, *et al.*, 1998).

Las tensiones por el uso de los cuerpos de agua internacionales han sido serias en el pasado. Por ejemplo, una causa importante que contribuyó a la guerra entre los árabes y los israelíes en 1967 fue la lucha por el control del río Jordán y de los otros cuerpos de agua en la región. Una disputa latente durante mucho tiempo por el uso de las aguas del río Lauca llevó a Bolivia a cortar sus relaciones diplomáticas con Chile. De manera semejante, en años recientes se han observado lugares políticos conflictivos en Bangladesh, la India y Nepal a causa del uso del río Ganges; en Iraq, Siria y Turquía por el uso de los ríos Tigris y Eufrates; y en Egipto, Etiopía y Sudán por el río Nilo. Boutros Boutros-Ghali, el antiguo Ministro de Relaciones Exteriores de Egipto, quien luego se convertiría en el Secretario General de las Naciones Unidas, ha afirmado categóricamente que “la siguiente guerra en nuestra región será por las aguas del Nilo, no por la política”.

Existen 35 cuencas internacionales en Sudamérica, 18 en Centroamérica y 43 entre Estados Unidos y México. En la gran mayoría de los casos de estos ríos internacionales los problemas aún no han alcanzado dimensiones críticas. Al darnos cuenta del espectro de los posibles conflictos grandes en algunas de esas cuencas de manera constructiva y firme, quizá sea posible aumentar la conciencia de los respectivos gobiernos, de la gente que vive en las cuencas implicadas y de las organizaciones internacionales apropiadas en términos de la importancia, relevancia y la naturaleza urgente de los problemas involucrados. Tal proceso, de ser cuidadosamente planeado, podría contribuir al surgimiento de la voluntad política necesaria en las naciones involucradas de tal manera que los problemas sean analizados y resueltos entre sí de manera amigable, mucho antes de que lleguen a ser más complejos, críticos y arraigados. De hecho es una buena señal que los líderes del continente identificaron a los conflictos por las aguas compartidas entre fronteras como una área de prioridad durante su Cumbre en Santa Cruz en diciembre de 1996.

A pesar de los acontecimientos recientes, muy poca gente se ha dado cuenta de la importancia de estos factores nuevos y emergentes como son la disponibilidad y el uso del agua como serias amenazas para la paz futura, tanto nacional, regional y global; y aún menos cuentan con una clara comprensión de dónde, cómo y cuándo tales amenazas pudieran afectar las cuestiones de paz y de seguridad. En el grado en que esas inquietudes no convencionales hayan recibido cierta atención en los últimos años, la tendencia general ha sido la de enfocar en una sola materia: el calentamiento global y el cambio climático. Sin embargo, es probable que la amenaza más inmediata y seria para la paz nacional y regional venga *no* del cambio climático, aun cuando esta es una materia importante, sino de la falta de agua dulce de buena calidad para el uso humano. Desgraciadamente este es un hecho que ha sido más bien ignorado en las recientes discusiones globales.

## LA TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO SUR-SUR Y NORTE-SUR

Aun cuando se ha mencionado este tema a menudo en el pasado, tanto en las organizaciones nacionales como internacionales, hay que reconocer que hasta este momento se ha logrado un progreso sólo muy limitado al respecto. Es un hecho innegable que en los últimos 25 años y salvo unas cuantas excepciones, no se han realizado grandes proyectos de agua en la Europa Occidental ni en Norteamérica (excepto en México). Los grandes proyectos han sido montados en países en vías de desarrollo como son Brasil, China, India y Turquía. De manera lamentable existe entre la comunidad internacional muy poca información sobre esos acontecimientos. Actualmente, los profesionales del agua en Brasil o en México conocen mucho más acerca de los desarrollos en la materia del agua que han tomado lugar en los Estados Unidos o en Inglaterra, comparado con el grado y la naturaleza del progreso logrado en sus propias naciones o en otros países vecinos en vías de desarrollo. Sin embargo, en muchos casos países como Brasil o Turquía han alcanzado significativamente más avance, por lo menos en términos de operación e implementación, comparado con lo que ha sido logrado por sus homólogos en los países desarrollados. Por ejemplo y como se mencionó arriba, Brasil ha enumerado principios para el manejo sustentable del agua en términos de operaciones que son bastante más comprensibles que los llamados principios de Dublín. En la actualidad uno necesita visitar Turquía o México para observar los últimos avances en el área de la transferencia de distritos de riego; Egipto para ver el control de la enfermedad esquistosomiasis; Bangladesh para observar el funcionamiento actual de los mercados de agua de la superficie; y Turquía para estudiar la participación del sector privado en la construcción de grandes presas.

Los profesionales del agua de los países en vías de desarrollo son alentados a menudo por muchas organizaciones internacionales a emprender visitas de estudio a los países industrializados, aun cuando las prácticas más implementables y apropiadas desde sus puntos de vista pueden ser observadas más bien en el mundo de los países en vías de desarrollo. Frecuentemente muchas organizaciones bilaterales de apoyo organizan visitas de estudio para los profesionales del agua de los países en vías de desarrollo a sus propios países, ostensiblemente para proveer educación y capacitación, cuando en muchas ocasiones el principal elemento en su agenda oculta es el de vender sus servicios de consultoría, sus equipos, etc., en el mundo en desarrollo. No es raro encontrar que la educación y la capacitación, desde el punto de vista de los propósitos prácticos, son utilizadas como un aliento para avanzar los intereses comerciales de los países donadores. Durante ese proceso es el interés comercial lo que a menudo dirige los arreglos finales y la capacitación apropiada de los profesionales del agua del país en vías de desarrollo queda relegada a un segundo plano.

De igual importancia es la transferencia de tecnología y experiencia inapropiadas desde los países desarrollados hacia los países en vías de desarrollo. Las condiciones económicas, institucionales, jurídicas, ambientales y culturales son enormemente diferentes entre estos dos grupos de países. Por ejemplo, los marcos legales respecto del manejo del agua en las naciones latinoamericanas son muy distintos a los de Inglaterra, Francia, Alemania, Canadá o Estados Unidos. Los marcos jurídico e institucional de este último grupo de naciones se apoyan principalmente en las prácticas anglosajonas, mientras que los de aquél dependen más bien de sus antecedentes españoles. De manera semejante, existen algunas



diferencias fundamentales entre las leyes islámicas y las anglosajonas. Además, las condiciones socioeconómicas son asimismo tremendamente diferentes. Así, la transferencia directa de la experiencia de un grupo de países a otro sería realista únicamente si se hiciera de forma sensible y con las modificaciones apropiadas que la adecuarían a las condiciones técnicas, sociales y jurídicas prevalecientes en los países receptores. Una ciega aceptación y transferencia de conocimiento y de prácticas provenientes de las naciones desarrolladas a menudo puede resultar una práctica muy costosa e, incluso, contraproducente puesto que es posible que creen más problemas que los que resuelven. El mundo está repleto de casos en que la transferencia directa de conocimiento y experiencia del norte al sur ha probado ser un proceso muy complejo y costoso, no solamente en relación al tema del agua, sino también en muchos otros campos. Las intenciones manifestadas a menudo fueron honorables, aun cuando los resultados posteriores quizá no hayan sido tan satisfactorios.

Un buen ejemplo de esto es el manejo de la calidad del agua. Una de las principales razones del por qué el manejo de la calidad del agua es algo pobre en los países en vías de desarrollo es que las redes de monitoreo, las normas de calidad y las prácticas de diseño se basan frecuente y directamente en las normas de Estados Unidos, de Canadá o de Francia, que no constituyen necesariamente la solución más práctica que pudiera implementarse en los países en vías de desarrollo debido a una gama de estreñimientos interrelacionados. La transferencia directa de las normas y de los procedimientos legales occidentales relacionados con el manejo de la calidad del agua a los países en vías de desarrollo no ha funcionado en el pasado y es poco probable que funcione en el futuro, debido a las inherentes diferencias económicas, institucionales, técnicas, climáticas y culturales. A menudo, si bien no muy sorprendentemente, los expertos occidentales proponen soluciones que funcionan en sus propios países y con las cuales están familiarizados. Además, la mayoría de esos expertos cuenta sólo con un conocimiento limitado de las condiciones y limitaciones que prevalecen en los países en vías de desarrollo, entre las cuales existen diferencias también en cuanto al conocimiento y experiencia disponibles y al potencial de desarrollo. Se debe notar y entender muy claramente que aquello que funciona en Estados Unidos quizá no funcione en México o en Brasil debido a una gama de razones válidas. Además, aquello que funciona en Brasil quizá no funcione en El Salvador. No nos debe de sorprender tampoco que, cuando las soluciones no funcionan tan eficientemente, los expertos y las instituciones externas involucradas frecuentemente echan la culpa a los países en vías de desarrollo por no operar o mantener los sistemas adecuadamente; cuando en primer lugar las soluciones propuestas fueron inapropiadas. Por eso, en numerosos casos los expertos extranjeros han resultado ser parte del problema en vez de parte de la solución.

De muchas maneras los legisladores y planeadores de los países en vías de desarrollo deben aceptar parte de la responsabilidad. No son desconocidos los casos en que han aceptado las recomendaciones de un profesional extranjero de segunda o tercera clase en vez de las de un experto nacional de primera quien, además, cuenta con la ventaja adicional de conocer las condiciones y las instituciones nacionales mucho mejor que cualquier extranjero. De cierta manera esto es un racismo al revés que la mayoría de los practicantes ni siquiera reconoce o aprecia.

No obstante, esto no quiere decir que no hay necesidad de buenos expertos extranjeros. Al contrario, puede haber muchas áreas en que la asistencia de expertos extranjeros conocedores sería muy benéfica y, por lo tanto, invaluable. Se debe poner el énfasis en la selección de los profesionales más adecuados, quienes además no sólo sean expertos en las áreas técnicas apropiadas sino también estén plenamente familiarizados con las condiciones que prevalecen en los países involucrados. Es sólo cuando se cumplan estas dos condiciones (el conocimiento técnico y la experiencia con el país) que los expertos extranjeros puedan recomendar soluciones implementables y efectivas en relación al costo. Sin embargo es bastante común encontrar que el conocimiento y la aptitud de los expertos extranjeros no corresponden a los tipos y las complejidades de los problemas que deben resolverse, y/o que su conocimiento de las condiciones nacionales prevalecientes deja mucho que desear. Un buen experto puede hacer una tremenda diferencia pero, de la misma manera, un experto mediocre o pobre podría dejar una herencia que el país seguirá pagando mucho después de que se haya ido.

En vez de depender de los expertos extranjeros para soluciones mágicas, los países en vías de desarrollo necesitan prestar significativamente más atención a la formación de sus propios profesionales de tal manera que se puedan formular soluciones apropiadas y luego implementarlas con base en sus propias ventajas y debilidades económicas, técnicas e institucionales. Dicho proceso no sería sólo económicamente eficiente, sino a la vez podría asegurar la continuidad; cosa que los expertos extranjeros no pueden hacer. Aquí la filosofía de Voltaire de que "lo mejor es el enemigo de lo bueno" es una buena máxima a seguir, especialmente cuando la "mejor" solución no puede implementarse por una variedad de razones, mientras que la solución "buena" pudiera ser la proposición más factible e implementable.

Así, la transferencia sur-sur de conocimiento, experiencia y tecnología debe recibir significativamente más énfasis que ha sido el caso hasta ahora. Esto es especialmente relevante para la región de Latinoamérica debido a las semejanzas lingüísticas, culturales, legales y económicas entre sus países. Independientemente de la retórica, esta región ha sido básicamente ignorada en el pasado, pero deberá recibir una nueva atención y prioridad en la década que se aproxima.

Los profesionales del agua y los legisladores deben, entonces, cambiar su orientación y prestar un mayor énfasis a aprender de los rápidos avances que se están logrando respecto de muchas facetas del manejo del agua en ciertos países del sur, especialmente durante la última década o dos. Además, las semejanzas en cuanto a las condiciones climáticas, económicas, sociales y ambientales a menudo significan que la transferencia de experiencia sur-sur entre un grupo homogéneo de países en vías de desarrollo bien podría dar mejores resultados en periodos de tiempo más cortos y de manera económicamente más eficiente, que la dependencia existente y casi exclusiva en el proceso de la transferencia de conocimiento norte-sur.

#### COMENTARIOS FINALES

Con base en la reseña presentada arriba, queda claro que es probable que la profesión del manejo del agua enfrente un problema durante las primeras décadas del siglo XXI, la magnitud y la complejidad del cual ninguna generación anterior jamás haya tenido que enfrentar.

En este preludio al siglo XXI, la profesión del agua cuenta realmente con dos opciones: seguir adelante como hasta ahora con una actitud de que "todo está normal" que contribuye principalmente a sólo cambios incrementales, tal y como se ha visto en el pasado y que heredaría a nuestras generaciones futuras una herencia de procesos de manejo de agua subóptimos; o seguir decididamente con un esfuerzo acelerado a fin de planear, manejar y usar los limitados recursos hídricos del mundo de manera sustentable y equitativa.

Todos los principales problemas que el mundo enfrenta están interrelacionados y la dinámica del futuro será determinada no por un solo problema, sino por las interacciones entre una multitud de asuntos. Un incremento en la población significa la necesidad de más alimentos, energía y otras materias primas. Aumentar el abastecimiento de alimentos y energéticos hace necesario un manejo sustentable del agua. Los requerimientos comunes en todas las respuestas prácticas a la solución de estos grandes problemas deben incluir una mayor inversión, más tecnología y más conocimiento experto, así como una intensificación de la cooperación. Las interrelaciones son de carácter global y, por lo tanto, pueden mejor comprender y resolverse en un marco también global. Si bien ese marco pudiera ser global, en su interior debe existir una amplia variedad de respuestas integradas regionales, nacionales y locales. Dentro de este contexto general los legisladores, los profesionales involucrados y la sociedad en sí deben realizar un intento decidido para resolver los problemas relacionados con el agua que están intensificándose en prácticamente todas las regiones del mundo. Sin tal iniciativa concertada es probable que los problemas se intensifiquen aún más en cuanto a su magnitud, complejidad y distribución en el espacio. Si no podemos ser los vencedores de esos problemas, nos convertiremos con plena seguridad en sus víctimas.

La humanidad tiene una característica en común, ¡nos sobreviviremos o nos pereceremos juntos, norte y sur, este y oeste! De ignorar este saludable exhorto sólo nos recordará la advertencia de Guillermo Shakespeare en el sentido de que: "los hombres a veces son los amos de sus destinos. La culpa, queridos amigos, no está en las estrellas sino en nosotros mismos que somos subalternos".

#### BIBLIOGRAFÍA

- BISWAS, Asit K., N. V. CORDEIRO, B. P. BRAGA y Cecilia TORTAJADA, 1998, *Management of Major Latin American River Basins; Amazon, Plata and Sao Francisco*, Tokio, United Nations University Press, 1998.
- BOS, E., M. T. VU, E. MASSIAH y R. A. BULATO, *World Population Projections: Estimates and Projections with Related Demographic Statistics*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1994.

## DE LA HIDROPOLÍTICA A LA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA

Patricia Ávila<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vulnerable: su uso y manejo no sustentable contribuye al deterioro de su calidad y cantidad; y si bien es finito, no es escaso en sí mismo. La escasez no es una propiedad intrínseca del agua, sino que es una construcción social donde se perciben restricciones en el aprovechamiento.

Además, al ser un elemento vital, el agua es el recurso natural más valioso del planeta: el funcionamiento de los ecosistemas y la vida misma dependen del ciclo hidrológico; igualmente el crecimiento de los centros poblacionales y el desarrollo de la agricultura y otras actividades productivas están en función de la disponibilidad y calidad del recurso. Por lo que es un recurso estratégico, cuyo acceso y control es fuente de poder y conflictos sociales.

Bajo este marco es que nos interesa construir una definición y tipología de los conflictos por el agua; además se busca documentar ejemplos de situaciones críticas en algunos países de América y la manera en que se han resuelto o agudizado las tensiones sociales.

### HACIA UNA DEFINICIÓN DE CONFLICTO POR EL AGUA Y UNA TIPOLOGÍA PARA SU ANÁLISIS

Como una forma de acercarnos a la comprensión de la conflictividad por los recursos hídricos partiremos de la siguiente noción. Los conflictos por el agua son aquellas tensiones sociales que surgen entre dos o más actores por: a) el control de un recurso escaso; b) el acceso y distribución desigual; c) el cambio de valores y percepciones sobre su escasez y contaminación; y d) la incompatibilidad de intereses ante la ausencia o cambios en la política y formas de gestión (Ávila, 2001).

Como el agua es además un recurso político, su control implica el ejercicio de poder y dominio en un campo político donde participan diferentes actores. Por lo que requiere estudiarse desde una óptica política, ya que están en juego objetivos públicos e intereses divergentes (Gelles, 2000; Ávila, 2001).

1. Profesora Investigadora del Centro de Estudios Rurales de El Colegio de Michoacán en Zamora.

La hidropolítica es un concepto útil para la mejor comprensión de los conflictos por el agua. Según Gleick (1994) proviene fundamentalmente de la geopolítica, que se refiere al papel de los recursos naturales como objetivo de acción militar cuando juegan un factor definitorio del poder de una nación. Y si bien en los temas de seguridad internacional, el centro de atención ha sido los recursos no renovables como el petróleo, el agua también puede serlo en la medida en que es una fuente de poder económico o político. Entre los factores que hacen del agua un factor probable de rivalidad estratégica son: a) la magnitud de la escasez de agua; b) la compartición del agua entre regiones o países; c) el poder relativo de las naciones involucradas; y d) las limitaciones en el acceso a fuentes alternativas de abastecimiento.

Maury (2002) define la hidropolítica como el conjunto de situaciones críticas que surgen por la falta de una política del agua, o muchas veces, por un cambio de ésta. Ello conlleva al desarrollo de conflictos y tensiones por el uso, control y distribución del recurso, así como por el deterioro en su calidad y cantidad. Pero aclara que no debe confundirse la hidropolítica con la política del agua, ya que ésta última se refiere al quehacer del Estado en materia de agua (desde legislaciones hasta proyectos de desarrollo).

Al hablar de los conflictos por el agua es necesario tener un referente espacial, ya que cada nivel de análisis conlleva al estudio de actores, relaciones y procesos sociales y políticos diferentes. Es decir, no es lo mismo hablar de los conflictos internacionales por el agua entre países que comparten una misma cuenca hidrológica, que los conflictos locales que se suscitan en los barrios pobres de las ciudades latinoamericanas.

En términos analíticos, los conflictos por el agua en América pueden estudiarse a partir de sus objetivos:

- a) Los conflictos por el control de un recurso escaso.- son aquellos que se relacionan con las disputas por el poder entre actores sociales, donde el agua es un medio para alcanzar sus objetivos políticos. Aquí es donde entra en juego, la hidropolítica, es decir, el uso del agua como un recurso político (Elhance, 1999).
- b) Los conflictos por acceso y distribución del agua.- son aquellos asociados con las disputas por el aprovechamiento del agua y dotación de infraestructura para diferentes fines (urbanos, productivos, recreativos). Estos pueden manifestarse a nivel de usuarios: agricultores, ganaderos, industriales, población urbana y rural; y entre países y regiones por la repartición de las aguas.
- c) Los conflictos por la contaminación del agua.- son aquellos que se relacionan con las tensiones que surgen por la reducción de la calidad de agua. Es decir, se perciben los efectos negativos de la contaminación en las condiciones sanitarias de la población; en la producción agropecuaria y pesquera; y en los ecosistemas acuáticos y costeros.
- d) Los conflictos por la gestión del agua.- son aquellos que tienen que ver con la forma en que se controla, opera y administra el agua; y con las regulaciones, normas y costos referentes a su aprovechamiento. Estos se reflejan a través de las oposiciones de actores por el aumento de tarifas, la privatización del servicio de agua, la transferencia de distritos de riego, etcétera.
- e) Los conflictos por proyectos de desarrollo hidráulico.- son aquellos que tienen que ver con la incompatibilidad de intereses ante la aplicación de una política pública, como la construcción de una presa, la creación de un área de riego, el trasvase de agua, etcétera.

Con el fin de documentar tales conflictos, se tienen ejemplos en varios países en América: el conflicto por la construcción de la presa Itaipú entre Brasil, Paraguay y Argentina (tipo a y d); el conflicto por la distribución del agua del río Bravo entre México y Estados Unidos de América (tipo a y b); el conflicto por la privatización del servicio de agua en la ciudad de Cochabamba, Bolivia (tipo d); y el conflicto por la contaminación del agua en el distrito de riego Morelia-Queréndaro, México (tipo c).

#### EL CONFLICTO POR LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA ITAIPÚ ENTRE BRASIL-PARAGUAY-ARGENTINA<sup>2</sup>

La cuenca hidrológica del río Paraná-La Plata es una de las más complejas de América, ya que está integrada por una red de ríos y tributarios que nacen y atraviesan cinco países: Bolivia (en la parte alta de la cuenca, dando origen al río Picomayo tributario del Paraná), Brasil (en la parte alta de los ríos Paraná y Paraguay), Paraguay (en la parte media de los ríos Paraná y Paraguay), Argentina (en la parte baja del río Paraná, pero con varios tributarios) y Uruguay (en la confluencia del río Uruguay con el río Paraná-La Plata). La delimitación político-administrativa de estos países está dada por los ríos que los atraviesan: por ejemplo, Paraguay comparte límites con Brasil a través de los ríos Paraguay y Paraná; y con Argentina por medio de los ríos Picomayo y Paraná.

A lo largo de la historia de estos países ha habido disputas por los límites territoriales; su origen data desde la época colonial. Sin embargo, desde finales del siglo XIX y principios del XX se firmaron acuerdos para respetar sus fronteras. Particularmente destaca el caso del conflicto de límites entre Paraguay y Brasil, en un tramo del río Paraná.

Frente a los retos de la industrialización y urbanización de Brasil, en los años cincuenta comenzó a vislumbrarse la posibilidad de desarrollar un proyecto hidroeléctrico de gran envergadura. El lugar elegido fue justamente la zona de conflicto con Paraguay, donde pasa el río Paraná. Como era de esperarse hubo oposición de Paraguay no sólo porque exacerbaba un viejo conflicto de límites sino porque implicaba participar en la inversión de una obra cuyo principal beneficiario sería Brasil.

Las tensiones entre ambos países llegaron a su máximo en el año de 1962 con la intervención armada de Brasil en el área de disputa; con tal acción, mostró su poderío y hegemonía política en el Cono Sur. Cinco años después, Brasil se retiró del área de conflicto y Paraguay accedió participar en el desarrollo de la región. Las negociaciones continuaron y en 1973 ambos países firmaron el Tratado de Itaipú, que significó el inicio del proyecto hidroeléctrico más ambicioso del mundo: "Ambas partes contratantes convienen en realizar, en común y de acuerdo con lo previsto en el presente tratado y sus anexos, el aprovechamiento hidroeléctrico de los recursos hídricos del río Paraná, compartidos por los dos países, desde Salta Grande de Sete Quedas o Salto de Guairá hasta Foz del río Iguazú" (Artículo Primero, Tratado de Itaipú, 26 abril de 1973).

Las relaciones entre ambos países mejoraron con la firma del Tratado, ya que la parte en disputa quedaría inundada por la presa que allí se construiría: Brasil solventaría la mayor

2. Basado en Elhance (1999) y Gleick (2002).

parte de la inversión; y Paraguay vendería una parte proporcional de la energía hidroeléctrica producida a Brasil (Elhance, 1999).

Cabe señalar que a pesar de que Argentina compartía con Brasil y Paraguay el río Paraná, por su ubicación geográfica en la cuenca, aguas abajo, la puso en una situación de desventaja e incluso de exclusión en el proyecto de la presa de Itaipú. Una de las razones fue el interés de Brasil por tener una mayor influencia política y económica en Paraguay.

En respuesta, Argentina se opuso a la construcción de la presa con el argumento que las obras tenían un impacto ambiental negativo en la cuenca, además de que reducía sus posibilidades de aprovechamiento hidroeléctrico y navegación (Gleick, 2002). Su propuesta era ser incluida en el proyecto, pero Brasil se rehusó totalmente.

De allí que Argentina optó por hacer su propio proyecto hidroeléctrico con Paraguay, en la parte limítrofe con el río Paraguay, poco antes de unirse con el río Paraná, pero aguas abajo de la presa Itaipú. Para ello firmó el Tratado Yacyreta con Paraguay, en condiciones bastante parecidas a las de Itaipú. Sin embargo, las obras quedaron inconclusas, por problemas de endeudamiento y corrupción del gobierno argentino (Elhance, 1999).

#### EL CONFLICTO POR LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO GRANDE-BRAVO ENTRE MÉXICO Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA<sup>3</sup>

Históricamente en la Frontera Norte, las relaciones entre México y Estados Unidos de América (EUA) se han caracterizado por su asimetría y tensión en lo referente a los límites territoriales y distribución de las aguas internacionales (Sánchez, 1990). Como resultado, en el siglo XIX, México perdió más de la mitad de su territorio; y desde principios del siglo XX aceptó las condiciones impuestas por EUA en cuanto a la distribución del agua de los ríos compartidos (Convención de 1906 sobre la equitativa distribución del agua en el río Bravo y el Tratado de 1944 sobre la distribución de las aguas internacionales de los ríos Bravo, Colorado y Tijuana).

Sin embargo, ante el crecimiento urbano y económico de la franja fronteriza mexicana en las últimas dos décadas, las necesidades de una cantidad y calidad adecuada de agua vinieron en aumento. Las deficiencias de los acuerdos tomados en la primera mitad del siglo veinte se convirtieron en un factor crítico en las relaciones entre ambos países (Brañes, 1991). Entre ellas están las asignaciones desiguales para México del agua del río Grande-Bravo, los problemas de salinidad del río Colorado, la sobreexplotación de acuíferos en ambas cuencas, la contaminación del río Tijuana (Sánchez, 1990).

En particular, el sistema hidráulico del río Grande-Bravo es complejo y problemático: abarca una docena de ríos y arroyos de México y EUA; ocho presas en México: La Amistad, Venustiano Carranza, Falcón, entre otras; y una zona de riego de 233 mil hectáreas en Estados Unidos y poco más de 189 mil hectáreas en México (cinco distritos de riego: Río Florido, Delicias, Bajo río Conchos, Don Martín, Bajo río Bravo).

3. Basado en diversos reportajes y notas de los periódicos *El Norte* de Monterrey y *La Jornada*, así como por la página de Internet de la Coalición río Grande-Bravo, <http://www.rioweb.org>. Véase también Brañes (1991) y Sánchez (1990).

Las tensiones por la distribución de las aguas de ese río se han agudizado en la última década, a raíz de los prolongados periodos de sequía que conllevaron a que México no entregara su parte proporcional de agua a los EUA. De acuerdo al Tratado de 1944, México debería entregar anualmente por lo menos 431 millones de metros cúbicos, en periodos de cinco años; sin embargo, con la sequía de los años noventa fue acumulando un adeudo de 1 936 millones de metros cúbicos. Por su parte, EUA cumplió con sus aportaciones anuales de 1 850 millones de metros cúbicos, y la presión ejercida al gobierno mexicano aumentó.

El argumento de México, a través de la Comisión Nacional del Agua, fue que los escurrimientos (entre los años 1993 y 2002) de los seis ríos y arroyos que abastecen de agua a los Estados Unidos eran casi 71% menores a los que se registró entre 1940 y 1992. Por ejemplo, el volumen promedio entre 1940-1992 fue de 1 681 millones de metros cúbicos, y entre 1993-2001 de 492 millones. La propuesta de México fue diferir el adeudo acumulado hasta el año 2002, en un periodo de cinco años, con pagos anuales de 685 millones de metros cúbicos.

La postura de Estados Unidos fue que la sequía también afectaba a los agricultores de Texas y Nuevo México, además de que cuestionaron a México sobre que no tenía agua suficiente para pagar el adeudo. En un informe realizado por la sección estadounidense de la Comisión Internacional de Aguas, aseguraban que en los últimos años no ha existido una baja apreciable en los niveles de precipitación pluvial en la zona del río Bravo que justifique, como pretende México, la reducción en el volumen de agua que el país entrega a su vecino. Allí señalaban que los mismos niveles de lluvia se registraron entre 1982 y 1985, la diferencia fue que en ese entonces México pagó 72% de la asignación mínima, en los términos del Tratado de 1944, mientras que entre 1994 y 1997 sólo pagó 30% de sus obligaciones.

Durante el año 2002, hubo una serie de presiones tanto del lado estadounidense (el bloqueo de los agricultores texanos del Puente Internacional Pharr-Reynosa y las posturas radicales de los miembros del Partido Republicano); como del lado mexicano (las negativas de los agricultores del norte para reducir su volumen de agua para riego frente a la sequía existente; las iniciativas del Congreso de Chihuahua donde exhortó a Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas a unirse para enfrentar las presiones del pago del agua a Estados Unidos). Como resultado, ambos gobiernos realizaron negociaciones para el pago del adeudo, sin modificar el Tratado de 1944.

México se comprometió a cumplir su compromiso de reducir el déficit de entregas de agua a Estados Unidos, sin afectar el abasto a las poblaciones fronterizas y la producción agrícola del lado mexicano. Además, propuso realizar varias medidas para enfrentar la sequía en la región y modernizar la infraestructura hidráulica y agrícola (reducir las pérdidas de infiltración y mejorar prácticas de riego).

Sin embargo, hacia finales del 2002, nuevamente la postura de Estados Unidos se endureció, desconociendo por un lado la existencia de acuerdo alguno con México para el pago diferido de los adeudos, y exigiendo hacerlo de inmediato. En respuesta, el gobierno mexicano entregó el volumen correspondiente para ese año, sin importar que los agricultores



se quedaran sin agua para el riego de sus tierras. Tal medida se hizo de manera unilateral, sin consultar la opinión de los afectados.<sup>4</sup>

Los agricultores del distrito de riego 025 presentaron desde el 2001 una denuncia ante la Comisión Nacional de Derechos Humanos, por las acciones del gobierno mexicano de reducirles a cero su abastecimiento de agua. Ésta emitió en diciembre del 2002 una serie de recomendaciones al gobierno federal<sup>5</sup> con el fin de que promoviera el desarrollo del distrito; deslindara responsabilidades sobre las negligencias realizadas por algunas dependencias federales como la Comisión Nacional del Agua; y evitara que las decisiones sobre asignaciones y distribución del agua se realizaran de forma unilateral por parte de la representación mexicana de la Comisión Internacional de Límites y Aguas.

Lejos de estar resuelto el problema continua, sobre todo porque va más allá de las iniciativas y acuerdos entre ambos gobiernos. México como siempre, ha aceptado todas las condiciones impuestas por el vecino del norte con el fin de no afectar sus relaciones en campos estratégicos como el económico. Sin embargo, no ha mirado los efectos negativos (mayor migración y pobreza) que tiene su política internacional en los actores locales, en este caso, los agricultores de las áreas de riego del norte del país.

#### EL CONFLICTO POR LA PRIVATIZACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA EN LA CIUDAD DE COCHABAMBA, BOLIVIA<sup>6</sup>

Como resultado de las políticas del Banco Mundial de mejorar la eficiencia económica y eliminar subsidios en la prestación de los servicios públicos, en el decenio de los noventa comenzó a impulsarse el proceso de privatización del agua potable en las ciudades latinoamericanas. El caso de Cochabamba, tercera ciudad más grande de Bolivia, es interesante ya que ejemplifica el conflicto que se desarrolló entre la Sociedad Civil y el Estado por la oposición a la privatización y valoración económica del servicio de agua.

Hacia finales de ese decenio, hubo una iniciativa de privatizar el servicio de agua potable en Cochabamba. Para ello se aprobó una Ley de Agua Potable que no sólo establecía regulaciones para la prestación del servicio de agua sino para la concesión de las fuentes de abastecimiento. Con ello el Estado garantizaba exclusividad al concesionario privado para aprovechar el agua, sin tomar en cuenta los usos y costumbres de las comunidades y organizaciones sociales, las cuales se convertían en usuarios de los servicios del titular de la concesión. Además, establecía una indexación de las tarifas al Índice de Precios al Consumidor (con respecto a EUA) que implicaba una nueva valoración económica del servicio de agua (con lógica

4. Al establecer que la representación legal del distrito de riego 025 cuenta con todos los documentos que prueban las "mentras" en que incurrieron la CNA, la Semarnat y la SRE "para quitarnos la totalidad del suministro de agua", René Enríquez Valenzuela, apoderado legal del mencionado distrito, cuyo líquido se entregó a Estados Unidos para cumplir con el tratado de aguas de 1944, demandó a la administración federal "demostrar que es el gobierno del cambio" y destituir, por "desleales", a Víctor Lichtinger, Jorge Castañeda y Cristóbal Jaime Jáquez de sus cargos (*La Jornada*, "Denuncian negligencia y desorden en el manejo de la cuenca del río Bravo", 19 diciembre 2002, p 44)

5. Véase *La Jornada*, 16 de diciembre del 2002, "Califica de no equitativa y desigual la determinación federal de entregar el líquido a EU: CNDH"

6. Basado en notas periodísticas por Internet: Gutiérrez (2000) y varios autores (2001).

de mercado). Por otra parte, la Ley permitía regularizar contratos<sup>7</sup> con la empresa “Aguas del Tunari”, subsidiaria de *International Water Limited* de Londres, propiedad de *Bechtel Enterprises Inc.*, de San Francisco, California, y *Edison S.p.A.*, de Milán, Italia.

Con el apoyo de esa Ley, la *Bechtel Corporation* logró la concesión<sup>8</sup> por 40 años para manejar el sistema de agua de Cochabamba, a través de “Aguas del Tunari”. Así se creaba un área de concesión, que afectaba a las comunidades campesinas del Valle de Cochabamba y violentaba las relaciones sociales existentes para aprovechar las fuentes de abastecimiento de agua para uso humano y productivo (riego), así como la infraestructura hidráulica construida por la población. El contrato era muy ventajoso para la empresa, porque se realizaba sin invertir capital. Las inversiones vendrían de los aportes de los actuales usuarios de la red de agua y de los potenciales beneficiarios de la misma, que pagarían por un servicio que todavía no tenían.

Igualmente la empresa proponía incrementar sustantivamente las tarifas de agua, en 35%, al nivel de que familias que subsistían con salarios mínimos de menos de 100 dólares al mes, tendrían facturas por más del 20 por ciento de sus ingresos mensuales. Además pretendía prohibir el abastecimiento alternativo de agua –como pozos y norias– y obligaba a los usuarios a cubrir una cuota correspondiente.<sup>9</sup>

Frente a ello, los campesinos y agricultores del Valle buscaron alianzas con otros actores (sindicatos, diputados, transportistas, colegios de profesionistas, colonos) para formar la Coordinadora de Defensa del Agua. Sin embargo, el mayor apoyo lo recibieron de los pobres urbanos y obreros despedidos, quienes junto con los campesinos, organizaron una serie de movilizaciones, bloqueos y marchas tanto en el Valle como en la ciudad de Cochabamba. Su demanda central fue: no al contrato de concesión del agua cochabambina a la empresa Aguas del Tunari, no a una Ley de Agua Potable que ignoraba los derechos, esfuerzos, usos y costumbres de la población.

Tales medidas provocaron protestas masivas durante cuatro días, que el gobierno boliviano reprimió con la declaración de un Estado de Sitio y el despliegue de miles de tropas especiales que lanzaron gases lacrimógenos a la población civil. Esto en vez de apaciguar los ánimos, suscitó nuevos focos de conflicto. La policía que reclamaba un aumento de sueldos se amotinó y los campesinos del altiplano radicalizaron sus medidas de presión, incrementando los bloqueos de las carreteras. Más de 100 personas resultaron heridas, el gobierno apresó a los dirigentes de la movilización y un joven de 17 años fue muerto.

7. “El concesionario tiene los siguientes derechos y obligaciones, con carácter EXCLUSIVO para el concesionario: transporte, almacenamiento, distribución y comercialización del agua potable desde las plantas de tratamiento o de los POZOS de agua hasta los usuarios en el área de concesión”. (Contrato de concesión con Aguas del Tunari, título II).
8. Art.29. “... ninguna persona natural o jurídica de carácter público o privado, asociación civil, con o sin fines de lucro, sociedad anónima, COOPERATIVA municipal o de cualquier naturaleza, puede prestar servicios de Agua Potable o servicios de alcantarillado sanitario en zonas concesibles...” (Ley núm. 2029 de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario).
9. Extractos del Contrato de concesión de la gestión del agua potable con Aguas del Tunari. Anexo 5: “... El concesionario tendrá derecho de instalar medidores para cualquier usuario en cualquier momento y de requerir un pago por dicha instalación de parte de los mismos... Seis meses después de la fecha en que se logre suministro de agua que cumpla con las normas de niveles de servicio especificadas... NO SE PERMITIRÁ EL USO DE FUENTES ALTERNATIVAS”. Numeral 1.3: “... Cuando un usuario posee una fuente alternativa de agua (por ejemplo un pozo privado) el concesionario tendrá el derecho de INSTALAR UN MEDIDOR en la fuente alternativa -que costará \$80- A EXPENSAS DEL USUARIO.

A pesar de la represión, la población siguió protestando. Frente a este panorama, el gobierno tuvo que negociar. Todo lo planteado por la Coordinadora fue aceptado:<sup>10</sup> Aguas del Tunari se iría; la Ley de Aguas cambiaría; los presos y confinados serían liberados; y los familiares del muerto y heridos serían indemnizados.

Fue así como en abril del 2000, los gerentes de *Bechtel* en Bolivia abandonaron el proyecto de abastecer a Cochabamba. Sin embargo, *Bechtel* inició acciones legales contra Bolivia en noviembre de 2001, demandando 25 millones de dólares, suma muy por encima de lo que invirtió en los pocos meses de presencia en el país. En respuesta más de 300 grupos de la Sociedad Civil de 41 países del mundo solicitaron, a una corte dependiente del Banco Mundial, que la transnacional *Bechtel Corporation* no actuara impunemente contra uno de los países más pobres de América Latina. No obstante, las medidas tomadas por *Bechtel* fueron una muestra de las tendencias que seguirán los inversionistas extranjeros en su derecho de enjuiciar a gobiernos nacionales directamente sobre leyes o reglamentos que reduzcan sus ganancias.

#### EL CONFLICTO POR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN EL DISTRITO DE RIEGO MORELIA-QUERÉNDARO, MÉXICO<sup>11</sup>

El valle Morelia-Queréndaro se ubica al sur del lago de Cuitzeo en el centro-occidente de México, en un área de escasa pendiente por la que atraviesan los ríos Grande de Morelia y Queréndaro. Forma parte de la cuenca endorréica del lago de Cuitzeo (el segundo más grande de México) y la gran cuenca del río Lerma-Santiago.

Uno de sus principales problemas ambientales es la contaminación del agua: la ciudad de Morelia e industrias aledañas (la productora de celulósicos y papel CRISOBA, entre otras) descargan directamente sus desechos (sin tratamiento) al río Grande. Éste más adelante irriga las tierras agrícolas del valle Morelia-Queréndaro (aproximadamente 20 000 hectáreas) y alimenta con su caudal al lago de Cuitzeo, donde se realizan actividades pesqueras.

Durante los años noventa, los conflictos sociales por la contaminación del agua aumentaron en la región: los campesinos y pescadores realizaron diversas movilizaciones ante el gobierno estatal y federal, en protesta por los problemas ambientales originados por las actividades urbanas e industriales que se realizan en la parte media de la cuenca, así como por las políticas del Estado que no atacaban el problema de fondo, y si afectaban sus intereses al restringir el riego con aguas contaminadas y la pesca en el lago. En un primer momento (1991), el conflicto se presentó entre los líderes del entonces Partido Auténtico de la Revolución Mexicana (PARM) y campesinos del distrito de riego contra la industria papelerá CEPAMISA (hoy CRISOBA); y en un segundo momento (1994-1995) fue entre líderes de la Unión

10. Entre los acuerdos que tuvieron fueron que "todos los pozos, infraestructura de riego y fuentes de agua (aguas subterráneas, lagunas, ríos-tajamares, vertientes); quedan fuera de la intervención de Aguas del Tunari y somos nosotros quienes seguiremos utilizando y decidiendo sobre el Agua según nuestros usos y costumbres" (Comunicado núm. 6 de la Coordinadora Departamental de Defensa del Agua y de la Vida).

11. Véase Ávila (2001b).

Campesina Democrática (UCD) y campesinos contra la Comisión Nacional de Agua (CNA) y el Ayuntamiento de Morelia.

A manera de ejemplo, documentaremos el conflicto de 1991, el cual surgió en un momento donde el gobierno federal introducía una política de regulación ambiental en varias industrias del país. Situación que generó tensiones con los industriales, debido a las clausuras temporales y definitivas que realizaba, como el cierre de la refinería de Atzacapotzalco y de varias industrias en la zona metropolitana de la ciudad de México.

En los primeros meses de ese año, los campesinos del distrito de riego Morelia-Queréndaro junto con los líderes del PARM (entonces diputados locales que fungían como presidente y secretario de la Comisión de Ecología del Congreso de Michoacán, respectivamente) realizaron solicitudes y gestiones ante el gobierno del estado para que los apoyara en la solución de la contaminación del agua. La respuesta fue que había interés por parte del gobierno federal para construir una planta de tratamiento en la ciudad de Morelia y sólo había que esperar unos meses para que le liberaran los recursos económicos al ayuntamiento.

Como una medida de presión se organizó una toma de 24 horas a la industria papelera CEPAMISA —que era visualizada como el principal foco de contaminación— donde participaron más de 500 personas entre ejidatarios, pescadores, mujeres y niños. Todos llegaron muy temprano a las instalaciones de la industria y cerraron las puertas para impedir que siguiera funcionando: no dejaban pasar a los empleados y camiones de carga (astilla) y sólo permitieron salir a los que estaban en las instalaciones. Las mujeres fueron las más aguerridas y bravas: se apostaron en la entrada principal, y un grupo de campesinos tapó (simbólicamente) la tubería donde se descargaban las aguas contaminadas de CEPAMISA al río Grande de Morelia (cerca de 500 litros por segundo).

Días después de la movilización, la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) clausuró la industria papelera. Su argumento fue que no cumplía con los límites máximos permisibles en sus condiciones generales de descarga (pH, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, y grasas y aceites) y particulares de descarga fijadas desde 1983 (temperatura, color, sólidos disueltos, alcalinidad y relación de adsorción de sodio RAS).

Además se estableció un convenio entre directivos de la industria con los líderes del PARM y los campesinos del distrito de riego. Los representantes del gobierno federal, estatal y municipal estuvieron como testigos y mediadores del conflicto. En el convenio, los campesinos exigían el cumplimiento de cinco puntos:

- Pago, por parte de CEPAMISA, de un estudio de impacto ambiental.
- No pagar por cinco años la cuota del agua de riego en el Valle Morelia-Queréndaro como indemnización a los campesinos.
- La construcción de plantas de tratamiento de agua en la región con la participación de los tres niveles de gobierno y las industrias contaminantes.
- Pago, por parte de CEPAMISA, del agua que consumía del manantial de La Minzita al Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Morelia (SAPA).

La participación de los campesinos en la toma de CEPAMISA facilitó la intervención del gobierno federal. Es decir, SEDUE tuvo elementos políticos y legales para justificar el

cierre temporal de la empresa: por un lado, la presión social de los campesinos y, por otro, la violación de las regulaciones ambientales. Con ello pudo presionar a la industria para que asumiera nuevos compromisos en materia ambiental en el corto y mediano plazos mediante la introducción de tecnologías "más limpias".

Los conflictos y divisiones internas en el PARM, así como la cooptación de sus líderes condujeron al abandono de la lucha por el agua de los campesinos. La desmovilización fue tan rápida (menos de seis meses) que cuando se presentaron públicamente los resultados del estudio de impacto ambiental, los campesinos ya no tenían representación. Además de que el estudio nunca llegó a sus manos ni los invitaron al evento oficial.

Los apoyos federales para la construcción de la planta de tratamiento de Morelia nunca llegaron. SEDUE (y luego la Procuraduría de Protección Ambiental) dejaron de presionar para que CEPAMISA cumpliera con la normatividad ambiental. La Comisión Nacional de Agua no dio celeridad a la resolución del conflicto legal que tenía CEPAMISA con el ayuntamiento de Morelia por el manantial de La Mintzita. Así se entró en una etapa de mayor tolerancia hacia la industria, quien amenazó con cerrar y despedir a sus 500 empleados, en caso de que continuaran las presiones ambientales y se le retirara el suministro de agua.

Fue así como hasta mediados de 1993 no hubo protestas públicas ni tomas de CEPAMISA o plantones de los campesinos del distrito de riego ante Palacio de Gobierno. Era una paz aparente ya que el problema de la contaminación continuaba.

Durante 1994 el conflicto resurgió en un contexto de cambio en las políticas del Estado en materia de agua y partió de una experiencia mínima de organización de los campesinos (la lucha por las inundaciones de las tierras de cultivo encabezada por líderes de la UCD). Éstos percibieron el problema de la contaminación no sólo como un asunto que tiene que ver con el tratamiento del agua, sino con la rehabilitación y mantenimiento del distrito. Sus métodos de lucha fueron más amplios y trataron de buscar alianzas para tener una posición de fuerza mayor.

Su estrategia de oposición y enfrentamiento con el gobierno, generó rupturas y separaciones entre los campesinos y pescadores que participaron en el conflicto. Además de que se mezclaron los objetivos de trabajo organizativo de la UCD con la lucha electoral y el partidismo político.

La crisis económica de 1995 constituyó el principal factor de desmovilización. Los métodos tradicionales de lucha de los campesinos perdieron efectividad como medidas de presión social (los plantones y tomas públicas). El Estado argumentó que no contaba con recursos económicos para realizar las obras que demandaban; por lo que la solución al conflicto se fue aplazando. Como resultado, los campesinos y pescadores dejaron de participar en la esfera de lo público.

A manera de reflexión final podemos decir que el carácter de las movilizaciones sociales en el distrito de riego fueron más allá de la demanda de protección ambiental, es decir, se planteó una cuestión de supervivencia para miles de familias de agricultores (10 000) y pescadores (5 000) cuya economía dependía de las aguas del río Grande y el lago de Cuitzeo, y que era afectada por la contaminación. Sin embargo, hasta la fecha poco se ha avanzado: los intereses de la industria y de los sectores urbanos de Morelia han dominado sobre los de los

campesinos y pescadores; y por consiguiente éstos han pagado los costos ambientales de un modelo de desarrollo urbano-industrial no sustentable.

#### HIDROSOLIDARIDAD Y GESTIÓN SUSTENTABLE DEL AGUA

Como una forma de reflexionar sobre el manejo y resolución de los conflictos por el agua, desde una perspectiva de sustentabilidad, es importante considerar los siguientes puntos:

##### *La cooperación y solidaridad como elementos básicos en la gestión sustentable del agua*

Más allá de los conflictos, el agua ha sido un elemento que ha contribuido a la cooperación y solidaridad a nivel local, regional e incluso internacional. A lo largo de la historia hay ejemplos de culturas que basaron su desarrollo a partir del aprovechamiento de sus recursos hídricos (Egipto, Mesopotamia, Mesoamérica). Ello implicó el desarrollo de sociedades complejas, con regulaciones sociales e instituciones encargadas de la gestión del agua; las cuales a su vez se apoyaron en un Estado que actuó como mediador y regulador de los conflictos.

De igual manera, en la época contemporánea existen casos exitosos de gestión y cooperación de países en cuencas internacionales, como la recuperación de la calidad del agua en el río Rhín; así como experiencias de gestión social en zonas urbanas y rurales, donde el agua es un bien colectivo que tiene un valor social y cultural. En este sentido, el agua ha sido y es una fuente de paz y cooperación, y no sólo de guerras y disputas. Cuestión que a nivel de foros internacionales, ha sido llamada "hidrosolidaridad" (Turton, 2001).

Aquí cabe señalar el caso del conflicto entre Brasil y Paraguay, que si bien en un inicio hubo intervención armada, con el tiempo se lograron construir acuerdos que resultaron beneficiosos para ambos países.

##### *La construcción de acuerdos y consensos a partir de una lógica de equidad en el acceso y uso del agua*

La base para una política de manejo sustentable de los recursos hídricos es la construcción de acuerdos y consensos entre los diferentes actores, que se apoye en una lógica de equidad en el acceso y uso del agua, así como en una mayor participación social en la toma de decisiones. Por ejemplo, en regiones indígenas como la Meseta Purépecha, la Asamblea Comunal ha jugado un papel determinante en la toma de decisiones sobre el uso y destino del agua, así como en la resolución de los conflictos y la aplicación de sanciones a aquellos que violan los acuerdos colectivos (Ávila, 1996).

Recientemente ha habido intentos –no tan exitosos– de gestión del agua por cuencas hidrológicas, donde el gobierno federal –a través de la Comisión Nacional del Agua– ha creado los Consejos de Cuenca. Éstos –según la Ley de Aguas Nacionales– son instancias de la sociedad que buscan prevenir y manejar los conflictos por el agua, así como construir consensos sobre el uso y aprovechamiento de los recursos hídricos y su saneamiento. Aquí el punto crítico es quiénes conforman los consejos (métodos de elección y legitimidad), qué

relaciones sociales se reproducen (clientelismo, mercantiles) y hasta qué punto el Estado está dispuesto a incluir las propuestas allí generadas en sus políticas y programas.

En este sentido, los conflictos en la cuenca del río Bravo entre México y Estados Unidos están relacionados con una relación de inequidad, poder y dominio, que impide llegar a la construcción de acuerdos y consensos entre los actores involucrados. Y particularmente destaca la postura subordinada de México, al actuar en función de los dictados del vecino del norte y no de los intereses de los actores locales (los agricultores de Chihuahua, Tamaulipas, etc.). Como resultado, el conflicto tiende a alargarse y a tornarse más complejo.

#### *Compatibilizando intereses e incorporando una visión de largo plazo en la gestión del agua*

Otro aspecto sustantivo es la compatibilidad de intereses entre los actores que se ubican aguas arriba y abajo de una cuenca con el fin de que no se afecte el acceso, uso y manejo del recurso (como ocurre por ejemplo en el distrito de riego Morelia-Queréndaro, donde no hay regulación alguna). Es decir, la cuenca debe ser manejada de forma integral y con una visión de largo plazo como un medio para garantizar la conservación del recurso, en términos de calidad y cantidad. De allí que se requiere adoptar una nueva racionalidad y cultura en torno al agua.

Al respecto han surgido varias iniciativas en Foros Mundiales (Dublín, Estocolmo, Río de Janeiro) sobre la importancia de concebir al agua como un recurso finito y vulnerable, que requiere manejarse por cuenca hidrológica y con criterios sociales, económicos y ambientales. De igual manera en México, el gobierno federal a través de la Comisión Nacional del Agua ha emprendido un programa de cultura del agua, que busca mejorar la eficiencia y racionalidad en el uso de este recurso.

#### *La valoración del agua en su dimensión sociocultural y ambiental*

Un aspecto que aún se encuentra en discusión es el tema de la valoración económica *versus* valoración social y cultural del agua. Sobre ello, hay posturas que señalan que el deterioro de los recursos hídricos está asociado con su falta de valoración económica, ya que históricamente ha sido considerado un bien libre y gratuito. De allí que proponen asignarle un valor y precio en el mercado, que permita hacer efectivos criterios como el de "quien contamina paga" y liberar así la venta de los derechos por el agua (sobre todo de riego). Tal postura es respaldada por organismos internacionales como el Banco Mundial, quienes promueven la privatización de los servicios de agua potable y saneamiento, así como la transferencia a los usuarios de los distritos de riego.

Por otra parte está la postura de quienes señalan que el agua es un bien común, cuyo acceso debe ser libre y gratuito. De allí que han planteado la necesidad de que el acceso al agua sea considerado un derecho humano a nivel internacional.

Sin embargo, más allá de esta discusión se tienen diversas experiencias en países latinoamericanos que muestran las resistencias locales ante la privatización de los servicios de agua potable como ocurrió en Cochabamba, Bolivia y Tucumán, Argentina en los años noventa. De igual manera, hay casos exitosos de gestión social del agua como una alterna-

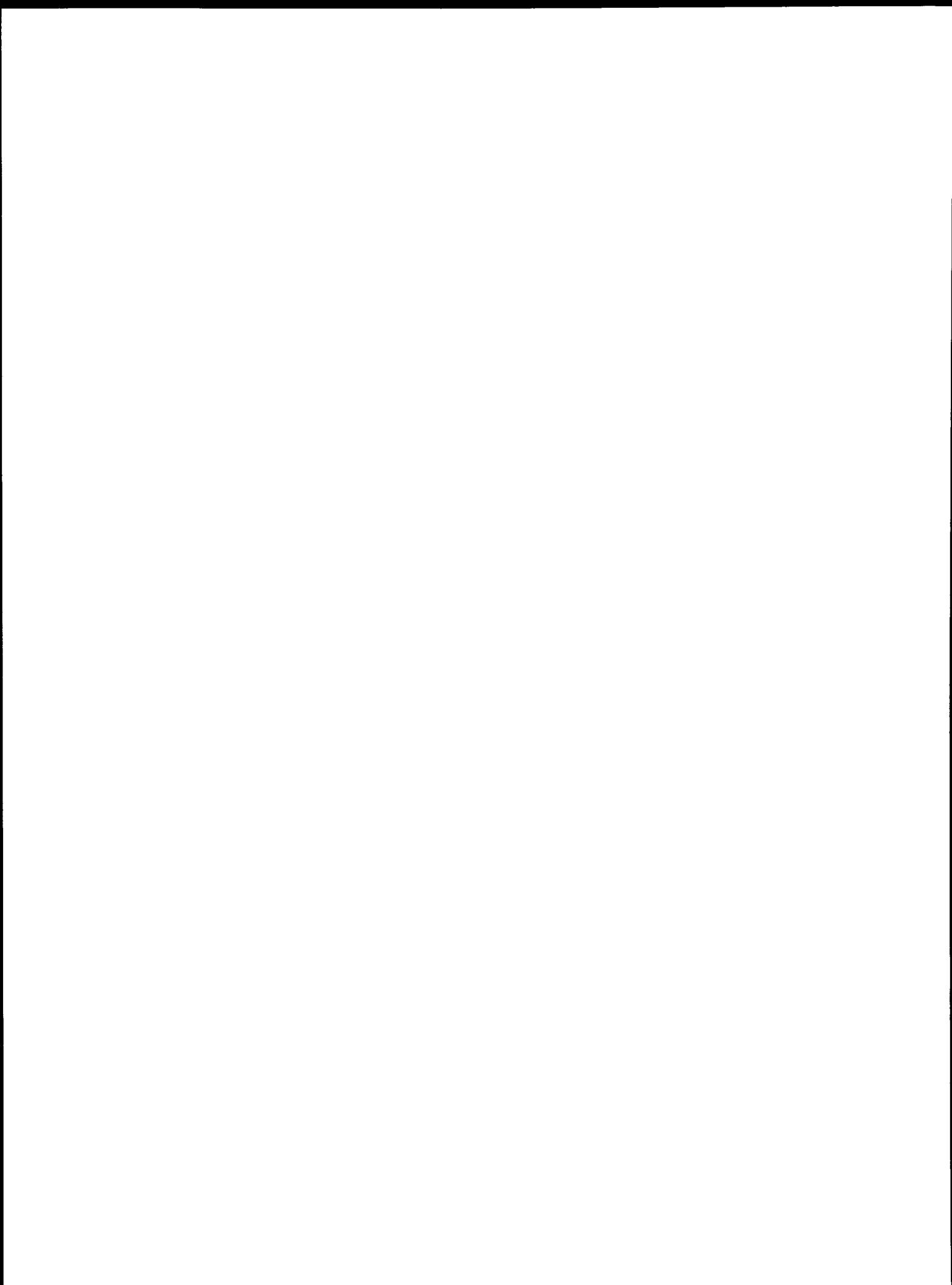
tiva al modelo de privatización de los servicios urbanos (caso de las colonias populares de la ciudad de Morelia).<sup>12</sup>

#### BIBLIOGRAFÍA

- ÁVILA, Patricia, *Escasez de agua en una región indígena de Michoacán*, Zamora, El Colegio de Michoacán, 1996.
- *Urbanización popular y conflictos por el agua*, tesis de doctorado, México, CIESAS, 2001a.
- “Agua, conflicto y deterioro ambiental en Morelia”, en David Barkin, *Innovaciones mexicanas en el manejo del agua*, México, Centro de Ecología y Desarrollo/ Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, 2001b.
- BRAÑES, Raúl, “Aspectos jurídicos del manejo de las aguas superficiales compartidas por México y Estados Unidos en José Luis, Trava, Jesús Román y Francisco Bernal”, en *Manejo ambientalmente adecuado del agua*, México, El Colegio de la Frontera Norte, 1991.
- ELHANCE, Arun, *Hydropolitics in the 3rd World: conflict and cooperation in international river basins*, Washington, United Status Institute of Peace Press, 1999.
- GLEICK, Peter, *The world's water: the biennial report on freshwater resources 2002-2003*, Washington, Island Press, 2002.
- GUTIÉRREZ, Raquel, “Cochabamba: la lucha por el agua, enero 2000”, en [http://www.americas.org/country/Bolivia/cochabamba\\_la\\_lucha\\_por\\_el\\_agua.htm](http://www.americas.org/country/Bolivia/cochabamba_la_lucha_por_el_agua.htm), 2000.
- MAURI, René, “Hidropolítica y conflictos por el agua en el Mediterráneo: el caso del Medio Oriente”, en Patricia Ávila (ed.), *Agua, cultura y sociedad en México*, Zamora, El Colegio de Michoacán, 2002.
- SÁNCHEZ, Roberto, *El medio ambiente como fuente de conflicto en la relación binacional México y Estados Unidos*, México, El Colegio de la Frontera Norte, 1990.
- TURTON, Anthony, “Towards hydrolidarity: moving from resource capture to cooperation and alliances”, en SIWI Seminar, *Water security for cities, food and environment –towards catchment hydrosolidarity*, report 13, Estocolmo, 2001.
- VARIOS AUTORES, “La guerra del agua se traslada a Washington”, en <http://www.rebellion.org/ecologia/agua070902.htm>, 2001.

12. Véase Ávila (2001a).





## ESCASEZ DE AGUA Y VULNERABILIDAD: MÉXICO DESDE UNA PERSPECTIVA GLOBAL

Olli Varis<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN: DETESTO USAR LOS PROMEDIOS, PERO...

En el mundo hay más de 200 naciones, las cuales tienen una diversidad de situaciones en cuanto a los problemas del agua, el medio ambiente y el desarrollo. Estas tres entidades multifacéticas pueden ser medidas a través de una gran cantidad de indicadores, pero ninguno de ellos, por sí solos, reflejan claramente la situación específica en alguna región geográfica.

No obstante, para propósitos del presente ensayo estudiaré algunos indicadores relacionados con el agua, el medio ambiente y el desarrollo, con el fin de comparar la situación de México respecto al resto del mundo, así como las regiones más críticas en el planeta.

Ninguna de las más de 200 naciones del mundo puede considerarse como representativa de todas las demás; y ninguna puede representar al mundo entero en escala miniatura. No obstante, si nos apoyamos en los indicadores de desarrollo comúnmente empleados, encontramos que algunos países se acercan más que otros al promedio de toda la humanidad. México pertenece a ese grupo de naciones.

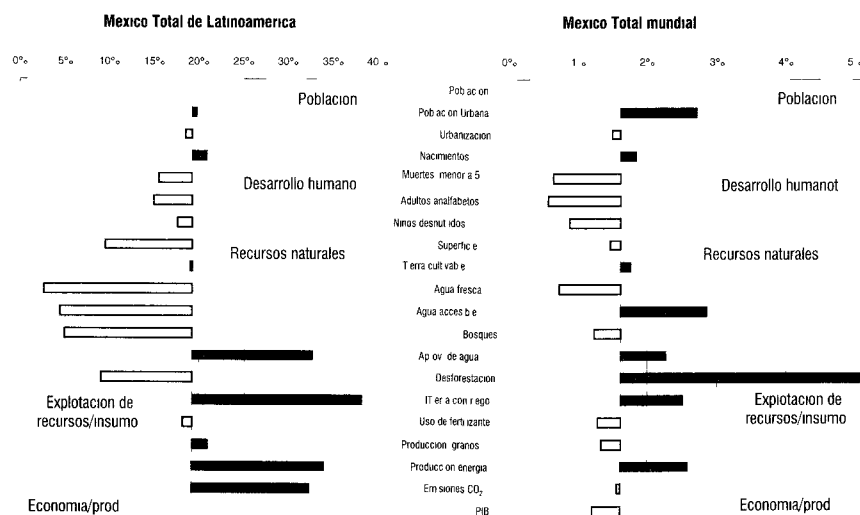
En la figura 1 se presenta una selección de los indicadores de desarrollo para México en términos proporcionales a los totales mundiales y del total que corresponde a Latinoamérica (incluido el Caribe). Para permitir la comparación directa, según el tamaño de la población humana, se han hecho los diagramas a escala, para mostrar la proporción de la población de México con respecto a las otras dos áreas que nos conciernen.

En cuanto a los indicadores de población, México se halla muy cerca del promedio de Latinoamérica. También está próximo al promedio mundial, salvo en su índice de urbanización que es notablemente más alto. En México, más de las tres cuartas partes de la población viven en zonas urbanas, mientras que el promedio mundial apenas está acercándose al 50%.

Los indicadores del desarrollo humano para México muestran que se encuentra por arriba de los promedios en la región de Latinoamérica, y aún más cuando se compara con el resto del mundo. Sus indicadores de mortalidad infantil, analfabetismo y desnutrición muestran la misma tendencia.

1. Profesor- investigador de la Universidad Tecnológica de Helsinki, Finlandia.

Figura 1  
Indicadores del desarrollo seleccionados: México comparado con los promedios de Latinoamérica y el resto del mundo



Fuente: Banco Mundial (1997), excepto los indicadores del desarrollo humano que son de UNICEF (1998) e IFPRI (1997), y los datos relacionados con el agua son de Postel *et al* (1996) y SEI (1997).

Cuando se trata de la disponibilidad de los recursos naturales, México se halla sujeto a una escasez sustancial en comparación con el promedio de Latinoamérica. A sabiendas de que esa región es excepcionalmente rica en la mayoría de tales recursos, la situación cambia cuando se compara México con el resto del mundo. De manera sorprendente, en cuanto a la disponibilidad de fuentes de agua, el país está en una situación mucho mejor que el promedio del mundo. Esto se debe a que una gran proporción de la población mundial vive en países con escasez de agua, como son China, India, Pakistán y Egipto. Por otra parte, no hay que perder de vista que una proporción importante de la población de México vive asimismo en áreas donde el agua es escasa (Ávila, 1996).

México utiliza 22% del total de agua disponible, la cual es una proporción muy elevada. Se puede considerar que está dentro de los límites críticos del desarrollo sustentable, como comentaremos más adelante. Además de su índice de aprovechamiento de agua, México también explota de manera muy intensiva sus otros recursos naturales.

El promedio mundial indica en varios aspectos una situación que dista mucho de ser buena. Por ejemplo, en términos del uso, explotación y manejo de los recursos hídricos, la situación mundial está empeorando cada vez más (Kulshreshtha, 1993; SEI, 1997; Somlyódy *et al.*, 1998; Vakkilainen y Varis, 1998a y 1998b; Varis 1998a). México es un buen ejemplo de este fenómeno. Es decir, si se toman los principales ejes del deterioro del recurso hídrico como son: a) el agua superficial y subterránea, b) la explotación del agua en el medio rural y

urbano, y c) la calidad y la cantidad del agua, entonces se tiene que el país enfrenta severos problemas en tales aspectos.

Por otra parte, en términos de la producción nacional, los indicadores para México sugieren un índice de eficiencia relativamente bajo, ya que utiliza grandes cantidades de energía y recursos naturales y produce altos niveles de emisiones en el medio ambiente. Cierta sesgo en el uso de tales indicadores se debe al hecho de que México es un importante productor del petróleo y su base industrial está apoyada en gran medida sobre el uso de este recurso local como fuente de energía.

Aún cuando México está cerca del promedio mundial, en términos del Producto Interno Bruto (PIB) *per capita*, los mexicanos forman parte del 20% de la población más rica de la humanidad. Esto pudiera parecer contradictorio pero no lo es, ya que se debe a la muy desigual distribución de la riqueza entre la población del mundo. Este asunto será retomado con más detalle más adelante en este ensayo.

Además de las cuestiones arriba mencionadas, México puede ser considerado –sin ser demasiado burdo– como uno de los países que mejor representa al “promedio mundial” en lo concerniente a sus características naturales, climáticas y culturales. En todos estos aspectos, es una de las naciones más ricas por su diversidad.

#### LAS REGIONES MÁS VULNERABLES Y CRÍTICAS DEL MUNDO

Con relación a muchas de las facetas de su desarrollo, México pertenece al rango medio de las naciones del mundo. De allí que es de interés analizar cuáles regiones son las más críticas del mundo, cómo contrastan con México, y en qué sentido muestran semejanzas.

En un estudio diagnóstico de las regiones más críticas y vulnerables, Varis (1997, 1998a) y Vakkilainen y Varis (1998b) definieron seis criterios –mostrados en la tabla 1– para la selección de las regiones que con mayor probabilidad sufrirán un impacto profundo por los cambios globales y las cuestiones relacionadas con el clima, el agua, la alimentación, la pobreza, la población y la urbanización. Con estas bases se seleccionaron cinco regiones del mundo para estudios más detallados y comparativos.

Las regiones críticas, con relación a los criterios señalados son: la cuenca del Nilo, la región del Sahel y el África occidental, China y el sureste de Asia (figura 2). La región sureste de Asia fue incluida también, a pesar de que existen países como Singapur, Malasia y Tailandia que no se consideran pobres. El crecimiento de población en esa zona, el índice de urbanización y la escasez de recursos hídricos (en Indonesia y las Filipinas por ejemplo), son masivos aún en comparación con la situación mundial en su totalidad, mientras que su estabilidad en términos de la economía y la política no ha sido fuerte en las últimas décadas.

El Cercano Oriente, desde Turquía hasta Afganistán, es otra región interesante (Vakkilainen y Varis, 1998b); su vulnerabilidad con relación a los constantes conflictos políticos merecería un análisis más detallado. Por otra parte, sus índices de urbanización y niveles de ingresos son más altos que las otras áreas escogidas para el estudio.

EL USO Y LA VULNERABILIDAD DEL AGUA

*Cantidad*

Cuando se habla de la escasez del agua y su vulnerabilidad, los recursos hídricos disponibles y accesibles se relacionan con la demanda del líquido. México cuenta con 3 800 metros cúbicos de agua *per capita* anualmente. El aprovechamiento total de agua alcanza 22% y casi llega a los 80 kilómetros cúbicos. De esta cantidad de agua, 86% está dedicado a la agricultura. La población de México se está acercando a los 100 millones de habitantes. Egipto ahora cuenta con 60 millones de personas y consume 56.4 kilómetros cúbicos de agua. En la tabla 2 se comparan estos dos países con otras áreas del mundo densamente pobladas, donde el agua es escasa.

Tabla 1  
Las macroregiones del mundo con relación a los seis factores críticos

Región	1	2	3	4	5	6
Norte de Europa	—	—	—	—	—	
Centro y Oeste de Europa	+	+	—	—	—	
Este de Europa			—	—		
Ex Unión Soviética/Europa	—		—	—		
Norteamérica		+	—		—	+
Centroamérica	+			+		—
Sudamérica	—	+	+			
Norte de África (sin Egipto)	+	—	+			
Cuenca del Nilo	+	+	+	+	+	+
Sahel/Oeste de África	+	+	+	+	+	+
África Central	—		+	+	+	+
Sudáfrica	+		+	+		
Norte de Asia	—	—	+			
Asia central, Kazajstán	+	—				
China	+	+	+	+	+	+
Oriente Medio	+	+	+			+
Sur de Asia	+	+	+	+	+	+
Sureste de Asia	+	+	+	+		+
Japón	+		+	—	—	+
Australia y Nueva Zelanda		—	—	—	—	—
Oceanía	—	—		—	—	—

— = no cumple; sin marca = algún riesgo; + = cumple el criterio

Los criterios usados:

- (1) la vulnerabilidad y la escasez de los recursos hídricos.
- (2) la población en escala global.
- (3) el rápido crecimiento demográfico.
- (4) el acelerado crecimiento urbano y de las megaciudades.
- (5) el predominio de ingresos bajos y medios.
- (6) desnutrición/importación neta de granos.

Figura 2  
Las regiones más críticas del mundo

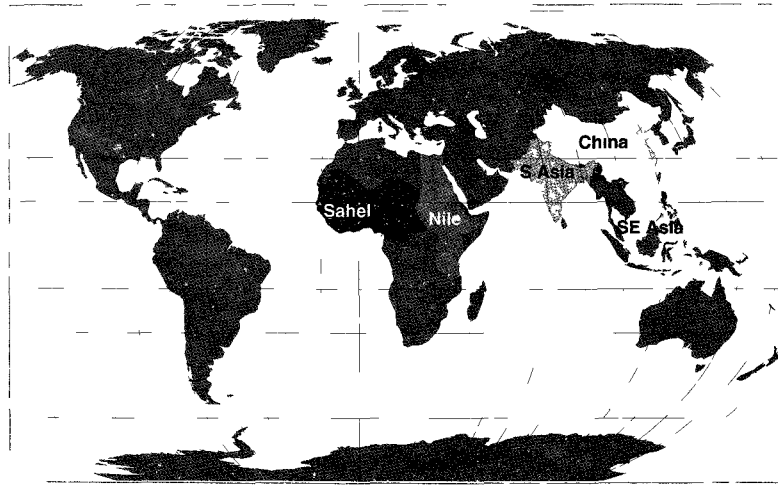


Tabla 2  
Los recursos hídricos y su uso en regiones seleccionadas con escasez de agua que abarcan una cuarta parte de la población del mundo

	México	Egipto	Norte de China	India	Pakistán	Java, Indonesia
Población (en millones)	96	60	126	945	145	110
Disponibilidad anual de agua (km <sup>3</sup> )	369	58	45	2088	470	127
1000 m <sup>3</sup> por persona	3.8	1.0	0.35	2.2	3.2	1.2
Aprovechamiento de agua (km <sup>3</sup> )	80	56.4	38.8	380	154	
1000 m <sup>3</sup> por persona	0.8	0.9	0.3	0.4	1	
% de toda el agua	22	97	87	18	33	

Fuente. Banco Mundial (1997).

Al estimar las dificultades que implica satisfacer la demanda de agua, los índices pueden apoyarse en la relación entre consumo del líquido y escurrimiento anual (Falkenmark y Lindh 1976; SEI 1997). Si la demanda de agua es menor a 5% del escurrimiento total, es posible satisfacerla sin problemas. Cuando la demanda del líquido se acerca a 10% del escurrimiento total, aumenta el riesgo provocado por las alteraciones temporales; y la satisfacción de los requerimientos de agua requiere una cuidadosa planeación de los recursos hídricos. Si la demanda de agua alcanza entre 10 y 20% del escurrimiento total, la situación se vuelve problemática y hace necesarias grandes inversiones como la única solución posible. En índi-

ces entre 20 y 40%, la situación precisa de inversiones masivas y una parte importante del PIB debe sacrificarse para la gestión del agua, particularmente en los países en vías de desarrollo. Una demanda de agua superior a 40% representa una seria escasez que normalmente tiene que ser resuelta mediante la desalinización y la extracción de aguas subterráneas hasta el grado de deteriorar las reservas de estas últimas. De acuerdo con Falkenmark y Lindh (1993), la cantidad crítica de agua es de aproximadamente 1 000 m<sup>3</sup> al año. De caer abajo de este nivel una región padecería una seria escasez del líquido.

Durante los últimos años se ha realizado una serie de evaluaciones de las reservas de agua dulce a nivel global (Kulshreshtha, 1993; SEI, 1997; Shiklomanov, 1993 y 1998). Dichos estudios intentan resaltar las regiones críticas, típicamente mediante un acercamiento país por país y con relación a los recursos hídricos y su vulnerabilidad debido a varias actividades humanas, más los potenciales cambios en las condiciones climáticas. En dichos estudios se tiende a ignorar la cuestión de la calidad del agua.

Kulshreshtha (1993) ha calculado el cambio en el consumo de agua en las principales regiones hasta el año 2025 y descrito un conjunto de escenarios, que son: el efecto del nivel de autosuficiencia sobre el uso del agua, el efecto del crecimiento demográfico, el efecto del desarrollo industrial y el efecto del cambio climático. Los resultados, específicos país por país, son presentados en forma gráfica que permite la comparación de las naciones con relación a su población y disponibilidad de agua. Los países son clasificados asimismo según su índice de vulnerabilidad.

Desafortunadamente ese estudio incluye varias inexactitudes, tal y como se puede apreciar en los resultados respecto de México. La gráfica muestra que la población del país deberá ser de alrededor de 350 millones de personas para el año 2025, mientras que el pronóstico de las Naciones Unidas es de una población de 130 millones de habitantes. Por esta razón los resultados de dicho estudio no deben considerarse como cuantitativos y deben ser usados con la debida precaución.

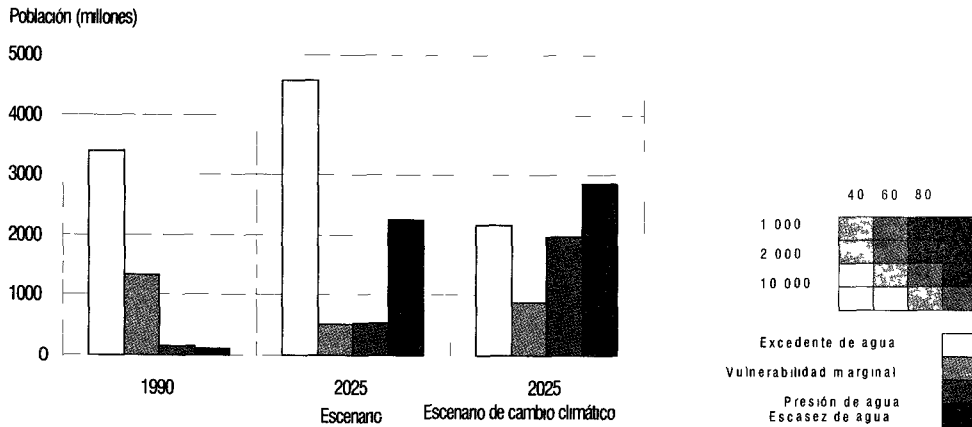
Según los resultados generales sólo Sudamérica, el norte de Europa, África central, el sureste de Asia y Oceanía se encuentran por debajo del nivel de consumo crítico de 20%. Se presentarán problemas mayores en el norte de África y en el Oriente Cercano, donde el requerimiento de agua excederá al abasto en varias veces. La figura 3 muestra que la proporción y la cantidad de la población mundial que padecerá la escasez del agua está en una fase de expansión.

Shiklomanov (1993) ha estimado el cambio en el consumo de agua en el año 2000 y dividido el mundo en 26 partes. Su estimación ha sido extrapolada hasta el año 2050 con el apoyo de los índices del crecimiento demográfico y consumo de agua.

El estudio indica claramente cuán difícil será la situación en determinadas zonas. Aunque cuando se lleva a cabo el manejo del agua de acuerdo con el principio del desarrollo sustentable, no se puede aceptar de ninguna manera que el consumo del líquido será muchas veces mayor en comparación con el escurrimiento anual. Este es el caso, sin embargo, de algunas naciones. En Libia, por ejemplo, el consumo es casi 10 veces mayor a sus recursos disponibles.

Dicho estudio es parte de un proyecto de evaluación comprensivo llamado *World Water Resources at the Beginning of the 21<sup>st</sup> Century* (Los recursos hídricos del mundo al

Figura 3  
 La población sujeta a la escasez de agua está en una fase de rápido crecimiento.  
 Aquí se muestra la vulnerabilidad de la población mundial en términos de déficits en el abasto de agua  
 y la clasificación de uso/disponibilidad usada (Kulshreshtha, 1993)



principio del siglo XXI), que es llevado a cabo de manera conjunta por UNESCO/IHP y el Instituto Estatal Hidrológico de San Petersburgo. El trabajo está aún en proceso, pero algunos resultados preliminares están disponibles en artículos como los de Shiklomanov (1998) e Izmailova y Moiseenkov (1998), para el caso de Centroamérica. A juzgar por estos reportes, los resultados finales serán de gran valor.

La evaluación del Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo (SEI, 1997) describe la disponibilidad, la cantidad y la variabilidad de los recursos hídricos, así como su uso actual. Después se presenta un análisis de las necesidades y los problemas del agua en la actualidad y futuro. Al final se informa de las estrategias y opciones para el desarrollo sustentable de los recursos globales de agua dulce.

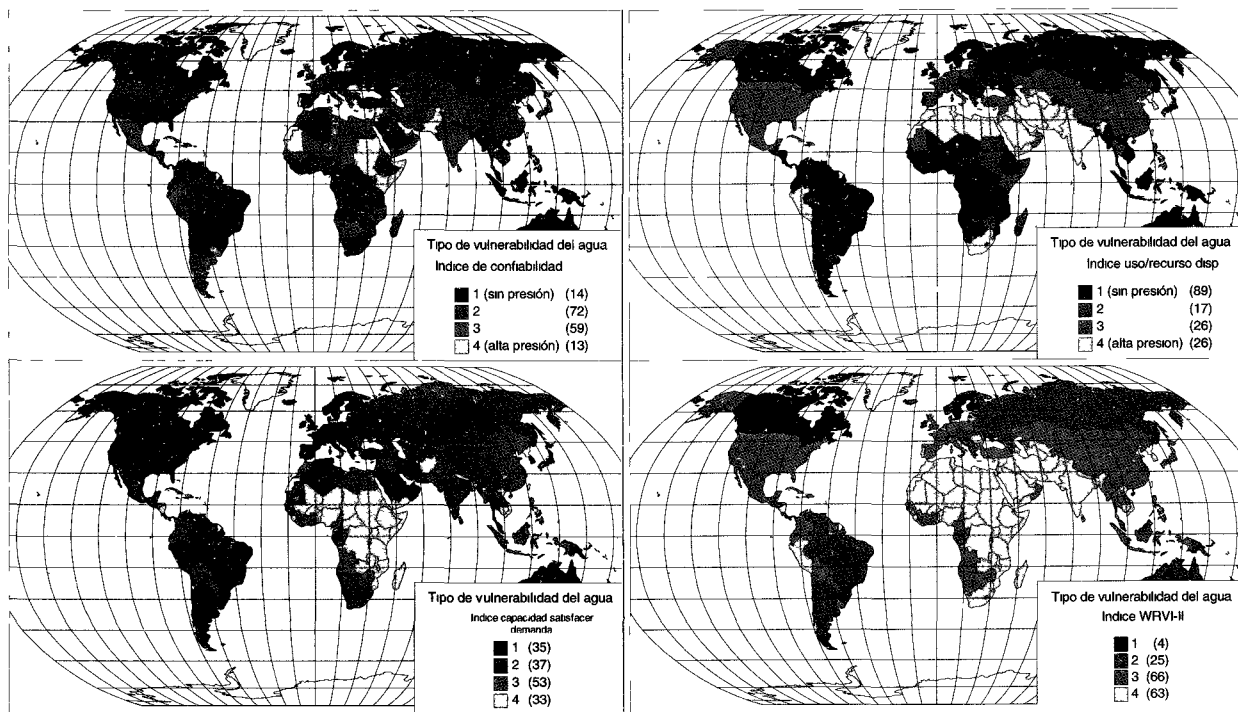
El análisis de la demanda futura del agua se apoya en un conjunto de escenarios. Del lado de la oferta de agua, se describen tres escenarios distintos. Uno de ellos está fundado en el supuesto de que el clima permanecerá igual que en las próximas décadas. Los otros dos, asumen que el clima será alterado a causa de la influencia humana. En cuanto al lado de la demanda, el rango de aprovechamiento del agua se proyecta mediante tres escenarios: los niveles de aprovechamiento bajo, medio y alto. El marco de tiempo usado abarca hasta el año de 2025 y el análisis es llevado a cabo país por país.

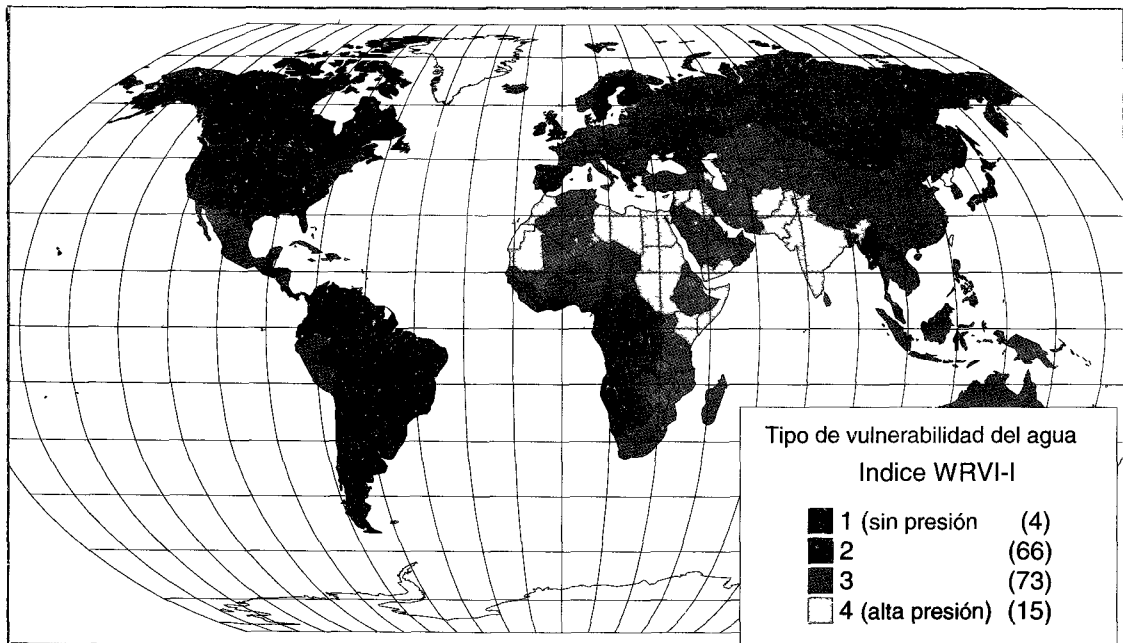
Los resultados de estos diferentes escenarios son presentados en la forma de un conjunto de valores que representan índices de vulnerabilidad para cada país. Los cinco índices usados, así como los resultados del escenario medio o convencional, se muestran en la figura 4. Entre los índices, todos los cuales describen una visión específica de la cuestión de los



Figura 4

Los cinco índices de vulnerabilidad del agua proyectados hasta el año 2025, de acuerdo con SEI (1997).  
Los resultados del escenario de desarrollo convencional medio son también mostrados.  
Los índices usados son resumidos en el recuadro inferior de la figura





Confiabilidad	S/Q+COV+ID	S/Q: Almacenamiento vs caudal agua en las cuencas	COV: Coef. de variación de la precipitación	ID: dependencia por importación dependencia (%)
1	1 - 3	1 > 0.6	1 < 0.06	1 < 15
2	4 - 6	2 0.3 - 0.6	2 0.06 - 0.12	2 15 - 25
3	7 - 9	3 0.2 - 0.3	3 0.12 - 0.18	3 25 - 50
4	10 - 12	4 < 0.2	4 > 0.18	4 > 50

Uso vs Disponibilidad agua	Aprovechamiento del promedio flujo anual del recurso	Capacidad de satisfacción de la demanda	PIB per capita	WRVI-I	Confiabilidad+uso/recurso +cap. satisfacer demanda
1	< 0.1		1 > 8625		1 1 - 3
2	0.1 - 0.2		2 2786 - 8625		2 4 - 6
3	0.2 - 0.4		3 695 - 2786		3 7 - 9
4	> 0.4		4 < 695		4 10 - 12

WRVI-II Máximo de confiabilidad, uso vs disponibilidad agua y capacidad satisfacer demanda

recursos del agua, el "Índice compuesto 1 de la vulnerabilidad de los recursos del agua", parece ser el más útil por su carácter interdisciplinario. Dicho estudio muestra que las regiones más críticas en Latinoamérica son México, Perú y la mayoría de las islas del Caribe.

Estos análisis, así como los otros que están disponibles, sólo tratan de la cantidad del agua con base en valores nacionales y agregados. Es probable entonces que si se incluyera la información concerniente a la calidad del agua o se desagregaran los estudios de forma espacial o temporal, se alterarían drásticamente los resultados. La inclusión de los problemas de la calidad del agua revelan que la cuestión de la escasez del agua es un problema aún más severo que como lo muestran las cifras en tales estudios. Es probable que los cambios climáticos agraven más la situación. Los últimos dos temas mencionados serán discutidos en mayor detalle a continuación.

### *Calidad*

Los contaminantes del agua del subsuelo pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Físicos: temperatura, cambios de viscosidad, color, etcétera.
- Sustancias químicas inorgánicas: sales ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $SO_4^-$ ,  $CL^-$ ), acidez (pH), dureza, nutrientes vegetativos (compuestos de nitrógeno).
- Elementos menores: incluidos los metales pesados y los compuestos radioactivos.
- Sustancias químicas orgánicas: una variedad de sustancias tales como hidrocarburos halogenados e hidrocarburos.
- Bacteriológicos: bacterias patogénicas para los humanos o los animales.

En Latinoamérica, el agua subterránea es comúnmente aprovechada, incluso más que en otras regiones del mundo. Según Reboucas (1998), más de 50% de la población de Latinoamérica y alrededor de 90% de sus industrias dependen del abasto de agua del subsuelo. Sin embargo, en el caso de México, las áreas más densamente pobladas tienen una limitada disponibilidad de agua (por la baja precipitación). Tal es el caso de la ciudad de México, donde los efectos combinados de la sobreexplotación de pozos profundos y el rápido deterioro de la calidad del agua subterránea, conllevan a que sea una de las regiones más críticas en Latinoamérica (e incluso del mundo) en términos del uso y manejo de los recursos hídricos.

Los problemas de la calidad del agua superficial abarcan varios aspectos, debido a la gran diversidad de lagos, embalses y ríos; al amplio rango de necesidades; a la preferencia de la sociedad por el agua superficial; y a la complejidad de los ecosistemas acuáticos. Tales cambios son provocados por tres elementos: las fuentes puntuales de contaminación como las industrias y los asentamientos humanos con sistemas de drenaje; las fuentes no puntuales de contaminación como la agricultura; y a través de la atmósfera. Entre los problemas más comunes están:

- La eutrofización provocada por una abundancia de nutrientes y otros agentes de producción primaria.
- La reducción del oxígeno debido a la descomposición de la materia orgánica en el agua.
- Problemas de higiene debido a los organismos patógenos como son los virus, bacterias o protozoarios.

- La salinización causada por altas concentraciones de iones tales como el calcio, el sodio, el cloro y el sulfato.
- La acidificación resultante del depósito atmosférico de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> o por las emisiones industriales, mineras y naturales.
- Compuestos tóxicos o acumulativos, tales como los metales pesados u otros elementos menores, compuestos radioactivos, hidrocarburos halogenados o toxinas llevadas por agua.
- Material suspendido y turbiedad (inorgánico u orgánico).
- Cambios en las condiciones de temperatura a causa de la contaminación térmica, el control de flujo o cambios de clima.

La principal fuerza impulsora en el manejo de la calidad del agua es la necesidad de resolver el conflicto potencial que surge de las demandas específicas y los impactos sobre la calidad del agua de diferentes actividades, que a menudo están en situaciones de escasez. Muchos usuarios sufren de la mala calidad del agua, pero no tienen influencia directa en la situación; mientras que otras personas provocan los problemas de calidad del agua y no son afectados por ellos (tablas 3 y 4). Para una descripción detallada de los componentes de la calidad del agua y las normas respectivas para el uso del vital líquido, véase Thanh y Tam (1990) y McCutcheon *et al.* (1992).

Tabla 3  
Usos y calidad del agua: desde la calidad del agua superficial hasta sus usos.  
Impacto de los problemas de calidad del agua sobre los usos más frecuentes

Uso	Eutroficación	Reducción de oxígeno	Higiene	Salinidad	Acidez	Toxinas/ acumulativo	Turbiedad y sólidos suspendidos	Contaminación térmica
Conservación	--	--	--	--	--	--	--	--
Recreación	--	--	--	-	-	--	--	-
Pesca	--	--		-	-	--	-	-
Acuicultura	-	--		-	-	--	-	-
Descargas domésticas	--	--	--	-	-	--	-	
municipal	--	-	-	-	-	--	-	
riego, etc.	-	-	--	--	-	--	-	
industrial	-	-	-	-	-	-	-	
Transporte	-						-	
Control de inundaciones							-	
Energía hidroeléctrica							-	
Enfriamiento								-
Transporte y manejo de desechos	-							

+ = impacto bajo u ocasional y ++ = impacto alto  
- = influencia baja u ocasional; -- = influencia marcada  
Fuente: Varis y Somlyódy (1996).

Tabla 4  
 Usos y calidad del agua: desde los usos hasta la calidad del agua superficial.  
 Impactos típicos de los usos más frecuentes del agua sobre su calidad  
 (los símbolos son iguales a los de la tabla 3)

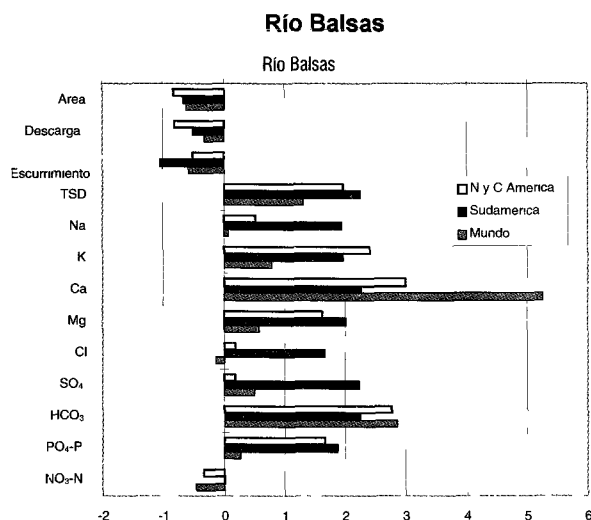
Uso	Eutrofica- ción	Reducción de oxígeno	Higiene	Salini- dad	Acidez	Toxinas/ acumula- tivo	Turbiedad y sólidos suspendi- dos	Contamina- ción térmica
Conservación								
Recreación			+					
Pesca								
Acuicultura	++	+					+	
Descargas doméstica municipal riego, etc. industrial	+			+				
Transporte			+			++	+	
Control de inundaciones	+	+					+	+
Energía hidroeléctrica	+	+		+			++	+
Enfriamiento	+	+				+		++
Transporte y manejo de desechos	++	++	++		+	++	++	

Fuente: Varis y Somlyódy (1996).

Es bastante complicado realizar estudios globales comparativos relacionados con los aspectos y problemas de la calidad del agua, debido a la naturaleza polifacética de la materia. La calidad del agua consiste en un cierto número de criterios y se relaciona con una gran variedad de usos, que difieren significativamente. En este ensayo me limito a citar las bases de datos más útiles para evaluar tales aspectos, como son los sistemas GEMS/WATER y WHO con relación al agua superficial (GEMS/WATER, 1991; Kraemer, 1994); y los sistemas más específicos para los lagos (ILEC, 1995) y la base de datos de UNESCO/IHP (Takeuchi *et al.*, 1995) para los ríos.

Tales sistemas quizá no sean tan exactos como muchos de los sistemas nacionales, pero permiten hacer comparaciones de regiones. En el caso de México revelan que sus ríos padecen de toda clase de problemas de calidad de agua. Como un ejemplo, en la base de datos GEMS/WATER, los indicadores de la calidad de agua para el río Balsas son relacionados con los datos de otros 78 ríos del mundo (figura 5).

Figura 5  
 Los indicadores de la calidad del agua del río Balsas comparados con los promedios de 10 ríos de América Central y América del Norte, 7 de Sudamérica y 79 del resto del mundo



Fuente: Base de datos GEMS/WATER. La unidad del eje horizontal representa el valor para el río Balsas menos el promedio de los datos dividido por la desviación estándar de los datos. TSD = total de sólidos disueltos.

Cabe señalar que el deterioro de la calidad del agua ha sido prácticamente ignorado en las evaluaciones globales del agua. Este constituye una deficiencia severa en dichas evaluaciones. El agua puede ser abundante, pero su deteriorada calidad representa frecuentemente un obstáculo importante para su aprovechamiento humano y para el equilibrio ecológico de una cuenca. Ninguna cantidad de agua será suficiente si su calidad está deteriorada.

Muchas metrópolis de Asia como Bangkok, Calcuta y Dacca, prácticamente flotan sobre el agua, pero la contaminación del líquido dificulta enormemente su uso. Como resultado se están construyendo sistemas de transferencia de agua desde varios cientos de kilómetros de distancia a fin de satisfacer las necesidades urbanas. Esto conlleva problemas de escasez de agua en gran escala, en las regiones de donde se está extrayendo el recurso. Por ejemplo, en la planicie central de Tailandia, uno de los centros de producción de arroz más importantes del mundo, los extensos sistemas de riego permanecen sin agua durante la estación de las secas porque es desviada para satisfacer las crecientes demandas de Bangkok (Varis, 1998a). Tal metrópoli se está hundiendo, al igual que la ciudad de México, debido a la sobreexplotación del agua subterránea; mientras que sus aguas superficiales están demasiado contaminadas para cualquier otro uso (con excepción de la navegación).

En términos generales, una solución sustentable y económica a largo plazo, se apoya en el principio de cerrar los ciclos de la materia y la energía (figura 6). Se puede efectuar esto en diferentes maneras (Varis y Somlyódy, 1996 y 1997) y es una propuesta que no debe ser ignorada en ningún caso. Tal condición representa una contradicción fundamental con las ten-



Este cambio se debe a los usos de los combustibles fósiles, a los cambios en el uso del suelo y a la agricultura. Los gases de invernadero ejercen un efecto de calentamiento sobre la temperatura de la superficie de la Tierra.

A su vez ha habido un incremento en el uso de los aerosoles que, por el contrario, ejercen un efecto de enfriamiento sobre el clima. Se cree que este efecto es menor que el efecto de calentamiento de los gases de invernadero. Los escenarios actuales sugieren un calentamiento del clima mundial entre 1 y 4°C en promedio en comparación con los niveles de 1990 en una proyección de 100 años (FAO, 1996).

Se anticipa que esas alteraciones variarán marcadamente con relación a las condiciones climáticas locales y regionales. Cierta evidencia sugiere que las variaciones son mucho más significativas que el comportamiento medio del clima (Katz y Brown, 1992). De hecho los acontecimientos extremos como son las inundaciones, las sequías, las tormentas y su recurrencia son críticos para el manejo de los recursos del agua; y los cambios en sus patrones o frecuencia pueden influir fuertemente en la economía y la sociedad.

#### *El cinturón ecuatorial es el área más crítica del mundo*

Un análisis reciente de la vulnerabilidad del mundo a los cambios y variaciones climáticas (Varis, 1998b) reveló que las regiones seleccionadas –con base en los seis criterios definidos arriba– coinciden con el área llamada el cinturón ecuatorial (figura 7). Esta banda cubre el rango del movimiento estacional de la zona de convergencia intertropical (ITCZ por sus siglas en inglés). En esa zona los vientos alisios provenientes de ambos hemisferios se confrontan, provocando lluvias. Su localización varía estacionalmente: durante el verano del hemisferio norte, el punto de convergencia está en el extremo norte; mientras que durante el verano del hemisferio sur, se halla ese punto en el extremo sur.

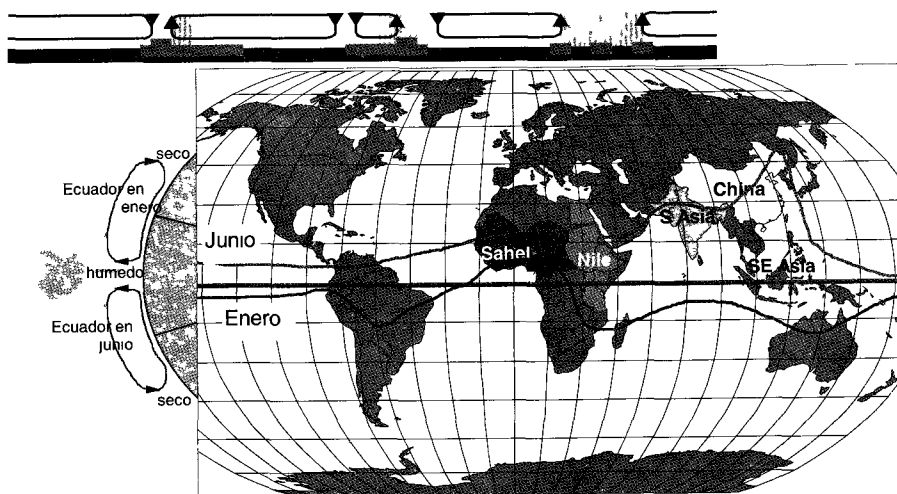
El cinturón ecuatorial está sujeto al más alto índice de incertidumbre en las proyecciones del cambio climático (IPCC, 1996). Además, dentro de unas cuantas décadas será fuertemente afectado, en comparación con otras regiones del mundo, por los otros cambios globales, como son: el crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y las transiciones político-económicas. Esto hace que las economías de los países que allí se ubican, sean particularmente sensibles y propensos al desorden social, a los movimientos poblacionales, a los brotes de enfermedad, a la urbanización descontrolada, a la desnutrición, a la hambruna, a los desastres ecológicos y al deterioro ambiental.

#### *Los vientos alisios y los monzones*

Los vientos alisios son impulsados por la rotación de la Tierra, haciendo que los vientos del hemisferio del norte se dirijan hacia el suroeste y los del hemisferio sur hacia el noroeste. Los vientos que van en dirección oriental llevan un aire relativamente fresco y, junto con las estaciones lluviosas de verano relacionadas con el movimiento geográfico del ITCZ, hacen que el clima sea especialmente agradable para los seres humanos. Consecuentemente muchas regiones de ese cinturón han sido cuna de civilizaciones antiguas como los valles de los ríos Nilo, Indo, Ganges-Brahmaputra, Huang Ho, Yang-tsé y Niger. En la actualidad alrededor de las



Figura 7  
 Este mapa muestra la zona tropical de los monzones (la zona de convergencia intertropical, particularmente vulnerable al cambio y a las variaciones climáticas) en enero y junio



Fuente: Varis (1998b).

tres quintas partes de la población humana viven dentro de ese cinturón y las altas densidades de población se presentan en extensas áreas.

México está un poco fuera del cinturón ecuatorial, pero tampoco demasiado lejos. Se ubica lo suficientemente cerca como para sentir su influencia de manera pronunciada. Los vientos alisios del noreste soplan a través del país durante todo el año y cualquier cambio que sucede en el cinturón afecta asimismo los vientos y las lluvias de México. Sin embargo, para la buena fortuna del país, parece no encontrarse en la zona más crítica que, además, es la más difícil de pronosticar.

#### *Tendencias observadas*

Los cambios en la composición de la atmósfera ejercen variadas influencias sobre su capacidad de calentamiento y, consecuentemente, sobre los procesos de transferencia como son, por ejemplo, los vientos. El cinturón ecuatorial ha sido testigo de algunas tendencias claras en cuanto a sus temperaturas y su precipitación según mediciones tomadas a lo largo del siglo XX. Dichos cambios han estado más marcados en el oeste de África donde las temperaturas han aumentado alrededor de 1°C y la precipitación ha disminuido notablemente. Las otras tendencias en África son menores, salvo el aumento de la temperatura en Sudán y el crecimiento de la precipitación en Egipto. Casi todos los países estudiados en Asia se han vuelto más calurosos. El sur de Asia y China tienen más precipitación, mientras que la zona del

sureste de Asia está un poco más seca. Aún no se ha demostrado que las tendencias observadas sean las consecuencias del efecto de invernadero provocado por la actividad humana, pero es muy posible que así sea.

En México la temperatura ha aumentado 2°C, pero las tendencias relacionadas con la precipitación han sido muy pequeñas. Tales tendencias representan un factor importante que aumentará los problemas de la escasez del agua en el país y establecerá riesgos cada vez mayores para la agricultura, así como para el abasto de agua en las zonas urbanas.

### *El Niño – La oscilación del sur (ENSO)*

El sistema ITCZ y en particular los vientos alisios están sujetos a muchos factores que provocan grandes variaciones en el clima. Uno de los determinantes cruciales en la variación entre un año y otro es el llamado ENSO, el cual ha sido observado durante siglos como una propiedad natural de los patrones climáticos regionales.

Ese fenómeno ha sido reconocido como la determinante global más importante (Whetton y Rutherford, 1994; IPCC, 1996), y el principal factor que provoca las fluctuaciones entre un año y otro en toda la región de Latinoamérica (IPCC 1998). Existe evidencia proveniente de los riscos de arena en el Perú, donde el fenómeno ENSO ha estado activo durante por lo menos 6 000 años (Sandweiss 1986). Hay datos relativamente confiables de los últimos 500 años, que pueden emplearse para el análisis del ENSO. Este fenómeno ocurre en intervalos irregulares de 2 a 10 años, dependiendo de un conjunto de variables.

Los fuertes vientos alisios del Pacífico oriental transportan las aguas de la superficie del Pacífico ecuatorial, que son tibias debido al calor solar, y así inducen una vasta acumulación de agua tibia en el Pacífico occidental, alrededor de Indonesia. Esa agua tibia contribuye a aumentar la evaporación y, consecuentemente, la precipitación. Por esta razón, es muy húmedo en una gran parte del sureste de Asia; todo el año en las regiones cercanas al ecuador y sólo en la temporada de los monzones en las áreas restantes. Hacia el lado oriental del océano, el agua tibia movida al occidente por el viento, es reemplazada por aguas más templadas y ricas en nutrientes, procedentes de mayores profundidades. Esto por su parte provoca un clima seco en la costa occidental de Sudamérica y alimenta a los bancos de pescado de mayor importancia comercial a lo largo de la costa del Perú.

El Niño –la fase calurosa del fenómeno ENSO– comienza cuando se debilitan los vientos alisios. Las aguas tibias de la superficie empiezan a regresar hacia el oriente y las costas del Perú experimentan un aumento en las temperaturas del agua, una reducción en el volumen de su pesca y una creciente precipitación con fuertes tormentas que pueden llegar a ser devastadoras. La lluvia que normalmente beneficia al sureste de Asia se precipita más temprano en su camino hacia el poniente y la mayor parte cae sobre el océano. Así Indonesia, al igual que varios otros países, sufre sequías (figura 8).

### *Las teleconexiones del ENSO*

Existen algunas interesantes e importantes conexiones entre los climas regionales alrededor del ecuador. Los patrones de los monzones y, como consecuencia, la cantidad de humedad en

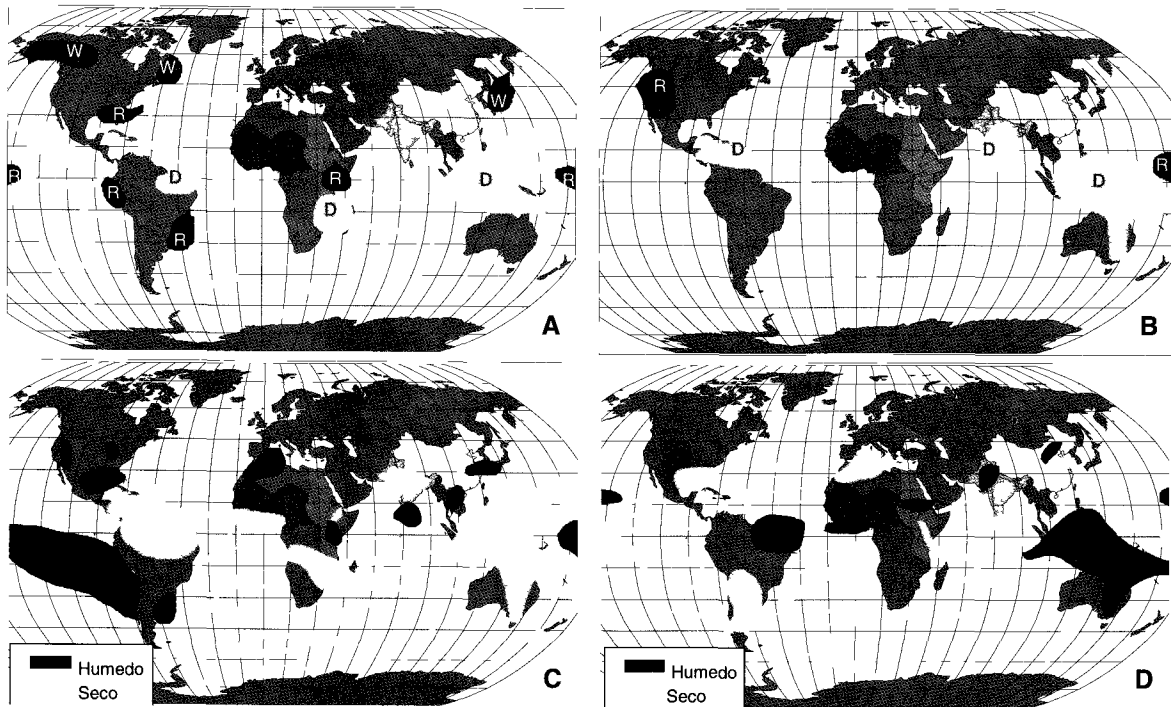
Figura 8

Áreas típicamente afectadas por El Niño. Eventos excepcionales: De octubre a marzo (A), de abril a septiembre (B).

D = Sequía, R = lluvia inusualmente alta, W = excepcionalmente cálido.

Precipitación anormal asociada con eventos de El Niño (C) y eventos de la La Niña (anti-El Niño, D)

sintetizado a partir de Ropelewski y Halpert (1987). México es también afectado sensiblemente, pero no pertenece a las áreas más críticas.



la temporada de lluvias afectan otras áreas y no solamente el sureste de Asia. Por ejemplo, las anomalías en la precipitación en el área de nacimiento del río Nilo –la región de Etiopía y el Sudán– están muy relacionadas con el monzón del verano en la India; es decir, la temporada de lluvias (Camberlin, 1997). Los monzones del verano asiático en diferentes regiones muestran correlaciones semejantes y altas. Otro ejemplo es el efecto que ejerce la fuerza de los vientos alisios sobre las corrientes en propulsión que transfiere el aire de regreso a las latitudes medias: ésta también se debilita junto con los vientos alisios y provoca cambios hasta en Norteamérica y Europa. Por esta razón, una sequía en Chihuahua puede deberse a la misma fase de la Oscilación del Sur, que una inundación en Indonesia.

#### *El calentamiento de invernadero y la oscilación del sur*

Aún cuando el ENSO parece hoy día ser entendido lo suficientemente bien como para ser utilizado en el pronóstico del clima estacional con varios meses de anticipación (Stockdale, 1998), la relación entre el efecto de invernadero y el ENSO sigue siendo muy poco clara. En la actualidad hay un intenso debate concerniente a esta problemática (IPCC, 1996; Trenberth y Hoar, 1996 y 1997; Harrison y Larkin, 1997; Rajagopalan, 1997). Las hipótesis que se debaten son las siguientes:

- La agudización del efecto de invernadero y El Niño no tienen relación alguna.
- El Niño se hará más frecuente conforme avance el efecto de invernadero.
- El Niño durará más tiempo conforme avance el efecto de invernadero.
- El Niño llegará a convertirse en una condición permanente en el futuro.

Para cualquiera de estas hipótesis existen buenos argumentos tanto a favor como en contra. Sea cual sea la situación ahora mismo y en el futuro, la importancia de El Niño y su relación con el efecto de invernadero representa un asunto de gran importancia para México y no sólo para sus regiones más áridas en el Norte y el Noroeste.

Los recientes eventos de El Niño han sido excepcionalmente fuertes y duraderos, así como más frecuentes que antes (Cole *et al.*, 1993). Existe una inquietud generalizada en el sentido de que el patrón de oscilación ya ha cambiado y que seguirá cambiando en el futuro. De acuerdo con Trenberth y Hoar (1996), los eventos recientes representan un extremo que sólo podría ocurrir estadísticamente una vez en varios miles de años.

#### *El desarrollo social*

Ahora pasaré a hablar de los siguientes aspectos del desarrollo social, desde una perspectiva filosófica y en forma concreta con ciertos datos y estadísticas concernientes a la economía, la pobreza, la sustentabilidad, los recursos humanos, la alimentación, la urbanización y el desarrollo institucional.

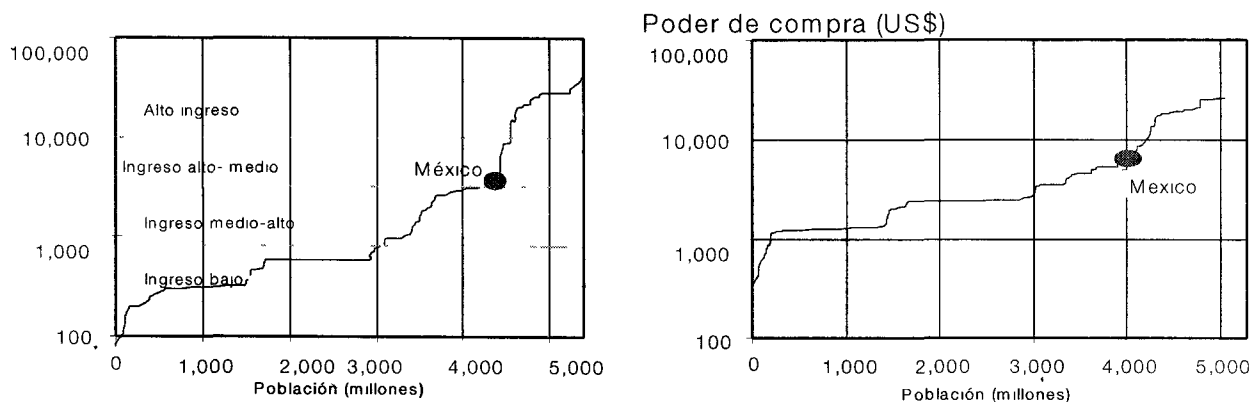
*Economía*

Como mencioné en la introducción, el PIB *per capita* en México está próximo al promedio mundial. Sin embargo, los mexicanos pertenecen al 20% de la población humana más rica. Esta situación se debe a la desigual distribución de la riqueza en el mundo (figura 9). Los países de altos ingresos, que poseen alrededor del 15% de la población mundial, concentran más del 80% del PIB mundial. Cuando se toma en cuenta las variaciones en los niveles de precios en diferentes naciones, la comparación de la "Paridad del Poder de Compra" muestra una perspectiva menos dispereja y distorsionada en cuanto a la situación económica global.

*Pobreza contra sustentabilidad*

De nuevo, los promedios no registran la historia de la riqueza y pobreza de un país. La riqueza se encuentra distribuida de manera desigual en todas las naciones. Para el caso de México, Nafziger (1997) ha estimado que 30% de la población vive en una pobreza absoluta. En todos los países en desarrollo, con excepción de los que integraban la ex Unión Soviética, el porcentaje de la gente que vive en la pobreza absoluta (es decir, los que ganan menos de aproximadamente \$1.00 USD por día) también es del 30%. En términos de alivio de la pobreza, los índices para México se aproximan a los promedios del Tercer Mundo.

Figura 9  
La población del mundo contra el PIB *per capita* y la paridad del poder de compra



Fuente: Banco Mundial (1997).

Comúnmente en las economías de ingresos medios, la desigualdad del ingreso es mucho más amplia que en los países con altos y bajos niveles de ingresos. Esto es cierto para México, donde 40% de la población más pobre gana sólo 11.9% de todos los ingresos, mientras que el 20% más rico gana el 56%. México es clasificado como un país con un alto índice de desigualdad (Nafziger, 1997).

Ambas, la pobreza y la riqueza, están relacionadas con el deterioro ambiental en forma distinta (figura 10). Es importante darse cuenta de este hecho, porque parece que la proporción de la producción mundial que corresponde a los países en vías de desarrollo está disminuyendo, mientras que sus emisiones están creciendo rápidamente (figura 11). Con relación a los totales mundiales, los países que se localizan dentro de las cinco regiones críticas definidas arriba, contaminan lo doble comparado con lo que hacían hace una generación; pero su aportación en el total mundial de la producción se ha reducido por la mitad.

Entre 1970 y 1992 la proporción del PIB mundial que corresponde a México, permaneció alrededor del 1.3%, mientras que sus emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron de 0.7 a 1.6%. En 1992, México emitía un total de 2.0 kilogramos de CO<sub>2</sub> para producir un dólar (USD) de PIB, mientras que Brasil emitía 0.8 kilogramos, Indonesia 1.7, los Estados Unidos 1.0, España 0.6, Finlandia 0.5 y Francia 0.4. Sin embargo, muchos países son menos eficientes: las cifras correspondientes para la India, China y Kajakstán son 2.3, 6.6 y 12.6 kilogramos respectivamente (Banco Mundial, 1997). Sin embargo, al parecer la eficiencia de México puede y debe incrementarse a fin de trabajar en la dirección de la sustentabilidad ambiental y económica.

Figura 10  
El desarrollo sustentable es desafiado tanto por la pobreza como por la riqueza (Jalal, 1993)

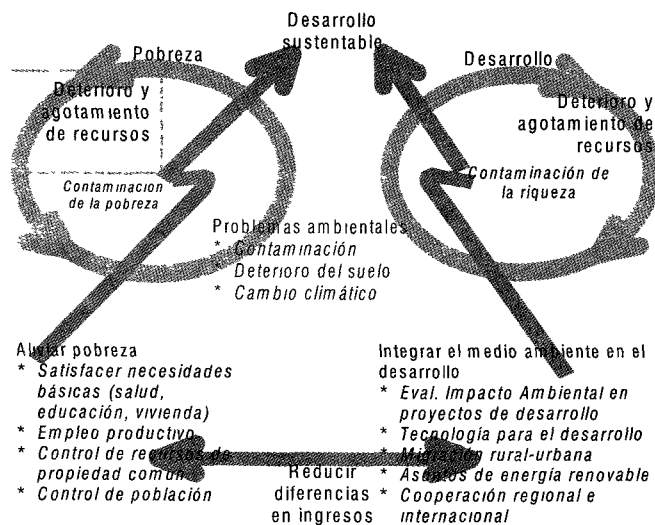
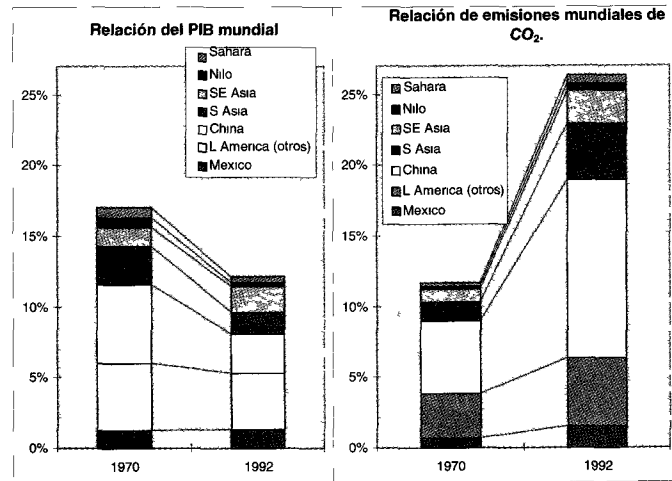


Figura 11  
La proporción del PIB mundial que corresponde a los países en desarrollo está disminuyendo, mientras que los índices de emisiones contaminantes van en aumento



Fuente: Banco Mundial (1997).

### Recursos humanos

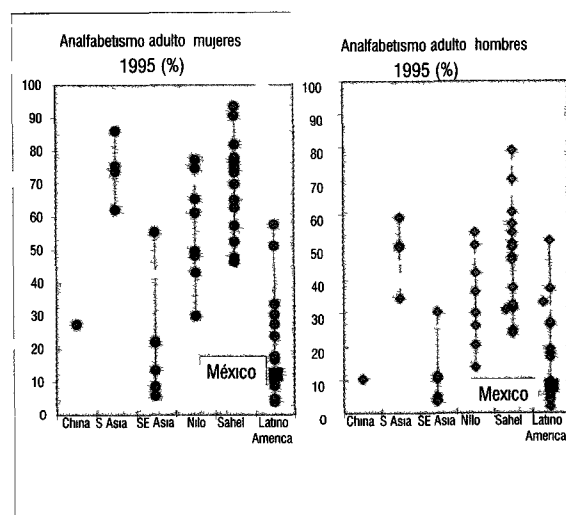
México cuenta con las condiciones para un desarrollo equilibrado, incluso en el sentido ambiental. Tal vez el más importante sea la educación, y se encuentra entre los mejores de los países en desarrollo. Consecuentemente, los índices de analfabetismo son inferiores a los de la mayoría de dichas naciones (figura 12). La mayoría de esos países aún padece problemas sociales como son el analfabetismo y la disparidad de los géneros, de manera mucho más severa que el caso de México.

El Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP) ha elaborado un índice que intenta medir el desarrollo humano en términos equilibrados. Este *índice del desarrollo humano* es actualizado año con año y se apoya en las tasas de expectativa de vida, analfabetismo, educación y riqueza. Según el UNDP (1994), México se hallaba en el lugar número 53 entre los 174 países incluidos en el análisis. Los indicadores de México relativos al desarrollo humano estuvieron mucho más apegados a los promedios de los países industrializados, que a los de las naciones en desarrollo.

### Alimentación

Más de dos tercios de toda el agua que se aprovecha se dedica a la producción de alimentos. Alrededor de 16% de toda la tierra cultivable cuenta con riego y esos campos representan la

Figura 12  
Los índices de analfabetismo en adultos (población mayor de 15 años) en diferentes regiones del mundo



Fuente: Banco Mundial (1997)

tercera parte de la producción agrícola (Postel, 1993). El papel crucial del agua, como insumo agrícola y factor principal en el rápido crecimiento de la producción alimenticia entre 1970 y 1990, es indudable. El área de tierra cultivable no creció en ese periodo pero la extensión con riego aumentó en 40%. En forma conjunta con la aplicación de otros insumos, la producción mundial de granos aumentó en 72%. Este crecimiento dio lugar a una mejoría notable en la situación global de los alimentos porque el crecimiento demográfico no excedió 40%. Pero en la década de los noventa, tal tendencia positiva ha sido reemplazada por un estancamiento que se refleja en que el área de tierra cultivable como la aplicación de fertilizantes hayan disminuido. El área de riego crece todavía, pero mucho más lento que antes. Como consecuencia, la producción de alimentos no ha crecido, mientras que la población ha aumentado 14%; cifra que representa 720 millones de habitantes más que alimentar. Recientemente esta tendencia ha provocado una inquietud generalizada, ya que se ha perdido gran parte de los logros de las últimas décadas. La producción *per capita* de granos, por ejemplo, ha regresado a los niveles de 1970.

Debe haber varias razones para este cambio. Una de ellas (que ejerce efectos en ambas direcciones) es la rápida urbanización, dado que alrededor de 80% del crecimiento demográfico ocurre en las áreas urbanas. Muchos de los países en desarrollo ponen más énfasis en el desarrollo urbano que en el de las zonas rurales. Por esta razón se ha estimado que mientras hoy día aproximadamente la mitad de la población mundial es aún rural, para el año de 2025 esta tasa se reducirá a sólo una tercera parte. Sin embargo, la mayoría de la población rural alimenta a los residentes urbanos. Otra razón es el colapso de las economías de planeación

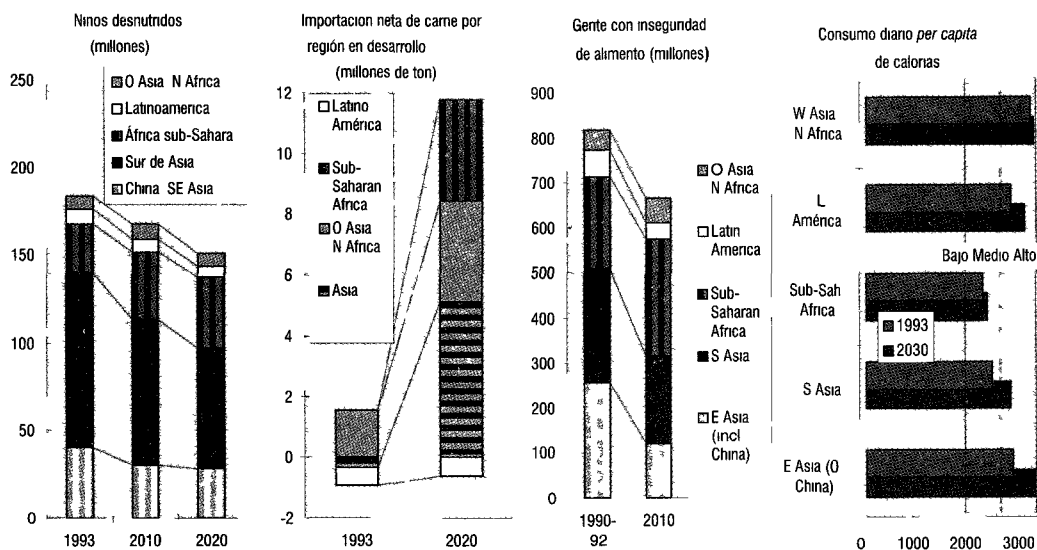


central con su sistema agrícola altamente intensivo en insumos. En parte como consecuencia de dicho colapso, el paradigma del libre comercio ha ganado un lugar de prominencia. Esto ha conllevado a que las inversiones agrícolas tengan que competir (en términos del índice de rendimiento por suma invertida) más que antes con otros tipos de inversión (como son la industria manufacturera, los servicios urbanos y el turismo).

La desnutrición y la inseguridad en el abasto de alimentos constituyen enormes problemas globales. Según el IFPRI (1997) en el mundo hay 180 millones de niños desnutridos y 800 millones de personas más que viven sin seguridad en su abasto alimenticio (figura 13). Prácticamente toda esa población vive ahora en las cinco regiones definidas en la figura 2 y continuará allí en las décadas por venir.

Latinoamérica sufre sólo marginalmente esos problemas, en comparación con otras regiones del mundo. Al contrario, pertenece al grupo de los países exportadores de alimentos. De allí que el problema de inseguridad en el abasto de alimento no es tan grave para México como ocurre en muchos otros países, incluso en naciones con un nivel de ingreso medio, particularmente en Asia. Sin embargo, el índice de autosuficiencia alimentaria en México ha estado bajando rápidamente desde un nivel de 100 en 1969/71 a un índice de sólo 74 en 1988/90 (Alexandratos, 1995). México depende cada vez más de los alimentos importados y, según Brown (1996): "El aumento en los precios de los alimentos en los países productores de granos, tales como China, Egipto y México, podrían crear problemas inmanejables." La producción alimenticia en México está limitada cada vez más por la disponibilidad de los recursos hídricos, a pesar de que 86% del agua aprovechada se destina para la agricultura. Sin embargo, las urgentes necesidades urbanas e industriales de agua están bajando gradualmente ese índice.

Figura 13  
La desnutrición y la inseguridad en el abasto alimenticio



Fuente: IFPRI (1997).

Las evaluaciones actuales en la seguridad del abasto y producción de alimentos dependen fuertemente del crecimiento de las exportaciones de los países desarrollados a los países en desarrollo. Los datos relacionados con la desnutrición y la importación de carnes (figura 12; IFPRI, 1997) se apoyan en un escenario económico más optimista que toma en cuenta la importación de alimentos y la consecuente reducción en la tasa de desnutrición, aun cuando la historia del desarrollo económico no ha sido muy alentadora en ese sentido.

### *La urbanización*

Muchas voces anuncian que la urbanización será una materia más problemática que la cuestión del crecimiento demográfico. Aun cuando este tipo de afirmación suele ser demasiado simplista, la tendencia es clara: casi todo el crecimiento de población se presenta en las ciudades. Este es y será un asunto de gran importancia para una proporción significativa de los habitantes de las décadas por venir. También se considera que es una de las fuerzas impulsoras del desarrollo de las sociedades, desde cualquier punto de vista o enfoque: el de la naturaleza, medio ambiente, economía o aspectos sociales.

La tasa de crecimiento de la población mundial es de aproximadamente 1.6%, mientras que en África es cercana a 3%. Por ejemplo, durante el periodo 1980-1990, la tasa de crecimiento en las ciudades del Tercer Mundo, con más de un millón de habitantes, fue de 5.6% (Drakakis-Smith, 1987). Dicha tasa implica un crecimiento de 72% para la próxima década. Algunas ciudades, en especial en África, duplicaron su población durante la década pasada. En África y Asia la proporción de la población urbana es de aproximadamente un tercio, mientras que en todos los demás continentes está por encima de las dos terceras partes. Por esta razón se espera que el desarrollo de la urbanización en mayor escala se presentará en África y en Asia (figura 14).

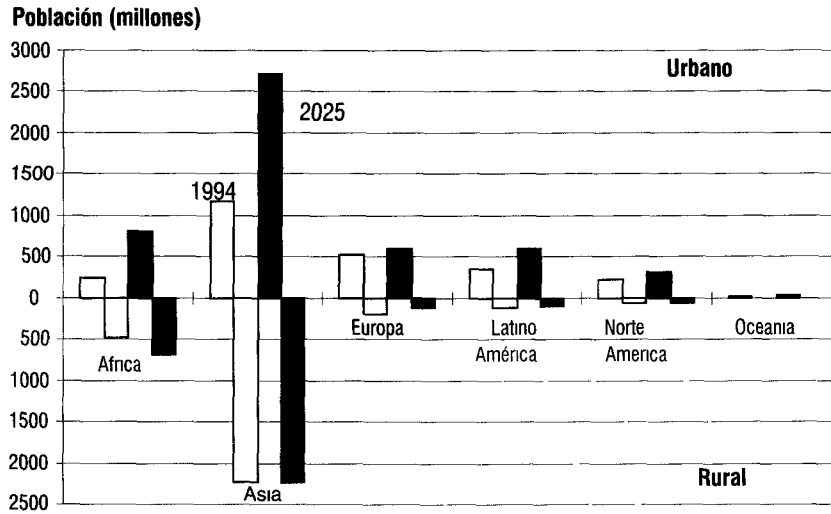
Al tomar en cuenta la riqueza de los diferentes países, parece que la urbanización afectará más dramáticamente a los países de bajos ingresos, en la mayoría de los cuales el proceso de urbanización es muy rápido ahora y así seguirá durante largo tiempo (figura 15). En términos de proporciones de población, India y China están en las posiciones más críticas, ya que concentran aproximadamente las dos terceras partes de la población mundial de bajos ingresos.

Latinoamérica se distingue notablemente de las otras regiones en desarrollo a este respecto. Su tasa de urbanización fue de 74% en 1995. En el caso de México fue de 75%. Estos índices casi alcanzan a las naciones de altos ingresos (78%). Los problemas del medio ambiente urbano y del agua están aún creciendo en Latinoamérica, pero no a un paso comparable con la situación en Asia y África.

### LAS INSTITUCIONES

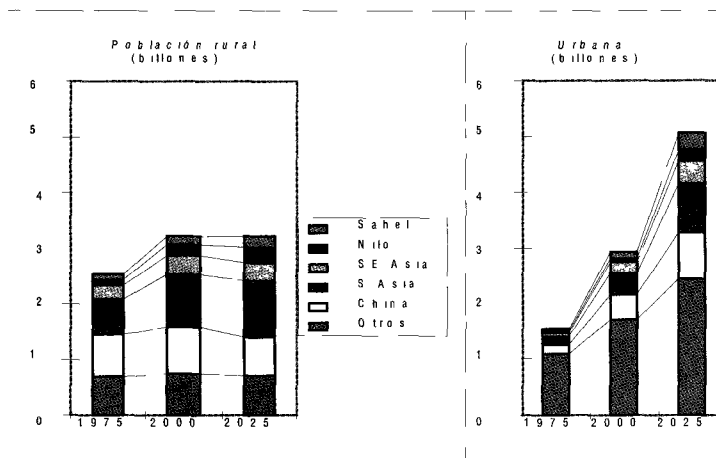
De acuerdo con Reboucas (1998) el problema fundamental del agua en Latinoamérica no es su escasez absoluta –aunque ciertas regiones de México definitivamente presentan excepciones– sino: “... el de instituir mejores y más racionales prácticas de manejo.” Ese autor sigue:

Figura 14  
La población urbana y rural



Fuente: Naciones Unidas (1994).

Figura 15  
La proporción de la población rural del mundo es aún alta, pero la proporción de la población urbana está creciendo rápidamente



Fuente: Naciones Unidas (1994).

“... la urbanización y la industrialización han estado creciendo de manera explosiva [mientras que] los métodos políticos, institucionales y administrativos siguen sin desarrollarse.” A continuación presentaré algunos comentarios sobre el desarrollo institucional.

*La clasificación de las instituciones*

Douglass C. North (1997), uno de los personajes más importantes en la nueva economía institucional, divide a las instituciones en cinco categorías:

- Las instituciones legislativas y ejecutivas proporcionan las reglas formales para la selección de los tomadores de decisiones y para el proceso en sí mismo, incluidos la redacción, revisión e implementación de leyes y regulaciones.
- Las instituciones jurídicas son las responsables de seleccionar los jueces, implementar las leyes y reglamentos, así como otras tareas jurídicas.
- Las instituciones administrativas regulan las actividades burocráticas, incluidas las relaciones públicas, las contrataciones con el sector privado y la asignación de responsabilidades dentro de la burocracia.
- Las instituciones informales son las que tienen que ver con costumbres, valores culturales, religiones y normas de conducta generalmente aceptadas, las cuales limitan la conducta de los individuos y grupos humanos.
- La estructura y carácter de los intereses sociales: las identidades de grupo y sus interrelaciones definidas por la ideología, la cultura, el parentesco y la etnicidad.

La tabla 5 divide las instituciones entre formales e informales. Cualquiera de esas instituciones puede contribuir al desarrollo de una sociedad, sin embargo, pueden ser afectadas por políticas desequilibradas o inadecuadas.

Tabla 5  
Ejemplos de instituciones formales e informales

Formal	Informal
Las instituciones gubernamentales	Los “buenos” modales y costumbres
Las organizaciones no gubernamentales	Las tradiciones
Las organizaciones sociales	La cultura
Las agencias donadoras	Las religiones
La legislación	El conocimiento indígena
El conocimiento profesional/técnico	Los valores y actitudes (la disposición, la buena voluntad, la responsabilidad, la entrega, la confianza...)

Fuente: North, 1997.

Comúnmente las instituciones informales juegan múltiples roles en la sociedad y, entonces, el entendimiento de ellas puede ser un proceso altamente complicado y difícil para un extranjero. En el sur de Asia los papeles mixtos y de gran importancia del sistema de castas, las jerarquías étnicas y las cuestiones de índole religiosa pueden fácilmente representar un tipo de fatalismo que obstaculiza el desarrollo. Sin embargo, ignorar esas materias tiende a hacer que las instituciones formales queden invalidadas (Bista, 1991).

*Aproximaciones arriba-hacia-abajo y abajo-hacia-arriba*

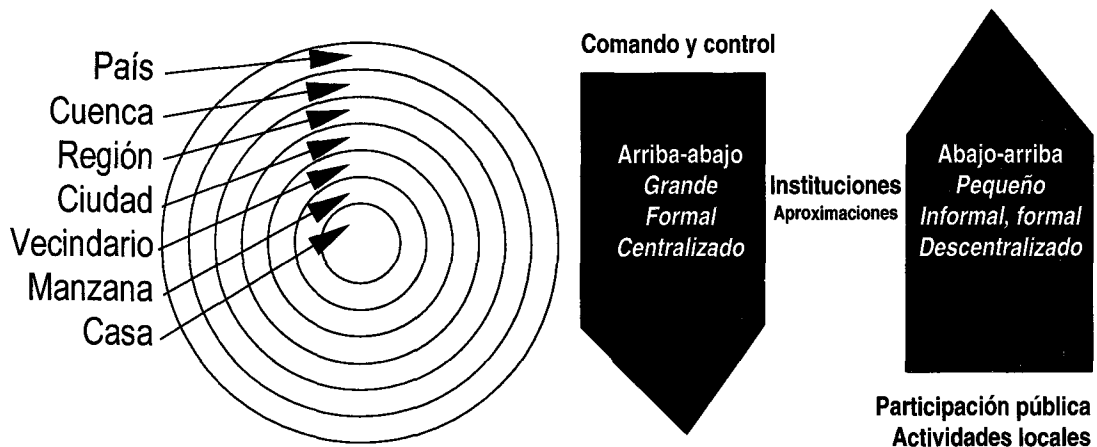
En los diferentes estratos de una sociedad (figura 16) se pueden distinguir dos direcciones opuestas en el flujo de información. Éstas son desde el gobierno hasta los individuos (arriba-hacia-abajo), y a partir de los individuos hacia el gobierno (abajo-hacia-arriba). El acercamiento arriba-hacia-abajo es caracterizado por términos tales como planeación central, comando y control, gobierno, regulaciones, etc. Los términos como participación pública, organizaciones no gubernamentales (ONG), la conciencia pública, la aproximación participativa, etc. son los que a menudo se relacionan con el acercamiento de abajo-hacia-arriba.

Los años recientes han mostrado un desplazamiento en varias agendas hacia el énfasis en el segundo modelo. El Banco Mundial (Serageldin, 1994) sugiere que las decisiones tocantes al agua deben ser tomadas en el nivel más bajo de la sociedad. El papel, como socios en la toma de decisiones que han jugado las organizaciones no gubernamentales, es reconocido cada vez más, aún en las reuniones de alto nivel de las Naciones Unidas como fue HABITAT II en 1996.

Un esquema desafiante es aquel que desarrolla soluciones que permiten la integración de los acercamientos abajo-hacia-arriba (gubernamental) y arriba-hacia-abajo (mercados locales, conciencia pública) en la implementación y control de las decisiones relativas al agua. Es decir, las unidades de decisión concernientes al agua en los distintos niveles verticales de la sociedad (figura 17) deben ser estrechamente vinculadas, no sólo desde el nivel del gobierno

Figura 16

A la izquierda: Los niveles de la toma de decisiones en el sector del agua (Serageldin, 1994).  
A la derecha: el acercamiento arriba-hacia-abajo contrastado con el acercamiento abajo-hacia-arriba, en cuanto a ciertas características seleccionadas



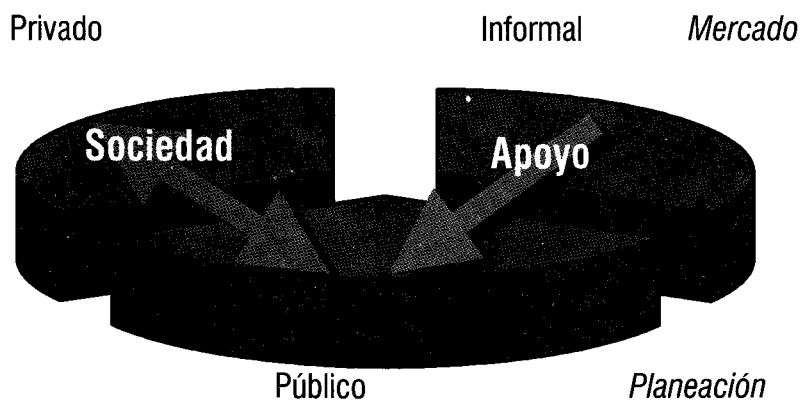
hacia las unidades domésticas, sino también en la dirección opuesta. El acercamiento participativo, que se basa en la conciencia pública y apoya la transferencia de la toma de decisiones hacia el nivel más bajo, parece ocupar un lugar de importancia en muchas agendas, en comparación con el modelo de la planeación central y sectorial que dominó durante las décadas pasadas. Esto representa un gran desafío para la construcción de las instituciones, especialmente en muchas naciones del Tercer Mundo donde las instituciones informales como son las organizaciones no gubernamentales, las asociaciones de vecinos, las empresas particulares y hasta las unidades domésticas, deberían aceptar el compromiso y ser incorporadas en los procesos de toma de decisiones.

En la discusión más general sin embargo, hay la tendencia a olvidar la dirección horizontal de la sociedad; es preciso contar con suficiente "cohesión social" como para mantener a la sociedad integrada. Es decir, las unidades sociales que están en el mismo nivel también deberían trabajar en forma conjunta e integrarse entre sí.

### CONCLUSIONES

En este ensayo he presentado un panorama general de la situación actual del agua, medio ambiente y desarrollo en un marco global que a la vez relaciona a México con ese contexto. La tarea es enorme y uno no puede evitar hacer simplificaciones. Me he apoyado en una revi-

Figura 17  
Interconexiones positivas entre los sectores público, privado e informal. Los sectores público y privado deberían trabajar en sociedad y el sector informal debería apoyar al sector público



sión de las estadísticas y los indicadores de desarrollo que, a pesar de su naturaleza a veces agregada y simplista, revelan muchos aspectos interesantes para los análisis comparativos. Además, he aprovechado para analizar los resultados de las evaluaciones globales de la escasez y la vulnerabilidad de los recursos hídricos.

### *El desarrollo del agua en México*

En términos de su economía México pertenece a los países conocidos como de ingreso medio. Su PIB *per capita* está cerca del promedio mundial, pero los mexicanos pertenecen al 20% de la población más rica. Esta última es una estadística promedio que se apoya en datos a nivel nación. México enfrenta un problema severo de pobreza y el porcentaje de personas que viven en la pobreza absoluta (30%) es igual al índice promedio de todos los países en desarrollo, aun cuando la mayoría de dichos países son notablemente más pobres.

La pobreza y la desigualdad en la distribución de los ingresos son obstáculos importantes para el desarrollo sustentable. Aún cuando ambas, tanto la riqueza –en la forma del incremento en el consumo de recursos– como la pobreza, crean problemas ambientales, la primera cuenta con mucho mayor capacidad para resolver o, incluso, prevenirlos.

Uno de los cimientos más importantes para la resolución de los problemas ambientales y sociales es el desarrollo humano que incluye materias tales como la educación, el alfabetismo, la salud y la riqueza. Al tiempo que las estadísticas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP con sus siglas en inglés) revelan un desarrollo constante y más bien rápido en los indicadores del desarrollo humano, la situación aún dista mucho de ser buena en numerosas regiones del mundo. México, al parecer ha avanzado en este rubro, ya que pertenece a un tercio de las naciones del mundo con altos niveles de desarrollo humano.

Las presiones sobre los recursos naturales son mucho más fuertes en México que en la mayor parte de las naciones de Latinoamérica. Esto se debe a su densa población, tasa de crecimiento demográfico y escasez de recursos básicos, especialmente del agua. Sin embargo, cuando se relaciona la disponibilidad de sus recursos hídricos con el tamaño de su población el resultado está por encima del promedio mundial, y un gran número de países están en condiciones peores que México. Se puede aplicar el mismo argumento a su capacidad económica y a sus recursos humanos. Además, México ya ha vivido la mayor parte del proceso de urbanización que las naciones de África y Asia apenas están enfrentando hoy en día.

Los retos que enfrenta México para resolver los problemas concernientes al aprovechamiento del agua y protección ambiental son grandes. Comencé mi ensayo con una anécdota donde en muchos aspectos México se aproxima a los índices promedios del resto del mundo. De hecho, en varias materias se encuentra muy por arriba de dichos promedios. Esto significa que en el nivel global los retos son aún más difíciles. Hice referencia a cinco regiones para demostrar sus situaciones críticas y cómo esas áreas se diferencian de México. Dichas regiones fueron China, el sur de Asia, el sureste de Asia, la cuenca del río Nilo y la región del Sahel/África occidental. La búsqueda de un desarrollo sustentable no debe perderse de vista, los problemas crecen a una velocidad alarmante en todo el mundo. Entre más grave es la situación, más difíciles son las soluciones. Sin embargo, México está en una situación relativamente buena con relación a la mayoría de sus indicadores.

*Las evaluaciones globales: debemos seguir rompiendo fronteras*

En lo personal considero que queda bastante por hacer en el desarrollo de las evaluaciones globales contemporáneas, tales como las de Kulshreshtha (1993), Shiklomanov (1993) y SEI (1997). Arguyo que padecen en general de más inexactitudes y mayor incertidumbre que lo que los mismos informes reflejan, y que no prestan suficiente atención a las diferentes interconexiones al interior de muchos de los factores que impulsan el desarrollo. Se puede percibir esto fácilmente cuando se comparan las evaluaciones entre sí. Además, hay mucho espacio para aumentar la naturaleza interdisciplinaria de dichos estudios. Estos factores son imprescindibles si se pretende aumentar la aplicabilidad de los estudios en la orientación y análisis de políticas. La importancia de los estudios globales es indudable, pero aún existen grandes desafíos relacionados en parte con las aproximaciones y metodologías utilizadas.

Nuestro estudio –aún en proceso– analiza las varias interconexiones entre el agua, la alimentación, la pobreza y la urbanización como fenómenos globales. Se seleccionaron 45 variables, incluidas las teorías de desarrollo, las fuerzas impulsoras, los impactos sobre el agua, el suelo, la socioeconomía y las herramientas del desarrollo de políticas, para dar lugar a un análisis de las conexiones interdisciplinarias, factor por factor.

Las cinco regiones claves ya mencionadas están siendo sometidas a un examen más detallado. El horizonte de tiempo abarca desde el año de 1970 hasta la actualidad, y de ahí hasta el año 2025. Este horizonte proporciona un marco temporal para el análisis del desarrollo sustentable y de sus implicaciones para la elaboración de políticas que abarca el lapso desde una generación en el pasado hasta una generación en el futuro.

Se emplea una técnica de computación basada en una red de distribuciones de probabilidades interconectadas a fin de evaluar la situación de varias regiones del mundo en una forma más analítica. Dicho acercamiento se apoya en un esquema de evocación de juicios, conocido como la teoría de Bayes (Varis y Kuikka 1997; Kuikka *et al.*, 1997), que tiene sus raíces en la inteligencia artificial. Detalles adicionales de este estudio y sus antecedentes pueden verse en Varis (1997, 1998a, 1998b), Varis y Somlyódy (1997), Vakkilainen y Varis (1998a, 1998b).

*Los estudios deben ser más interdisciplinarios*

Cada vez será más difícil satisfacer la creciente demanda de agua a partir de un suministro en franco deterioro. Las decisiones y actitudes concernientes a las soluciones del problema de las capacidades, tales como el desarrollo humano, la configuración de las instituciones, la infraestructura del agua y otros asuntos tecnológicos en el contexto de los constreñimientos económicos y sociales, constituyen retos para los cuales no hay respuestas simples.

La problemática del agua no sólo tiene que ver con el riego, la energía hidroeléctrica, el suministro de agua y la sanidad, sino con todos estos factores y muchos más. Además de los aspectos científicos y de ingeniería, es una problemática en gran medida de naturaleza política, social y económica. El sector del agua ha sido dividido tradicionalmente en ramas estrechas que compiten entre sí; pero durante los últimos diez años se ha visto una creciente inquietud por una gestión integrada del agua y con una visión global e interdisciplinaria. El



desafío para los profesionales del agua es el enorme crecimiento en la complejidad de la resolución de los problemas, debido a estos nuevos requerimientos.

Este ensayo subraya la importancia que tienen varias incógnitas en las evaluaciones globales del agua, alimentación, población, economía y desarrollo social. Existen visiones muy diversas de la situación actual relativa a esas materias, y las proyecciones al futuro están sujetas a marcadas inconsistencias. Los factores de importancia a considerar son: la inestabilidad política y su naturaleza impredecible; las variaciones hidrológicas y climáticas y sus probables desviaciones del comportamiento observado; el desarrollo económico y las amenazas ambientales, incluidos el deterioro de suelos y cuencas. El mensaje fundamental, sin embargo, está claro: hay una presión sobre los recursos naturales que está creciendo rápidamente y hay un tiempo reducido para enfrentar los problemas, lo que hace todo más difícil.

Es necesario un enfoque interdisciplinario en las evaluaciones globales. El agua debe ser considerada en su relación más estrecha con los elementos sociales, económicos, financieros, ambientales, políticos e institucionales, a fin de acercar el análisis al diseño de las políticas. Se precisa de estudios comparativos que abarquen varios aspectos de la problemática. Está claro el desafío metodológico para abordar la incertidumbre y la naturaleza y complejidad de los estudios interdisciplinarios.

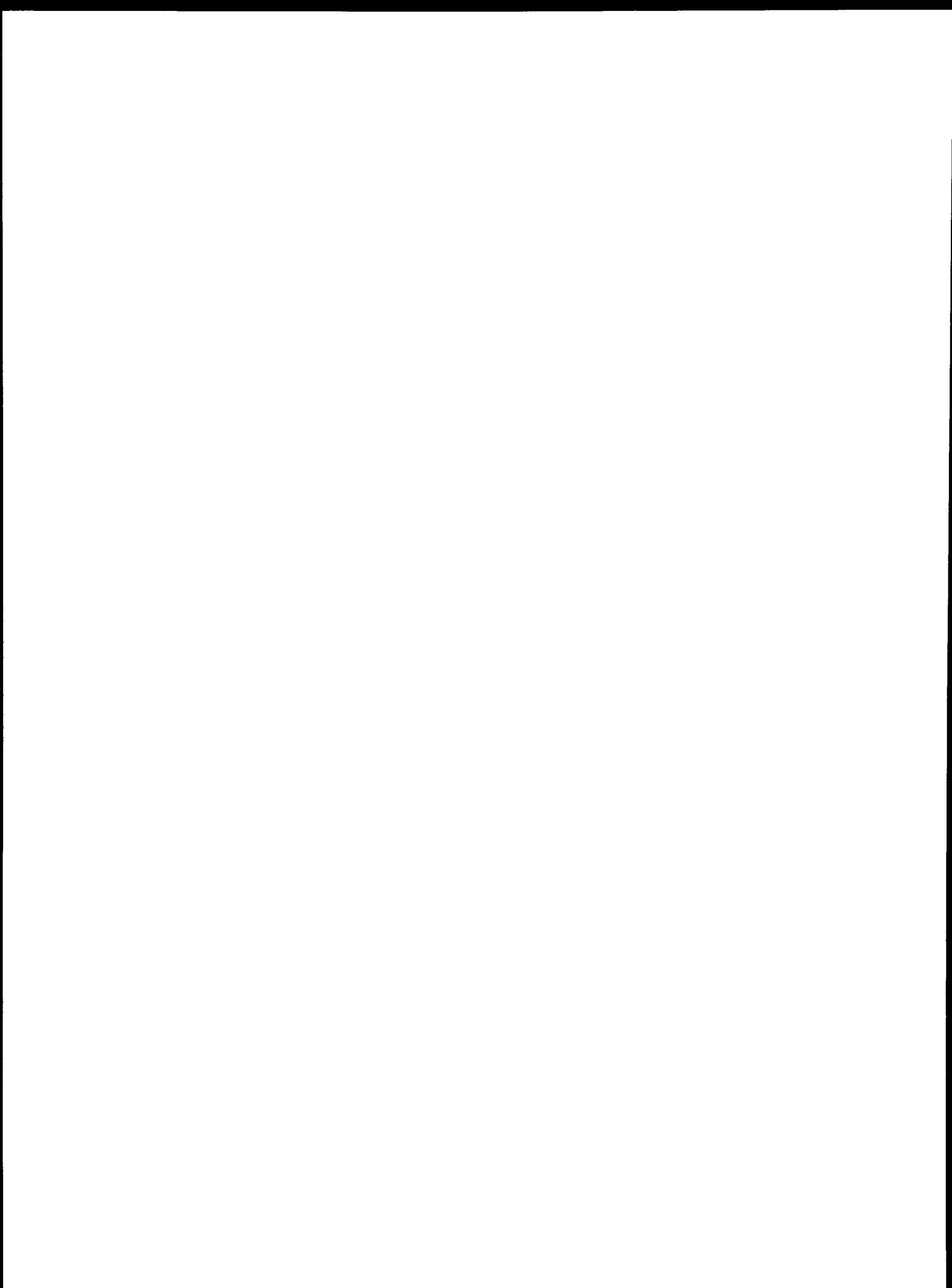
#### BIBLIOGRAFÍA

- ALEXANDRATOS, N., *World Agriculture: Towards 2010 – an FAO Study*, FAO, Roma y Wiley, Chichester, 1995.
- ÁVILA, P., *Escasez de agua en una región indígena: El caso de la Meseta Purépecha*, Zamora, El Colegio de Michoacán, 1996.
- BANCO MUNDIAL, *World Development Indicators 1997 on CD-ROM*, Washington, The International Bank for Development and Reconstruction / The World Bank, Washington, 1997.
- BROWN, L. B., *Tough Choices, Facing the Challenge of Food Scarcity*, Nueva York y Londres, Worldwatch/Norton, 1996.
- CAMBERLIN, P., "Rainfall Anomalies in the Source Region of the Nile and their Connection with the Indian Summer Monsoon", en *J. Climate*, núm. 10, 1997, pp. 1380-1392.
- COLE, J.E., R. G. FAIRBANKS y G. T. SHEN, "Recent variability of the Southern Oscillation: Isotopic results from a Tarawa Atoll coral", en *Science*, núm. 260, 1993, pp. 1790-1793.
- DRAKAKIS-SMITH, D., *The Third World City*, Routledge, Londres, 1987.
- FALKENMARK, M. y Lindh, G., *Water for a Starving World*, Westview Press, Boulder, Colorado, 1976.
- FALKENMARK, M. y Lindh, G. "Water and Economic Development", en Gleick P. H. (ed.), *Water in Crisis*, Nueva York, Oxford University Press, Nueva York, 1993, pp. 80-91.
- FAO, *Climate and Food Security*, Roma, World Food Summit, 1996, 13-17 de noviembre Fact Sheet. FAO, Roma y UNCHS, Nairobi, 1996.
- GEMS/WATER, *Water Quality*, Earthwatch/WHO/UNEP, 1991.

- HARRISON, D. E. y N. K. LARKIN, "Darwin sea level pressure, 1876-1996: Evidence for climate change?", en *Geophys. Res. Ltrrs*, núm. 24, 1997, pp. 1779-1782.
- IFPRI, *The World Food Situation, Recent Developments, Emerging Issues, and Long Term Prospects*, Washington, The International Food Policy Research Institute, 1997.
- ILEC, *Compact-size Edition of Data Book of World Lake Environments. Asia and Oceania*, ILEC, Kusatsu, 1995.
- IPCC, *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- , *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*, A Special report of IPCC Working Group II, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- IZMAILOVA, A.V. y Moiseenkov, A. I., "Water resources and water availability in the countries of Central America and the Caribbean at present and in the future, taking into account possible climate change", en Lemmelä, R. y Helenius, N. (eds.), *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Conference on Climate and Water*, 17-20 agosto, Helsinki, 1998.
- JALAL, K.F., "Sustainable development, environment, and poverty nexus", en *Occasional Papers*, núm. 7, Asian Development Bank, Manila, 1993.
- KATZ, R.W. y B. G. BROWN, "Extreme events in a changing climate: variability is more important than averages" en *Climatic Change*, núm. 21, 1992, pp. 289-302.
- KRAEMER, D., *Water Related Activities of WMO and the Follow-up to UNCED*, Ginebra, World Meteorological Organization, 1994.
- KUIKKA, S., S. HANSON, M. HILDÉN, H. SPARHOLT y O. VARIS, *Objectives and Uncertainties in Fisheries Management with Emphasis on Three North Atlantic Ecosystems*, Norges forskningsråd, Universitet Bergen, The Institute of Marine Research, Norsildmel, Norges Sildesalgslag, Bergen, 1997, p. 8.
- KULSHRESHTHA, S., *World Water Resources and Regional Vulnerability: Impacts of Future Changes*, RR-93-10, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, 1993.
- MCCUTCHEON, S. C., J. L. MARTIN y T. O. BARNWELL, "Water quality", en D. R. Maidment, (ed.), *Handbook of Hydrology*, Nueva York, McGraw-Hill, 1992.
- NACIONES UNIDAS, *World Population 1994*, United Nations, Nueva York, 1994.
- NAFZIGER, E. W., *The Economics of Developing Countries*, 3<sup>rd</sup> Ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, Nueva Jersey, 1997.
- NORTH, D. C., *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
- POSTEL, S., "Water and agriculture", en Gleick, P.H. (ed.), *Water in Crisis*, Oxford, Nueva York, 1993.
- POSTEL, S., G. C. DAILY, y P. R. EHRLICH, "Human appropriation of renewable fresh water", en *Science*, núm. 271, 1996, pp. 785-788.
- RAJAGOPALAN, B., U. LALL, y M. A. CANE, "Anomalous ENSO occurrences: An alternative view", en *J. Climate*, núm. 10, 1997, pp. 2351-2357.
- REBOUCAS, A. C., "Outlines of water crisis in Latin America", en Zebidi, H. (ed.), *Water: A Looming Crisis*, París, UNESCO/IHP, 1998.

- SANDWEISS, D. H., "The beach ridges at Santa, Peru: El Niño, uplift and prehistory", en *Geoarcheol*, núm. 1, 1986, pp. 17-28.
- SEI, *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World – Water Futures: Assessment of Long-Range Patterns and Problems*, Estocolmo, Stockholm Environment Institute, 1997.
- SERAGELDIN, I., *Water Supply, Sanitation, and Environmental Sustainability, the Financing Challenge*, Washington, The World Bank, 1994.
- SHIKLOMANOV, I.A., "World fresh water resources" en Gleick, P.H. (ed.), *Water in Crisis*, Nueva York, Oxford University Press, 1993.
- \_\_\_\_\_, "Global renewable water resources", en Zebidi, H. (ed.), *Water: A Looming Crisis*, París, UNESCO, 1998.
- SOMLYÓDY, L., D. YATES, y O. VARIS, "Freshwater management: problems and challenges", en M. Zalewski, F. Schimer, y J. Thorpe, (eds.), *Fish and Land/Inland Water Ecotones*, Man and the Biosphere Series, París, UNESCO, 1998.
- STOCKDALE, T. N., D. L. T. ANDERSON, J. O. S. ALVES y M. A. BALMASEDA, "Global seasonal rainfall forecasts using a coupled ocean-atmosphere model", en *Nature*, núm. 392, 1998.
- TAKEUCHI, K., A. W. JAYAWARDENA, y Y. Takahasi, *Catalogue of Rivers for Southeast Asia and the Pacific*, vol. I, UNESCO/IHP, Hong Kong, 1995.
- THANH, N. C. y D. Tam, "Surface water quality management", en N. C. Thanh y A. K. Biswas (eds.), *Environmentally Sound Water Management*, Delhi, Oxford University Press, 1990.
- TRENBERTH, K. E. y T. J. HOAR, "The 1990-1995 El Niño-Southern Oscillation event: longest on record", en *Geophys. Res. Ltrrs*, núm. 23, 1996, pp. 57-60.
- \_\_\_\_\_, "El Niño and climate change", en *Geophys. Res. Ltrrs*, núm. 24, 1997, pp. 3057-3060.
- UNDP, *Human Development Report*, Nueva York, United Nations Development Program/Oxford University Press, 1994.
- UNICEF, *The State of the World's Children*, Oxford, Oxford University Press, 1998.
- VAKKILAINEN, P. y O. VARIS, "Water in the hungry, poor, and urbanizing world—a focus on uncertainty and interdisciplinarity", en H. Zebidi (ed.), *Water: A Looming Crisis*, París, UNESCO, 1998a.
- \_\_\_\_\_, "Will water be enough, will food be enough?", en *Technical Report*, París, UNESCO, 1998b.
- VARIS, O. y S. KUIKKA, "Uncertainties of climatic change impacts on Finnish watersheds: a Bayesian network analysis of expert knowledge", en *Boreal Environment Research*, vol. 2, núm. 1, 1997, pp. 109-128.
- VARIS, O., "Interconnections on water, food, poverty, and global urbanization: a qualitative analysis on driving forces, impacts, and policy tools", en *Proceedings. International Conference on Large-Scale Water Management in Developing Countries*, CR35-CR42, Nepal, Kathmandu, 1997, octubre 20-23.

- \_\_\_\_\_ “Water and Third World cities: the expanding puzzle”, en *Research in Progress RIP16*, United Nations University/World Institute for Development Economics Research, Helsinki, 1998a.
- \_\_\_\_\_ “What if the trade winds and monsoons change?”, en Lemmelä, R. y Helenius, N. (eds.), *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Conference on Climate and Water*, 17-20 agosto 1998, Helsinki, 1998b.
- VARIS, O. y L. SOMLYÓDY, “Potential impacts of climatic change on lake and reservoir water quality”, en Z. Kaczmarek, K. Strzepek, L. Somlyódy, y V. Pryazhinskaya (eds.), *Water Resources Management in the Face of Climatic /Hydrologic Uncertainties*, IIASA, Dordrecht, Laxenburg/Kluwer Academic Publishers, 1996.
- \_\_\_\_\_ “Global urbanization and urban water: can sustainability be afforded?”, en *Water Science and Technology*, vol. 35, núm. 9, 1997, pp. 21-32.
- WHETTON, P. y I. Rutherford, “Historical ENSO teleconnections in the eastern hemisphere”, en *Climatic Change*, núm. 28, 1994, pp. 221-253.



## PATRONES DE PRECIPITACIÓN EN AÑOS "EL NIÑO": SU EFECTO EN LA AGRICULTURA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO

Mario Tiscareño, Norman J. Rosenberg,  
Guillermo García y Ariel Ruiz<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos y el suministro de agua son por lo general los rubros más afectados ante la presencia de eventos climáticos extremos que caracterizan el clima de nuestro país. Por ejemplo, las sequías reducen la disponibilidad del agua para uso doméstico, restringen el riego agrícola, minimizan la productividad de los cultivos, incrementan la susceptibilidad de los ecosistemas a los incendios forestales, y la generación de energía eléctrica se limita a niveles básicos de operación.

En México, 15 millones de hectáreas se cultivan bajo temporal y se encuentran determinadas en un gradiente climático que va desde 200 a 2 000 mm de lluvia durante la época de crecimiento de los cultivos. El volumen y patrón de distribución de la precipitación determinan en gran medida la productividad de los sistemas de producción temporales. Por otra parte, cerca de cinco millones de hectáreas se cultivan bajo condiciones de riego, a través de: el agua almacenada en las 137 presas del país con capacidad de 120 km<sup>3</sup> de agua; la extracción de agua subterránea por 300 mil pozos; y el reciclaje de aguas domésticas que irrigan aproximadamente 400 mil hectáreas. Asimismo, 20 presas generan alrededor de 28% de la energía eléctrica que el país consume (INEGI, 1994).

Las sequías son quizá el ejemplo más palpable de la presencia de eventos climáticos extremos, sin embargo, existen otras variantes del clima que afectan a la agricultura, recursos naturales y la seguridad de la población en general, tales como: inundaciones, granizadas descomunales, vientos excesivos ocasionados por ciclones y huracanes, heladas tempranas y tardías, inviernos cálidos, etc. Estos eventos climáticos extremos resultan de la inherente variabilidad climática a que están sujetas las diversas regiones del Mundo.

Pero también es importante hacer notar que el cambio ocurrido en el último siglo en el uso del suelo, ha provocado una reducción significativa de la cobertura vegetal proveída por los ecosistemas naturales. El deterioro de ecosistemas naturales ha provocado que los impactos de eventos climáticos se exacerben en perjuicio de la humanidad, debido a que funcionan

1. Mario Tiscareño, Investigador del Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). Norman J. Rosenberg, Battelle, Pacific National Northwest Laboratory. Guillermo García, Campo Experimental Calera, INIFAP. Ariel Ruiz, Centro Regional de Investigaciones del Pacífico Centro-INIFAP.

como amortiguadores hidrológicos ante la presencia de eventos climáticos extremos. De 1960 a 1990, México deforestó 75% de sus bosques tropicales y 12% de los bosques templados (World Resources Institute, 1994).

Frente a la incertidumbre en la frecuencia, magnitud e impacto económico asociados a la incidencia de eventos climáticos extremos, durante las tres últimas décadas se han desarrollado investigaciones científicas. Estas se han orientado a identificar y explicar las causas que originan desviaciones significativas de precipitación y temperatura del patrón climático regular en varias regiones del planeta. Predicciones a corto y mediano plazo de las desviaciones o anomalías de precipitación y temperatura, dan la posibilidad de establecer estrategias que minimicen el impacto de eventos climáticos extremos en el sector agropecuario y forestal del país y sus consecuentes daños socioeconómicos.

Estudios en la materia han identificado que la variabilidad interanual de la temperatura de las aguas superficiales del océano Pacífico Ecuatorial se encuentra correlacionada con la incidencia y persistencia de anomalías atmosféricas regionales y globales. Por ejemplo, el sobrecalentamiento de las aguas del Pacífico Ecuatorial y las oscilaciones en la presión barométrica del Pacífico Sur originan condiciones de excesiva humedad y sequías sobre el continente americano. Este fenómeno es conocido como "El Niño Oscilación del Sur" (ENOS) y, cuando esto sucede, los patrones globales de precipitación y temperatura son alterados (Rompelewsky y Halpert, 1986).

#### EL FENÓMENO "EL NIÑO" OSCILACIÓN DEL SUR

"El Niño Oscilación del Sur" se caracteriza por un incremento en la temperatura del agua superficial del océano Pacífico Tropical (figura 1); un abatimiento del contenido nutrimental de las aguas (plancton) a lo largo de la costa de Sudamérica con la consecuente disminución de importantes especies marinas; y cambios en la dirección de los vientos creando condiciones climáticas poco comunes alrededor del mundo (Rasmusson, 1985).

Es importante señalar que desde principios del siglo veinte este fenómeno fue observado. Los pescadores peruanos lo asociaron con una reducción significativa del volumen de pesca que coincidía de manera extraña con un calentamiento de las aguas del mar. Debido a que el fenómeno llegaba a su máxima intensidad alrededor de la Navidad, estos pescadores lo denominaron "El Niño", en conmemoración al nacimiento de Jesús por la época del año en que ocurría.

Por otra parte, se ha encontrado que los ciclos cálidos y fríos observados en las aguas del Pacífico Oriental, a la altura de las costas del Perú, causan marcados cambios en la presión del aire a nivel del mar. Estos cambios son cuantificados mediante el Índice de Oscilación del Sur (IOS), que es la diferencia en presión barométrica entre la ciudad de Darwin, ubicada al norte de Australia, y la isla de Tahití en la Polinesia francesa. El IOS se correlaciona con la temperatura de las aguas superficiales del Este y Centro del océano Pacífico Tropical. Cuando el IOS adquiere valores negativos, ocurre una condición cálida denominada "El Niño". Cuando el IOS es positivo prevalece una temperatura por debajo de lo normal que se denomina "El Viejo" o "La Niña" (figura 2). "El Niño" ocurre con cierta regularidad (periodos de retorno de

dos a nueve años) y usualmente persiste durante uno o dos años una vez que se presenta. Sin embargo, hay mucha variabilidad en su ocurrencia, intensidad y duración (Kerr, 1993).

De acuerdo con el *National Drought Mitigation Center* de los Estados Unidos de Norte América, la ocurrencia de eventos El Niño corresponden a episodios climáticos globales vinculados a desviaciones climáticas regionales (figura 3). No todas las anomalías, aún en años "El Niño", son consecuencia del mismo fenómeno. Evidencias estadísticas demuestran que "El Niño" origina hasta 50% de la variación interanual de la precipitación en el este y sur de África (Ogallo, 1994), y muchos de los eventos extremos, tales como inundaciones, sequías y huracanes, tienen fuerte teleconexión con eventos "El Niño". Las teleconexiones son interacciones atmosféricas entre regiones del planeta que están geográficamente muy distantes.

Las señales "El Niño" son siempre bien definidas, particularmente en el continente americano, son más fuertes en México, Centro y Sudamérica y también son más fuertes en el invierno que en el verano; sus efectos fueron inconfundibles en "El Niño" ocurrido entre 1982 y 1983. El sur de Estados Unidos, desde California hasta Florida, y porciones del norte de México, experimentaron temperaturas más altas de lo normal, fuertes tormentas se abatieron sobre las costas de California y hubo inundaciones en varias partes del sureste. Las condiciones de sequía que prevalecieron durante el verano y otoño de 1982, redujeron los rendimientos de los cultivos y el suministro de agua en los pastizales del norte de México, ocasionaron alta mortandad de ganado. Asimismo, en la región norte-centro del país se perdieron más de 97% de los cultivos de temporal.

Posteriormente durante "El Niño" de 1987, porciones del sur de los Estados Unidos y del norte de México fueron inusualmente húmedas, mientras que gran parte de Alaska y el oeste del Canadá presentaron altas temperaturas. Luego en 1988 se registró la condición "La Niña": Alaska y Canadá fueron extremadamente fríos y el sur de los Estados Unidos fue inusualmente seco. Las condiciones de sequía que prevalecieron en el norte y centro de México ocasionaron pérdidas totales en 80% de los cultivos de temporal. Además se identificó que la recarga pluvial de las presas del noroeste del país se redujo en más de 50%.

#### "EL NIÑO" 1997-1998

Durante la década de los noventa el fenómeno "El Niño" se presentó dos veces. Primeramente hubo un evento muy largo que inició en agosto de 1991 y terminó en septiembre de 1993. Esto fue de moderada intensidad, ya que la anomalía en la temperatura del mar alcanzó la máxima extrema de 1.8°C. El segundo evento persistió la mayor parte de 1997 y el primer semestre de 1998 (14 meses), y fue clasificado como intenso, ya que la anomalía térmica marina alcanzó 3.8°C.

Para muchos investigadores por la manera como se desarrolló, "El Niño" de 1997-1998 fue algo fuera de lo normal. El año de 1997 inició con el SOI ligeramente positivo (12.4), pero a partir del mes de marzo se observó una caída consistente del índice, que reflejó la formación de un nuevo evento. En abril de 1997 la comunidad científica declaró "El Niño" de 1997 (figura 4), como un evento poco común, ya que tiende por lo general a iniciar su



desarrollo en los meses del otoño. "El Niño" continuó creciendo durante el verano de 1997 y en junio el SOI alcanzó su valor mínimo extremo del año (-24.7). Después, el índice varió con una tendencia a valores menos negativos, haciendo suponer que el evento terminaría con el año. Para sorpresa de los científicos, el SOI volvió a caer vertiginosamente en los meses de febrero y marzo de 1998 con posibilidades de que "El Niño" se extendiera a la mayor parte de 1998 y afectara consecuentemente al ciclo agrícola del año. Afortunadamente en mayo de 1998, el SOI retomó valores neutrales indicando así el término de "El Niño" de 1997-1998.

Durante 1997 bajo influencia de "El Niño", la precipitación disminuyó hacia los meses de agosto y septiembre, después de haber iniciado un ciclo agrícola con lluvias oportunas. Aunque en algunas secciones del sureste y centro del país los cultivos de temporal fueron castigados por condiciones de sequía, el año agrícola del país no fue del todo malo. La producción de cultivos básicos en el ciclo Primavera-Verano fue de 19.6 millones de toneladas, o sea 3.4% menos producción con respecto a 1995 y 11.7% menos que en 1996; ambos años sin la influencia de "El Niño" o "La Niña". Desafortunadamente lo peor vendría en los meses invernales.

A mediados de 1997, varias presas del país registraron niveles mínimos históricos, pero existía la esperanza de que las lluvias invernales del noroeste fueran abundantes, dado que anteriores eventos "El Niño" estuvieron asociados con lluvias copiosas en los meses invernales. Si bien "El Niño" 1997-1998 trajo lluvias invernales, éstas mostraron una reducción drástica con respecto a su promedio afectando la recarga de las presas en los distritos de riego del noroeste. De enero a abril de 1998, el país soportó una de las peores sequías en lo que va del presente siglo, provocando bajos niveles de humedad en el suelo y aumentando la vulnerabilidad de los ecosistemas naturales a los incendios forestales (figura 5). Las presas nacionales en el mes de abril disponían de sólo 13 568 millones de metros cúbicos de agua, que representaba 53% del volumen normal del mes (SAGAR, 1998) lo que obligó a reducir la superficie cultivable en los distritos de riego del país (figura 6).

#### ESTUDIOS PARA LA MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS "EL NIÑO"

Estudios en la materia iniciados en el año de 1995, por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal (INIFAP) en colaboración con instituciones internacionales,<sup>2</sup> permitieron identificar los patrones climáticos predominantes bajo la influencia de "El Niño" o "La Niña" y sus impactos en los cultivos básicos de México, Estados Unidos y Canadá (Tiscareño *et al.*, 1998).

Siguiendo el concepto de las teleconexiones, fue posible establecer la influencia de las desviaciones de temperatura del Pacífico Tropical, a causa del fenómeno "El Niño" Oscilación del Sur, con las condiciones climáticas que prevalecen en las diferentes regiones de Norteamérica. Específicamente en México, se analizó la información climática de 275 locali-

2. Como el Consorcio de Modelaje de Recursos Naturales y Economía (NA3E), integrado por Universidad de Alberta, Canadá, *Pacific Northwest National Laboratory*, *Center for Ocean-Atmosphere Prediction Studies (Florida State University)* y *Texas A&M University*, mediante el financiamiento de *National Aeronautics Space Administration (NASA)* y *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.

dades, que se consideraron representativas de las principales regiones agroecológicas del país, para relacionar el clima de cada localidad con las anomalías "El Niño", "El Niño Extremo", "La Niña" y la condición neutral.

Lo anterior permitió identificar los parámetros climáticos del ENOS y aplicar el modelo WXGEN para generar series sintéticas de clima para la condición "El Niño", "El Niño Extremo", "La Niña" y Neutrales, ya que los eventos observados en los últimos 30 años no representan una muestra suficiente en términos estadísticos. Posteriormente utilizando las series de clima, se aplicó un modelo EPIC para simular el crecimiento de los cultivos bajo la influencia climática del ENOS en las diferentes regiones de país, así como para identificar los cambios en el rendimiento de los cultivos.

Modelando el clima y la agricultura, el estudio de Tiscareño *et al.*, (1998), reportó a la comunidad científica los impactos probables del fenómeno "El Niño" en Norteamérica ante su eventual presencia. Sin embargo, fue hasta el ciclo otoño-invierno de 1997-1998 cuando fue necesario ofrecer algunos elementos de toma de decisiones a las organizaciones de productores y los gobiernos estatales y federal ante la presencia de "El Niño" 1997-1998. Esta medida fue adoptada con el fin de contrarrestar la mala interpretación del fenómeno por parte de los agricultores dado que los medios de comunicación auguraban un desastre agrícola total en el noroeste del país por la incidencia de lluvias torrenciales en el ciclo Otoño-Invierno. Posteriormente, la prolongada sequía del primer semestre de 1998, hizo suponer que el ciclo Primavera-Verano también sería afectado por "El Niño" y que la mayor parte del territorio nacional sería afectado por sequías.

#### EL CLIMA Y LA AGRICULTURA DE MÉXICO BAJO LA INFLUENCIA DE "EL NIÑO"

El impacto del fenómeno "El Niño" en el clima de México tiene patrones bien definidos que causan deficiencias o excesos de lluvias en determinadas regiones del país. Como predominan dos estaciones lluviosas, una en Primavera-Verano y la otra durante los meses invernales, la discusión se centra en las anomalías en la precipitación invernal que ocurre de noviembre a enero y en la del verano de julio a septiembre cuando se desarrollan los cultivos temporales.

La figura 7 presenta las anomalías en precipitación del trimestre noviembre a enero para la condición "El Niño", época en que las lluvias invernales son de importancia para la recarga de las presas del noroeste del país. Los colores representan desviaciones de la precipitación respecto a la media del periodo. Los inviernos "El Niño" están asociados con grandes eventos lluviosos en el noroeste y ciertas secciones del norte-centro del país. Sin embargo, parte del sureste y centro del territorio nacional están sujetos a reducciones significativas en la precipitación. Durante el verano, "El Niño" ocasiona bajas en la precipitación en el norte del país mientras que en el sureste la lluvia varía de normal a sequía por reducciones de 25% con respecto a la media del periodo julio-septiembre (figura 8).

Los efectos de las anomalías en la precipitación en los cultivos están representados por una gran variabilidad espacial y temporal, esto es que la baja en la precipitación varía entre regiones y que dicha baja puede deberse a retrasos en las lluvias con relación al inicio

normal de éstas. La figura 9 presenta las estimaciones del modelo de cultivos en la reducción del rendimiento de maíz de temporal en el sureste. Es importante hacer notar, que en el sur del país el ciclo de cultivos inicia en los meses de enero a marzo y que "El Niño" reduce significativamente las lluvias en esta región, situación que daña a los cultivos aunque la precipitación se normalice en el verano. En el sureste las bajas esperadas en los rendimientos de maíz de temporal van de 4.2 a 23.3% con respecto a la media de producción. En otras regiones donde el ciclo de lluvias comienza más tarde, el retraso de las lluvias es menos preocupante. En Jalisco se detectó que el rendimiento de maíz de temporal incrementa en 1.5% en los años "El Niño", pero el retraso de las lluvias es de sólo tres semanas en promedio. Esto se debe en parte a huracanes que entran por el litoral del Pacífico.

Los estados de la región norte-centro como Durango, San Luis Potosí y Zacatecas que reciben la lluvia del verano por la incidencia de los huracanes tienden a ser afectados en los años "El Niño" (figura 10) los cuales están asociados con sequías inter-estivales. 60% de la producción nacional de frijol proviene de los estados de Durango y Zacatecas, pero ante la presencia de "El Niño" los rendimientos pueden bajar de 5 a 43%.

Tomando como base el estudio de Tiscareño *et al.* (1998), la SAGAR pudo detectar las consecuencias del fenómeno climático en los cultivos y emitir un pronóstico agrícola. Con la aplicación del modelo EPIC se detectó que habría una baja en la producción nacional de maíz de uno a dos millones de toneladas del grano y en frijol alrededor de 150 mil toneladas. Es importante mencionar que el estudio permitió dar un paso significativo en el proceso de toma de decisiones por parte del gobierno federal para definir la asignación de subsidios y seguros agrícolas. Esto es porque en administraciones anteriores, los cálculos de los impactos por sequías se hacían con base en la experiencia del personal de la SAGAR. Ahora es posible identificar las áreas que podrán ser afectadas al menos con seis meses de anticipación mediante la aplicación del método generado.

Otro aspecto interesante detectado por el estudio es que, en mayor o menor grado, cada año la producción nacional agrícola es afectada al menos por una sequía en alguna región del país. Del territorio nacional 85% está comprendido en regiones áridas y semiáridas, donde la evapotranspiración excede la precipitación. Esto explica el porqué muchos estados deben cambiar el patrón de cultivos agrícolas. Un ejemplo de esto es el estado de Michoacán, donde actualmente se cultivan 410 mil hectáreas de maíz de temporal y se obtiene un rendimiento medio de 1.8 ton/ha. Sin embargo, las condiciones de clima y suelo definen que solamente es posible cultivar alrededor de 104 mil hectáreas, que con la aplicación de tecnología apropiada tendría rendimientos de 5.5 ton/ha. Entre los cultivos que pueden considerarse para dar el cambio está el frijol, ya que en Michoacán solamente se cultivan dos mil hectáreas y existe potencial para 238 mil e incrementar los rendimientos de 0.6 a 2 ton/ha (figuras 11 y 12).

Finalmente, se identificó que los impactos del ENOS en los recursos naturales, varía entre sus diferentes condiciones, "El Niño" o "La Niña", y la magnitud depende de la región agroecológica. Esto pudo constatare por la erosión de suelo resultante en los terrenos de cultivo durante los años "El Niño". La figura 13 presenta las pérdidas de suelo resultantes de tormentas "El Niño", "El Viejo" y un estado neutro del ENOS; las regiones tropical húmeda y semiárida son representadas por unidades de producción de maíz ubicadas en los estados de Tabasco y Aguascalientes, respectivamente. En el caso de la región tropical húmeda no hay

un patrón definido sobre la condición del ENOS que causa la mayor erosión; sin embargo, en la región semiárida gran parte de la erosión en los terrenos agrícolas se debe a años "El Niño", los cuales están caracterizados por tormentas de gran intensidad lluviosa, poca duración y limitadas en extensión. Aparentemente la precipitación en los años "El Niño" supera a los años "El Viejo" y neutro; sin embargo esto se debe a que pocas tormentas descargan gran parte del volumen de la precipitación total anual. En general, se ha observado que existe un patrón en el incremento de la erosión conforme las regiones agroecológicas son más secas, lo cual indica que "El Niño" afecta de manera significativa a las regiones con un alto grado de desertificación. Esto también explica el porqué en los años "El Niño" se presentan más inundaciones y pérdida de vidas humanas.

#### CONCLUSIONES

Los últimos avances tecnológicos en las ciencias atmosféricas y agrícolas han permitido detectar que el fenómeno de "El Niño" tiene efectos directos en el clima y la agricultura de México; además gran parte de las sequías y excesos de humedad, que frecuentemente los agricultores observan, pueden ser explicados por la presencia del fenómeno. Aunque ya se han detectado los patrones climáticos que predominan en los años "El Niño", el fenómeno posee una gran variabilidad espacial y temporal, ya que las regiones son afectadas de manera diferente por el volumen y la oportunidad de la lluvia. Esto también indica que todos "Los Niños" son diferentes y no se pueden tomar los impactos de un "Niño" histórico en lo que pueda suceder en un nuevo evento.

Las predicciones climáticas y los impactos en los cultivos por el modelo fueron corroboradas posteriormente con los datos de campo, lo que indica que se cuenta con método de trabajo que se puede aplicar al menos con seis meses de anticipación con base en las lecturas del "Índice de Oscilación del Sur" en el océano Pacífico Tropical.

Sin embargo, el estudio también indica la urgente necesidad de dar un cambio a la agricultura nacional a través de la ubicación de cultivos en ambientes agroecológicos que permitan incrementar la productividad. Este cambio debe considerar varios aspectos sociales de tal manera que sea un beneficio real para el campesino mexicano. La historia de la agricultura nacional nos indica que la imposición de tecnología a los agricultores ha traído serios fracasos y reveses en la producción de alimentos, además incrementa el deterioro de los recursos naturales.

México, por su posición geográfica, será uno de los países que más sufrirán por el calentamiento de la Tierra en los próximos 100 años. El proceso de desertificación se acelerará y se exacerbarán los impactos de los eventos climáticos extremos en la población y la producción de alimentos. Por lo que también es urgente readaptar nuestra agricultura a las futuras condiciones del clima y lograr la autosuficiencia en la producción de alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, *Agenda Estadística, Estados Unidos Mexicanos 1994*, México, INEGI, 1994.
- KERR, R., "El Niño metamorphosis throws forecasters", en *Science*, núm. 262, 1993, pp. 656-657.
- OGALLO, L. A., "Validity of the ENSO-related impacts in eastern and southern Africa", en *Usable Science: Food Security, Early Warning, and El Niño*, pp. 179-184, (Nairobi) UNEP y (Boulder) NCAR, 1994, pp. 179-184.
- RASMUSSEN, E.M., "El Niño and variations in climate", en *American Scientist*, núm. 73, 1985, pp. 168-173.
- ROPELEWSKY, C. F., y M. S. HALPERT, "North American precipitation and temperature patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation (ENSO)", en *Monthly Weather Review*, 1986, pp. 52-62.
- SAGAR (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural), *El impacto del clima en el sector agropecuario*, manuscrito de conferencia de prensa ofrecida por el Sr. Secretario Ing. Románico Arroyo Marroquín, Mayo 1998.
- TISCAREÑO L., M., N. J. ROSENBERG, D. M. LEGLER, A. RUÍZ, R. SHRINIVASAN, R. A. BROWN, G. GARCÍA, M. VELÁZQUEZ y C. IZAURRALDE, "Algunos efectos del fenómeno climático El Niño en la agricultura mexicana", en *Ciencia y Desarrollo*, CONACYT, vol. XXIV, núm. 139, México, 1998, marzo-abril, pp. 5-13.
- World Resources Institute, *A Guide to the Global Environment: People and the Environment*, Nueva York, Oxford University Press, 1994.

ANEXO

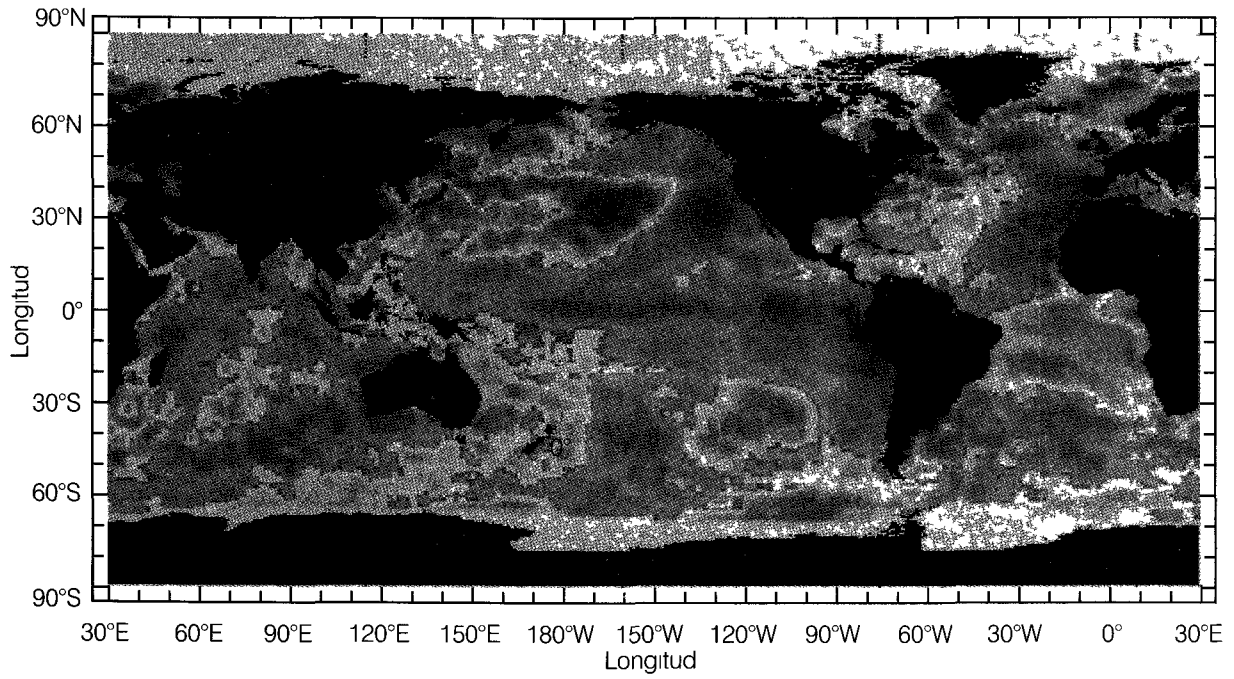


Fig 1 El Niño Oscilación del Sur sobrecalentamiento de las aguas del Pacifico Ecuatorial

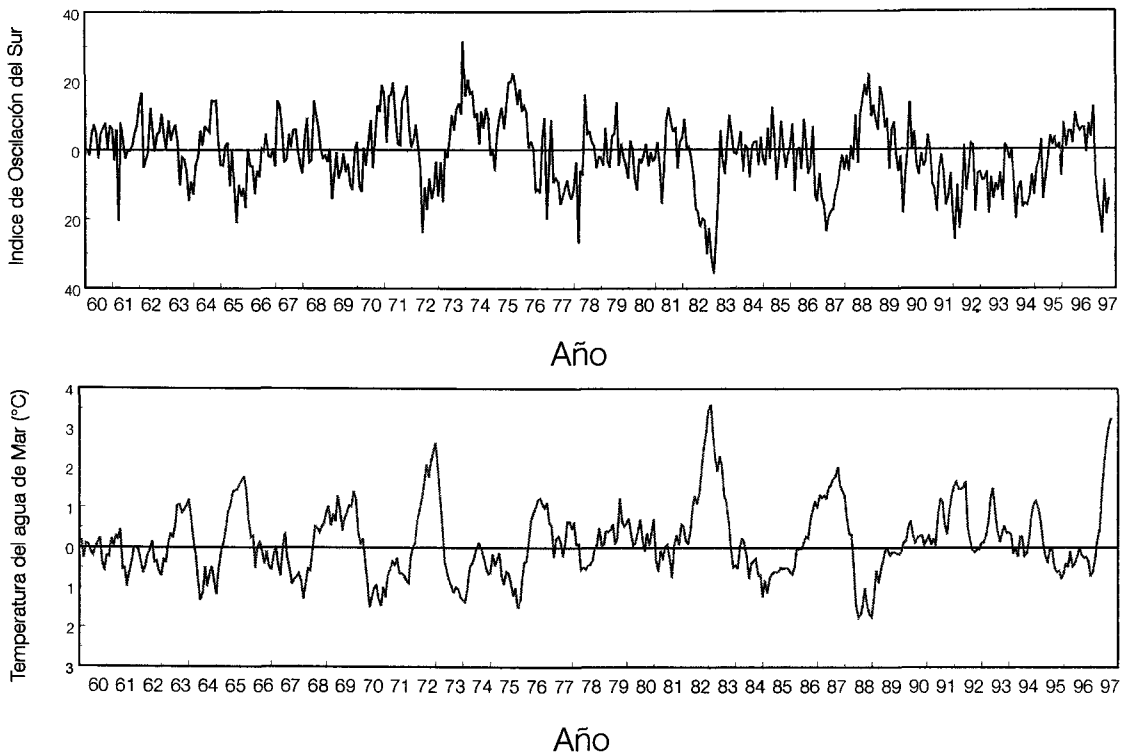


Fig 2 Variacion anual del indice de Oscilacion del Sur y Temperatura del agua del mar

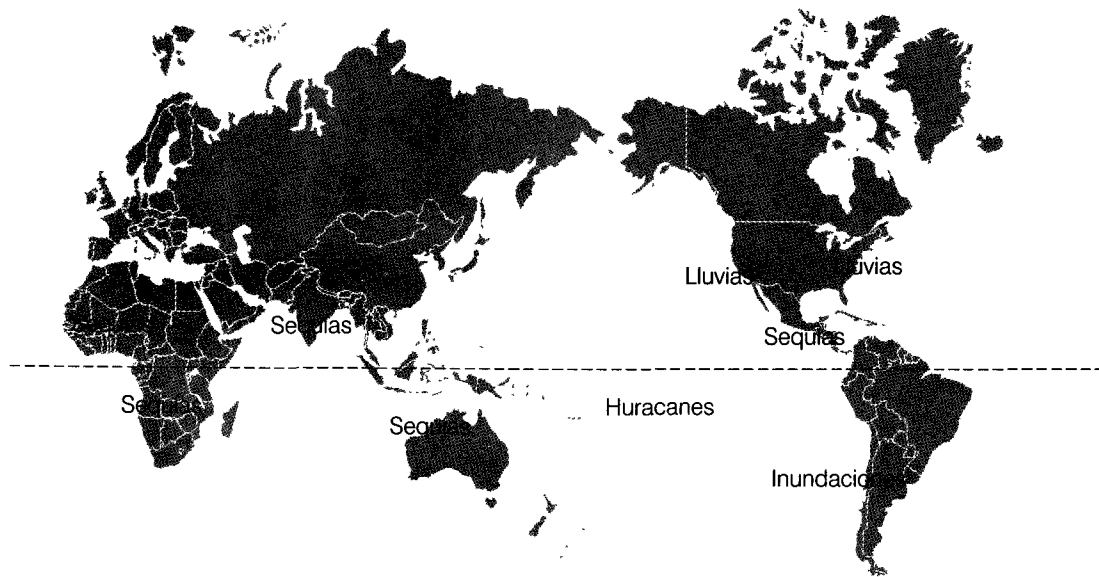


Fig. 3. Desviación climática regional.

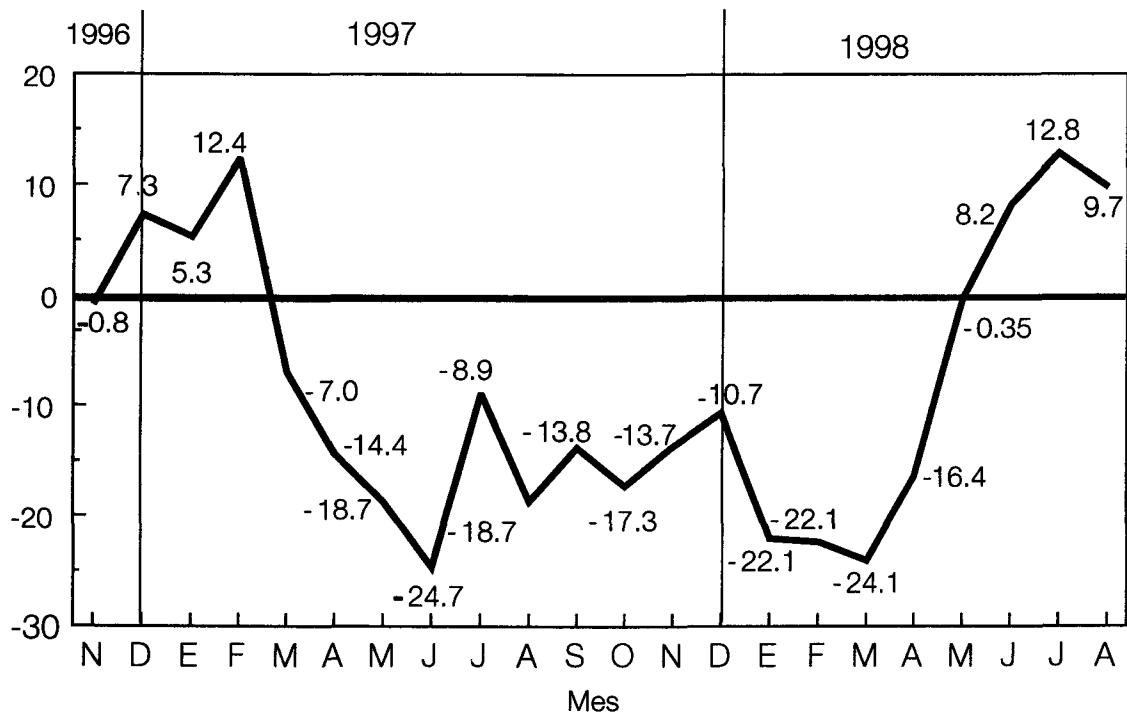


Fig. 4. Variación anual del índice de Oscilación del Sur (SOI): 1996-1998.

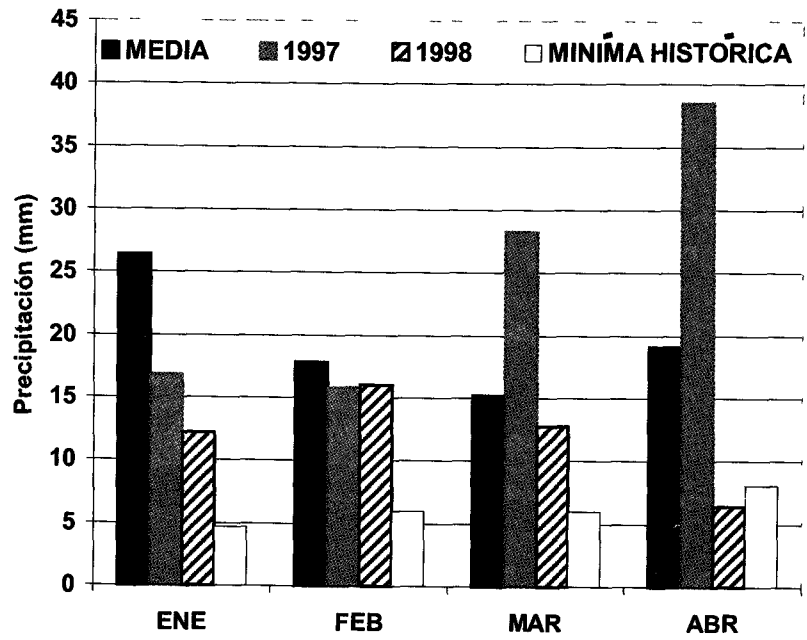


Fig. 5. Cambios en el patrón de precipitación en México entre enero-abril.

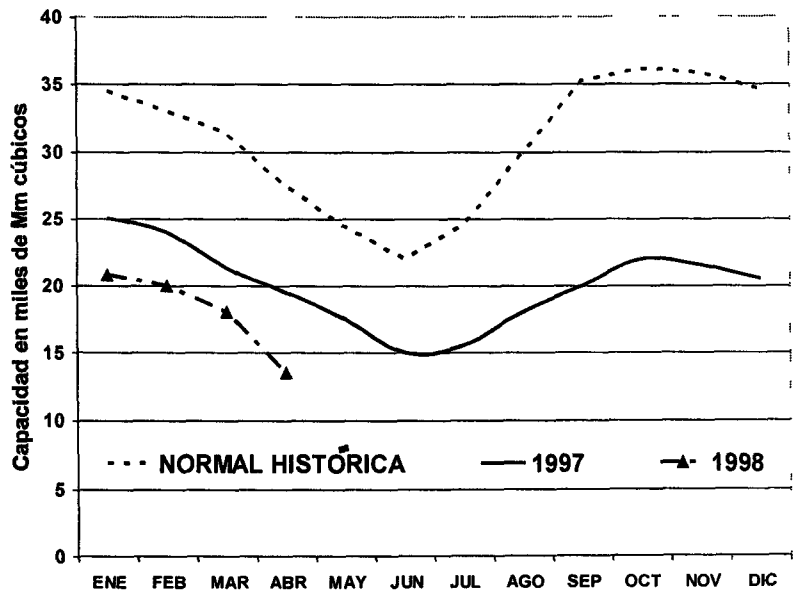


Fig. 6. Variación mensual de la capacidad de almacenamiento de agua de las presas de México.



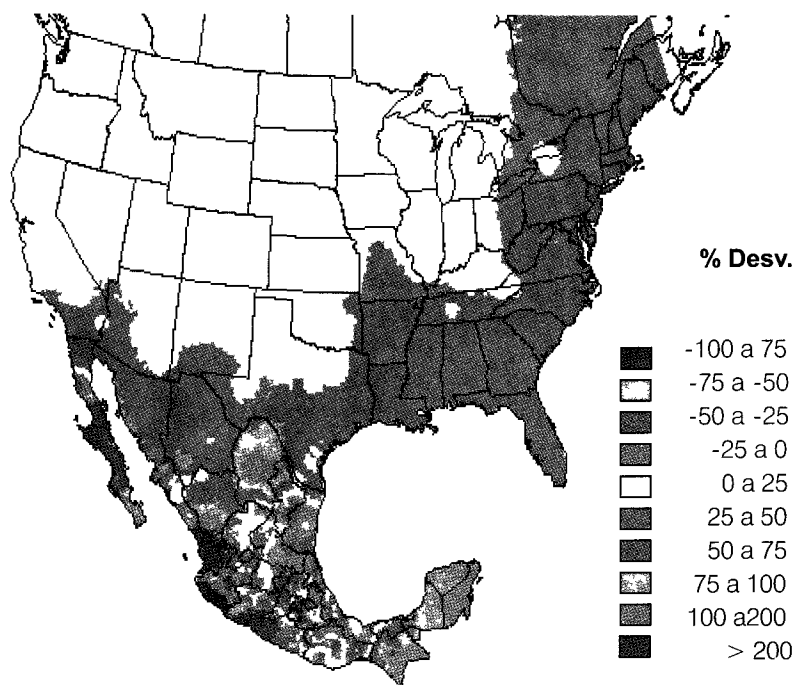


Fig. 7. Anomalías de la precipitación para la condición de El Niño entre noviembre y enero.

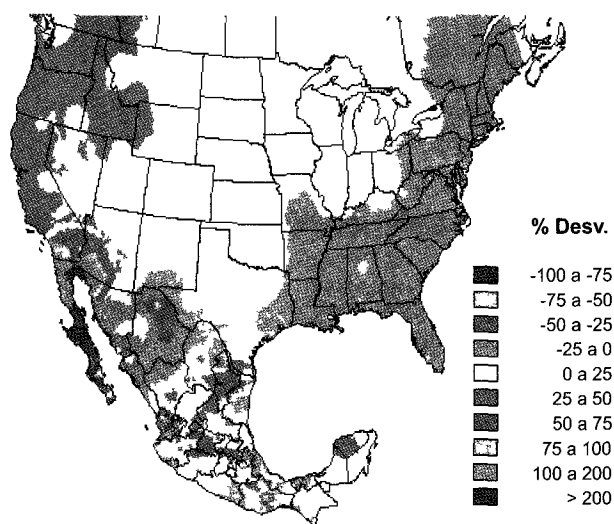


Fig. 8. Anomalías de la precipitación para la condición de El Niño entre julio y septiembre.

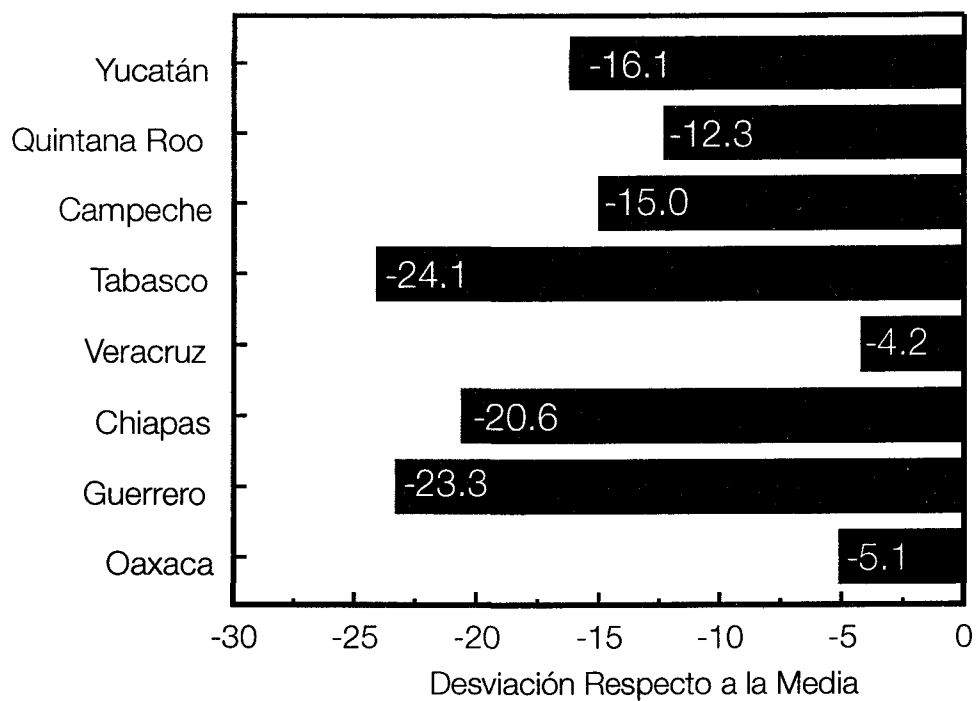


Fig. 9.Reducción del rendimiento de maíz en el sureste de México.

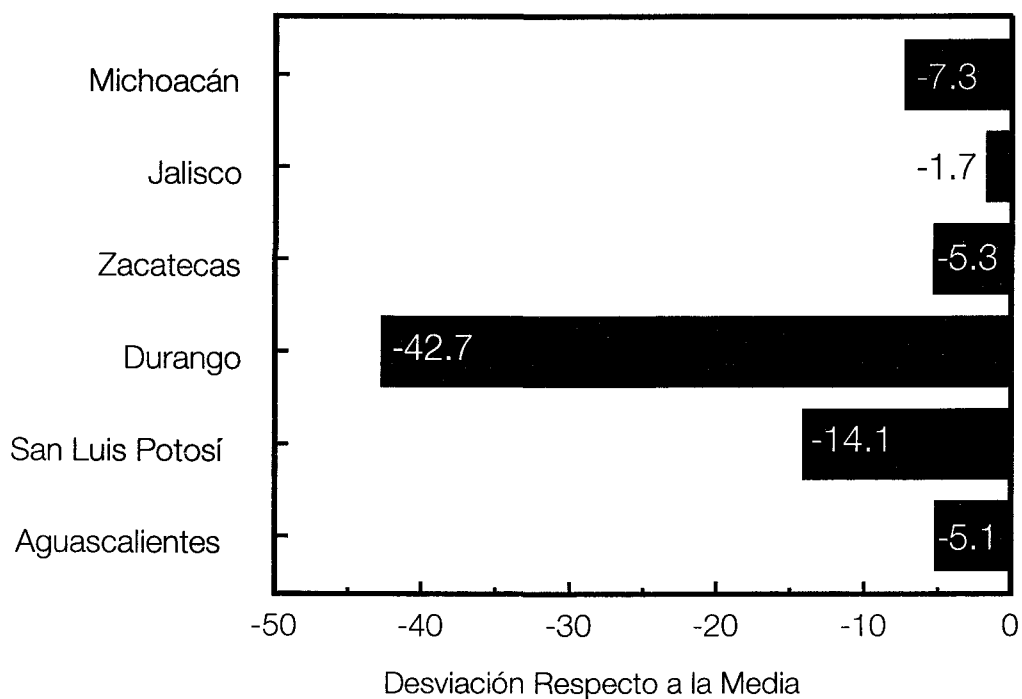


Fig. 10. Alteraciones en el patrón de precipitación por incidencia de huracanes en el norte-centro de México.

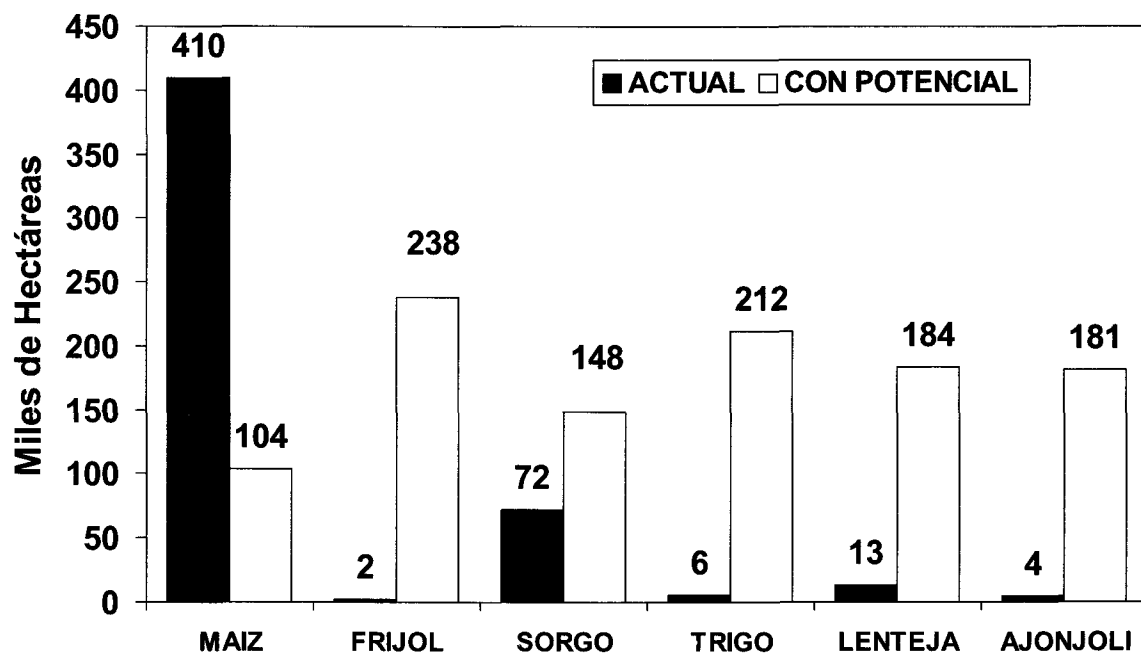


Fig. 11. Superficie cultivada en Michoacán: actual y potencial.

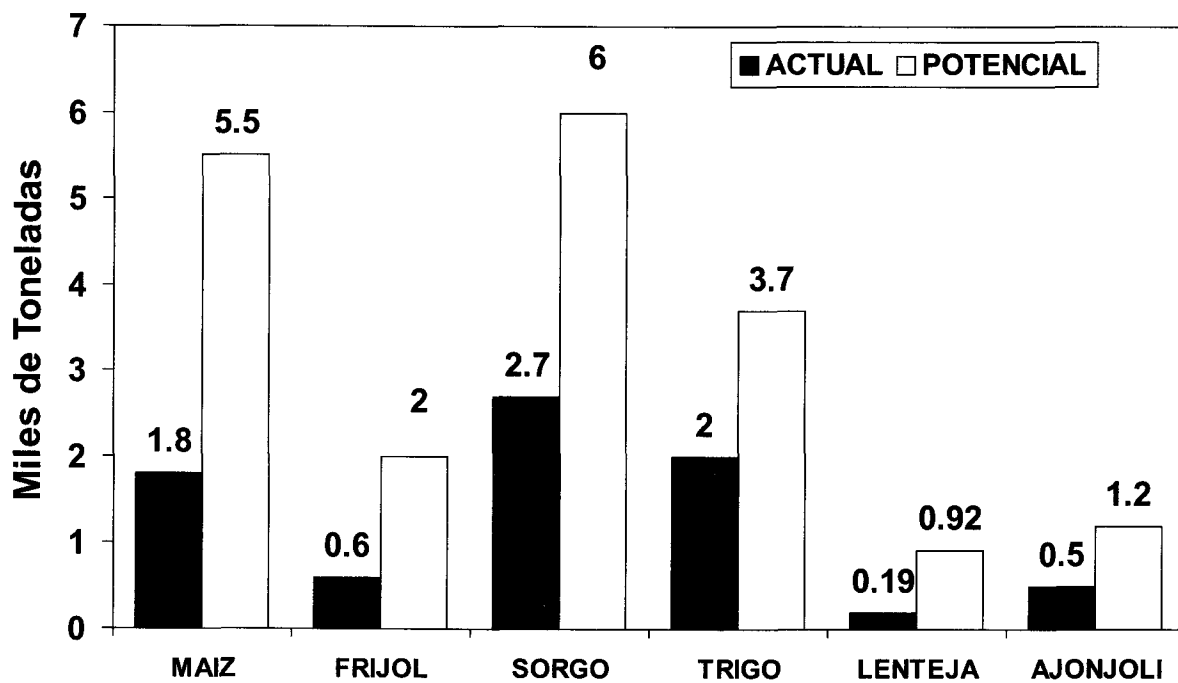


Fig. 12. Rendimiento de cultivos en Michoacán: actual y potencial.

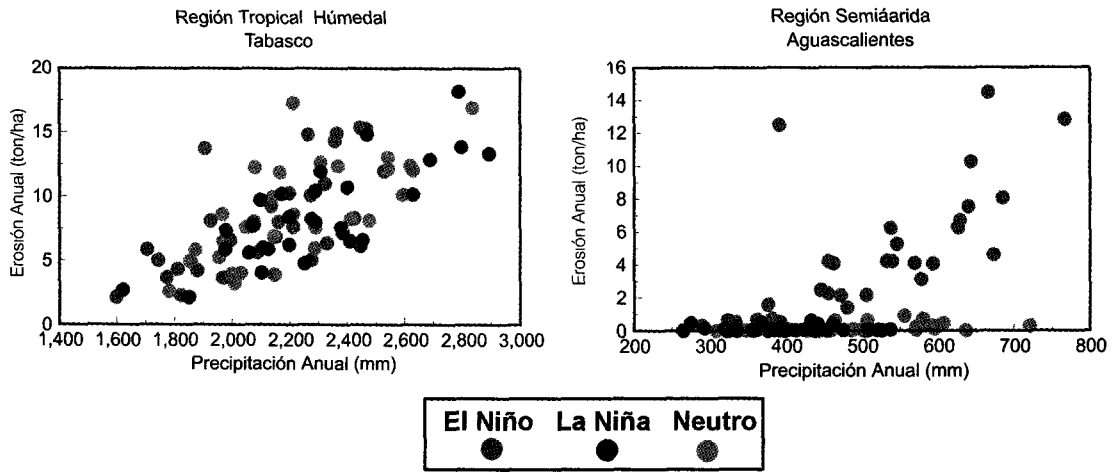
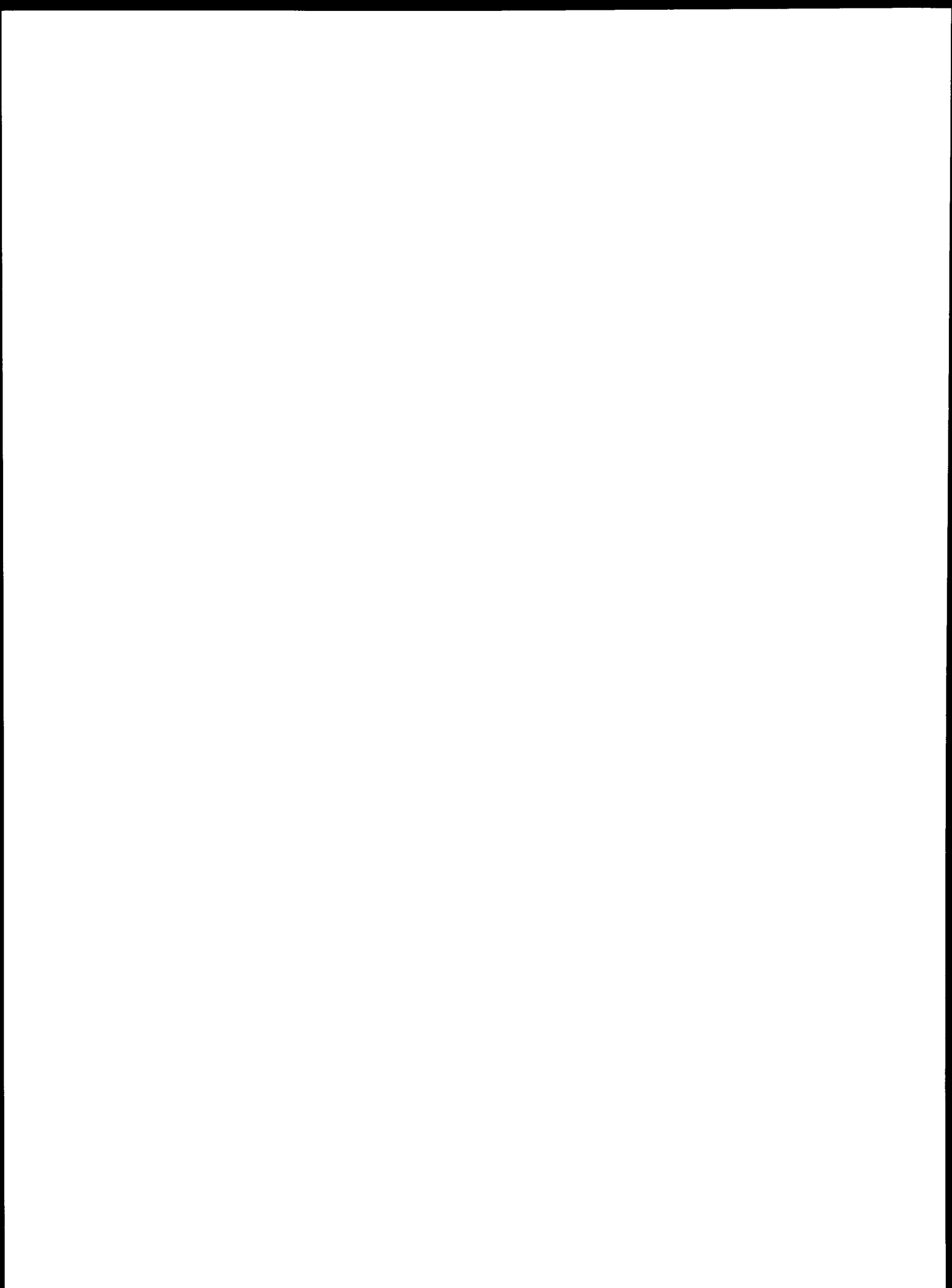
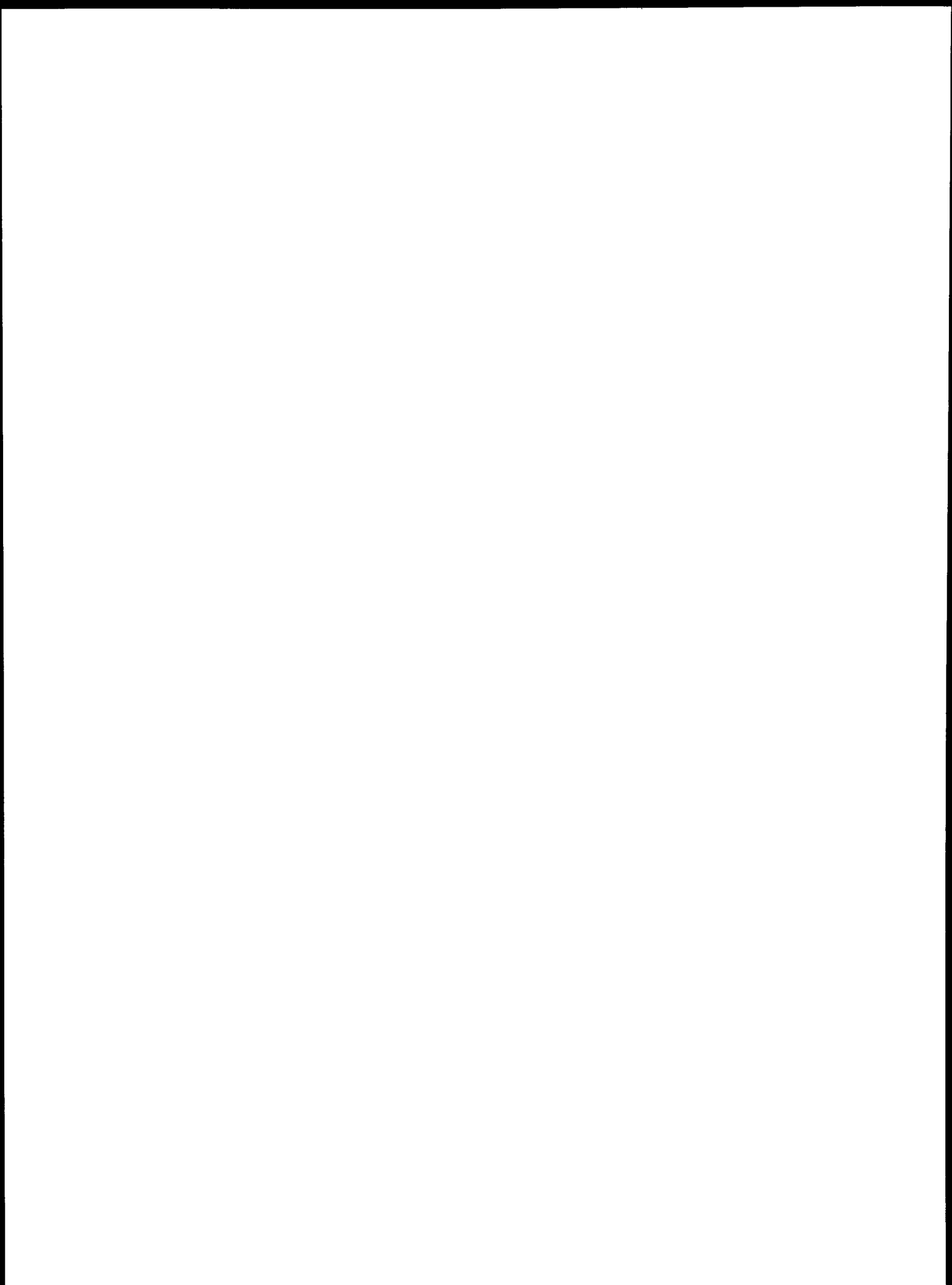


Fig. 13. Pérdida de suelo resultante de tormentas relacionadas con fenómenos climáticos.



II  
AGUA Y MEDIO BIOFÍSICO



## EL AGUA COMO ELEMENTO INTEGRADOR DE LOS PROCESOS FUNCIONALES DEL ECOSISTEMA

Manuel Maass<sup>1</sup>

Los ecosistemas vistos como un conjunto de elementos tanto bióticos como abióticos que interaccionan, en un espacio y tiempo, transforman la materia y la energía disponibles en el ambiente, mediante procesos funcionales donde el agua juega un papel determinante (Maass y Martínez-Yrizar, 1990). Es decir, el agua, a lo largo de todo el ciclo hidrológico, participa de una manera directa o indirecta en la mayoría de los procesos funcionales del ecosistema, que se enumeran a continuación:

- Humedad atmosférica.
- Lluvia.
- Humedad del suelo.
- Agua en las plantas.
- Escorrentía.
- Agua en la superficie del suelo.

### HUMEDAD ATMOSFÉRICA

El agua en forma de nubes en la atmósfera, modifica la cantidad de radiación que entra y sale del ecosistema; refleja al espacio una parte importante de la radiación de longitud de onda corta que llega a la tierra (albedo), y atrapa la radiación de longitud de onda larga que emite la tierra (efecto de invernadero). La concentración de vapor de agua en la atmósfera en las inmediaciones de la superficie terrestre, en particular la expresada como humedad relativa, controla los procesos de evaporación del suelo y transpiración por parte de la vegetación.

### LLUVIA

El agua en forma de lluvia, acarrea elementos minerales y partículas de sólidos suspendidos en la atmósfera hacia el suelo (cuadro 1). Existen ecosistemas cuya principal fuente de entrada de nutrientes al ecosistema lo constituyen los elementos minerales precipitados junto con la lluvia. Tal es el caso de áreas importantes en el Amazonas (Jordan, 1982).

1. Profesor investigador del Instituto de Ecología de la UNAM, campus Morelia.



El agua de lluvia que cruza el dosel de la vegetación, llega al suelo enriquecida con los elementos minerales que lava de las hojas (cuadro 1). Este fenómeno, conocido como translocación llega a ser tan importante, que en algunos ecosistemas particularmente pobres en elementos minerales del suelo, las hojas han desarrollado adaptaciones para disminuir la pérdida de nutrientes por esta vía (Jordan, 1985).

La velocidad o intensidad con la que cae la lluvia tiene influencia en los procesos de infiltración y erosión de suelos. Una llovizna, caracterizada por tener una muy baja intensidad y energía cinética (cuadro 2), logra infiltrarse en el suelo sin muchos problemas. Una tormenta ciclónica, en cambio, cae con mucha mayor intensidad y energía cinética, lo que promueve, por un lado, una menor infiltración y al mismo tiempo un impacto mayor de las gotas de lluvia sobre el suelo. Estos procesos promueven el lavado del suelo por erosión (Maass y García-Oliva, 1990).

La frecuencia y temporalidad de las lluvias también controlan importantes procesos del ecosistema. En climas marcadamente estacionales, donde las lluvias se concentran en unos cuantos meses al año, se limita el desarrollo de las comunidades durante los meses de sequía. De igual manera en ecosistemas como la selva baja caducifolia, más de 95% de las especies de plantas tiran sus hojas y se mantienen prácticamente improductivas durante más de cinco meses que dura la época de secas (Martínez-Yrizar *et al.*, 1992).

#### HUMEDAD EN EL SUELO

Una vez que el agua se encuentra en el suelo, diluye elementos minerales poniéndolos en solución, lo que es un factor importante de acarreo de nutrientes minerales hacia horizontes más profundos. Aquellos nutrientes que llegan más allá de las raíces de las plantas, ya no pueden ser aprovechados y se les consideran como pérdidas del ecosistema. La lixiviación, como se le conoce a este proceso de lavado de elementos minerales del suelo, constituye la vía más importante de salida de nutrientes en ecosistemas sin perturbar (Bruijnzeel, 1990).

El agua en el suelo también constituye un medio para el desarrollo de un sin número de microorganismos que realizan importantes procesos funcionales (Schlesinger, 1991), tales como la degradación de la materia orgánica (fenómeno conocido como mineralización). Asimismo, el agua interviene en los procesos físicos y químicos de descomposición de las rocas y minerales del suelo (fenómeno conocido como intemperismo). La fertilidad de los suelos depende, en gran medida de la relativa importancia que tienen estos tres procesos. Ecosistemas con acelerados procesos de lixiviación, mineralización e intemperismo, como por ejemplo en amplias áreas del Amazonas, poseen suelos extremadamente pobres en elementos minerales (Jordan, 1985). Ecosistemas con poca lixiviación y moderada mineralización e intemperismo, comunes en climas templados, resultan muy ricos en nutrientes del suelo.

La absorción de minerales por parte de las plantas, es un proceso que depende en gran medida de la humedad en el suelo y la humedad atmosférica. El agua del suelo acarrea nutrientes disueltos hacia las raíces y los transporta dentro de la planta hasta las hojas mediante el proceso conocido como transpiración. Esto es, las hojas al perder agua hacia la atmósfera, generan un déficit hídrico que se transmite a todo lo largo de las ramas, los tallos,

las raíces y la matriz del suelo; en un continuo tal, que permite el movimiento de agua, junto con los minerales disueltos en ella, hasta alturas que superan los 100 metros sobre el nivel del suelo.

La transpiración regresa grandes cantidades de agua a la atmósfera. Aproximadamente la mitad de la lluvia que cae en el Amazonas se origina por procesos de evapotranspiración que se dan en el interior de la cuenca (Salati *et al.*, 1979). Modelos de circulación global (GCM) han demostrado que cambios a gran escala en el uso del suelo pueden causar serios efectos en la lluvia y el clima a escalas regionales y continentales (Shukla, Nobre y Sellers, 1990). La deforestación total de la cuenca del río Amazonas causaría un incremento de la temperatura de 2°C y una disminución en la lluvia entre 6 y 20% al nivel global (Gash *et al.*, 1998).

Otro aspecto importante que controla la humedad es la temperatura del suelo. El agua es un excelente conductor térmico, por lo que un suelo húmedo transmite calor superficial a horizontes más profundos que cuando está seco. Este fenómeno es muy importante en la dinámica del suelo, ya que la temperatura controla mucho de los procesos microbianos que se dan en él.

#### AGUA EN LAS PLANTAS

El agua en las plantas no sólo permite los flujos transpirativos, sino también permite el movimiento de materiales (nutrientes, hormonas, desechos, etc.) de un lado a otro dentro de la planta (proceso conocido como translocación).

Dado su alto calor específico (cuadro 3) y su calor latente de vaporización, el agua es utilizada como elemento regulador de la temperatura tanto en plantas como en animales (tal es el caso de la liberación de sudor para enfriarse). A este respecto, la resistencia de algunas plantas al fuego se asocia a altos contenidos de agua almacenados en su interior, como son algunas especies en bosques tropicales secos. De igual forma, el contenido de humedad de la necromasa (material vegetal muerto como árboles, ramas, hojas y raíces) controla la cantidad de material que se quema durante un incendio forestal.

#### ESCORRENTÍA

El agua que llega al suelo y no es retenida por éste, ni es absorbida por la vegetación, escurre por efectos de la gravedad a puntos más bajos del relieve, siguiendo la ruta que dicta la topografía, las condiciones del suelo y las capas litológicas. La ruta específica por la que viaja el agua determina la velocidad y calidad con la que llega a la parte baja de la cuenca (cuadro 4). Los escurrimientos superficiales viajan mucho más rápido y con mayores sólidos en suspensión, que el agua que logra penetrar a horizontes más profundos.

En ecosistemas perturbados, particularmente en aquellas condiciones en que el suelo queda expuesto al efecto directo de las gotas de lluvia, el escurrimiento superficial constituye la ruta más importante de salida de agua y elementos minerales del sistema (Maass, Jordan

y Sarukhán, 1988). Bajo estas condiciones, la escorrentía superficial trae consigo problemas de erosión y pérdida de fertilidad en el sitio, inundaciones en las partes bajas de las cuencas; acumulación de sedimentos en ríos, lagos y presas (fenómeno conocido como azolve); enriquecimiento exagerado de los cuerpos de agua (fenómeno conocido como eutroficación), y en general contaminación de los cuerpos de agua.

#### AGUA EN LA SUPERFICIE DEL SUELO

Como se mencionó anteriormente, el albedo constituye la fracción de radiación de longitud de onda corta que es reflejada por una superficie. Esta puede variar desde 5% en superficies muy oscuras (e.g. derrame de basalto), hasta más de 90% en superficies muy blancas (e.g. paisaje nevado, cuadro 5). Dado que se trata de energía que se refleja (inutilizada), el albedo es muy importante pues establece los límites del balance energético del ecosistema y del balance hídrico (ya que están fuertemente ligados); y por lo mismo, juega un papel muy relevante en el control del microclima local. El agua, dependiendo del estado en el que se encuentre, ya sea sólida, líquida o gaseosa tendrá una gran influencia en el albedo del ecosistema.

El agua líquida (el mar, un lago o un río) refleja mucho menos energía que estando en estado sólido (nieve o hielo). El suelo seco refleja mucho más energía que el suelo húmedo. Transformaciones en el ecosistema que conlleven modificaciones en sus condiciones hidrológicas (drenados, inundaciones, etc.) pueden traer consigo cambios importantes en el albedo local. Si estas transformaciones se dan a grandes escalas, pueden inclusive generar modificaciones del clima local. De hecho, se piensa que las modificaciones en el albedo a escalas regionales en el norte de África por efecto del sobrepastoreo, son en gran medida las responsables de las severas sequías ocurridas en los últimos años (Charney, Stone y Quirk, 1975).

#### CARÁCTER INTEGRADOR DEL AGUA

Como podemos apreciar, la cantidad, la calidad y la temporalidad del recurso hídrico, está determinada por procesos funcionales del ecosistema. Reconocer este carácter integrador del agua dentro del ecosistema es de suma importancia en cualquier intento por apropiarse del recurso hídrico. El agua está tan íntimamente ligada a los procesos funcionales del ecosistema, que su uso y conservación, conlleva a ver al ecosistema en su conjunto como el objeto de explotación y conservación. Esto es, el manejo sustentable del agua tiene implícito el manejo sustentable del ecosistema.

La sustentabilidad debe evaluarse en una escala espacio-temporal por encima del nivel que se explota (Maass y Jaramillo, 1996). Esto es, la apropiación del recurso hídrico de un ecosistema dado, requiere del análisis de los efectos que esta acción tendrá en los ecosistemas aledaños, así como en el largo plazo.

La construcción de presas, por ejemplo, reducen el aporte de agua río abajo de la cortina, trayendo como consecuencia cambios importantes en la estructura y el funcionamiento

de los ecosistemas en zonas bajas. Estos cambios pueden darse a grandes escalas, como es el caso de la presa de Aswan.

En 1968, el gobierno egipcio construyó la presa para contener el río Nilo. Desde su planteamiento inicial, existió una gran controversia sobre sus efectos en el medio ambiente. Hoy en día el mar Mediterráneo muestra claras evidencias de aumento en la salinidad y densidad de sus aguas como resultado de una disminución en el aporte de agua dulce por parte del río Nilo. Esto ha provocado un aumento en los flujos del Mediterráneo al Atlántico, modificando las corrientes actuales que, de acuerdo a evidencias fósiles, podría disparar la formación masiva de hielo en el Ártico (Johnson, 1997).

Otro criterio de sustentabilidad en el manejo del recurso hidrológico en un ecosistema dado, es la comparación de los flujos de entrada y salida de agua del ecosistema natural (original) con los flujos en los ecosistemas transformados (Maass y Jaramillo, 1996). Aumentos o disminuciones drásticas en dichos flujos, seguramente traerán como consecuencia trastornos ambientales río abajo, y por tanto no se les puede considerar como sustentables.

Una cuenca hidrográfica se define como el área de terreno cuya topografía hace que el agua drene en un punto común. Dada esta propiedad, las cuencas hidrográficas son excelentes unidades de manejo y conservación del recurso hídrico, pues el monitoreo de las entradas y salidas de agua del ecosistema es mucho más simple. La utilización de cuencas hidrográficas como unidades de manejo existe desde hace más de dos mil años. Sin embargo, ver al agua como un elemento integrador de los procesos funcionales que se dan en la naturaleza, e incorporar los componentes del ecosistema como sujetos de uso y conservación, es mucho más reciente (segunda mitad del siglo veinte).

## REFLEXIONES FINALES

La severa transformación y deterioro de los ambientes en México (Maass y García-Oliva, 1990; Maass, 1995), evidencian una ausencia de esta concepción ecosistémica en los esquemas de uso y conservación del agua en nuestro país, lo que exacerba, día con día, la problemática actual de escasez del recurso hídrico.

A diferencia de muchos otros recursos como el petróleo, el cobre o la harina de trigo, el agua dulce no tiene sustituto para la mayoría de sus usos y de los procesos del ecosistema en los que participa (Postel *et al.*, 1996). No obstante, en muchos lugares se le desperdicia como si se tratase de un recurso ilimitado. Sistemas productivos altamente ineficientes en el uso del agua, son una muestra clara de ello.

En promedio global, 73% del agua extraída de la tierra se destina a la agricultura (Maurits la Riviere, 1989) y se requiere, en promedio, alrededor de 1 000 litros (una tonelada) de agua para producir 1.9 kilogramos de biomasa (es decir, dos gramos de biomasa por cada litro de agua) (Postel *et al.*, 1996). Esta situación se hace cada vez más crítica ya que actualmente el hombre utiliza 26% del total de la evapotranspiración terrestre y 54% de la escorrentía que es geográficamente y temporalmente accesible. La tecnología podrá incrementar en 10% su disponibilidad en los próximos 30 años, pero se espera que la población aumente 45% en ese mismo periodo (Postel *et al.*, 1996).

Solamente el agua que fluye a través del ciclo hidrológico mantenido por la energía solar se puede considerar como renovable. La explotación de las aguas subterráneas para incrementar el suministro debería evitarse a toda costa, a menos que se tengan garantías de que el acuífero se recarga de nuevo (Maurits la Riviere, 1989).

Es por ello, que el incorporar criterios de manejo y conservación de ecosistemas naturales en las políticas y programas de manejo del agua en México, es indispensable si se quiere asegurar su disponibilidad en las cantidades, los tiempos y la calidad con la que la población lo requiere.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BRUIJNZEEL, L. A, *Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion: a state of knowledge review*, Netherlands IHP-UNESCO, ITC, IAHS, VUA, 1990.
- CHARNEY, J., P. H. STONE y W. J. QUIRK, "Drought in the Sahara: a biogeophysical feedback mechanism", en *Science*, núm. 187, 1975, pp. 434-435.
- DUNNE T. y L. B. LEOPOLD, *Water in environmental planning*, Freeman, San Francisco, 1978.
- GASH, et al., *Global Change News Letters*, vol. 33, IGBP, ICSU, 1998.
- JORDAN, C., "The nutrient balance of an Amazonian rain forest", en *Ecology*, núm. 63, 1982, pp. 647-654.
- JODAN, C., *Nutrient cycling in tropical forest ecosystem*, Nueva York, J. Wiley, 1985.
- JOHNSON, B, "Dam the Mediterranean", en *New Scientist*, July 26, 1997; *EOS*, núm. 78, 1977, pp. 277.
- LIKENS, G. E., F. H. BORMANN, R. S. PIERCE, J. S. EATON y N. M. JOHNSON, *Bio-geo-chemistry of a forested ecosystem*, Nueva York, Springer Verlag, 1977.
- MAASS, J. M, "Tropical deciduous forest conversion to pasture and agriculture", en S. H. Bullock, H. A. Mooney and E. Medina (eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*, Cambridge University Press, 1995.
- \_\_\_\_\_ C. JORDAN y J. SARUKHÁN, "Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques", en *Journal of Applied Ecology*, vol. 25, núm 2, 1988, pp. 595-607.
- \_\_\_\_\_ y F. GARCÍA-OLIVA, "La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México", en *Ciencia y Desarrollo*, vol. 15, núm. 90, 1990, pp. 21-36.
- \_\_\_\_\_ y V. JARAMILLO, "Soil Conservation, Sustainable Management and Forest Health: A Mexican-Central American Perspective", en *Soil Science Society of America Annual Meeting*, 1996, 29 de octubre al 2 de noviembre, St. Louis, Missouri, EUA.
- \_\_\_\_\_ y A. MARTÍNEZ Y., " Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto" en *Ciencias*, núm. 4, 1990, pp. 10-20.
- MARTÍNEZ-YRÍZAR, A., J. SARUKHÁN, J. M. MAASS, C. PATIÑO y P. CENTENO, "Litter production in a tropical deciduous forest in Western Mexico", en *American Journal of Botany*, vol. 79, núm. 6, 1992, p. 184.

- MAURINTS LA RIVIERE, "Los recursos hídricos amenazados", en *Investigación y Ciencia*, núm. 158, 1989, pp. 54-62.
- POSTEL, S., D. GRETCHEN y P. EHRLICH, "Human Appropriation of Renewable Fresh Water", en *Science*, núm. 277, 1996, pp. 785-788.
- SALATI, E., A. DALL'OLIO, E. MATSUI y J. R. GAT, "Recycling of water in the Amazon Basin: an isotopic study", en *Water Resources Research*, vol. 15, 1979, pp. 1250-1258.
- SCHLESINGER, W, *Biogeochemistry: an analysis of global change*, Nueva York, Academic Press, 1991.
- SHUKLA, J., C. NOBRE y P. J. SELLERS, "Amazon deforestation and climatic change", en *Science*, núm. 247, 1990, pp. 1322-1325.

ANEXO

Cuadro 1  
Cambio en la composición del agua de lluvia al paso por el ecosistema (Likens et al., 1977)

Elemento	Concentración en la lluvia (mg/l)	Proporción Dosel/lluvia	Proporción Escorrentía/ lluvia
Amonio	0.22	6.0	0.2
Nitratos	1.47	3.0	1.0
Fosfatos	0.01	58.0	0.3
Potasio	0.07	91.0	3.0
Calcio	0.16	10.0	10.0
Magnesio	0.04	15.0	8.0
Carb. Orgánico	2.40	5.0	-
Hidrógeno	4.14	0.1	0.2

Cuadro 2  
Características de las gotas de acuerdo al tipo de lluvia.  
"Goteo" se refiere a lluvia indirecta, esto es, agua que cae del dosel de la vegetación

Tipo	Intensidad (mm/hr)	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)	Energía (Kg f m)
Llovizna	0.25	0.97	4.1	0.04
Moderada	3.81	1.60	5.7	0.36
Tormenta	101.60	2.84	7.9	3.83
Goteo		5.08	9.1	29.25

Cuadro 3  
Calor específico de diferentes tipos de sustancias

Tipo de sustancia	Calor Específico (J/g)
Plomo	0.13
Fierro	0.46
Aire	1.00
Agua:	
Hielo, nieve	2.05
Líquida	4.19
Suelo:	
Seco	0.75-0.92
Húmedo	1.05-2.09

Cuadro 4  
Tipos de escorrentía y tiempos en que tarda en llegar al río o canal de drenaje (Dunne y Leopold, 1978)

Tipo de Escorrentía	Tiempos
1 Basal	Semanas → años
2 Sub-superficial	Horas → días
3 Superficial	Minutos → horas
4 Superficial de saturación	Minutos
5 Directa	Instantánea

Cuadro 5  
Albedo que se da en diferentes tipos de coberturas

Tipo de cobertura	Albedo
Agua:	
Líquida	5-10%
Nieve (fresca)	80-95%
Suelo desnudo:	
Seco	20-35%
Húmedo	8-15%
Vegetación:	
Selva seca	18-25%
Pastizal	15-35%
Bosque	5-45%

## LA GRAN CUENCA DEL RÍO USUMACINTA: UNA CONTRADICCIÓN REGIONAL

Ignacio J. March y José Carlos Fernández<sup>1</sup>

El presente ensayo tiene como propósito revisar la contradicción que históricamente ha ocurrido en la región de la gran cuenca hidrográfica del río Usumacinta. Esta región, compartida por México y Guatemala, sobresale a nivel continental en lo que se refiere a su abundante riqueza natural y cultural, así como por su enorme potencial económico. No obstante, es también una región donde de manera simultánea ha prevalecido una marginación social y un acelerado proceso de deterioro ambiental, que ponen en riesgo su estabilidad ecológica y territorial. El modelo de desarrollo impulsado en la cuenca se ha caracterizado por una escasa diversidad de opciones, una baja eficiencia de los sistemas productivos y por un mínimo desarrollo de alternativas de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En lo ambiental, y pese a la elevada biodiversidad que la caracteriza a nivel mundial, han sido apenas incipientes los esfuerzos orientados a la conservación de los recursos. Buena parte de las problemáticas regionales se vinculan al agua como un recurso clave tanto para la conservación como para el desarrollo del potencial económico de la región y su área de influencia. El enfoque de cuenca, en la planificación del desarrollo regional, se presenta de nuevo como una alternativa renovada que requiere ser atendida en un contexto binacional.

### CARACTERIZACIÓN REGIONAL

En su frontera sur, México comparte seis cuencas hidrológicas con los países vecinos (figura 1); de éstas, la de mayor extensión es la gran cuenca del río Usumacinta. Esta cuenca abarca una superficie total de más de siete millones de hectáreas (superficie equivalente a casi la de todo el estado de Chiapas), quedando 58% en territorio de Guatemala y el resto en México.

En cuanto al carácter binacional, dentro de la cuenca del Usumacinta se encuentra la mayor extensión de la franja fronteriza entre México y Guatemala. De los aproximadamente 950 km de la frontera, casi 550 se encuentran dentro de la cuenca.

La mayor parte de la cuenca alta del Usumacinta se encuentra en Guatemala (figura 2): es decir, si tomamos la distancia del flujo hacia la desembocadura como una definición de

1. Investigadores del Departamento de Ordenamiento Ecológico y Áreas Silvestres de El Colegio de la Frontera Sur.



cuenca alta y baja, resalta que en el caso del Usumacinta, importantes porciones de la cuenca alta se encuentran principalmente en Guatemala. La parte baja de la cuenca es casi exclusivamente mexicana, lo que implica que será México quien reciba en última instancia los impactos de los procesos de transformación y desarrollo del resto de la cuenca.

De todas las cuencas binacionales entre México y Guatemala, la del Usumacinta representa también la de mayor población con más de millón y medio de habitantes, de los cuales se estima que casi tres cuartas partes habitan en Guatemala y casi veinte por ciento restante en Chiapas. Como se ilustra más adelante, esta población se encuentra concentrada en la parte alta de la cuenca, lo que aumenta el impacto actual potencial de las actividades humanas a lo largo de la red hidrológica de la cuenca (figuras 3 y 4).

Tal y como se observa en la figura 5, tanto en términos poblacionales como de área de la cuenca, tanto México como Guatemala tienen importantes porciones de la cuenca alta y media, estando el total de la cuenca baja en territorio mexicano; esto debe de justificar el particular interés de México por establecer mecanismos de coordinación binacional para lograr un aprovechamiento equitativo y adecuado de los recursos en la cuenca.

De manera más específica, la gran cuenca del río Usumacinta constituye una de las áreas prioritarias del país con base a los siguientes aspectos:

#### *Potencial para el desarrollo regional*

La región que abarca la cuenca, es una de las de mayor potencial económico en todo el país debido a sus cuantiosos recursos energéticos, forestales y turísticos. Estos potenciales han sido explotados en diferente medida, pero la problemática ambiental no ha sido estudiada de manera suficiente.

#### *Actividades petroleras*

Al igual que el agua, el recurso petrolero también está compartido de manera muy importante dentro de la cuenca del río Usumacinta. Hace más de 20 años que se inició la explotación de los yacimientos de Tabasco y Campeche. Desde hace aproximadamente 15 años, México ha realizado actividades de exploración que se han ido trasladando hacia la zona Lacandona y Marqués de Comillas. Por su parte, Guatemala ha comenzado a concesionar algunos yacimientos cercanos a la zona fronteriza (río Salinas), habiendo construido incluso un oleoducto en la zona.

El interés por el petróleo en la porción Guatemalteca se ha traducido en un complejo mapa de licitaciones para exploración y explotación en la zona. Una de las licitaciones originalmente adquiridas en la región es la de MEXPETROL, la filial internacional de PEMEX con participación de capital privado, haciendo más patente el grado de interrelación que hay entre las naciones y sus recursos (figuras 6 y 7).

Si bien el petróleo representa en el ámbito nacional una importante actividad económica, a nivel local, los conocidos impactos de la actividad petrolera sobre el medio ambiente y la actividad económica regional representan un importante riesgo para la cuenca. Por ello,

las actividades de control y monitoreo ambiental requieren de una coordinación estrecha y ágil entre ambas naciones.

*Potencial hidroeléctrico*

Desde la década de los años setenta, la cuenca del Usumacinta fue evaluada en su porción mexicana por su potencial hidroeléctrico, tanto en sectores de la cuenca media como sobre el propio río Usumacinta (figuras 8 y 9). El caudal del Usumacinta es alrededor de 1 700 m<sup>3</sup> por segundo, con lo que se ha estimado que podría generar hasta 1 850 MW (Benassini, 1972). No obstante, los proyectos no han sido llevados a cabo debido, en parte, a la distribución no equitativa de los costos y beneficios del proyecto entre México y Guatemala. Este último recibiría la mayor parte de las 195 000 ha que se inundarían, mientras que México se beneficiaría económicamente con la generación de electricidad (Benassini, 1972). Cabe mencionar que el impacto ambiental recaería de forma importante en México, fundamentalmente en la región de los humedales de Tabasco conocida como Pantanos de Centla, una reserva de la biósfera recientemente establecida. Adicionalmente ha habido presión por parte de los círculos arqueológicos preocupados por la inundación de importantes sitios en la región (Wilkerson, 1986), lo que ha contribuido a frenar el proyecto completo.

Si bien la mayor parte del proyecto de desarrollo hidroeléctrico del Usumacinta no se ha llevado a cabo, algunas obras ya se han efectuado. Tal es el caso de la presa del río Chixoy, construida en Guatemala durante la década de los ochentas con un préstamo del Banco Mundial.

Cuadro 1  
Cuenca del río Usumacinta: características generales de los proyectos hidroeléctricos en estudio por la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Sitio	Esgurrimiento		Volúmenes en m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup>			Energía media anual GWH	Potencia instalada MW	Costo total
	medio m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup>	anual m <sup>3</sup> /s	NAMO	NAMINO	Útil			
1. San Gregorio	243	7.7	77	36	41	140	30	640
2. Huistán	292	9.3	36	28	8	80	20	620
3. Altamirano	795	25.2	779	328	451	845	190	1 910
4. Livingstone	1 293	41.0	565	88	477	1 195	280	2 470
5. San Agustín	255	8.1	6	1	5	190	50	500
6. Rosario	514	16.3	300	109	191	310	70	900
7. Las Tazas	1 535	48.7	1 667	1 165	502	1 005	230	2 050
8. Pimienta	514	16.3	334	62	272	65	15	355
9. Sto. Domingo	1 271	40.3	667	343	324	915	210	1 920
10. Sta. Elena	2 909	92.2	859	165	694	1 990	450	3 050
11. Zapotal	3 145	99.7	389	242	147	1 800	410	3 150
12. Rápidos Sto. Domingo	5 217	165.4	1 391	471	920	2 670	610	3 810
13. Catarata	6 230	197.6	60	26	34	1 545	350	2 230
14. Colorado	11 657	369.6	3 760	419	3 341	2 040	460	3 650
15. Chajul	20 886	662.3	79	20	59	650	150	2 970

Sitio	Escorrentamiento		Volúmenes en m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup>			Energía media anual GWH	Potencia instalada MW	Costo total
	medio m <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup>	anual m <sup>3</sup> / s	NAMO	NAMINO	Útil			
16. Tres Naciones	24 779	785.7	760	160	600	1 040	240	3 500
17. Choccoljah	575	18.2	716	564	152	210	50	740
18. Chancalah	920	29.2	957	612	345	145	35	400
19. Boca del Cerro	55 767	1 768.4	3 425	403	3 022	9 325	2,200	12 700
T Total	138 797	4 401.2				26 160	6,050	47 565

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, *Estudio de Gran Visión de la Cuenca del Río Usumacinta*, Gerencia General de Estudios de Ingeniería, México, Marzo, 1979 (Tomado de Toledo, 1982).

Nota: NAMO: Nivel de Aguas Máximo Ordinario.  
 NAMINO: Nivel de Aguas Mínimo Ordinario.

### *Recursos forestales*

Toda la región del Usumacinta tiene una larga historia de explotación forestal. Para la Selva Lacandona la extracción comercial de madera data desde el siglo pasado y continuó hasta la fecha. Los recursos forestales que aún conserva la región son sin lugar a dudas muy importantes (figura 10).

### *Turismo*

Adicionalmente a los recursos arriba mencionados, toda la cuenca del Usumacinta contiene un reconocido acervo histórico (arqueológico), cultural y paisajístico que representa en el ámbito internacional un enorme potencial para las actividades turísticas. No obstante, este potencial en términos generales se encuentra aún subaprovechado. Cabe mencionar que si bien muchos de los atractivos turísticos de la región son promocionados dentro del programa "Mundo Maya", las acciones para desarrollar esta actividad económica son claramente insuficientes. Hay algunos casos de desarrollo del turismo alternativo y el ecoturismo con un enfoque social, pero son muy pocos e incipientes.

### *Biodiversidad y servicios ambientales*

En territorio mexicano, la cuenca abarca áreas de importancia ecológica y valor por sus servicios ambientales: la Selva Lacandona en Chiapas y los Pantanos de Centla en Tabasco. Como resultado, en la cuenca del Usumacinta se han decretado diversas áreas naturales protegidas (ANP) con el fin de preservar la gran Selva Maya tales como son los casos de: la Selva Lacandona, de las Reservas de la Biósfera "Montes Azules" y "Lacantún", los monumentos naturales de "Bonampak" y "Yaxchilán", el Refugio de Flora y Fauna Silvestres "Chan Kín", y la Reserva Comunal "La Cojolita". En Guatemala, abarca a numerosas ANP, incluyendo la mayor parte de la Reserva de la Biósfera "Maya" (RBM) del Petén de Guatemala, y que incluye a los Parques Nacionales "Sierra del Lacandón" y "Laguna del Tigre", así como a las reservas ecológicas "Pucté", "Dos Pilas" y "San Román", entre otras (figura 10).

Pese a los importantes esfuerzos de México, Guatemala y Belice para conservar a la gran Selva Maya, la deforestación y la degradación de los ecosistemas en esta región continúa avanzando, sin detectarse un cambio real en el nivel de vida de sus habitantes. En el complejo proceso de deforestación que ocurre en la cuenca del Usumacinta se observa una clara co-relación entre la apertura de caminos, la colonización y el avance de los desmontes. Para el estado de Chiapas, en los últimos 20 años se ha calculado una deforestación promedio anual de más de 73 000 hectáreas. De mantenerse esta tasa de pérdida de bosques, en 46 años podrían agotarse las reservas forestales de Chiapas. Asimismo, la deforestación se ha acentuado en la región del Petén en los últimos cinco años; proceso que ocurre con un patrón espacial que va de sur a norte.

La cuenca del Usumacinta incluye a una de las regiones naturales del planeta con mayor riqueza biológica y biodiversidad. Aunque no existen estudios formales, es evidente que la salud ambiental de los pantanos de Centla en Tabasco dependen en gran medida de los procesos ecológicos esenciales de la cuenca alta ubicada en Guatemala y en la Selva Lacandona de Chiapas. Muy probablemente, la ecología de estos pantanos, que son de gran importancia para las poblaciones de aves migratorias que ahí se refugian y también para las pesquerías del Golfo de México, dependen en gran medida de los nutrientes aportados por los ecosistemas de la cuenca alta y transportados a través de la red hidrológica. Esto implica que los impactos ambientales que afecten la cuenca alta del Usumacinta se reflejarán en la cuenca baja y de ahí la urgente necesidad de efectuar una planificación del desarrollo coordinada y responsable.

La cuenca del Usumacinta brinda servicios ecológicos o ambientales de importancia económica directa. Entre otros cabe mencionar los volúmenes de Carbono secuestrado en las masas forestales, la captación y aportación de agua y nutrientes a las tierras del norte de Chiapas y Tabasco (cuenca baja), así como a las zonas estuarinas de importancia para las pesquerías en la costa del Golfo de México.

#### *Marginación y rezagos sociales*

La población que habita dentro de la cuenca se encuentra en los niveles de marginación más elevados de México y Guatemala (figura 11). En México, la población de la cuenca alta corresponde a la zona de "Las Cañadas de la Selva Lacandona", escenario del conflicto social surgido en 1994. Asimismo, la zona de Marqués de Comillas, ubicada entre el río Lacantún y Salinas, es una de las zonas de más reciente colonización y alta marginación social.

En cuanto a Guatemala, la región del Petén, representa una importante porción de la cuenca y es también una de las regiones de más rápida colonización (Elías *et al.*, 1997), fundamentalmente conformada por población de la zona central y costera del país y también por refugiados guatemaltecos retornados de los campamentos en México.

#### *Acelerada dinámica del desarrollo*

Por el acelerado desarrollo iniciado en la región y por los conflictos de conservación que existen, resulta crítica la atención de manera integrada y binacional, a los procesos de trans-

formación en la cuenca. La cuenca de los ríos Grijalva-Usumacinta es la más caudalosa de México, por los volúmenes que lleva y la recarga de acuíferos. La región se caracteriza por rocas calizas de alta permeabilidad, por lo que la pérdida de la cobertura vegetal conllevará a una pérdida inminente en la recarga de los acuíferos indispensables para el desarrollo regional. Son diversos los efectos que tiene el desarrollo de infraestructura en la región. Algunos de los impactos a considerar con respecto a la instalación de hidroeléctricas es la eliminación de los rompientes y las inundaciones provocadas por el río en la cuenca baja, lo cual tiene que ver con un proceso de salinización del suelo, como en las llanuras de Tabasco.

La figura 12 muestra el acelerado ritmo de poblamiento en la región de Marqués de Comillas, ubicada en la parte sureste de la Selva Lacandona. Este acelerado poblamiento ha ido aparejado con una alta tasa de deforestación.

Uno de los mayores retos del desarrollo regional en la cuenca es sin duda afrontar las graves condiciones que dificultan la planeación y el suministro efectivo de obras y servicios; un ejemplo de ello es la gran dispersión de la población en múltiples localidades pequeñas y distribuidas en áreas con difícil acceso.

Como resultado del "Taller para la evaluación de la conservación regional del bosque tropical Maya" (March, 1995; véase figura 13) se identificaron numerosas áreas críticas de las Reservas y Parques Nacionales por la dinámica del desarrollo regional; algunos de los mayores impactos ambientales para la conservación en la zona son aquellos que conlleva, a la apertura de nuevas vías de comunicación en la región.

En el ámbito productivo, la agricultura y la ganadería son dos de las actividades más importantes en la parte mexicana de la cuenca. Muestra de ello es la importancia que tiene el maíz como cultivo (figura 14). Asimismo, la ganadería es particularmente importante en la porción de Tabasco (figura 15).

#### ESCENARIOS POTENCIALES DE CONSERVACIÓN Y DESARROLLO EN LA CUENCA

En toda su extensión, la cuenca del Usumacinta representa un reto inaplazable que se relaciona con lograr una sincronía entre el desarrollo y la conservación efectiva de los recursos naturales, en una región donde "el agua" debe ser un eje integrador de las políticas regionales.

#### *Tendencias regionales*

Los escurrimientos de primer orden en la cuenca alta de la parte mexicana nacen y atraviesan una de las zonas con mayor marginación social del país (parte de los Altos de Chiapas y la región de Las Cañadas en la selva lacandona), y en donde se demandan acciones inmediatas. Bajo un modelo convencional, el desarrollo en la región podría conducir al surgimiento de nuevas y múltiples fuentes de contaminación del agua (como empresas agro-industriales).

Buena parte de los ríos del sistema atraviesan en cauces paralelos, una de las áreas de mayor biodiversidad a nivel nacional: La Reserva de la Biósfera Montes Azules. Luego de desembocar estos ríos al Lacantún, este se reúne con el cauce del Salinas y del Chixoy,

los cuales provienen de la zona de explotación petrolera en Guatemala (actualmente) y de México (potencialmente). Las aguas continúan su curso por el río Usumacinta hacia las partes bajas de Tabasco, hasta llegar a uno de los humedales de mayor importancia: los Pantanos de Centla. Su humedal ha sido identificado como un área prioritaria para la conservación de numerosas especies de flora y fauna, particularmente para diversas aves acuáticas migratorias que lo utilizan como uno de sus refugios durante las migraciones latitudinales. Finalmente, las aguas con sus nutrientes (y contaminantes) terminan desembocando en el litoral del Golfo de México.

Los cursos hidrológicos del sistema del Usumacinta arriba señalados, evidencian la necesidad de utilizar al agua como un eje integrador de políticas de desarrollo y protección ambiental que conduzcan a lograr compatibilidad entre los proyectos de desarrollo y las acciones de conservación. Mantener el antagonismo entre ambas muy posiblemente significará un desastre ambiental más para el país. Además, la cooperación con Guatemala para mantener la salud y potencial de la cuenca compartida, debe ser una política de corto plazo; de otra manera, los esfuerzos que se lleguen a implementar en la parte mexicana podrían verse afectados en esencia por un patrón inadecuado de desarrollo en la parte guatemalteca.

### *Tendencias poblacionales*

En términos poblacionales, tanto la porción mexicana como la guatemalteca de la cuenca alta han sido colonizadas con una fuerte dinámica de crecimiento interno. Sin embargo, las zonas bajas tienen aún densidades bajas de crecimiento y existen presiones para su colonización. En México, el ejemplo más claro de la colonización de la selva lo tenemos en Marqués de Comillas, que fue colonizado en tan solo 30 años. En Guatemala, el Departamento del Petén, que abarca una parte importante de la cuenca del Usumacinta, ha sido el receptor de una gran cantidad de migrantes en busca de tierras. Entre 1973 y 1994, el Departamento de El Petén experimentó la tasa de crecimiento total más alta de Guatemala (251%), seguido de Alta Verapaz (Elías *et al.*, 1997). Estos procesos demográficos constituyen, sin duda, la fuerza de transformación más importante en la porción guatemalteca de la cuenca.

Cabe señalar que los refugiados Guatemaltecos asentados en México que decidieron retornar a su país, representan una porción pequeña de la dinámica migratoria total en Guatemala, buena parte de ellos han sido también reubicados en la región de El Petén.

Así, tanto en la selva Lacandona como en la selva de El Petén, las difíciles condiciones ambientales donde habitan los nuevos colonos, influyen en una dinámica de poca eficiencia en el uso de los recursos y en una situación socialmente difícil.

### ALTERNATIVAS

En la búsqueda de la sustentabilidad del desarrollo, hay distintas alternativas que pueden considerarse para comenzar a corregir las tendencias dominantes. Entre otras, se pueden mencionar las siguientes:

### *Seguimiento efectivo de acuerdos de cooperación entre México y Centroamérica*

El desarrollo de planes, acciones y proyectos conjuntos entre México y Guatemala para el manejo de los recursos compartidos ha sido objeto de discusión y se refleja en diversos documentos básicos y acuerdos que han establecido para fomentar la cooperación entre sí (Comisión Mexicana para la Cooperación con Centroamérica, 1997). En particular, existen varios puntos de interés que fueron señalados en la reunión de Jefes de Estado y Gobierno de Centroamérica y México llamada "Tuxtla II" (evento celebrado en Costa Rica en febrero de 1996):

- Armonizar políticas ambientales.
- Promover el establecimiento de redes de información.
- Promover el establecimiento efectivo del "Corredor Biológico Mesoamericano".
- Identificar metodologías compatibles para la valorización económica de los recursos naturales y ecosistemas.
- Desarrollar metodologías para la elaboración de planes de manejo de recursos naturales en áreas protegidas en coordinación con la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).
- Promover la investigación sobre el uso y conservación de la biodiversidad.
- Impulsar acciones concertadas para promover un uso racional y sustentable de los recursos renovables.
- Desarrollar acciones en apoyo a los programas de manejo y protección de cuencas hidrográficas.
- Fortalecer y fomentar proyectos de investigación conjunta y redes de investigación.
- Promover la cooperación técnica en el uso de la informática, la producción de información estadística y la producción de información geográfica y cartográfica.

Adicionalmente, los objetivos y las metas con respecto al manejo de los recursos hídricos se han definido en las reuniones del "Diálogo Interamericano para el Manejo del Agua" (Declaración de Miami, 1993; Declaración de Buenos Aires, 1996).

### *Diseño de un plan de acción conjunto para la cuenca del Usumacinta*

Resulta esencial el diseño de un plan binacional que consense y determine las acciones y proyectos conjuntos que deben implementarse para sostener la salud ambiental de la cuenca compartida. Para ello, será sustancial buscar objetivos como los siguientes:

- Promover el desarrollo de estudios con enfoque integral y orientados a actualizar el conocimiento y seguimiento de procesos ambientales y socioeconómicos determinantes en la conservación y desarrollo de la región.
- Fomentar la conjunción de capacidades de numerosas instituciones y centros de investigación de México y Guatemala con interés en el desarrollo de la región y sus recursos naturales.

- Estrechar la vinculación entre las instituciones académicas relacionadas con la conservación y el desarrollo, así como entre los cuerpos técnicos y comisiones binacionales de los gobiernos de ambos países.
- Desarrollar nuevas alternativas conjuntas que faciliten un desarrollo regional con posibilidades de sustentabilidad y conservación de los recursos naturales como premisa básica.

*Realización de un diagnóstico actualizado y estudios básicos sobre la cuenca*

Considerando la acelerada dinámica de las actividades humanas que han ocurrido en los últimos diez años en la cuenca, es indispensable llevar a cabo un diagnóstico actualizado que permita dimensionar tanto las problemáticas socioeconómicas y ambientales actuales, como las soluciones posibles. Para la realización de este diagnóstico será esencial considerar el diseño e implementación de un "sistema de información" que además de permitir evaluar la magnitud de los problemas, se constituya en una herramienta para el monitoreo de la conservación y el desarrollo en la región. El conocimiento cuantitativo de los procesos y eventos de desarrollo regional ya ocurridos, así como de sus costos ambientales, permitirán conceptualizar tendencias al futuro cercano, para las cuales se requerirá identificar y presupuestar acciones concretas.

*Definición y activación de mecanismos nacionales y binacionales de gestión para el desarrollo sustentable*

Las acciones que lleguen a identificarse y dimensionarse a partir del diagnóstico propuesto, necesariamente tendrán que ser contextualizadas en términos de una articulación institucional entre las entidades ya existentes en ambos países, o incluso, considerando la conformación de un organismo binacional estructurado para tales fines. La determinación de mecanismos de gestión de políticas de planeación e implementación, así como los recursos financieros para la ejecución efectiva de proyectos es una prioridad substancial para buscar un desarrollo regional con mayores posibilidades de sustentabilidad ambiental y social.

BIBLIOGRAFÍA

- BENASSINI O., "Aprovechamiento de los Ríos Internacionales Mexicano-Guatemaltecos", en *Recursos Hidráulicos*, vol. I, núm. 4, 1972, pp. 414-427.
- COMISIÓN MEXICANA PARA LA COOPERACIÓN CON CENTROAMÉRICA, *Cooperación México-Centroamérica, Documentos Básicos IV*, México, Secretaría de Relaciones Exteriores, 1997.
- DECLARACIÓN de Miami, *Resoluciones y Conclusiones del Primer Diálogo Interamericano sobre Administración de Aguas*, Miami, Florida, octubre de 1993.



- DECLARACIÓN DE BUENOS AIRES, *Recomendaciones del Segundo Diálogo Interamericano sobre Administración de Aguas*, Buenos Aires, Argentina, 1 al 6 de septiembre de 1996.
- ELÍAS, S., GELLERT, G., PAPE, E. y E. REYES, *Evaluación de la sostenibilidad: El caso de Guatemala*, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Programa Guatemala-World Wildlife Fund (WWF), Serie Fortaleciendo las perspectivas para el desarrollo sostenible en Centroamérica, Guatemala, Centroamérica, 1997.
- MARCH, Ignacio J., *Informe final del panel No. 2., Procesos del paisaje. Taller para la evaluación de la conservación regional del bosque tropical maya*, Conservation International-MAYAFOR-MAB-U.S.-ECOSUR, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, octubre 12, 1995.
- TOLEDO, Alejandro, *Cómo destruir el paraíso: el desastre ecológico del sureste*, México, Océano, 1982.
- WILKERSON, S. J. K., *Damming the Usumacinta: The Archaeological Impact*, Institute for Cultural Ecology of the Tropics, 1986.

ANEXO

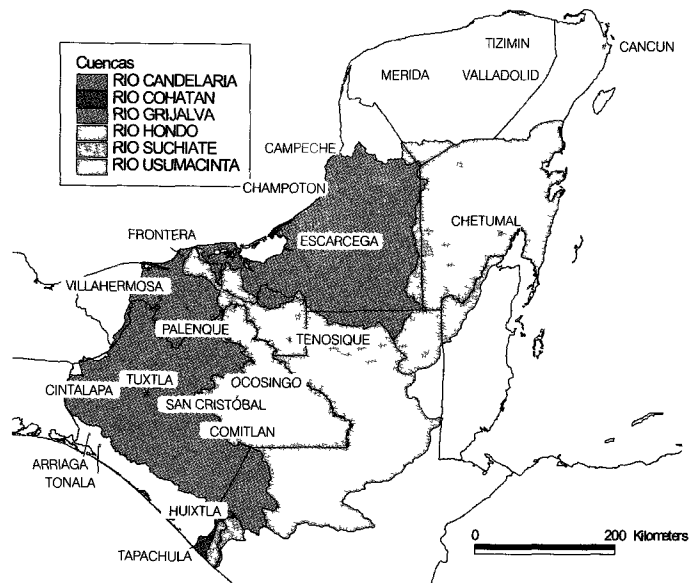


Figura 1 Ubicación de las seis cuencas binacionales que comparte México en su Frontera Sur (fuente: elaboración propia)

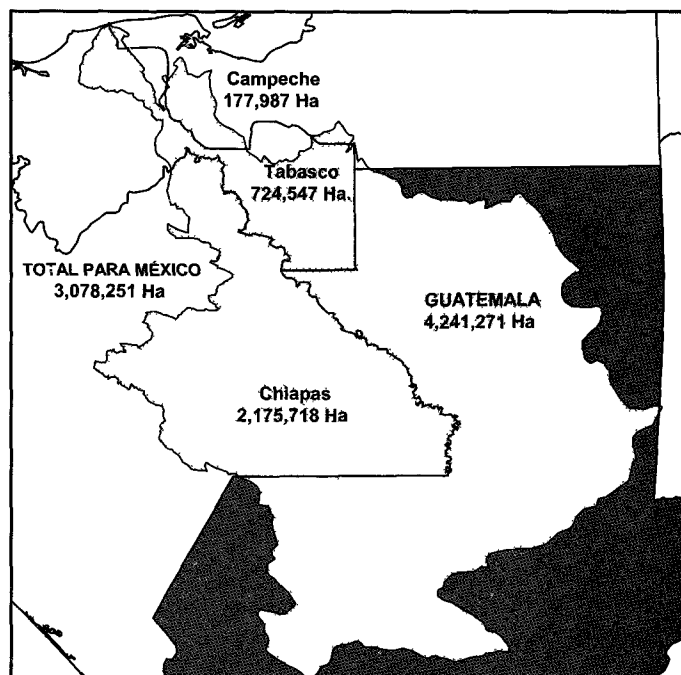


Figura 2 Distribución de la cuenca el Usumacinta según entidad política (fuente: elaboración propia).

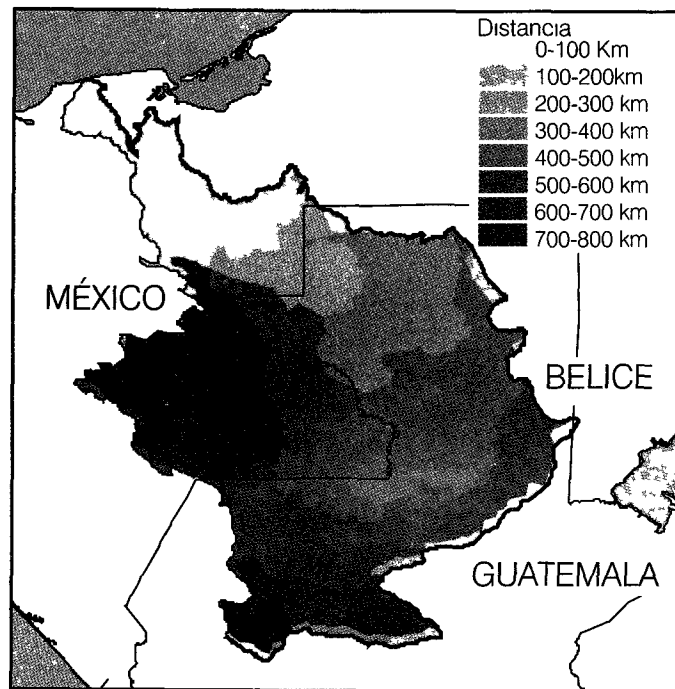


Figura 3. Categorización de los distintos sectores de la cuenca según su distancia a la desembocadura del Usumacinta en el Golfo de México (fuente: elaboración propia).

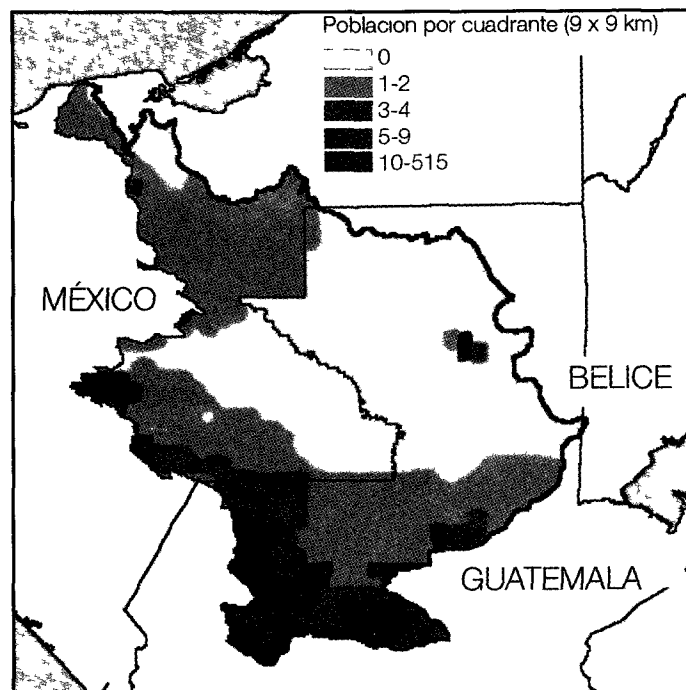


Figura 4. Distribución espacial de la densidad poblacional en la cuenca del Usumacinta (fuente: UNEP-GRID)

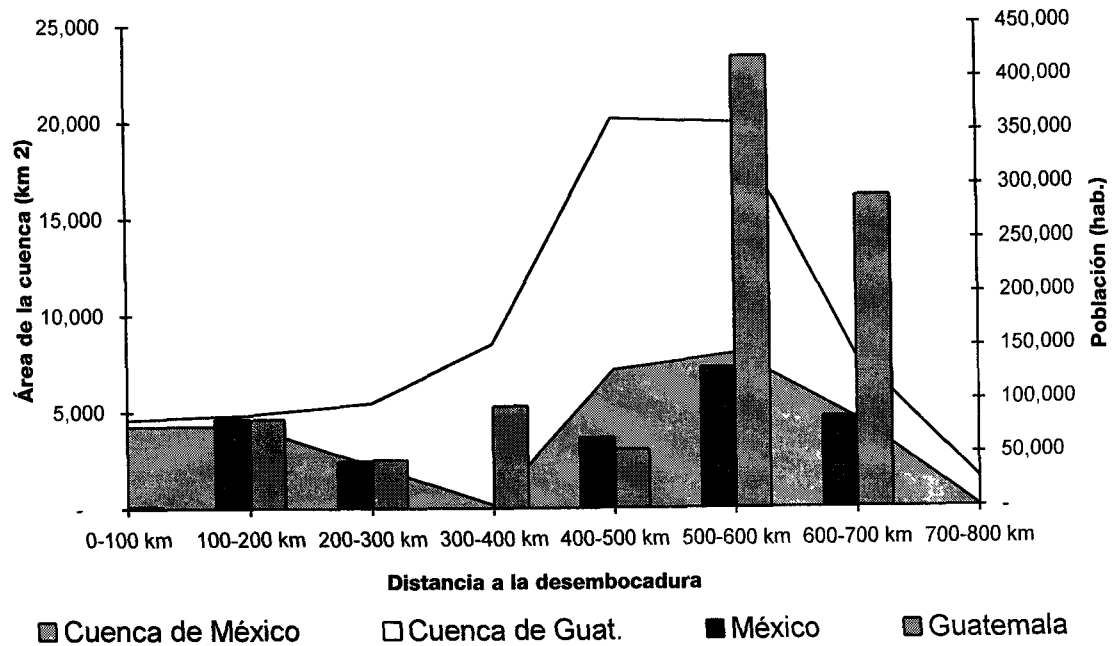


Figura 5. Distribución del área de la cuenca por país según distancia del flujo (gráfico de área) y distribución de la población según área de flujo (columnas). El eje horizontal denota la distancia a la desembocadura. En el gráfico de área se ilustran las áreas de México (gris) y Guatemala (blanco) a las diferentes distancias de la cuenca. Las columnas, por el contrario, ilustran la población tanto de México (negro) como de Guatemala (gris oscuro), que habitan en las diferentes porciones de la cuenca (fuente: elaboración propia).

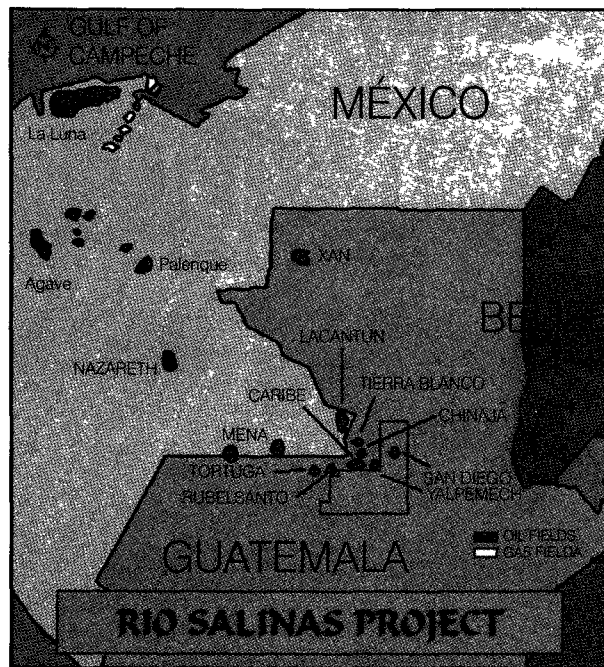


Figura 6. Yacimientos petrolíferos en la cuenca del Usumacinta (fuente: elaboración propia).

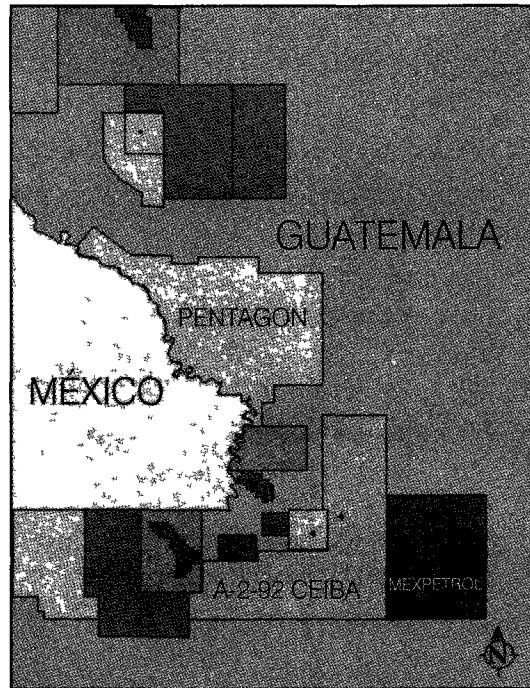


Figura 7 Concesiones de exploración petrolera en la zona del río Salinas, Guatemala (fuente: elaboración propia).

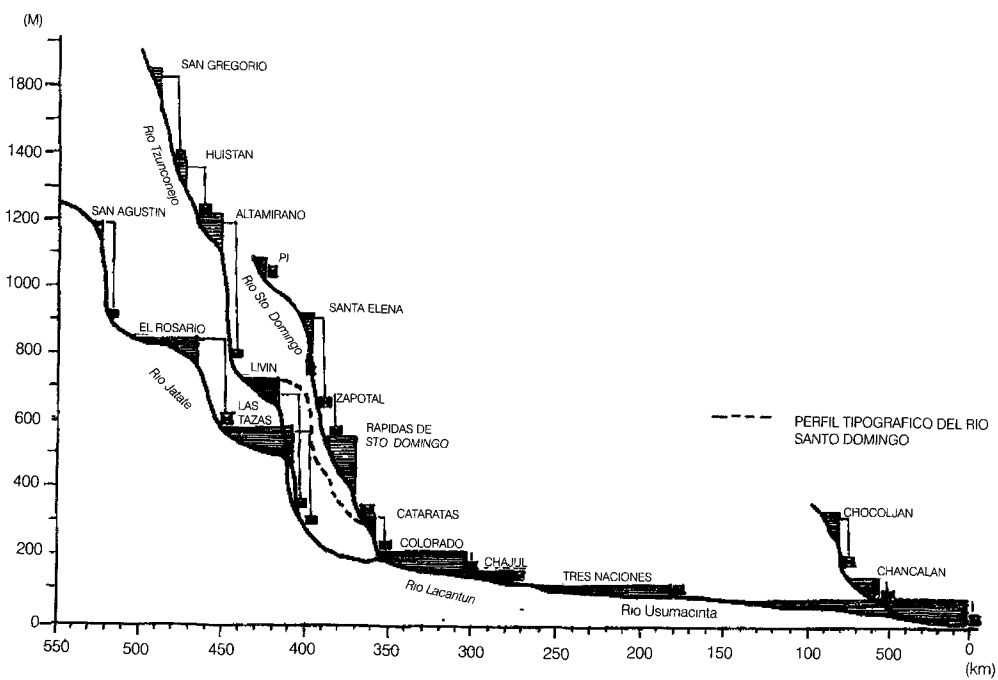


Figura 8. Perfil del Usumacinta y sus principales tributarios. Proyectos hidroelectricos en estudio por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en los ochenta (tomado de Toledo, 1982).

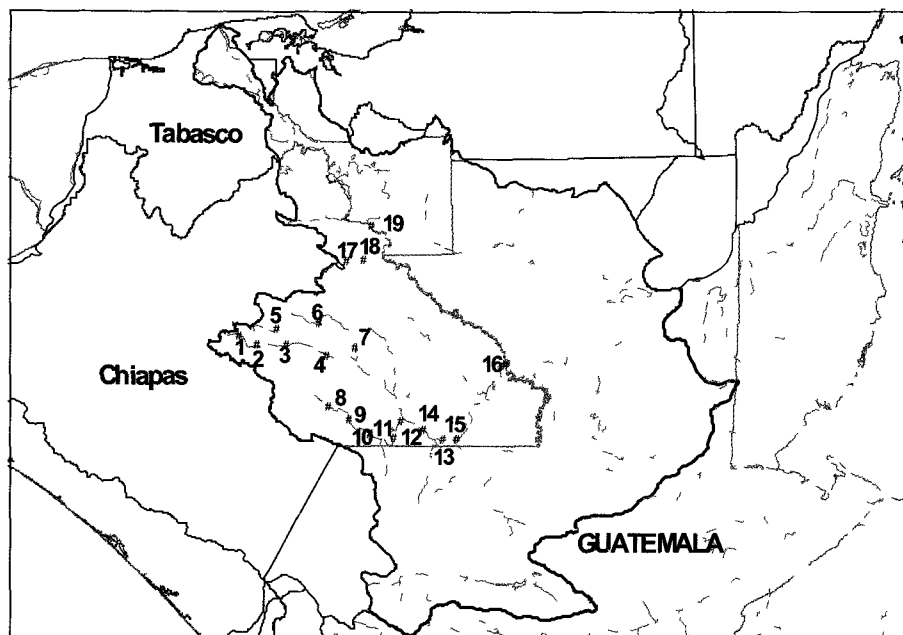


Figura 9. Localización de los proyectos hidroeléctricos estudiados por la CFE (véase cuadro 1; tomado de Toledo, 1982).

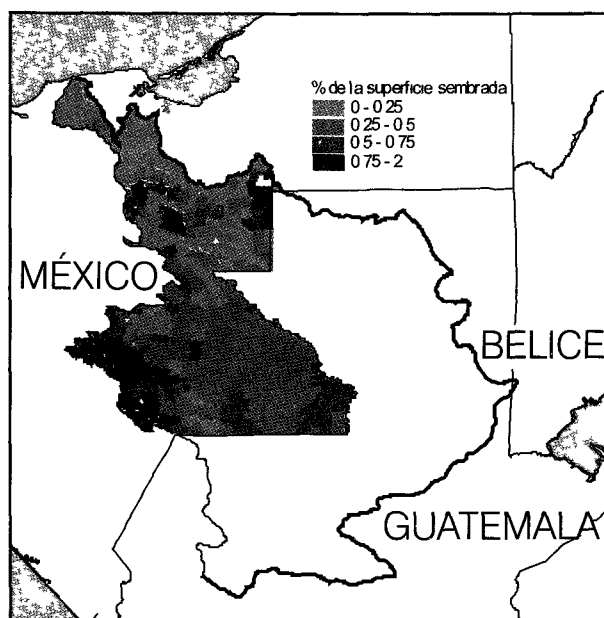


Figura 10. Áreas naturales protegidas y áreas de selvas y bosques de la cuenca del Usumacinta (no se cuenta con datos para la parte sur de la cuenca) (fuentes: base de datos de la Selva Maya; Inventario Forestal de Gran Visión, México, 1993).

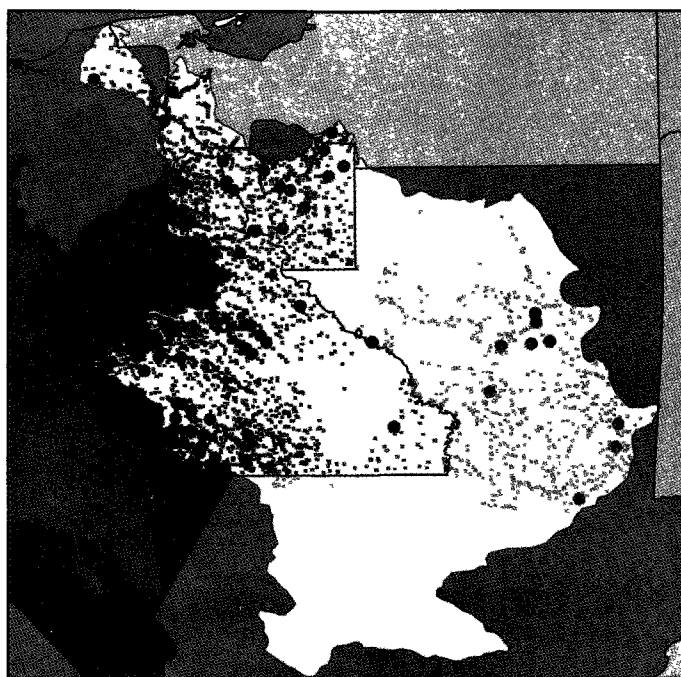


Figura 11. Distribución de asentamientos humanos geo-referenciados en la cuenca del río Usumacinta (no se muestra información en el sector sur de la cuenca) (fuente: elaboración propia).

Entidad	Población total aproximada (1990)	Número de localidades
Campeche (<1,000 hab.)	5 271	326
Campeche (>1,000 hab.)	3 702	2
Tabasco (<1,000 hab.)	69 341	695
Tabasco (>1,000 hab.)	71 745	14
Chiapas (<1,000 hab.)	218 338	3 031
Chiapas (>1,000 hab.)	158 461	47
México (<1,000 hab.)	292 950	4 052
México (>1,000 hab.)	233 908	63
Guatemala (<1,000 hab.)	N/D	630
Guatemala (>1,000 hab.)	90 601	9

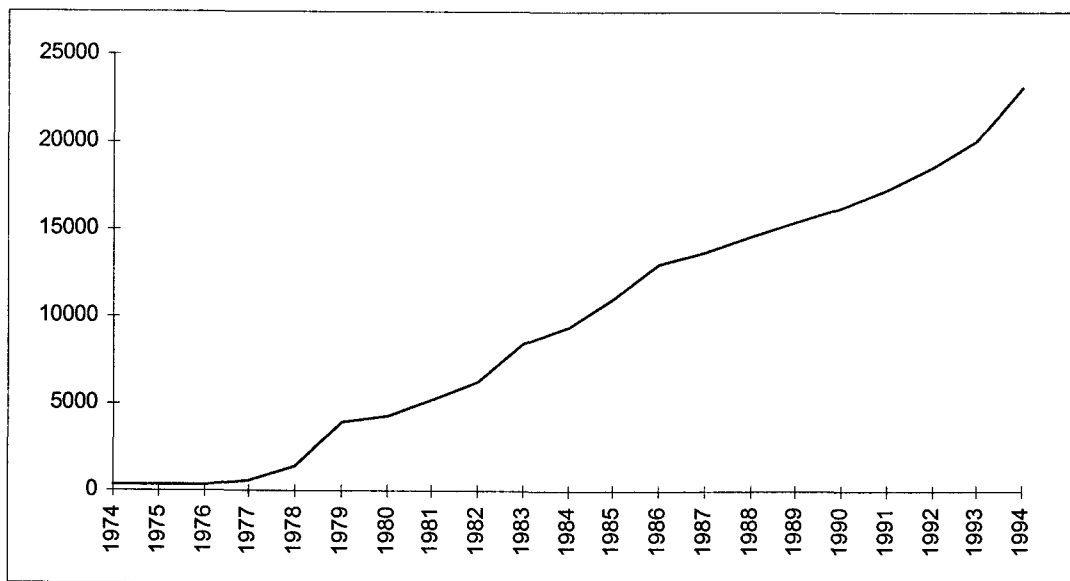


Figura 12. Dinámica de poblamiento en Marqués de Comillas, Chiapas. Estimación con base a los archivos de la Comisión Agraria Mixta, trabajos de PASECOP y a los Censos poblacionales del INEGI.

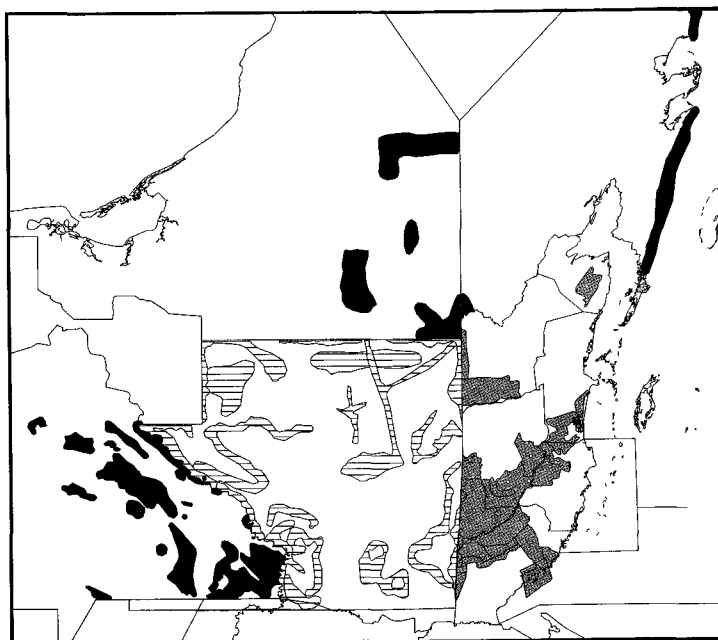


Figura 13. Áreas críticas para la conservación de la Selva Maya (fuente: March, 1995).



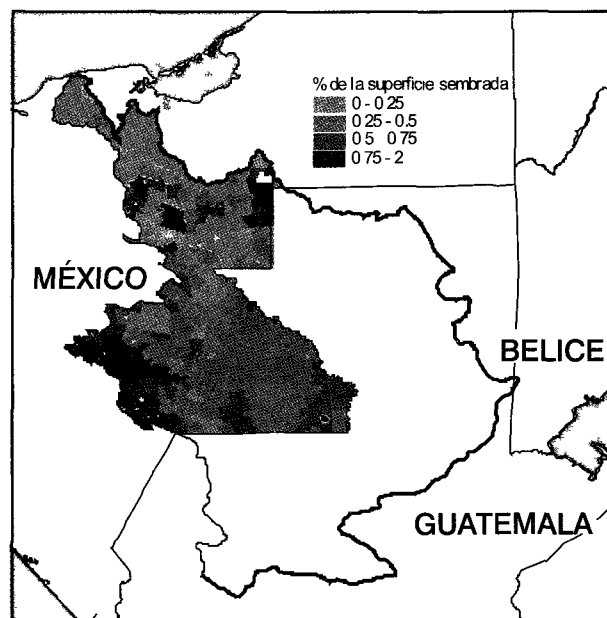


Figura 14. Importancia del maíz en la porción mexicana de la cuenca del Usumacinta, medida como proporción del área total sembrada destinada al maíz (fuente: Censos Agropecuarios 1991, INEGI).

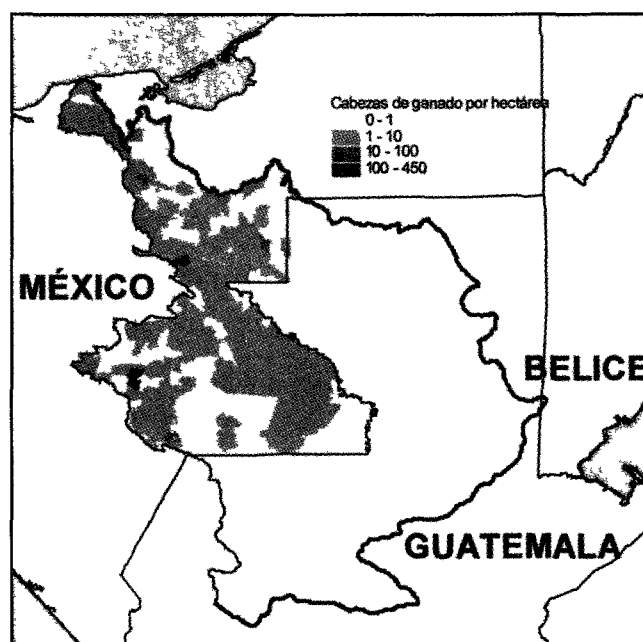


Figura 15. Distribución de la actividad ganadera en la porción mexicana de la cuenca del Usumacinta medida como densidad de cabezas de ganado (fuente: Censos Agropecuarios 1991, INEGI).

AGUA PARA SIEMPRE:  
OBTENCIÓN DE AGUA Y CONSERVACIÓN DE SUELOS  
A TRAVÉS DE LA REGENERACIÓN DE CUENCAS

Raúl Hernández<sup>1</sup>

DETECCIÓN DEL PROBLEMA DEL AGUA

En 1980 comenzó un programa de desarrollo rural para campesinos de bajos ingresos en la semiárida región mixteca poblana. El proyecto fue impulsado inicialmente por la Central de Servicios para el Desarrollo de Tehuacán, A. C. (CEDETAC), y posteriormente fue fortalecido y expandido por Alternativas y Procesos de Participación Social, A. C. (Alternativas). A lo largo de su aplicación ha contado con importantes apoyos de donantes particulares e institucionales, nacionales e internacionales, entre los que destaca la Fundación Ford. Además se han sumado las fundaciones Interamericana, Cante, Basiliana, Rotaria y los clubes rotarios de *Loveland*, Tehuacán y Tehuacán Manantiales.

Gracias al éxito alcanzado, el programa se ha extendido hacia la mixteca oaxaqueña y ha inspirado a múltiples instituciones privadas y gubernamentales a realizar programas similares. Este programa mereció el máximo reconocimiento mexicano en materia social: el Premio Nacional de Solidaridad 1992.

La estrategia establecida pretende generar procesos de autodesarrollo sostenible en familias y comunidades campesinas marginadas, a partir de un trabajo de promoción y organización popular, cimentado en una metodología esencialmente educativa.

La labor no consiste en resolver los problemas de los campesinos, sino en organizarlos, capacitarlos y brindarles los apoyos básicos para que ellos mismos puedan solucionarlos, de modo que sean capaces de mantener un proceso autogestivo de desarrollo sostenible.

Desde el inicio fue evidente que el principal problema de la región era la falta de agua, al igual que en gran parte de nuestro país y resto del mundo. Para enfrentar esta escasez, muchos grupos de campesinos solicitaron apoyo para perforar pozos profundos, pensando que es la técnica moderna más idónea para tener agua abundante a corto plazo. Al analizar el problema y la alternativa de solución propuesta, se decidió no impulsar la perforación de pozos por varias razones:

- Una limitante ecológica, ya que resulta técnicamente inadecuado aumentar la sobreexplotación de los mantos acuíferos subterráneos de la región, que de por sí se encuentran gravemente amenazados. Obtener más agua perforando pozos es como

1. Investigador de la Organización "Alternativas y Procesos de Participación Social. A. C."

introducir más popotes al mismo vaso; tendremos más agua en el corto plazo, pero se acabará más rápidamente, por lo que el problema, en lugar de resolverse se agravaría en el futuro.

- Una limitante económica derivada de que la inversión que se requiere para perforar, equipar, dotar de energía y operar un pozo profundo, está fuera del alcance de la mayoría de la población campesina. El costo global de la tecnología de los pozos profundos es prohibitivo para resolver el problema en una escala regional, nacional y mundial.
- Una limitante legal que se enfrenta a la necesidad de proteger los mantos acuíferos, ya que desde 1950 se decretó una veda que prohíbe el alumbramiento de aguas subterráneas en la región de Tehuacán, que fue ampliada en 1959. En la práctica la veda ha sido violada incesantemente y, con el amparo de la nueva Ley Federal de Aguas expedida en 1992, la Comisión Nacional del Agua permitió la regularización de pozos, aunque hubieran sido perforados al margen de las disposiciones de protección de acuíferos.

#### INVESTIGACIÓN: EL AGUA COMO RECURSO ESCASO

Ante la magnitud del problema del agua y la complejidad de las alternativas de solución, en 1985 y 1986 los investigadores de CEDETAC y Alternativas, con el apoyo de la Fundación Ford, realizaron un importante estudio denominado "el agua como recurso escaso". Este analizó el fenómeno de lucha por el agua, desde una perspectiva histórica: abarcó desde el origen de la agricultura en Mesoamérica hasta nuestros días. Gracias a ello se logró comprender la interrelación de tres factores fundamentales que confluyen en la problemática:

- La prehistoria,
- La colonia,
- La época moderna.

Para ello, se abordó el estudio de la tecnología utilizada en diversos periodos históricos, y la organización social que se ha generado para operarlas en diversos contextos microecológicos a lo largo de la historia regional. Además, se encontró que la región de Tehuacán ha aportado, adoptado y adaptado, múltiples alternativas para la obtención y aprovechamiento del agua en las diferentes épocas de la historia. En cada período, los pobladores de la zona se han organizado y han utilizado diversas tecnologías para aprovechar del mejor modo posible este vital y escaso recurso. Más que ningún otro factor, la lucha por el agua ha sido el eje de interpretación más claro de la historia regional.

#### *Prehistoria*

Entre 1960 y 1964, un amplio equipo de científicos del más alto nivel, encabezados por el doctor Richard MacNeish, realizó una importante investigación conocida como "Proyecto Tehuacán". A través de ésta, se logró esclarecer el origen de la civilización mesoamericana,

al encontrar evidencias de la agricultura e irrigación, en un proceso interrumpido de la civilización regional, por un periodo de 9 500–10 000 años. De modo inverso a lo ocurrido en el viejo continente, donde primero se estableció la vida sedentaria y posteriormente se originó la agricultura; en el valle de Tehuacán primeramente se descubrió la agricultura, lo que gradualmente permitió la vida sedentaria.

A partir de 1994 se comenzó a reexaminar la edad de la agricultura de Mesoamérica, utilizando la nueva tecnología de espectrometría por aceleración de masas, que remonta la más fuerte limitación del método convencional de fechamiento con radiocarbono: el tamaño mínimo de la muestra. El espectrómetro de masas puede trabajar con muestras de un milésimo de tamaño de lo que antes se requería, lo que ha permitido fechar pequeños pedazos de mazorca descubiertos en las cuevas.

Con este reciente método, se establecieron nuevas fechas para los cultivos más antiguos que se encontraron en Tehuacán: el maíz americano (*Zea mays*) tendría una antigüedad de 4 500 a 4 700 años, y no ya los 7 000 establecidos originalmente; mientras que el frijol (*Phaseolus vulgaris*) más antiguo de Tehuacán tendría 2 300 años de antigüedad. Estas fechas todavía no pueden ser consideradas definitivas y es por ello que seguimos utilizando las fechas de radiocarbono —y no su conversión sideral— presentadas por Johnson y MacNeish. Esto con las reservas de imprecisión que ellos mismos señalaron en su tiempo.

Cabe mencionar, que aunque los modernos métodos de fechamiento están modificando los esquemas cronológicos de un modo importante, la secuencia evolutiva se conserva igual.

En la primera etapa, llamada fase Ajuereado (del 9500 o 10000 hasta de 6800 a. C.), unas tres o cuatro familias nómadas (de cuatro a ocho miembros cada una) recolectaban plantas silvestres y cazaban animales menores en la región de Tehuacán-Coxcatlán. La siguiente fase, llamada El Riego (del 6800 al 5000 a. C.), se caracteriza por el uso de instrumentos y el descubrimiento de la agricultura, domesticando el aguacate y una variedad de calabaza.

Durante la fase Coxcatlán (del año 5000 al 3400 a. C.), domesticaron el maíz, chile, guaje, amaranto, frijol, quelite, haba y zapote, aunque no representaban más del 10% de su dieta. En la fase Abejas (del 3400 al 2300 a. C.), los pobladores adoptaron un patrón de asentamiento más sedentario y mejoraron el maíz tripsacoides; mientras que del 2 300 al 1 500 a. C. (fase Purrón), el único cambio relevante fue la aparición de la cerámica más antigua de Mesoamérica.

En la fase Ajalpan (del 1500 al 800 a. C.), los habitantes eran agricultores de tiempo completo y vivían en pequeños pueblos de 100 a 300 individuos. En la fase Santa María (del año 800 al 150 a. C.), los naturales realizaron el descubrimiento de la agricultura de irrigación: manejaban el agua de lluvia, y construyeron la monumental presa de Purrón.

Cada mejora en la agricultura propició un avance en el desarrollo de su cultura, lo cual a su vez, redundaría en nuevos adelantos para la técnica agrícola. La agricultura de riego se inició, domesticando aguas broncas provenientes de escurrimientos de origen pluvial; y mediante represas y terrazas escalonadas, de las cuales existen muchos restos en la región.

La construcción de la monumental presa de Purrón, señala el inicio de la agricultura de riego en Mesoamérica hace 2 750 años; es la obra de este tipo más antigua que se ha encontrado hasta hoy. La presa, construida por etapas a partir del año 750 a. C. y concluida antes del

año 300 de nuestra era, mide 18 metros de altura, más de 400 metros de largo de lado a lado de la barranca, y de ancho tiene más de 100 metros en la base. Ella formaba un depósito de agua de aproximadamente 400 x 700 metros, con lo que pudo almacenar más de dos y medio millones de metros cúbicos de agua. Afortunadamente, en la actualidad se conserva 80% de la enorme estructura de esta presa prehispánica, ubicada en el arroyo Lencho Diego, al sureste del valle, cerca de la población de Coxcatlán.

La obra está construida con un volumen de aproximadamente 370 mil metros cúbicos de piedra y tierra compactada; tan sólo en su última fase de edificación, requirió del trabajo de más de 4 300 hombres durante unos 220 días. Esto revela la existencia, en aquel tiempo, de una compleja red social que podía organizar y controlar a un número considerable de trabajadores; además evidencia un dominio de la ingeniería hidráulica que permitía el diseño y la construcción de una obra de almacenamiento de agua.

Similar a esta presa existen hoy varias en la región, aunque no se ha encontrado ninguna tan antigua ni monumental como la de Purrón. Esto implica que la captación y aprovechamiento del agua de lluvia fue un patrimonio cultural ampliamente extendido desde la prehistoria de la región. Junto con la tecnología para retener el agua de lluvia por medio de presas, los antiguos agricultores, a partir de la fase Palo Blanco (del 150 a. C. al 700 d. C.), dominaron también la técnica de construcción de terrazas para la retención de suelos y humedad en las parcelas de siembra de ladera. De estas terrazas, construidas con piedras superpuestas, existen varias evidencias arqueológicas en todo el valle.

La fase Venta Salada (del 700 al 1500 d. C.), representa la última etapa evolutiva antes de la llegada de los españoles a la América continental. En esta fase, se desarrolló un complejo sistema de canales de distribución para llevar el agua de los manantiales del valle medio hasta los lugares óptimos de cultivo en el valle bajo. Con ello se creó un macrosistema de irrigación de más de 25 kilómetros de largo que comprendía cientos de kilómetros de canales.

Con los años, éstos se mineralizaron por incrustación de las sales de las aguas, formando lo que se conoce como canales fósiles o tecuates; algunos de los cuales pueden admirarse gracias a que los constructores del fraccionamiento Reforma (en la zona alta de Tehuacán) decidieron preservarlos en los camellones y trazaron las calzadas siguiendo su curso.

Con relación al uso doméstico del agua, los pobladores utilizaron la técnica de los jagüeyes. La mayoría de las poblaciones de la región se formaron como un conjunto de viviendas alrededor de un bordo de tierra compactada, llamado jagüey, que recibía el agua de los escurrimientos de los cerros. Éste era utilizado tanto para satisfacer las necesidades elementales de la población como para que los animales abrevaran. Cada año, durante el periodo de secas se realizaban labores de mantenimiento, asignando a cada familia alrededor de un metro cúbico de azolve, que tenía que excavar del fondo del jagüey para colocarlo y compactarlo sobre el bordo. Con ello aumentaba año con año su capacidad de almacenamiento.

La existencia de diversos sistemas hidráulicos de gran magnitud revela que en la prehistoria de la región, existía una compleja organización social que operaba exitosamente el sistema hidráulico del valle como un todo unitario. La notable armonía que se alcanzó en la antigüedad entre la ecología de la zona, la tecnología utilizada y la organización social, nunca más se ha vuelto a lograr en las siguientes etapas de desarrollo en la región.

### *Colonia*

A partir de la conquista, se indujo un nuevo concepto de propiedad de la tierra, que dio lugar a la formación de las haciendas. En consecuencia, se inutilizó la compleja red de canales fósiles, que fueron vitales para el desarrollo de la agricultura en la época anterior. La técnica prehispánica era adecuada para la óptima utilización del agua en un sistema unitario de aprovechamiento en el valle, pero no se adaptaba al nuevo régimen de organización social que dividía la superficie en varias unidades aisladas: las haciendas, pertenecientes a distintos propietarios. Al mismo tiempo, el nuevo esquema de dominación sobre la población indígena, destruyó el modelo de organización social que había operado tan exitosamente para la producción agrícola de la región. A cambio de ello, durante la época colonial se aportaron nuevas técnicas de desviación de corrientes broncas hacia los terrenos de cultivo de las haciendas. También se adoptó la tecnología de las galerías filtrantes, de origen persa, del tiempo del rey Sargón II (722-705 a. C.) para obtener agua. Éstas consisten en la excavación de un túnel horizontal con ligera pendiente que conduce el agua del subsuelo por medio de la gravedad, y que da lugar a un manantial artificial, permanente a flor de tierra. Este túnel o galería tiene pozos verticales, llamados lumbreras, que sirven para iluminación, respiración y extracción de materiales durante el periodo de construcción, y para su mantenimiento posterior. La técnica logró arraigarse en la región a tal grado que aún en la actualidad (a pesar de verse gravemente amenazado), constituye el sistema de irrigación más importante en el valle bajo: abarca más de doscientas galerías en operación, que aportan alrededor de 170 millones de metros cúbicos anuales de agua para irrigación. Las galerías son operadas normalmente por sociedades de aguas que representan un esquema de organización social con alto grado de sofisticación y complejidad.

En resumen, durante el virreinato se siguió prestando atención al aprovechamiento de escurrimientos de agua de origen pluvial, por medio de presas derivadoras. Aunque con una eficiencia mucho menor que en la prehistoria. Además, se inició la explotación de los mantos subterráneos, de baja profundidad, por medios artificiales como las galerías filtrantes y pozos someros.

Con la desaparición gradual del sistema de dominación y propiedad territorial de las haciendas, hubo un abandono de muchas obras hidráulicas de la Colonia (especialmente los sistemas de canales de conducción); aunque muchas otras se conservaron y se encuentran aún en operación.

### *Época moderna*

Más recientemente, con el desarrollo de la tecnología de los pozos profundos, se acentuó el proceso de abandono gradual de la tradición de construir y mantener jagüeyes y represas de contención de las aguas superficiales. Los esfuerzos se han centrado en la explotación de los mantos acuíferos profundos: la perforación y equipamiento de pozos para uso individual en granjas y ranchos.

Los datos sobre el número de pozos existentes y sus aforos no son confiables debido a que por la vigencia de la veda legal, la mayoría de ellos se encuentran en la clandestinidad.

Sin embargo, las oportunidades de regularización que surgieron con la nueva Ley de Aguas Nacionales de 1992, cambiaron rápidamente la situación.

En la segunda mitad de nuestro siglo, se construyó un canal que conduce agua al valle medio de Tehuacán desde la presa de Valsequillo; la cual está ubicada a unos 100 kilómetros de distancia, y es operada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, conjuntamente con las organizaciones de usuarios. Desgraciadamente, la vida útil de este embalse se está reduciendo a causa del azolvamiento de su vaso, provocado por la extensa deforestación de la cuenca. Además de ello, hay el problema de la contaminación progresiva del agua: los afluentes arrastran detergentes y productos químicos, dañando las tierras que se irrigan. De continuar esta situación, en pocos años, el valle se quedará sin recibir agua de la presa de Valsequillo y con tierras de temporal gravemente contaminadas.

Por otra parte, cabe señalar el caso de una presa secundaria del mismo sistema, ubicada en el valle alto, cerca de la población de Cacaloapan, que presentó una falla técnica y nunca pudo operarse; con lo cual se difundió la creencia de que la construcción de presas para aprovechamiento del agua de lluvia no era una alternativa adecuada para la región. Esta creencia se mantuvo durante décadas, hasta que el programa "Agua para siempre" demostró lo contrario. Sin embargo, nuestros tiempos se caracterizan por amenazar seriamente el equilibrio ecológico: la deforestación acelerada afecta la recarga de acuíferos, al mismo tiempo que se intensifica la explotación de los mantos subterráneos.

#### PANORAMA ACTUAL

Cada época ha generado nuevas tecnologías y sus propias formas de organización social, así como diferentes sistemas socio-tecnológicos; muchos de los cuales coexisten actualmente en un complejo macrosistema que (siguiendo a Karl Wittfogel) puede denominarse una "Sociedad Hidráulica".

Pero, a pesar de la generación de tecnologías y estructuras sociales, el problema en lugar de resolverse tiende a agravarse debido a tres factores principales:

- El incremento de la población.
- El inadecuado manejo de los recursos naturales de la región.
- El acceso desigual al agua disponible, concentrada en pocas personas y grupos de poder, como resultado de una competencia desigual entre el sector urbano y el rural; y entre grupos económicos de cada sector.

La tendencia de abatimiento de los mantos acuíferos muestra un panorama crítico para el futuro cercano. Basta con decir que de 1968 a 1986, se duplicó el kilometraje de las galerías filtrantes, que es el sistema socio-tecnológico más importante de la región; a pesar de ello la cantidad de agua extraída no aumentó significativamente, con respecto a la que se obtenía 18 años atrás.

En la actualidad, la mayoría de las galerías filtrantes presentan una drástica disminución de su caudal: muchas de ellas se han secado. También en los pozos profundos registran tendencias graves de abatimiento. Mientras tanto, millones de metros cúbicos de agua de

lluvia se desperdician cada año al correr por las barrancas sin dejar ningún beneficio, y más bien causando serios daños a su paso.

El problema estriba no solamente en la obtención de agua para satisfacer las diferentes necesidades, sino en lograr que la extracción no siga mermando los mantos acuíferos, subterráneos; y que el acceso a este recurso se realice en condiciones equitativas y justas para los diferentes grupos sociales.

Por ello, el diseño de nuevos proyectos hidráulicos debe tomar en cuenta tres elementos de gran importancia, que confluyen en su resultado global:

- El cabal conocimiento de la ecología de la región.
- La comprensión de las formas de organización social existentes.
- La tecnología adecuada, tanto para dicha forma de organización social como

para el medio ambiente microrregional.

Ante este panorama, CEDETAC y Alternativas realizaron un análisis para detectar las causas del problema y encontrar soluciones viables. Es importante señalar que las mujeres son quienes más sufren de escasez: ellas son las encargadas de llevar agua a la casa para beber, cocinar y lavar, así como para el aseo personal de los miembros de la familia. Las mujeres campesinas, en ocasiones, tienen que acarrearla a lo largo de grandes distancias en cubetas atadas a un palo que se lleva en hombros; las que tienen mayor suerte, llevan los botes de plástico que consiguen y cargan en burros.

Para los hombres, la escasez de agua se sufre en los periodos de sequía, cuando las lluvias se atrasan y las cosechas se pierden, dejando a la familia sin alimento. Muchos de ellos tienen que emigrar temporalmente para buscar el sustento en alguna ciudad de México o de Estados Unidos.

Los animales que son cuidados por mujeres, niños y ancianos sufren y mueren cuando falta el agua, y no es posible encontrar comprador que ofrezca un precio adecuado.

### *Origen del problema*

Con el fin de satisfacer sus requerimientos de vivienda y de combustible, obtener recursos económicos mediante la venta de madera, y extender sus áreas para sembrar maíz con fines de autoconsumo familiar, los pobladores de la región han talado bosques enteros. Además, han abierto tierras de monte para el cultivo, forzándolas inadecuadamente a servir con fines agrícolas, cuando su vocación natural es eminentemente forestal.

La tala de subsistencia realizada por los habitantes de los montes, se ha visto agravada por la inmoderada tala comercial que abastece a los aserraderos concesionados a particulares. Éstos generalmente no cumplen con la obligación de reforestar debido a una mala e inadecuada administración de la política forestal nacional. Igualmente, el sobrepastoreo ha provocado que la vegetación no se reponga, ya que las plantas tiernas son arrasadas por los rebaños que se alimentan de ellas.

En consecuencia, la acción combinada de la deforestación y el sobrepastoreo ha hecho desaparecer la capa de vegetación natural que cubría las laderas de colinas y montes, y ha provocado que el agua de lluvia no se infiltre en el subsuelo. Esto afecta la recarga de los



mantos acuíferos, ya que el agua escurre superficialmente por la pendiente, a velocidad creciente, arrastrando el suelo descubierto, hasta dejar solamente tepetate o piedras estériles.

El proceso de erosión resultante, afecta las barrancas, donde antes había bosques. De acuerdo a la topografía del terreno, muchas barrancas pequeñas confluyen y dan lugar a una más grande, que arrastra el caudal con fuerza a velocidad creciente, lo que provoca una erosión mayor. El relieve que se configura es de una gran barranca, con muchos afluentes menores, siguiendo un patrón semejante a las ramas de los árboles. Por otra parte, valle abajo, donde se encuentran tierras propias para el aprovechamiento agrícola, se perforan pozos para extraer agua y convertirlas en tierras de riego. La conjunción de la erosión de los montes y la sobreexplotación de mantos acuíferos ha provocado un rápido descenso en los niveles freáticos; la cual es afectada por la extracción y descenso del volumen de recarga. El abatimiento de los acuíferos está causando severos daños al sistema de galerías filtrantes que depende de los mantos superficiales y es la base de la agricultura de riego en el valle bajo. Ante la escasez del recurso hidráulico, es atractiva la captación de los caudales de las barrancas, ya que son susceptibles de aprovechamiento por medio de la construcción de bordos o represas para embalsar el agua. Debido al empuje del torrente, las presas requieren una fuerte estructura para detenerlo, y demandan una costosa inversión, que no está al alcance de las poblaciones rurales; por lo tanto, a menos que cuenten con apoyo externo (gubernamental o privado), es imposible realizar obras de tal magnitud. Además del problema de costo, las presas tienen una vida limitada debido a la gran cantidad de azolve que llevan las aguas, inutilizando en pocos años la enorme inversión realizada.

La miopía de la tecnología de las grandes presas estriba en que visualiza el problema bajo la óptica de un solo recurso: el agua. Es decir, no lo enfocan desde la complejidad de las causas que lo originan y que exigen un manejo integral de los recursos para plantear soluciones.

#### *La solución: regeneración de barrancas*

Afortunadamente, los campesinos de la región no han perdido totalmente su vasta cultura hidráulica tradicional. Los resultados de la investigación "El agua como recurso escaso", plantea que una solución adecuada sería emprender un programa de regeneración de barrancas y cuencas (véase figura 1).

Con esto, en 1988 nació el programa "Agua para siempre", que ha crecido rápidamente y ha brindado abundantes frutos, gracias a la entrega de un entusiasta equipo de profesionistas, técnicos, administradores y campesinos, entre quienes destaca el ingeniero Gerardo Reyes Bonilla.

La propuesta de regeneración pretende resolver el problema en el lugar mismo donde se origina; es decir, corrigiendo sus causas reales y no solamente atendiendo a los efectos visibles. Para regenerar una cuenca se requiere hacer tratamientos específicos en cerros, lomas, valles y barrancas, utilizando tecnologías adecuadas para lograr los efectos buscados. El ciclo de regeneración es exactamente opuesto al proceso de deforestación. En lugar de iniciar con la construcción de una gran presa para embalsar el agua al final de la barranca, se abordan

primero los lugares más elevados en los cerros y colinas, donde el agua de lluvia se empieza a juntar para producir una pequeña corriente.

#### OBRAS DE RETENCIÓN EN LOS CERROS

En las pendientes escarpadas de los cerros se pueden iniciar las labores de regeneración ecológica utilizando zanjas trinchera, anillos de captación y reforestación con especies adecuadas. El objetivo de los trabajos en los cerros consiste en favorecer la formación de suelos mediante la reforestación; reducir la velocidad de escurrimiento del agua de lluvia; disminuir la erosión, propiciar la infiltración hacia el subsuelo y conducir el agua retenida al lugar deseado dentro de la cuenca.

##### *Zanjas trinchera*

En pendientes escarpadas, se excavan cepas alineadas con la curva de nivel para la plantación de árboles o arbustos; la tierra extraída se coloca junto a la cepa, hacia abajo. Esto forma un ligero arco o bordo para que retenga el agua de lluvia y la concentre en torno a la planta. La siguiente línea de zanjas, ladera abajo, se hace intercalada para que las cepas intercepten el agua que haya escapado de la anterior línea de retención.

##### *Estacado con ramas*

Cuando no existe suelo suficiente para hacer cepas profundas, se recomienda enterrar estacas para que retengan las ramas, piedra y tierra. Ello protege a las plantas tiernas, y favorece su enraizamiento natural.

##### *Reforestación*

En cada cepa se siembran árboles, arbustos o plantas perennes, adecuadas a la región y al clima, con bajo requerimiento de humedad y que requieran pocos cuidados. Estas plantas ayudarán en la labor de retención de agua e infiltración en el subsuelo por las fracturas que abren sus raíces; además contribuye a la formación y retención de suelos con la materia orgánica de sus hojas. Una vez establecidas, proporcionarán a la población leña, frutos, forraje o madera, según las especies que se elijan, incrementando el ingreso familiar y regional.

En zonas críticas se puede cercar un área en proceso de reforestación para restringir temporalmente la entrada de animales, y proteger de este modo a la vegetación en su fase de crecimiento inicial.

##### *Anillos de captación*

Para recoger el escurrimiento de agua de lluvia en los cerros que bordean una cuenca, se puede construir un anillo de captación, es decir, una zanja horizontal con una ligera pendiente

bajo la curva de nivel para llevar el agua de lluvia obtenida hacia un lugar determinado. Este procedimiento permite concentrar el líquido en un sitio elevado de la cuenca y, a partir de allí, conducirlo al punto deseado con mayor facilidad, evitando cruces de barrancas en el valle o en el abanico aluvial. El ancho del anillo está en función de lo escarpado de la pendiente y la dureza de la superficie; mientras que la altura de su bordo depende del volumen de agua que se estima circulará por él.

#### OBRAS DE APROVECHAMIENTO EN LOMAS

En lomas donde la pendiente es menor a la que se da en los cerros, es posible continuar la reforestación y realizar obras de captación del agua de lluvia por medio de bordos y terrazas a nivel, así como de agujajes o jagüeyes para abrevaderos de los animales y pequeña irrigación. Todas estas obras incluyen vertedores de demasías, para evitar desbordamientos y rupturas en caso de exceso de escurrimiento.

##### *Bordos y terrazas a nivel*

A lo largo de la curva de nivel, se construyen bordos de tierra: se excava una zanja, y se amon-tona y comprime la tierra en el lado de abajo hasta formar un montículo. Los bordos adquie-ren una resistencia mucho mayor cuando en ellos se plantan magueyes, nopales, árboles o arbustos. Estos ayudan con sus raíces a afianzar la tierra, además de producir otros recursos para la población. En caso de haber tierra suficiente para formar bordos, se pueden construir muros de piedra acomodada siguiendo la curva de nivel, con el objetivo de formar terrazas uniformemente planas con el suelo que se retiene.

##### *Cobertura vegetal*

Cuando hay suelos someros que permiten sustentar vegetación natural, es conveniente propi-ciar su recubrimiento con pastos adecuados, que proporcionen una cobertura al terreno, eviten la erosión y favorezcan la infiltración del agua.

Conviene seleccionar preferentemente plantas de la región, en virtud de que la natura-leza ha demostrado que están adaptadas al lugar; además de que la cultura local ha aprendido a utilizarlas. Ello no excluye que en ocasiones puedan introducirse otras especies, después de cuidadoso estudio y ponderación.

##### *Jagüeyes o agujajes para ganado y microirrigación*

En lugares con menor pendiente, es posible construir jagüeyes o agujajes: se excava el suelo y se coloca el relleno como bordo, colina abajo. El jagüey captará el agua que escurra de terren-os pedregosos o no nivelados, y contribuye a aumentar la posibilidad de agua para abrevar a los animales o mejorar las condiciones de las siembras de temporal mediante riegos de auxilio.

## OBRAS DE REGENERACIÓN EN BARRANCAS

Las barrancas se forman donde el agua encuentra suelo más débil, que puede ser erosionado con mayor facilidad. La regeneración se hace restaurando el suelo en los puntos donde el agua ha excavado: se construyen terrazas mediante represas filtrantes y se levantan bordos de tierra que siguen las curvas de nivel en los terrenos adyacentes. Para ello se identifica cada uno de los brazos de la barranca que proporcionan los mayores caudales y se escoge uno de ellos para empezar. Este brazo se sigue corriente arriba para detectar los múltiples lugares en donde se originan los escurrimientos, y allí dar principio al tratamiento.

### *Represas filtrantes de piedra acomodada*

En cada uno de los puntos donde la corriente no es fuerte, se obstruye el paso del agua por medio de la construcción de pequeñas represas filtrantes o terrazas; pudiendo utilizarse diversos modelos y técnicas de acuerdo a las condiciones del terreno y materiales disponibles. Las represas filtrantes retienen los materiales sólidos aguas arriba y permiten una filtración del líquido con menor velocidad, facilitando su control y alargando el tiempo de escurrimiento.

Una represa sencilla consiste en una pared perpendicular a la dirección de la corriente, edificada simplemente acomodando y superponiendo piedras sin labrar y sin utilizar mezcla ni cemento para unir las, de modo que queden hendiduras entre ellas por donde pueda filtrarse el agua, cuidando que estén bien calzadas para que no sean arrastradas por ella. En la cara de la represa, que está corriente arriba, se amontonan ramas, tierra o desechos vegetales disponibles que impidan que el agua se filtre velozmente, logrando un estancamiento temporal.

### *Represas filtrantes de gaviones*

Si la corriente es más fuerte y amenaza derribar un muro de piedra simplemente acomodada, conviene construir represas de gaviones con cimientos y empotramiento de mampostería para darle resistencia contra el embate de la corriente. Las presas de gaviones están armadas con una serie de cajones de malla de alambre galvanizado, rellenos de piedras y amarrados unos a otros, por lo que tienen gran resistencia para enfrentar corrientes turbulentas. Tales presas se diseñan con un vertedor central para conducir el exceso de agua en caso de desbordamiento, y así evitar que la corriente pueda horadar los extremos donde la presa se une al terreno. Si la caída de agua es fuerte, será necesario añadir un piso aguas abajo o un tanque amortiguador, que impida que la corriente socave la base de cimentación de la presa, lo cual podría derribarla.

Las condiciones del terreno y la fuerza estimada de la corriente en cada punto determinan el diseño de la presa de gaviones, que puede ser de niveles escalonados para tener mayor resistencia o de cortina inclinada para reducir costos. En ambos casos puede optarse entre dejar que el exceso de agua siga corriendo por el cauce de la barranca o buscar que se desborde e inunde los terrenos adyacentes.

Una vez terminada una represa corriente arriba, se identifica el siguiente lugar aguas abajo donde se pueda construir otra similar junto con sus bordos correspondientes. La idea es

ir deteniendo el agua en diferentes niveles según lo exija la pendiente del terreno, continuando corriente abajo hasta llegar al cauce principal. Este sistema de escalonamiento de represas se realiza en cada uno de los brazos o ramas de la barranca.

Con la disminución de la velocidad y fuerza del torrente inicial, a través del estancamiento provisional del agua en diversos puntos, se logra el control de los dos recursos naturales involucrados: el suelo y el agua. La tierra acarreada por la corriente se asienta en el lecho de las terrazas montaña arriba, donde debe estar, formando excelentes terrenos para cultivo en lugar de ser arrastrada corriente abajo. Se forma un espejo de agua temporal que puede servir para abreviar ganado; y contribuye a la recarga de acuíferos: mientras que una parte se filtra lentamente a través de las oquedades de la represa hacia las partes más bajas de la barranca, otra porción se infiltra en el suelo.

A través del tiempo, los dos fenómenos producirán un doble efecto benéfico: la acumulación de tierra fértil en las hondonadas actuará como la cicatrización, es decir, se cerrará la herida de la barranca. Poco a poco, se cubrirá de vegetación natural por las condiciones de humedad que encontrará: y la acumulación de azolve funcionará como esponja que captará una gran cantidad de agua y la soltará lentamente a través de la represa filtrante. Con ello, se logra un pequeño flujo que se prolongará por varios días o semanas, convirtiéndose en un arroyo semipermanente, en lugar del estéril torrente que corría anteriormente durante unas cuantas horas.

En una cuenca larga, donde es posible construir múltiples represas y terrazas, la corriente que se logra puede llegar a ser permanente, y su flujo aumentar a medida que se complete la regeneración de la cuenca hasta las montañas más altas de la cuenca.

Cuando exista suelo suficiente en toda la extensión de una barranca nivelada mediante la deposición de azolve, podrán sembrarse árboles frutales y plantas perennes diversas que, además de producir frutos para la población, auxiliarán a las represas en la labor de retener la tierra asentada, y con su sombra, estarán reduciendo la evaporación del valioso líquido.

#### OBRAS DE EXTRACCIÓN DE AGUA

A lo largo de todo el sistema, y de acuerdo con las necesidades del lugar, es posible excavar pozos de poca profundidad (laterales a la trayectoria de la barranca) o galerías filtrantes bajo el cauce mismo, para obtener agua (aun en los tiempos de secas) que ha sido almacenada e infiltrada por las represas. El líquido se destina como fuente de aprovisionamiento para uso doméstico, abrevadero de animales, agricultura o una combinación de estas tres, que es lo que generalmente busca la familia campesina.

#### *Pozos someros*

El agua de una barranca o la de un jagüey es turbia por los sólidos que contiene en suspensión, por lo que no es saludable consumirla directamente de estas fuentes. En lugar de eso, conviene perforar un pozo somero, a escasos metros y al lado de la barranca, para obtener agua limpia que se infiltra por las paredes de la fuente de la que proviene. El agua obtenida de

esta forma no es potable, ya que puede estar contaminada bacteriológicamente, pero es cristalina, libre de partículas sólidas por efecto de la infiltración, y por lo tanto tiene mucho menor contaminación que la de la barranca o del jagüey.

### *Galerías filtrantes*

Otro modo de extraer agua limpia del subsuelo por medio de gravedad consiste en excavar una galería filtrante, que puede ser de tipo túnel o de tubo enterrado.

Una galería filtrante tradicional es un túnel horizontal que se excava manualmente con el objetivo de interceptar un manto de agua subterráneo: capta las filtraciones por sus paredes y las conduce a la superficie gracias a una ligera pendiente en el trazo de su nivel. Para poder respirar mientras se excava, obtener iluminación y extraer los materiales, se perforan pozos verticales, llamados lumbreras, que servirán posteriormente para inspección y mantenimiento.

Una galería más sencilla es una zanja que se excava en el fondo de una barranca, en la cual se entierra un tubo con perforaciones que se recubre con grava, gravilla y arena para protegerlo. El agua que circule en el fondo de la barranca se filtrará a través de la grava, la gravilla y la arena hasta llegar al tubo, entrará en él a través de las perforaciones y escurrirá hacia la boca del mismo, fuera de la barranca, por efecto de la pendiente.

### *Presa derivadora*

En algún punto, donde la profundidad de la barranca lo permita, conviene levantar una presa derivadora para desviar parte de la corriente hacia terrenos agrícolas. Esto funciona como un riego de auxilio para incrementar la cosecha y reducir al mismo tiempo el caudal descendente que se busca aprovechar.

Las presas derivadoras suelen incluir: una base que eleva y nivela el piso de la barranca a una altura uniforme para repartir el agua a todo su ancho, disminuyendo la turbulencia de la corriente y permitiendo extraer el agua desde un punto más elevado. También incluye nuevos laterales para encauzar el agua en la dirección deseada, un parteaguas y una obra de toma para separar y controlar el volumen a extraer ya como agua mansa.

### *Manantiales*

El agua infiltrada en las partes altas de la cuenca suele brotar en algún lugar aguas abajo en forma de manantial, generalmente debido a fracturas en las rocas. En los manantiales se pueden construir obras de captación y protección para evitar pérdidas y contaminación.

## OBRAS DE ALMACENAMIENTO

El sistema de retención gradual de suelo y agua en las partes altas de la cuenca posibilita la construcción de una presa de almacenamiento al final del cauce principal. La inversión

requiere que es mucho menor, en comparación con el caso de que la presa tuviera que enfrenar bruscamente el descenso del torrente original. Además, el vaso formado por esta presa final tendrá una vida útil mucho más prolongada: al reducir el volumen de azolve, pues el agua que recibe ha sido filtrada previamente en múltiples ocasiones a lo largo de su curso montaña abajo. Aún así, en zonas de fuerte erosión, el diseño de la presa final puede incluir un desarenador que permite limpiar el vaso en caso de que esté reteniendo azolve en cantidades superiores a las esperadas. Este azolve, así como el agua liberada para limpiar su vaso, pueden canalizarse para beneficiar a los terrenos de cultivo que se encuentren en su desembocadura.

#### OBRAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA

Una vez lograda la captación del agua, se utilizan tecnologías apropiadas en el diseño de sistemas de elevación, traslado, almacenamiento y aprovechamiento óptimo. Con el fin de contribuir a cambios muy favorables para los campesinos y para la región entera.

El agua mansa puede encauzarse por distintos conductos a los lugares de almacenamiento. Algunos sistemas de conducción producen mermas por infiltración y evaporación, mientras que otros son muy eficientes en el cuidado del agua. La elección dependerá de la escasez o abundancia relativa de agua y de los recursos disponibles para invertir en las obras de conducción.

El agua domesticada o mansa puede conducirse por el mismo cauce de la barranca original para evitar costos de construcción de canales. Este medio genera mermas importantes en el flujo ya que el fondo irregular de la barranca produce estancamientos e infiltración en diversos puntos, lo que reduce el caudal disponible al final. De allí que conviene utilizarlo cuando se tienen volúmenes importantes de agua o cuando no hay recursos suficientes para hacer canales o entubar. En caso contrario, el agua puede transportarse eficientemente por canales abiertos hasta el punto de utilización.

El trazo de la trayectoria debe seguir una pendiente ligera que impida que el agua adquiera velocidad y llegue a desbordarse o dañar el canal. El diseño del canal está en función del volumen de agua a transportar, la topografía y la distancia. Éste puede ser rústico o revestido con piedra, cemento, canaleta u otros materiales. El recubrimiento implica costos mayores, pero evita pérdidas de agua por infiltración. Sin embargo, el transporte de agua entubada es el modo más eficiente para evitar mermas, tanto por infiltración como por evaporación. Antes del entubamiento es necesario construir un tanque que permita asentar partículas en suspensión para no taponear las líneas de conducción.

#### EL MANEJO DEL AGUA EN EL VALLE

##### *Almacenamiento*

Una vez que el agua llega al lugar en que habrá de retenerse, se puede optar por diversos métodos de almacenamiento, entre ellos: el estancamiento temporal en terrenos de cultivo

con bordos a nivel, los jagüeyes, las presas y los tanques impermeables. La elección está en función de la cantidad de agua a almacenar, tipo de terreno e inversión requerida.

#### *Bordos para estancamiento temporal*

Si hay abundancia de agua de escorrentía, puede retenerse provisionalmente en campos de cultivo: se levantan bordos a nivel con vertedor incorporado, para infiltrar una porción importante, mientras que otra parte beneficiará directamente a los cultivos.

#### *Aguajes y jagüeyes*

El agua se puede almacenar por periodos largos construyendo aguajes y jagüeyes. Un jagüey es un bordo de tierra compactada, generalmente semicircular, que se forma excavando en el centro para aumentar la capacidad de almacenamiento de agua, y depositando la tierra escarbada sobre el bordo. Con el tiempo, el fondo se sella casi totalmente, disminuyendo las pérdidas por infiltración. El jagüey suele tener a la entrada una trampa de azolve para facilitar su mantenimiento, llamada contrajagüey, y un vertedor de demasías.

#### *Presas de almacenamiento*

El agua mansa puede embalsarse directamente en una presa de almacenamiento a cuya entrada es también conveniente incorporar una trampa de azolve para prolongar su vida útil. Cuando se dispone de un sitio donde se encañona el agua entre dos cerros, es recomendable construir una presa de mampostería, utilizando rocas unidas con mezcla de cemento, cal y arena. Pueden ser rectas de lado a lado, o en forma de arco para presentar mayor resistencia a la presión del líquido contenido. Cuando no se cuenta con un lugar encañonado sino, más bien, con un área amplia de pendiente reducida, es preferible levantar una presa de arcilla compactada que retenga el agua.

Para prevenir fallas en caso de fractura causada por sismos o defectos de construcción, las presas de más de seis metros de altura pueden auxiliarse con un filtro invertido formado por arena, gravilla y grava, retenido por una represa de gaviones en su tercio más bajo, en la cara aguas abajo, que es el que soporta más presión. Las presas de arcilla compactada requieren un dentellón impermeable a manera de cimientado y un vertedor de demasías lateral.

#### *Tanque impermeable*

Si el agua obtenida es escasa y no se quiere aceptar una merma por filtración, entonces conviene construir un tanque impermeable con muros de piedra, ladrillo o bloques repellados con cemento fino. Si el terreno lo permite, puede excavarse el tanque en el piso y recubrirlo con ferrocemento para reducir costos de estructura.

La extracción del agua desde el lugar de almacenamiento puede hacerse a través de tomas directas o incluso, de abrevaderos, los cuales constituyen fuentes alternativas de abaste-



cimiento de agua para animales. El resto de la escasa agua disponible, se deja para utilización humana.

Para extraer el líquido vital de mantos acuíferos no superficiales o para llevarlo hacia tanques elevados es necesario realizar tareas de bombeo. En la época actual se utilizan extensivamente bombas eléctricas o de combustible. Sin embargo, para reducir el costo de operación y evitar el uso de combustibles, conviene utilizar fuentes alternativas de energía como sistemas de viento, solares, mecánicos (manuales y de tracción animal) o hidráulicos.

## CONCLUSIÓN

Una estrategia de manejo integral del agua en una cuenca incluye la combinación de diversas técnicas adecuadas de regeneración ecológica; captación de agua de lluvia o subterránea; almacenamiento, distribución, potabilización, uso eficiente y reciclamiento de agua. Con ello se permite dotar a las familias de un volumen de agua potable (limpia y tratada) suficiente para satisfacer las necesidades de beber, cocinar, lavar, regar y abrevar a los animales.

El sistema integral de regeneración ecológica de cuencas presenta otras ventajas importantes adicionales, al ser un proyecto que requiere inversión mayoritaria de mano de obra. Su realización exige una importante participación comunitaria. Y contribuye a brindar empleo a los lugareños durante el tiempo que no se dedican a la agricultura; además reduce la presión de la migración estacional hacia las ciudades y el extranjero.

Como el proceso constructivo del sistema es una sumatoria de pequeñas obras hidráulicas, escalonadas en lugar de una gran obra monumental, permite que su desarrollo sea gradual, de acuerdo con la disponibilidad de financiamiento y mano de obra. Esto evita el riesgo de que alguna obra sea inútil, en caso de que por alguna razón imprevista tuviera que retrasarse o suspenderse.

En este sentido, el proyecto no genera una gran dependencia del exterior para construirlo y mantenerlo: las comunidades pueden iniciarlo y continuarlo en la medida de su propia capacidad, en caso de contar con escaso apoyo externo para realizarlo. Además, existe un importante antecedente cultural para este tipo de obras como las represas, jagüeyes, terrazas y presas prehispánicas construidas en diferentes periodos y que actualmente están en operación. No se trata de una propuesta nueva, traída de otros lugares, sino que representa una respuesta propia de la región para resolver su problemática; respuesta que había sido relegada por el embate de la tecnología moderna, que en poco tiempo ha mostrado su inadecuación.

Este tipo de obras proporcionan un beneficio directo a la población ya que las realizan en sus propias tierras y, por otra parte, favorecen a toda la región al alimentar los mantos acuíferos. Al sumar las múltiples obras de este tipo, a lo largo de los montes que bordean los valles aluviales, la recarga de los mantos que se obtenga será muy importante y ayudará a mantener su nivel. Esto aunado a las acciones de reforestación y uso adecuado del agua disponible, permitirá solucionar en gran medida la escasez actual y futura del preciado líquido en la región.

Así, la rica tradición de conservar suelos y aguas, ha comenzado a recuperarse y enriquecerse con la utilización de nuevas técnicas y equipos que la hacen más eficiente. Además

presenta la ventaja adicional de que su aceptación se facilita por no tratarse de una práctica ajena o extraña a la población campesina, sino que está enraizada en los orígenes mismos de la cultura regional.

El enfoque educativo y organizativo del programa se comprende mejor al señalar que el Programa Agua para Siempre: no construye presas, sino que edifica personas que, a su vez, construyen presas.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BYERS, Douglas S., *Tehuacán: El primer horizonte agrícola de Mesoamérica*, Pliegos del Colibrí, núm. 5, México, 1968.
- HERNÁNDEZ GARCÍA-DIEGO, Raúl, *Origen prehistórico de la agricultura de riego en México*, Serie del agua como recurso escaso. La respuesta de Tehuacán, Central de Servicios para el desarrollo de Tehuacán, México, 1987.
- MACNEISH, Richard S., *El origen de la civilización mesoamericana visto desde Tehuacán*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1964.
- MACNEISH, Richard, "The Prehistory of the Tehuacan Valley", en Frederick Johnson (ed.), *Cronology and Irrigation*, Londres, Fundación Robert S. Peabody/Phillips Academy/University of Texas, 1972.

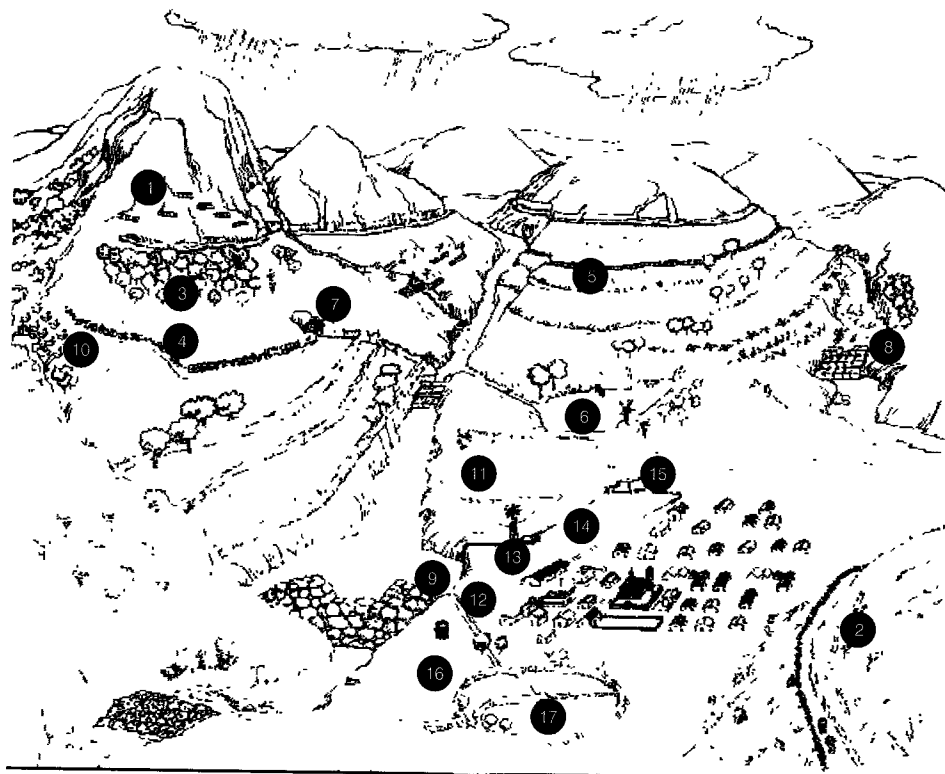


Figura 1. Diagrama de regeneración de cuencas.

Simbología:

- 1 Zanja trinchera
- 2 Anillos de captación
- 3 Reforestación
- 4 Curvas de nivel con vegetación
- 5 Terrazas
- 6 Aguajes
- 7 Presa de piedra acomodada
- 8 Presa de gaviones
- 9 Presa derivadora
- 10 Manantial
- 11 Irrigación
- 12 Canal de tierra
- 13 Rehilete
- 14 Tubería
- 15 Tanque
- 16 Pozo somero
- 17 Jagüey

## LA RELACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL CON EL AGUA SUBTERRÁNEA: EL CASO DE LA CUENCA DE CHAPALA

Teodoro Silva y  
Ramiro Rodríguez<sup>1</sup>

### RESUMEN

La continuidad hidráulica que presenta el subsuelo de la ciénaga de Chapala con los sedimentos y el contenedor del lago de Chapala, permiten postular la hipótesis de que puede existir comunicación entre el agua del lago y el agua subterránea del acuífero de la ciénaga. Para corroborar esta hipótesis, se efectuó un estudio hidrogeológico que se apoyó principalmente en piezometría y análisis químicos de cloruros, boro y fosfatos. Las tendencias piezométricas indican que el lago es una importante zona de recarga del acuífero. Los gradientes de las concentraciones de cloruros y fosfatos también indican flujos del lago hacia el acuífero.

### ANTECEDENTES

Los mecanismos de interacción de cuerpos de agua superficiales (como presas y lagos) con aguas subterráneas, en las áreas aledañas a los mismos, han recibido poca atención en estudios referidos a la hidrología de lagos y sistemas acuíferos. En ocasiones este aspecto sólo es considerado como la diferencia en el balance de agua, pero en general no se le da importancia y por ello pocas veces es considerado como una línea de investigación.

Trabajos pioneros en este campo son los de Zektzer y Kudelin (1966), quienes discutieron el método para determinar flujos de agua subterránea hacia los lagos con especial referencia al lago Ladoga en la antigua URSS. Zektzer (1973) escribió sobre el papel del flujo del agua subterránea en el balance de agua (las sales del lago Baikal y el mar Caspio). Por otra parte, Payne (1970) utilizó por primera vez los llamados trazadores radioactivos para estudiar el agua subterránea en el balance hidráulico del lago Challa, localizado en África.

Entre los autores, que lograron desarrollar los métodos numéricos que hicieron posible la simulación de complejos sistemas de lagos y aguas subterráneas destacan: Remson, *et al.* (1971), Frezee (1969) y Cooley (1974). En 1976 se publicó un trabajo cuyo propósito fue analizar el sistema de flujo de aguas subterráneas cerca de lagos, utilizando un modelo digital.

1. Investigadores del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral-IPN y del Instituto de Geofísica-UNAM, respectivamente.

Este simulaba bidimensionalmente el flujo en una sección vertical, y para una gran variedad de escenarios hipotéticos. Posteriormente hizo un análisis similar pero en un ambiente tridimensional (Winter, 1976 y 1978).

Recientemente Brown (1995) publicó algunos esquemas de la interacción de los lagos con las aguas subterráneas, que adaptaron de los propuestos por Anderson y Munter en 1981. Además clasificaron los lagos según se presentara dicha relación en tres categorías distintas.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Michoacán se caracteriza por contar con un buen número de lagos de importancia tanto nacional como estatal, entre los que destacan Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén y la porción correspondiente al lago de Chapala (15% del total del lago). En todos los casos, de dichos cuerpos de agua depende el desarrollo económico de pueblos y ciudades, ya sea porque son fuente de abastecimiento directo de agua potable o bien porque de ahí se riegan bastas zonas agrícolas. La actividad turística también ocupa un lugar importante, así como lo es la pesca de la cual dependen (si bien cada vez menos) miles de personas. Por otra parte, los ecosistemas (como la misma ciénaga de Chapala) se han conformado gracias a la presencia de estos cuerpos de agua; y son sustento de vida de una gran variedad de especies animales, vegetales, y forestales.

Sin embargo, a través del tiempo y de manera constante, estos sitios se han visto degradados. Por el aumento de las actividades propias del hombre. Los cuerpos de agua son convertidos en basureros naturales, que además sirven de receptores de aguas residuales urbanas contaminadas. Esto ocasiona severos daños como: trastornos a la química del agua; incremento de nutrientes particularmente fosfatos, olores fétidos, morbilidad y mortalidad de peces; sedimentación acelerada e incremento en las áreas cubiertas por lirio.

En años recientes, se han estudiado diversos aspectos del lago de Chapala (química, limnología, biología, geología) pero no existe antecedente de trabajos que interrelacionen el agua subterránea con el agua del lago. Por ello, con esta investigación se pretende proponer mecanismos de comunicación hidráulica entre el lago y el acuífero, tomando en cuenta algunos modelos funcionales existentes en la literatura. La idea es indagar en la posibilidad de que el lago esté afectando la calidad del agua de los acuíferos de la ciénaga de Chapala que son aprovechados tanto en actividades agrícolas como domésticas. Para ello se consideran tanto indicadores químicos (fosfatos y cloruros) como aspectos piezométricos.

## MECANISMOS DE COMUNICACIÓN HIDRÁULICA

La gran mayoría de los hidrogeólogos clásicos aseguran que prácticamente todos los lagos son por naturaleza puntos de descarga de los sistemas de aguas subterráneas y que por lo tanto no pierden agua a través de sus contenedores. Algunas escuelas hidrogeológicas contemporáneas, sostienen que los lagos por el contrario son puntos exclusivos de recarga de los sistemas de aguas subterráneas. También, existen grupos hidrogeológicos de avanzada que tratan de

demostrar que la comunicación sólo se da en porciones específicas desde los lagos; y otros plantean explicaciones que involucran a las tres situaciones mencionadas.

De manera global son tres los principales métodos que se utilizan para la cuantificación del flujo subterráneo hacia o desde el lago: 1) por observación piezométrica directa; 2) por simulación numérica, y 3) por balance hidrológico de la cuenca del lago. El primero consiste en la instalación de piezómetros a poca profundidad en las vecindades de un lago, para con ello obtener algunos parámetros hidráulicos que permitan inferir la probable dirección del flujo hacia o desde el lago.

La modelación numérica, se utiliza para entender los parámetros y procesos que influyen en el flujo subterráneo desde o hacia un lago, sin embargo, la mayoría de los modelos existentes se han limitado a escenarios hipotéticos (Mc Bride, 1975; Winter, 1976). El balance hidrológico es el método más común para estimar la fuente y volumen de agua y nutrientes que entran a un lago. Para lograr el balance hay que contar con suficientes datos sobre evaporación, evapotranspiración, precipitación, flujos de entrada y salida, además de los equivalentes para el sistema acuífero en estudio.

En general, la mayoría de los lagos (en función de sus mecanismos de interacción con las aguas subterráneas), son definidos principalmente por la posición relativa del nivel piezométrico. Estos se agrupan en cuatro categorías (figura 1):

- Lagos de descarga.- Los cuales reciben la descarga de aguas subterráneas provenientes de un sistema acuífero.
- Lagos de recarga.- Los cuales aportan agua hacia el acuífero.
- Lagos de flujo directo.- En donde se combinan ambas situaciones, es decir, reciben y aportan agua al flujo subterráneo.
- Lagos aislados.- Que no mantienen ningún tipo de relación hidráulica con los sistemas acuíferos de su entorno geológico (Domenico y Schwartz, 1990).

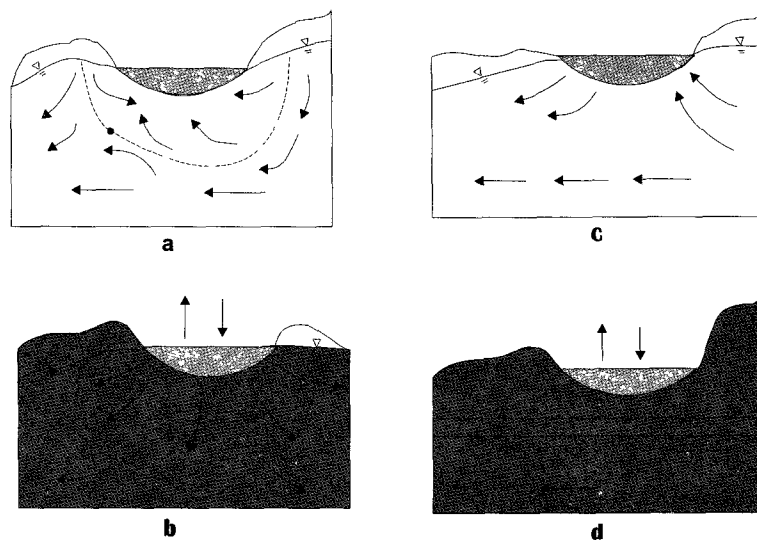


Figura 1. Diversos mecanismos de interacciones lago-aguas subterráneas (captado de Munter y Anderson, 1981). El caso c) se adapta a la región de estudio.

Como una primera aproximación para la zona de estudio se propone un modelo funcional mixto de tipo lagos de flujo directo (caso c), con base en los principales mecanismos de recarga (infiltración de la precipitación sobre la sierra de Cojumatlán) y en las tendencias piezométricas de la ciénaga. Los valores relativos de las cotas piezométricas son inferidos de valores de un par de norias presentes en la sierra.

En la figura 2 se esquematizan los elementos mencionados, incorporando el marco geológico regional que permite la comunicación hidráulica. No se presentan valores de las líneas equipotenciales ni del nivel potenciométrico. Este último se discute en una sección posterior.

#### EVIDENCIAS HIDROGEOQUÍMICAS

Con la finalidad de obtener argumentos acerca de las comunicaciones hidráulicas planteadas anteriormente, el análisis hidrogeoquímico se dirigió a caracterizar algunos elementos físico-químicos tanto en el agua del lago como en el agua subterránea.

El muestreo químico se realizó en 13 pozos profundos seleccionados con el fin de definir dos perfiles, distribuidos en la ciénaga de Chapala, así como en el lago (dos muestras). Los pozos explotan el mismo sistema acuífero y presentan profundidades promedio de 60 m. Los compuestos químicos determinados (en todos los casos) fueron Fósforo total para los Fosfatos, así como Boro y Cloruros. Los parámetros físicos fueron medidos *in situ* con el

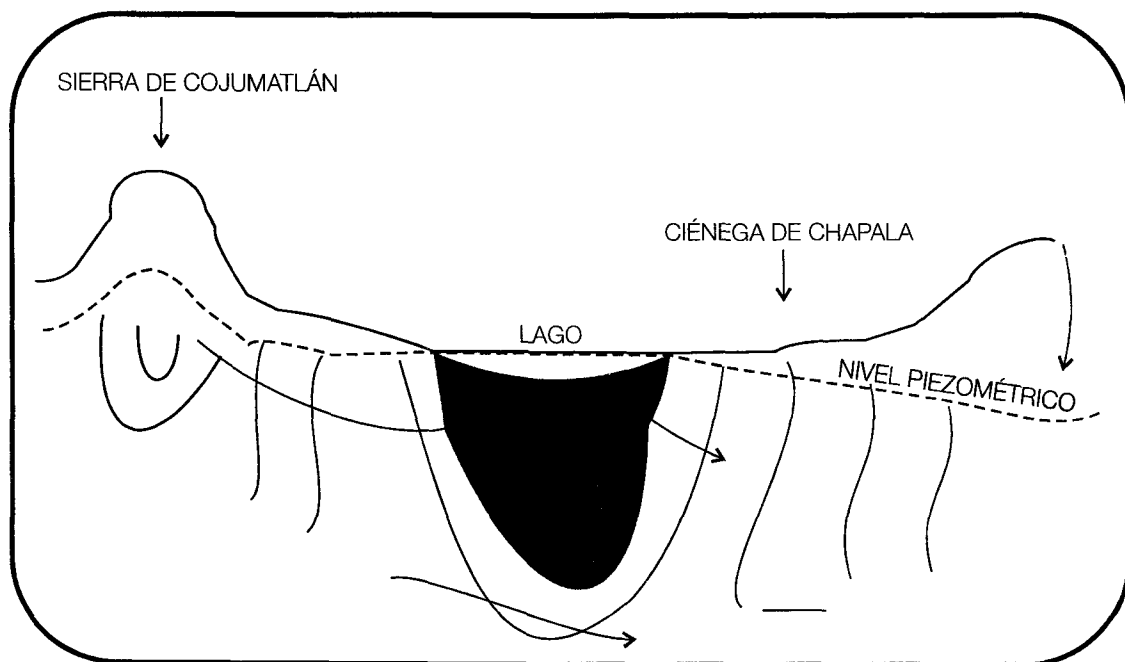


Figura 2. Esquema funcional de comunicación hidráulica lago-ciénaga de Chapala, correspondiéndose con el caso c) de Brown, 1995.

pH, la temperatura, la alcalinidad y la conductividad eléctrica. La localización de los sitios de muestreo se observan en la figura 3 y el concentrado de los valores obtenidos en el cuadro 1. Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de química analítica del Instituto de Geofísica de la UNAM. Se siguieron métodos standard para la recolección de muestras y para las determinaciones analíticas.

Con el fin de tener una idea de la distribución de algunos parámetros físico-químicos determinados en cada sitio de muestreo en la región de estudio, se configuraron planos de igual contenido de Fósforo total, Cloruros, así como lo correspondientes a temperatura y conductividad eléctrica.

Cuadro 1  
Se concentran los valores obtenidos para cada parámetro físico-químico medido en cada sitio de muestreo

Núm. de muestra	Nombre	Uso	Fósforo Total mg/l	Cloruros mg/l	Boro mg/l	Temperatura °C	pH	Conductividad eléctrica $\mu$ mhos
1	La Palma	D	0.73	16.0	N.D.	30	8.3	497
2	Casa Blanca	A	0.69	13.5	N.D.	30	7.9	672
3	C. de Pescadores	D	0.66	16.3	N.D.	30	7.6	496
4	Crucero Sahuayo	D	0.66	10.4	N.D.	24	7.7	792
5	Unidad Deportiva	D	0.79	7.4	N.D.	27	7.8	790
6	Fco. Sarabia	D	0.64	5.8	N.D.	29	7.8	675
7	Montejano	A	1.01	51.4	N.D.	21	7.0	1645
8	Rancho Valencia	A	0.92	34.0	N.D.	20	7.2	1739
9	Magdalena 1	A	0.93	59.1	N.D.	20	7.5	2410
10	Magdalena 2	A	0.95	82.0	N.D.	20	7.5	2860
11	Magdalena 3	A	0.94	95.1	N.D.	20	7.2	2560
12	Cumuatillo	D	0.70	15.8	N.D.	32	8.1	415
13	Sn. Pedro	D	0.65	14.5	N.D.	33	7.9	414
14	Chapala 1	L	0.60	50.0	N.D.	20	8.7	1037
15	Chapala 2	L	1.05	47.2	N.D.	20	8.4	991

D: domestico; A: agrícola; ND: no detectado.

Se seleccionó el Fósforo como un indicador de la comunicación hidráulica ya que es considerado como uno de los nutrientes de mayor presencia en el lago de Chapala así como un limitante en el desarrollo del fitoplancton. Esto acelera la proliferación de algas y malezas acuáticas (lirio). La existencia de este compuesto en grandes cantidades se considera como una señal de eutroficación de un lago, sobre todo si la relación Nitrógeno-Fósforo se encuentra entre 15: 1 y 30:1 (II-UNAM, 1973).

Un estudio limnológico realizado en 1973, para este cuerpo de agua, por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, reveló que los indicadores químicos citados no representaron en aquel tiempo problema alguno. Los valores obtenidos estuvieron dentro de lo normal, reflejado por una escasa presencia de algas. Recientemente algunos investigadores como De anda y Quiñones se han abocado a medir Fosfato y Nitratos de manera exhaustiva en el lago, encontrando



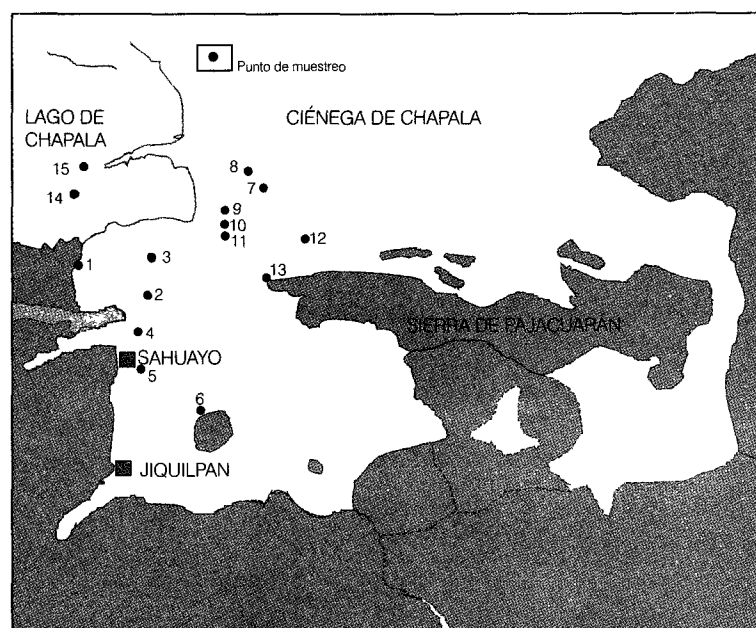


Figura 3. Mapa de localización de los quince puntos de muestreo, trece en pozos profundos ubicados en la ciénega y dos dentro del propio lago de Chapala.

una situación muy distinta a la de 1973. Según datos preliminares, se ha incrementado la presencia de estos nutrientes en el lago, ocasionando trastornos físicos y químicos notorios sobre todo en cuanto a la proliferación del lirio acuático.

En nuestro estudio estos indicadores de contaminación del lago, se han tomado en cuenta como trazadores químicos. Esto nos permite apoyar la tesis de la existencia de flujo subterráneo del lago hacia el acuífero de la ciénega; así como también medir el grado de contaminación a que están siendo expuestos los acuíferos, producto del acelerado deterioro ambiental prevaleciente en toda la cuenca del lago de Chapala.

### *Fosfatos*

La concentración de Fósforo total varió de 0.65 a 1.0 mg/l. La norma de agua potable para fosfatos es de 0.1 mg/l. Pero si se considera que existe una proporción de Fósforo total a Fosfatos de 0.32 (los valores para este último varían de 2.08 a 3.2 mg/l) entonces existe un proceso de contaminación, al haber valores de hasta treinta veces lo estipulado por la normatividad nacional para agua potable.

Los valores mayores se localizaron hacia las riberas del lago y río Duero en la porción norte del área de estudio (figura 4); y disminuyeron gradualmente conforme se alejaban del lago. Es decir, los valores más bajos de Fósforo total estuvieron en inmediaciones de la sierra de Pajacuarán (0.65) así como hacia cerro Pelón en la porción sur de la ciénega. Lo ante-

rior hace suponer, en primer término, que la influencia de este indicador hacia los acuíferos empieza a evidenciarse aunque todavía sin representar algún tipo de consecuencia ambiental. Asimismo permite confirmar la tesis de que el lago de Chapala constituye el factor principal de recarga de los acuíferos de la ciénaga.

### *Cloruros*

Los contenidos de cloruros de las muestras de agua de la ciénaga son relativamente bajos, van de 5.8 a 95.1 mg/l. La figura 5 muestra un gradiente que va del lago hacia la parte sur de la zona. Los valores más altos corresponden a los pozos Magdalena localizados en la margen del lago (a 0.5 km de la margen oriental). La norma oficial para agua potable es de 250 mg/l.

### *Conductividad eléctrica*

La figura 6, muestra la distribución en la ciénaga del parámetro de conductividad eléctrica. Las curvas reflejan la misma tendencia que los indicadores químicos arriba descritos. Es decir, los valores máximos de 2 500 mmhos/cm se localizan hacia la porción norte y ribereña del lago, disminuyendo considerablemente mientras nos alejamos de dicho cuerpo de agua. Los valores mínimos registrados están al sur de la ciénaga y fueron de 500 mmhos/cm.

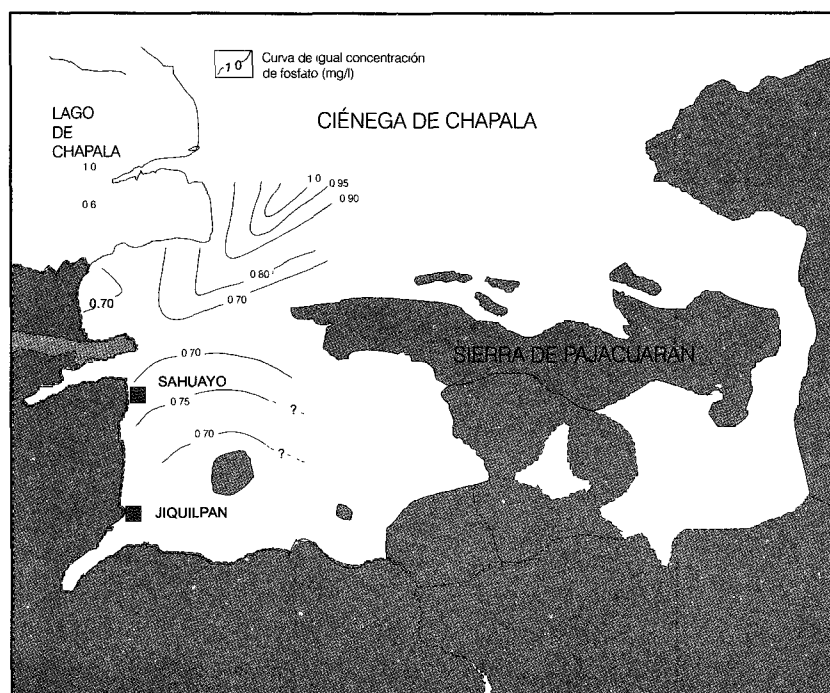


Figura 4. Mapa de igual concentración de Fósforo total en la región de estudio.

### *Temperatura*

Los valores obtenidos en temperatura estaban entre 20° y 33° C. Su distribución espacial se observa en la figura 7, donde los valores máximos son localizados hacia la porción sur del área de estudio. Específicamente son pozos cercanos a las estructuras regionales de falla geológica, que evidentemente funcionan como conductos de fluidos geotérmicos profundos (pozo San Pedro, La Palma, Cumuatillo). En esencia estas anomalías de temperatura están relacionadas con el mismo tipo de control litológico-estructural señalado en la geología regional. Si se toma en cuenta que hay una temperatura media anual en la zona de 18° C y un incremento en la temperatura del agua debido al gradiente geotérmico (2° C en los 60 m de profundidad de los pozos), entonces la temperatura normal del agua subterránea debería de ser de 20° C. Según los criterios propuestos por Schoeller (1962), los pozos que presentan temperaturas de más de 3° C sobre los valores normales pueden considerarse termales. Prácticamente todos los pozos del área caerían en esta categoría.

### *Piezometría*

Con el fin de tener un punto de partida en el conocimiento de los niveles piezométricos que actualmente se registran en la ciénaga, se procedió a la toma de lecturas de los niveles estáticos en los distintos puntos adoptados como pozos pilotos. El trabajo de campo se realizó en marzo de 1997. La profundidad de los niveles piezométricos osciló de 1 m, en la zona ribereña del lago, hasta 21 m en el sur.

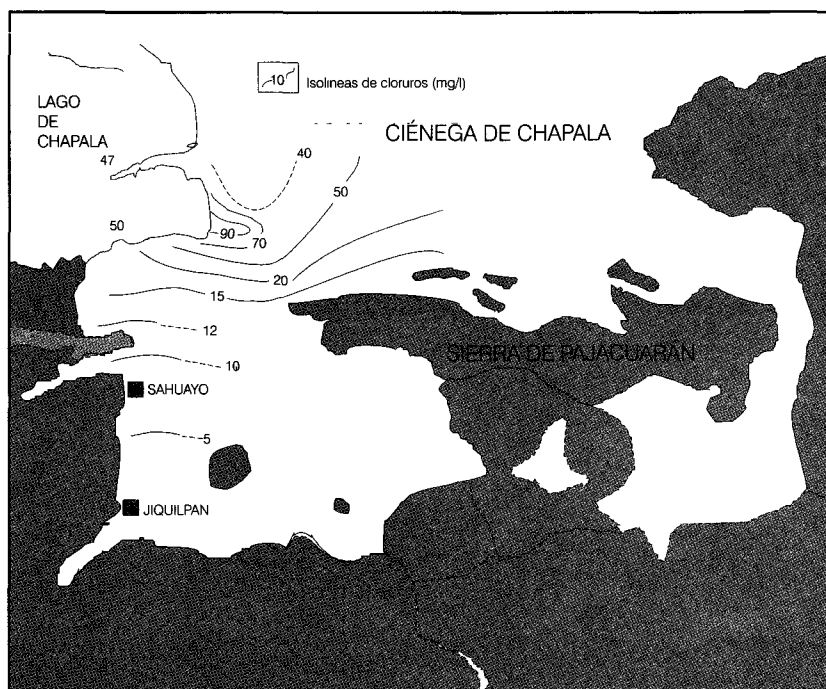


Figura 5. Mapa de la distribución de cloruros en la ciénaga de Chapala.

Como no se cuenta con cotas topográficas en los brocales de los pozos, las lecturas fueron referidas posteriormente a los bancos de nivel (en la zona de estudio se tiene una cota de nivel promedio de 1 526 msnm) existentes en la ciénaga, con el fin de obtener la altitud correspondiente para cada sitio. Una vez con la información referida al nivel del mar, se procedió a la realización de un mapa de niveles piezométricos, mismo que se aprecia en la figura 8.

En dicho gráfico se puede observar cómo los valores más someros se ubican hacia la porción más cercana a las riveras del lago, con valores de 1 524 msnm. Estos disminuyen paulatinamente mientras nos alejamos hacia el lado este del cuerpo de agua y en la porción media de la ciénaga hay una cota de 1 516 msnm. En la zona norte existe un gradiente de dos metros por cada cinco kilómetros, mientras que en la zona sur se duplica. Tal diferencia puede explicarse en términos de la potencialidad del acuífero y de los volúmenes de recarga que recibe cada área.

Los niveles se ven incrementados hacia la porción sur de la región, entre los cerros Pelón y Grande; allí el nivel piezométrico de los pozos llega a ser de 1 505 msnm, siendo el más bajo para toda la zona de estudio.

Con lo anterior, es factible reforzar la tesis manejada con anterioridad en el sentido de que el flujo regional prioritario de las aguas subterráneas en la ciénaga, es en dirección norte-sur, con una fuerte influencia de recarga hidráulica del lago hacia el acuífero de la ciénaga.

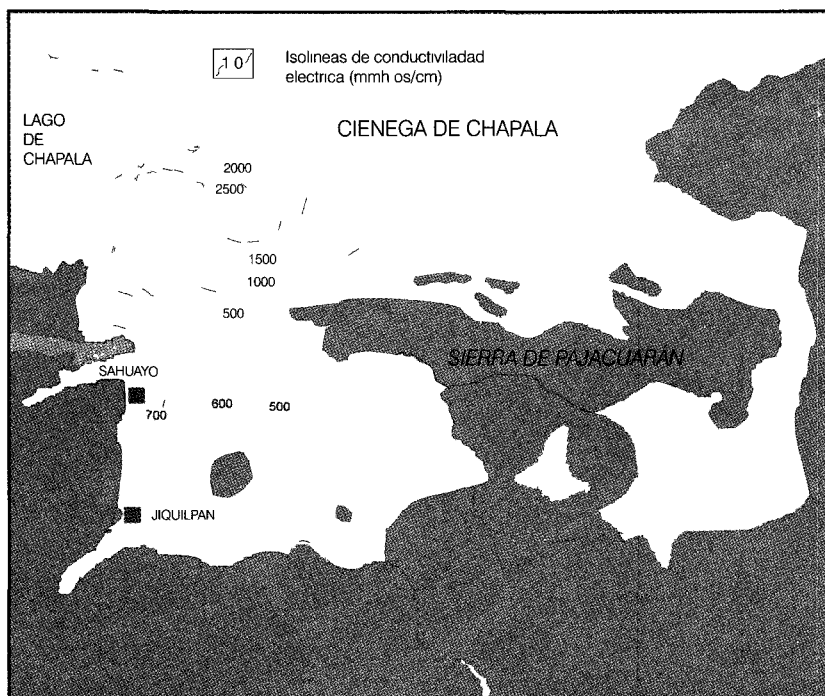


Figura 6. Mapa de isóneas de conductividad eléctrica obtenido en la zona de estudio.

## DISCUSIÓN

Los mecanismos de comunicación hidráulica entre cuerpos de agua superficial y sistemas acuíferos pueden ser bastante complejos. Las tendencias piezométricas de los acuíferos en las inmediaciones de un lago, permiten postular la hipótesis sobre los flujos preferenciales. El gradiente piezométrico es el mejor indicador: si los valores son mayores en las márgenes y decrecen tierra adentro, es el lago el que alimenta al acuífero; si ocurre al revés, es el acuífero el que alimenta al lago.

En la ciénaga, la piezometría es más que ilustrativa, los gradientes indican flujos del lago hacia el acuífero. Los gradientes de concentraciones de Fósforo total y de Cloruros muestran tendencias semejantes, del lago hacia el acuífero. En el caso tanto de los Cloruros como del Fósforo, habría que tomar en cuenta que pueden provenir también de las actividades agrícolas. Aunque los valores permiten inferir que las capas de arcilla de la parte superior están actuando como barreras impermeables a retornos de riego. De no ser así, los valores serían más altos.

No se detectó Boro, por lo menos en los límites de detección analítica, que en este caso es de 1.0 mg/l. Este elemento se incluyó en los análisis con el fin de confirmar el origen termal de algunos pozos. Sin embargo, sus valores menores podrían indicarnos mezclas con aguas recientes y someras.

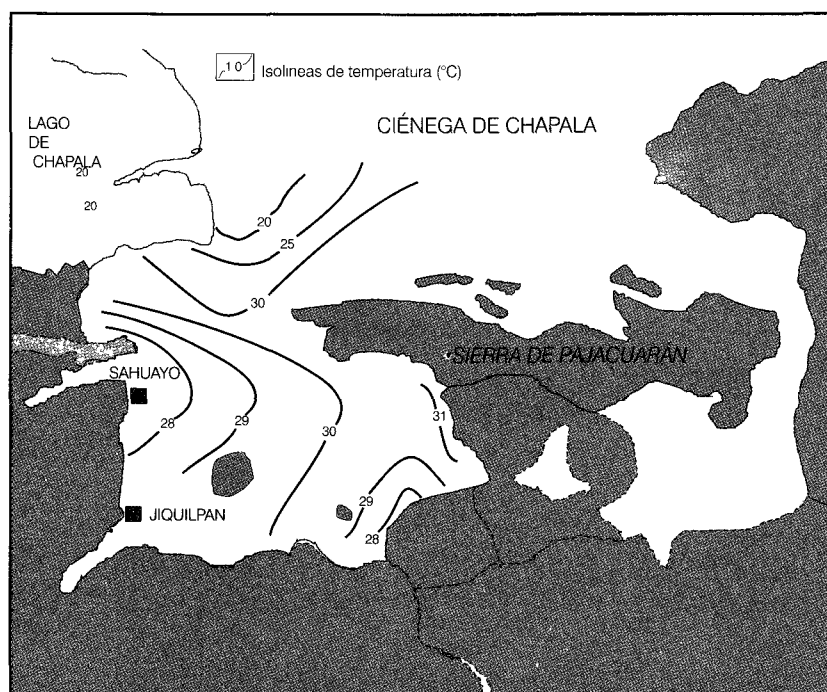


Figura 7. Mapa de isolíneas de temperatura para la ciénaga de Chapala.

Los valores de temperatura indican termalismo en casi toda la parte sur de la ciénaga. Los valores más altos corresponden a pozos alineados con la traza de la falla Pajacuarán. Habría que ahondar en la hidrogeoquímica de estas obras. En un futuro muestreo, se incluirá Arsénico y Litio para entender más la dinámica de estos flujos.

Los resultados indican la vinculación entre el lago y el sistema acuífero. Las concentraciones obtenidas para el lago son sólo indicativas de la química del lago. Sería muy aven-

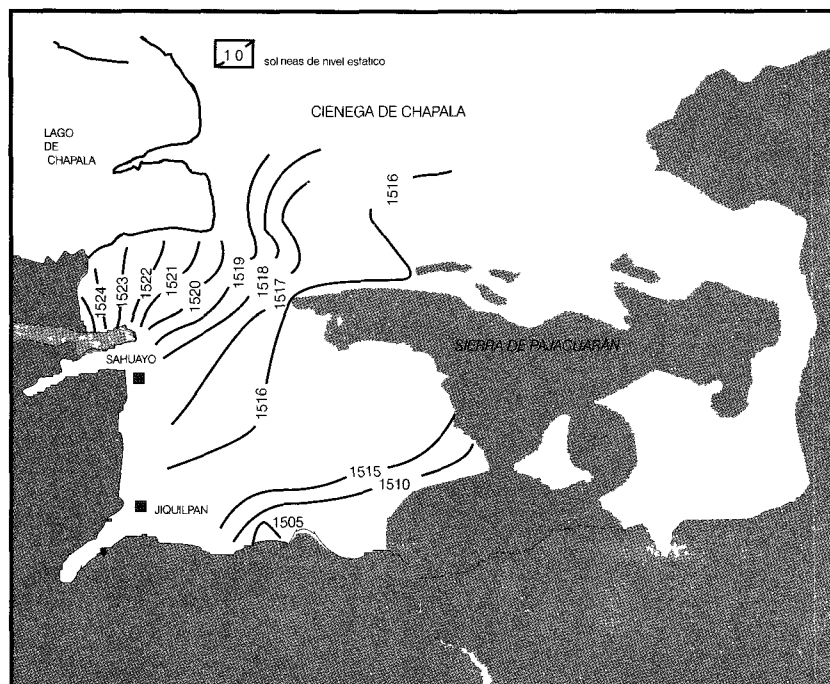


Figura 8. Mapa de isóneas de nivel piezométrico en marzo de 1997.

turado correlacionar directamente los valores del lago con los del acuífero. En ambos casos existe dilución.

#### BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M. P., y J. A. MUNTER, "Seasonal reversal of groundwater flow around lakes and the relevance to stagnation points and lakes budget", en *Water Resource Research*, vol. 17, núm. 4, 1981, pp. 1134-1150.

BROWN, A. G., *Geomorphology and Groundwater*, Ed. Wiley, 1995, pp. 15-17.

COOLEY, R. L., *Finite element solutions for the equations of groundwaters flow*, Universidad de Nevada Desert Res, Inst. Hidr. and Water Res., 1974.

- CROWE, A. S., "The application of a coupled water-balance-salinity model to evaluate the sensitivity of a lake dominated by groundwater to climate variability", en *Journal of Hydrology*, núm. 141, 1993, pp. 33-73.
- DOMENICO, P. A. y T. W. SCHWARTZ, *Physical and Chemical Hydrogeology*, Wiley, Chichester, 1990.
- FREEZE, R. A. *Theoretical analysis of regional groundwater flow*, Canadian Dept. of Energy, Mines and Resources, Sci. Ser, núm. 3, 1969.
- II-UNAM, *Estudio limnológico del lago de Chapala*, UNAM, 1973.
- MCBRIDE, M. S., "The distribution of seep-age within lakes", en *U. S. Surv. Res*, vol. 3-5, 1975, pp. 595-512.
- MUNTER, J. A., y M. P. ANDERSON, "The use of groundwater flow models for estimating lake seepage rates", en *Groundwater*, núm. 19, 1981, pp. 608-616.
- PAYNE, B. R., "Water balance of lake Calla and its relation to groundwater from tritium and stable isotope data", en *Jour. Hydrology*, núm. 11, 1970, pp. 47-58.
- PINDER, G.F., "An interactive digital model for aquifer evaluation", en *Geol. Survey open-file repor*, EUA, 1970, p. 44.
- REMSON, I. et al., *Numerical methods in subsurface hydrology*, Nueva York, Wiley-Interscience, 1971.
- SCHOELLER, H., *Les eaux souterraines*, París, Maison et Cie, 1962.
- WINTER, C. T., "Numerical simulation analysis of the interaction of lakes and groundwater", en *Geol. Surv. Prof. Pap.*, núm. 1001, EUA, 1976, pp. 1-45.
- ZEKTER, I. S. y B. F. KUDELIN, "The methods of determining groundwater flow to lakes with special reference to lake Ladoga: Hydrogeology of lakes and reservoirs", en *Symposium de Garda*, IASH Publ., vol. 1, núm. 71, 1966, pp. 31-38.
- ZEKTER, I. S., "Studying the role of groundwater flow in water and salt balances of lakes", en *Symposium*, IAHS Publ., núm. 109, Helsinki, 1973, pp. 197-201.

## CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA: RETO DE FIN DE MILENIO

Ramiro Rodríguez y Teodoro Silva<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

En este ensayo, se presenta un análisis de la problemática ambiental relacionada con la contaminación del agua subterránea, así como las causas y orígenes de ésta. Además, se discuten las fuentes contaminantes más importantes en México y los niveles de afectación ambiental; y se documentan algunos casos en el país. Finalmente se plantean algunas alternativas y estrategias para enfrentar la contaminación acuífera.

### LA IMPORTANCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El uso cada vez más intensivo de los sistemas acuíferos como fuentes de abastecimiento urbano y agropecuario, obliga a cuidar la calidad del agua subterránea. En México cerca de 60% del agua utilizada proviene de flujos subterráneos. Existen zonas del territorio nacional donde el agua subterránea representa la única fuente de abastecimiento. La cantidad estimada o potencial de agua ya no representa el principal problema para el abastecimiento, ahora la calidad y la administración del recurso son los puntos álgidos, incluso para países desarrollados. El constante crecimiento de la capacidad industrial nacional ha implicado también el incremento en el consumo de sustancias y compuestos, la gran mayoría de ellos derivados del petróleo. La industria de la transformación requiere de una gran diversidad de insumos.

Tales productos son susceptibles de contaminar el ambiente, particularmente el agua subterránea, desde la generación, transporte, manejo y almacenamiento temporal, uso y disposición final. En función de la cantidad de contaminantes que se incorporen al flujo subterráneo, la alteración de la calidad del agua puede ser o no recuperable. La dilución es tan grande, que concentraciones pequeñas incorporadas como pulso (una sola vez, a distancias relativamente cortas de la fuente), se encontrarán a niveles mucho más bajos que los límites de detección analítica. De allí que el consumo esporádico de agua "contaminada" no representa un riesgo a la salud.

1. Investigadores del Instituto de Geofísica, UNAM y Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Integral Regional, IPN, respectivamente.



El estudio de los fenómenos de transporte de solutos (movilidad de contaminantes en el agua) requiere de personal capacitado, infraestructura adecuada y apoyo económico. Además, necesita generar datos y planificar observaciones periódicas.

#### EL AGUA ¿RECURSO O FENÓMENO?

En general, el agua ha sido estudiada más como un recurso natural que como un fenómeno complejo. La escuela francesa de hidrogeología le llegó a llamar roca líquida por la serie de propiedades anómalas que presenta. La temperatura es un factor que juega un papel determinante en la hidrodinámica e hidrogeoquímica del agua.

La idea dominante que persiste en nuestro medio es de considerarla como un recurso renovable. Sin embargo, no hay que olvidar que la persistencia ambiental de algunos agroquímicos es de cientos de años y la renovabilidad del agua entonces es bastante cuestionable. El concepto es únicamente válido a escala global. Los periodos de tiempo involucrados en el ciclo hidrológico están fuera de la escala de vida humana. El ciclo presenta anomalías regionales que deben ser entendidas cuando se realizan estudios en los que se requiera realizar un balance hidrológico. La construcción de una presa, por ejemplo, retardará el arribo "normal" del agua a los mares u océanos; ello favorece la evaporación e infiltración, donde antes no existían. Lo mismo ocurre con el establecimiento de un distrito de riego, con la agravante de que este tipo de sistema incorpora agroquímicos al agua. Como puede inferirse, la velocidad relativa de deterioro del agua es mucho mayor que la de su bioremediación. Aún así, persiste la idea simplista de que el agua debe de ser incolora, inodora e insabora como sinónimos de calidad. Cosa más lejos de la realidad, ya que concentraciones altas de algunos metales y compuestos orgánicos tóxicos, no alteran ni el sabor, olor o color.

La óptica de manejo del agua como recurso, la retomamos del pensamiento prehispánico. El agua es un regalo de los dioses. Ellos la proveen y las autoridades la administran. En el México prehispánico el manejo del agua recaía en los sacerdotes y clase gobernante. Siglos más tarde, su carácter divino se transcribió constitucionalmente: el agua es propiedad de la Nación. Si es de todos, entonces ¿por qué pagar por ella? Aparentemente lo único que se tiene que hacer es abrir la llave y fluye eternamente. Lo que la población desconoce, es la serie de gastos que están detrás del agua que llega a sus domicilios. Antes de hacer una obra de captación, hay que realizar estudios hidrogeológicos y de prefactibilidad, cuyo costo es bastante elevado: por ejemplo, un metro lineal de perforación en roca dura, llega a tener costos de más de un millón de pesos, y la tendencia actual es perforar pozos de más de 100 m. Un análisis químico completo, incluyendo algunos compuestos orgánicos, alcanza precios de cinco millones de pesos. Pero, ¿quién debe pagar por todo esto?

El papel de las autoridades como la Comisión Nacional del Agua (CNA) o las Comisiones Estatales o los Sistemas Municipales, se debe limitar a una sana y eficiente administración del recurso. El cambiar la concepción errónea del manejo y gestión del agua es cuestión de educación e información. Pero, ¿cómo justificar el incremento en el costo del agua servida o manejo del agua residual domiciliaria?

Mientras no se estudie el fenómeno, no se podrá proponer ni sostener una administración tecnificada del agua. Se requiere contar con personal capacitado en los puestos de gestores y tomadores de decisiones. Los hidrogeólogos apenas empiezan a incursionar en la tecnocracia nacional.

#### FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN ACUÍFERA

Existe una gran diversidad de fuentes de contaminación de sistemas acuíferos. Las denominadas potenciales, son las que aún no están activas o no se ha podido demostrar su actividad; y por geometría se dividen en puntuales, lineales y difusas, y por su origen en naturales y antropogénicas.

El desarrollo industrial trajo consigo la generación de residuos que por su nivel de riesgo y toxicidad han sido llamados "Residuos Industriales Peligrosos" (RIP's). Su inadecuado manejo (almacenamiento, transporte, disposición final), puede generar lixiviados que al infiltrarse en el subsuelo e incorporarse al flujo subterráneo, alteran la calidad natural del agua. Pero no sólo los RIP's representan una amenaza para la calidad del agua, también lo son los residuos domiciliarios que constituyen la basura urbana. Es decir, aquella que es dispuesta inadecuadamente en basureros o tiraderos a cielo abierto, lo que genera lixiviados con concentraciones de elementos y sustancias contaminantes. Al no existir una adecuada infraestructura para la disposición final de los RIP's, muchos de ellos van a dar a los basureros urbanos; el desconocimiento de su peligrosidad facilita que se depositen en basureros de ciudades pequeñas.

Los residuos líquidos representan otra importante fuente de polución acuífera. Un alto porcentaje de los centros urbanos nacionales y de la mayoría de los países del llamado Tercer Mundo, no cuenta con plantas de tratamiento para sus aguas residuales. Estas son vertidas sin previo tratamiento a cauces o escorrentías localizadas en las inmediaciones de los asentamientos. Existe una capacidad autodepuradora en los cauces pero su nivel de eficiencia no es el que uno esperaría dados los elevados niveles de contaminación. Aunque existe un fuerte control ambiental para el vertido de aguas residuales industriales, sólo es aplicable a la gran y mediana industria. La pequeña industria y la microindustria, que representa en la cuenca de México cerca de 75% de la industria, difícilmente es controlada en la generación de residuos sólidos o líquidos.

Un problema que se agrava día con día es el que representan los agroquímicos. Su uso indiscriminado y escasamente controlado en el agro mexicano, está generando fuentes difusas de sustancias tóxicas como herbicidas, defoliadores y plaguicidas. Algunos son compuestos organoclorados y organofosfatados con altos niveles de toxicidad para los humanos. Los retornos de riego los acarrearán hacia los acuíferos. Por ejemplo, insecticidas como el DDT prohibidos en otros países, son de uso "controlado" en el nuestro.

Las fugas de hidrocarburos en poliductos y tanques de almacenamiento o los derrames accidentales, son situaciones frecuentes en nuestro medio. Algunos hidrocarburos son más densos que el agua y otros más ligeros: a los primeros se les conoce como DNAPL's y a los segundos como LNAPL's. Los primeros por ser más densos que el agua, migran a las partes

bajas de los acuíferos, generando fases disueltas; en tanto que los segundos, por ser más ligeros, flotan sobre el agua desplazándose sobre su superficie. Éstos, persistentes ambientalmente, pueden afectar la calidad de grandes volúmenes de agua subterránea. La ingesta de agua que contiene compuestos aromáticos y bencénicos, representa mayores riesgos a la salud, ya que el benceno es un cancerígeno tipo A1.

En áreas industrializadas, los terrenos ocupados por industrias pueden actuar como fuentes difusas de contaminación, principalmente si los suelos no están adecuadamente protegidos. Dependiendo del tipo de industria será el nivel de contaminación del terreno.

Igualmente, se pueden tener afectaciones por fuentes naturales: Por ejemplo, el agua al circular por las rocas interactúa con sus componentes y moviliza parte de sus constituyentes. Procesos de oxidación, incorporan sales minerales al agua. En los acuíferos costeros, la extracción del agua facilita el avance del agua de mar (intrusión marina), en la parte inferior de los acuíferos. La diferencia de densidades hace que por cada metro del nivel piezométrico abatido, la interfase salina se desplace cerca de 40 metros.

#### ALTERACIONES DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA. CASOS NACIONALES

No existen muchos estudios tendentes a investigar procesos de contaminación del agua subterránea en el país, en parte por la falta de infraestructura técnica y humana, y también por el escaso apoyo económico a este tipo de proyectos. Los análisis no sólo son costosos, sino que no siempre se pueden realizar en los laboratorios de las regiones afectadas. Para determinar concentraciones de compuestos orgánicos, se requiere contar con acceso a un cromatógrafo de gases, instrumento con el que cuenta un escaso número de laboratorios del país. No se respetan los protocolos de monitoreo ni los analíticos.

Sin embargo, se tienen reportados y documentados algunos procesos de contaminación acuífera en el territorio nacional. De los casos conocidos destacaremos algunos que, por su importancia y trascendencia, merecen un análisis más amplio. En el mismo orden se discutirán, en la sección posterior, las afectaciones adversas ambientales asociadas con el contaminante respectivo.

*Arsénico en el valle de Zimapán.* La presencia de arsénico en las aguas subterráneas de Zimapán es principalmente de origen natural, es decir, acarreado por el flujo del agua que pasa por rocas que contienen minerales de As, como la arsenopirita y la escorodita. Igualmente, los humos de las fundidoras establecidas en la zona, contribuyen a contaminar primeramente los suelos y posteriormente los mantos freáticos someros. Los jales mineros juegan un papel menor en la contaminación del agua. Zimapán no cuenta con fuentes alternas de abastecimiento de agua (Armienta y Rodríguez, 1996).

*Azufre en el acuífero de Puebla.* Los compuestos de azufre están afectando la calidad del agua subterránea en el centro de la mancha urbana de la ciudad de Puebla. El agua sale amarilla y con olor a huevo podrido debido a la presencia de ácido sulfhídrico. Una de las hipótesis que explica su origen, es la circulación de flujos regionales de agua a través de rocas evaporíticas o de estratos de yeso; otra es que la descomposición de materia orgánica en los

sedimentos que conforman el relleno de la cuenca pudiera estar generando compuestos de Azufre (Zamora, 1993).

*Contaminación bacteriológica en la subcuenca de Chalco.* En la subcuenca de Chalco, en la cuenca de México, se tiene contaminación por microorganismos patógenos en el agua, provenientes muy probablemente del basurero de Santa Catarina. El basurero, uno de los más grandes de la cuenca, actualmente en fase de clausura, está en un aparato volcánico (medio de alta permeabilidad). Otro origen pueden ser las infiltraciones del río de Los Remedios, que conduce aguas negras. Por ejemplo, la extracción de una batería de 14 pozos en la subcuenca indujo que la pluma se moviera hacia ellos; además se detectaron coliformes fecales y mesófilos aerobios (González, 1992).

*Cromo en la cuenca del río Turbio, León.* Este elemento es de origen multifuente en la zona, aunque las aportaciones más importantes son de origen antropogénico. La industria curtidora forma parte del ciclo de contaminación; genera cuero residual, usado como combustible por ladrilleras. Las cenizas ricas en Cr(VI) dan lugar a lixiviaciones de Cr(VI) hacia el acuífero del valle. Una empresa generadora de compuestos de Cromo para la industria curtidora afectó la calidad del agua de su entorno inmediato. Existe también aportación natural de Cromo por lixiviaciones de rocas ultramáficas, Piroxenita San Juan de Oates, que contienen Cromita. Las aguas residuales de las curtidurías contienen Cr(III) (Rodríguez y Armienta, 1995).

*Fluoruros en el valle de Aguascalientes.* Los componentes termales de flujo regional, que circulan por rocas volcánicas desvitrificándolas, están originando concentraciones relativamente elevadas de Flúor en áreas bien localizadas en el valle de Aguascalientes. Se descarta su origen antropogénico. Los pozos de abastecimiento urbano tienen concentraciones por arriba de 5 mg/l. Adicionalmente la temperatura complica el manejo y distribución del agua: ha aumentado entre 5-15°C en los últimos diez años (Rodríguez *et al*, 1997).

*Hidrocarburos en la cuenca de México.* Las fugas de hidrocarburos de estaciones de servicio y autoconsumo, gasolineras y poliductos, han sido detectados en diferentes áreas de la zona metropolitana de la ciudad de México, ZMCM (Sandoval, 1998). Algunas de ellas, han sido interceptadas por los túneles del Metro, invadiéndolo. El espesor de la fase libre es de milímetros a centímetros. El 100% de los tanques subterráneos de las gasolineras fueron cambiados. La extensión y composición de los productos encontrados es variada: se tienen reportes de presencia tanto de diesel como de gasolina flotando en algunas áreas. Actualmente se están evaluando ambientalmente los terrenos de la ex Refinería 18 de marzo.

*Intrusión marina en el valle de Guaymas.*- El intenso régimen de extracción y los bajos volúmenes de recarga en el valle de Guaymas, provocó un cono de abatimiento en el nivel piezométrico que dio pie a que el agua de mar entrara hasta cerca de 20 km tierra adentro (González y Rodríguez, 1989). La suspensión de la extracción no fue suficiente para detener la inercia del avance de la intrusión marina. El abastecimiento de agua de las ciudades de Guaymas y Empalme está sostenido actualmente por fuentes externas. Paradójicamente los mayores volúmenes de agua son destinados a la agricultura.

*Compuestos nitrogenados en Mérida.* La falta de drenaje y lo somero del agua subterránea en la península de Yucatán, 3-5 m de profundidad, propician la migración de aguas residuales urbanas y de granjas avícolas y porcícolas hacia el acuífero (Pacheco y Cabrera, 1997). Los pozos de absorción para la inyección de aguas residuales urbanas contribuyen

también al proceso de polución por compuestos nitrogenados y microorganismos patógenos. Las rocas calizas incrementan su porosidad secundaria mediante procesos de carstificación, lo que facilita un rápido flujo de contaminantes de la superficie al acuífero.

#### AFECTACIONES AMBIENTALES

En cada uno de los casos presentados, se han tenido diferentes niveles de afectación ambiental, que no siempre han podido ser detectados y adecuadamente valorados. No es un paso sencillo ir de la detección de un contaminante en un acuífero a la evaluación del impacto ambiental en el ecosistema comprometido.

Cuando se trata de afectaciones adversas a la salud de la población expuesta, se requiere de la integración de un grupo de trabajo multidisciplinario e interinstitucional con fuerte apoyo económico. Las investigaciones requieren de la participación ciudadana y de las autoridades ambientales, hidráulicas y del sector salud. La parte epidemiológica, tradicionalmente campo de acción de los profesionales de la salud, ahora cuenta con la participación de hidrogeólogos ambientales.

Las afectaciones adversas potenciales asociadas a cada caso, son discutidas someramente con el propósito de ilustrar el tipo de problemas que se pueden presentar en situaciones similares.

*Arsénico (As) en Zimapán.* La población consumió agua con concentraciones de Arsénico (As) de 0.2 a 0.3 mg/l durante por lo menos diez años, periodo epidemiológico en el cual se pueden presentar daños a la salud. La Norma Oficial Mexicana (NOM) para agua potable es 0.05 mg/l. Existen casos de afectaciones dérmicas como: queratosis, hiperqueratosis, enfermedad de los "pies negros", discromías e incluso cáncer dérmico (Armienta *et al*, 1997). El As agrede el tejido hepático y puede inducir cáncer hepático y renal; afecta también el sistema cardiovascular. Se tiene conocimiento de casos mortales, en la zona abastecida con el pozo más contaminado. El contenido de As fue de 1.1 mg/l, por lo que fue clausurado.

*Azufre (S) en Puebla.* Aunque los contenidos de compuestos de Azufre fueron relativamente altos, no se presentaron casos de intoxicación por la ingesta aguda o crónica de agua contaminada. El color, sabor y olor típicos (huevo podrido) que adquiere el agua desalientan el consumo de la misma. De las pocas afectaciones relacionadas con la ingesta de este tipo de agua, la más frecuente es malestar estomacal que cesa cuando se suspende el consumo. Sin embargo, hay afectaciones en la infraestructura: la tubería del agua potable se incrusta y disminuye el caudal abastecido. Aunque el tratamiento es relativamente simple: aireación, se tienen que buscar fuentes alternativas de suministro, lo que implica fuertes erogaciones económicas.

*Contaminación bacteriológica en Chalco.* La cloración del agua es un método eficiente para la eliminación de microorganismos patógenos en el agua. Aunque presente colonias de microorganismos, el Cloro las elimina. No hay problemas de salud por el contenido bacteriano, ya que es eliminado. Pero, junto a los microorganismos, están presentes compuestos nitrogenados y otros contaminantes provenientes del lixiviado del basurero (Rodríguez y González, 1989). El cloro residual presenta algunos riesgos, su interacción con materia orgánica

nica propicia la formación de trihalometanos como el cloroformo, el bromodiclorometano y clorofenoles, que son compuestos reportados como cancerígenos. Uno de los pozos afectados se reperforó y otro más fue clausurado.

*Cromo (Cr) en León.*- Sólo en una zona, Buenavista, se tienen altas concentraciones de Cromo (VI) en León. El agua alcanzó concentraciones de hasta 10 mg/l, mientras que la NOM para agua potable es de 0.05 mg/l. Al igual que en el caso del Azufre, el agua adquiere color, pero no sabor ni olor, lo cual no permite su ingesta. En Buenavista la población estuvo expuesta a dos rutas de exposición: ingesta e inhalación de polvos con Cr(VI) por más de cinco años. Las concentraciones en polvo no fueron tan altas ni continuas por lo que no se encontraron afectaciones adversas a la salud. En siete de los trabajadores de una empresa productora de compuestos de Cromo, localizada en Buenavista, se encontraron casos de la afectación típica por inhalación de polvos con Cr(VI): su tabique nasal estaba perforado. No se detectaron casos de cáncer pulmonar ni daños al tracto digestivo, tampoco hubo casos de malformaciones (Armienta y Rodríguez, 1995).

*Fluoruros (F) en Aguascalientes.* Excesos de Flúor en el agua pueden producir fluorosis dental (dientes moteados) y ósea (deformación en huesos en personas de edad avanzada). Los valores medidos son mayores a la NOM para agua potable: 1.5 mg/l. El 70% del agua abastecida presenta concentraciones de Flúor encima de la norma. Aunque no se tienen estadísticas ni regionales ni nacionales del nivel de afectación a la población, se infiere que deben de existir personas adultas con problemas óseos.

*Hidrocarburos en la cuenca de México.* El impacto de los derivados del petróleo en el agua no ha sido debidamente cuantificado debido principalmente a que el análisis del indicador BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno), tienen un costo de aproximadamente 100 dólares estadounidenses; y la asociación entre medio de exposición y afectación es difícil de establecer en casos de cáncer. Las afectaciones han sido a la infraestructura y a los servicios de transporte colectivo. Poco o nada se sabe sobre las poblaciones potencialmente expuestas a fases volátiles. No existe peligro de explosividad, ya que no hay suficiente Oxígeno. Si los productos se percolan hacia el alcantarillado o el drenaje, la situación cambia y puede haber explosiones.

*Intrusión marina en Guaymas.* Los excesos de sales en el agua producen malestares estomacales y actúan como laxantes. El agua con mineralizaciones de 1 000-1 500 mg/l aún es palatable. En la zona se consume agua hasta con 2 000 mg/l. El agua de mar tiene mineralizaciones entre 45 000 a 50 000 mg/l. El uso en agricultura del agua subterránea "salada" está restringido por los excesos en sodio. Algunos cultivos como los cítricos son muy sensibles a este elemento. Más de 500 km<sup>2</sup> de tierras cultivables han sido inutilizadas en los últimos 15 años. El sistema productivo regional está siendo afectado. La solución fue clausurar pozos y exportar agua de una cuenca vecina mediante un acueducto. Esta solución es más rentable que la instalación de plantas desalinizadoras.

*Nitrógeno (N) en Mérida.* La ingesta continua y prolongada de compuestos nitrogenados puede producir methemoglobinemia en infantes "síndrome del niño azul". En adultos puede producir cáncer. Ambas situaciones no han sido reportadas en Mérida, aunque más de 50% de los pozos presentan contenidos superiores a los 45 mg/l (Pacheco y Cabrera, 1997); valor por arriba de la NOM (que es de 5 mg/l).

## ALTERNATIVAS DE MANEJO DE SISTEMAS ACUÍFEROS CONTAMINADOS

La solución a los problemas de contaminación acuífera es en términos casuísticos, ya que no existe una fórmula universal. La tendencia actual es atacar la fuente o eliminarla, y después permitir una recuperación gradual de la calidad del agua. Este sencillo esquema no es tan fácil de implementar. En la mayoría de los casos, la eliminación de la fuente contaminante implica contar con un programa de manejo integral de residuos sólidos y líquidos. En otros, significa cambiar la concepción del sistema regional de producción.

La descontaminación del sistema de acuíferos o la remediación, rehabilitación o como se quiera categorizar, es posible técnicamente, pero imposible financieramente. Esto no es sólo en nuestro país, sino incluso en los países desarrollados. Este tipo de proyectos requiere de amplios y complejos estudios, no sólo de tipo químico, sino también hidrogeológico y geológico. La eliminación de un contaminante de un sistema acuífero llega a ser una tarea irrealizable. Fenómenos de retardo lineal de los contaminantes, debido principalmente a la interacción entre el contaminante y la matriz rocosa como absorción y fijación, entre otros, provocan que parte del contaminante quede en el medio geológico y no sea fácilmente removible.

Sin saberlo se sigue la postura de la escuela americana para casos graves de contaminación acuífera: no acción, la dilución es la mejor solución para la contaminación. Y así ocurre efectivamente, cuando se elimina o se controla la fuente contaminante. La política de no acción tiene sus defensores y detractores, muchos de los últimos, miembros de grupos ambientalistas.

La adopción generalizada de tratar las aguas residuales domiciliarias e industriales y de minimizar, reciclar y disponer los residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios, reduciría drásticamente muchos de los problemas de contaminación acuífera. Tan sólo en la ZMCM, se producen diariamente de 20 a 23 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales domésticas que son vertidas sin tratar al sistema fluvial gran canal Tula-Moctezuma-Pánuco que transporta las aguas residuales de un gran número de centros urbanos (incluyendo la ZMCM) hasta el Golfo de México. La ZMCM cuenta únicamente con capacidad para tratar de 3-4 m<sup>3</sup>/s, que representa menos de 20% del volumen generado.

La construcción de plantas de tratamiento significa el rediseño de las redes de drenaje. Un buen número de ciudades adaptaron sus drenajes a las escorrentías de la región. Las aguas tratadas se pueden utilizar en agricultura o en procesos industriales. Adicionalmente se recuperarían ríos y lagos, algunos de los cuales ya se encuentran en proceso de eutroficación.

Desde 1997, la SEDESOL está impulsando la clausura de basureros y la construcción de rellenos sanitarios. Para facilitar su operación y administración, se promueve su concepción.

La construcción de plantas de tratamiento a pie de pozo es una alternativa cuando se trata de afectaciones puntuales. Se requiere paralelamente contar con un sistema de disposición de los lodos generados por las plantas, donde se encuentran concentrados los contaminantes.

Una práctica generalizada es de mezclar aguas de buena calidad con aguas contaminadas, con el objetivo de bajar las concentraciones del soluto. Aunque no es la solución al problema, se reducen los riesgos asociados al consumo de agua con altas concentraciones.

Por otro lado, existen zonas del país donde el agua subterránea es la única fuente de abastecimiento, lo que hace imposible cortar el suministro.

## DISCUSIÓN

La dependencia del agua subterránea para el abastecimiento urbano, agrícola e industrial en cerca de 50% del territorio nacional, debería propiciar una fuerte política de protección de los sistemas acuíferos.

Cuando se detecta un contaminante en el agua subterránea, la solución inmediata es clausurar el pozo. No se invierte en buscar la causa y recuperar la calidad del agua afectada. No se han dado los mecanismos (¡bendita simplificación administrativa!) para permitir a los investigadores nacionales involucrarse en la caracterización y solución de los problemas ambientales. Se requiere de una mayor interacción entre los sectores académico y público para facilitar la comunicación entre sí, lo cual redundará en verdaderas políticas sustentables.

El desconocimiento del nivel de afectación de mantos acuíferos, es en parte debido a la limitada visión del fenómeno. No se promueven estudios enfocados a la evaluación de efectos nocivos en la salud por ingesta prolongada de agua contaminada. Son contados los laboratorios que cuentan con el equipo adecuado para la detección de compuestos orgánicos. La infraestructura es costosa, pero justificable. Poco se sabe, por dar sólo un par de ejemplos, sobre los daños que el benceno pudiera estar ocasionando en ciudades como Guadalajara. Se desconoce qué pasa con los agroquímicos en las zonas de producción agrícola de alto rendimiento.

El agua como recurso parece fácil de manejar; igual ocurre con los residuos, que pareciera que se requiere de mayor ciencia para su disposición. Esta simplicidad se traduce en el bajo número de estudiantes de posgrado en áreas ambientales asociadas al agua y al manejo de residuos. Se refleja de igual manera en la escasa cantidad de profesionales en puestos críticos en el sector agua y ambiente.

La actitud de la población hacia el agua y sus descargas residuales, también retoma la posición minimista. Mientras no se informe abiertamente a la ciudadanía de los problemas relacionados con: el abastecimiento de agua, el costo del manejo de los residuos sólidos y líquidos, y los riesgos potenciales asociados a la contaminación del agua, no se contará con una franca participación en proyectos ambientales. Por el contrario, abre el camino a la politización de los problemas. El agua es una excelente bandera política, quien garantiza su suministro contará con simpatizantes. Es penoso observar componentes partidistas en el señalamiento, no en la solución de conflictos ambientales.

En el umbral del nuevo milenio, la preservación de la calidad del agua debe constituirse en un compromiso de vida. No es suficiente la intencionalidad, se requiere de una verdadera participación. Es necesario incidir en el terreno técnico, académico, educativo y político. Es un reto para el beneficio de todos.



## BIBLIOGRAFÍA

- ARMIENTA A. y R. RODRÍGUEZ, "Environmental exposure to chromium compounds in the Valley of Leon, Mexico", en *Environmental Health Perspective*, vol. 103, Supl. 1, Arizona, Febrero 1995, pp. 47-51.
- \_\_\_\_\_ "Arsénico en el Valle de Zimapán, México: Problemática Ambiental", en *Mapfre Seguridad*, año 16, núm. 63, España, 1996, pp. 33-43.
- \_\_\_\_\_ y O. CRUZ, "Arsenic Content in Hair and People Exposed to Natural Arsenic polluted groundwater at Zimapán, Mexico", en *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 59, núm. 4, 1997, pp. 538-589.
- GONZÁLEZ, T. y R. RODRÍGUEZ, "Control Geológico-Estructural del Frente de Intrusión Salina en el Valle de Guaymas, Son., México", en *Topografía y Cartografía*, Especial Aniversario del descubrimiento de América, núm. 35, Madrid, noviembre-diciembre, 1989.
- GONZÁLEZ T., *Estudio hidrogeofísico de la subcuenca de Chalco: evaluación de impacto ambiental del basurero de Sta. Catarina*, tesis de doctorado en Geofísica, Posgrado en Geofísica, México, CCH-UNAM, México, 1992.
- PACHECO, J., y A. CABRERA, "Groundwater contamination by nitrates in the Yucatan Peninsula, Mexico", en *Hydrogeology Journal*, vol. 5, núm. 2, 1997.
- RODRÍGUEZ, R. y T. GONZÁLEZ, "Comportamiento hidrodinámico acuífero de la subcuenca de Chalco, México", en *Geof. Internal*, vol. 28, núm 2, 1989, pp. 207-219.
- RODRÍGUEZ, R. y A. ARMIENTA, "Groundwater chromium pollution in the Rio Turbio Valley, Mexico: Use of pollutants as chemical tracers", en *Geofis Internal*, vol. 34, núm. 4, México, 1995, pp. 417-426.
- RODRÍGUEZ, R., G. HERNÁNDEZ, T. GONZÁLEZ y A. CORTÉS, *Definición del flujo regional de agua subterránea, su potencialidad y uso en la zona de la ciudad de Aguascalientes, Ags: Reporte Técnico IGF-UNAM*, Aguascalientes, Secretaría de Desarrollo Social-Gobierno del Estado de Aguascalientes, 1997.
- SANDOVAL, I., *La contaminación del subsuelo y aguas subterráneas por hidrocarburos y una evaluación de sitios contaminados en el centro-este de México*, tesis de maestría en Geología, ESIA-IPN, 1998.
- ZAMORA, F., *Análisis hidrogeofísico para diferenciar compuestos de Azufre de unidades arcillosas en la ciudad de Puebla*, tesis, ESIA-IPN, México, 1993.

## PROYECTO DE REDISEÑO DEL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN MÉXICO

J. Eugenio Barrios<sup>1</sup>

### ANTECEDENTES

Las actividades de observación sistemática de la calidad del agua en México, actualmente "Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua" (RNM), se han realizado desde 1974. En ese año se implementó un primer programa de monitoreo de las aguas nacionales, que comprendía 239 estaciones para la toma de muestras, repartidas en 14 regiones o zonas de trabajo, cada una con laboratorio. Desde sus inicios, la administración de la RNM ha estado a cargo de la oficina central, actualmente la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua (GSCA), de la Subdirección Técnica (SGT) de la Comisión Nacional del Agua (CNA). La participación de las oficinas locales, en los últimos años Gerencias Estatales o Regionales de la CNA, se ha limitado a la generación de información (toma y análisis de muestras), con poca o nula participación en los aspectos de planeación y manejo y análisis de la información.

Con el paso del tiempo, la RNM fue creciendo en número de estaciones: 415 en 1982, 786 en 1988, 803 en 1995 y 742 en 1996; y el número y tipo de variables analizadas se fue continuamente ajustando a las capacidades y posibilidades analíticas de cada región. Durante 1996, se realizaron un total de 3 717 muestreos que produjeron un total de 105 608 resultados. Las variables analizadas pueden variar de 5 a 56, según el sitio; 26 aparecen como valor representativo de la mediana y únicamente 5 variables aparecen en 90 por ciento o más de los muestreos. Estas variables corresponden a mediciones de cloruros, conductividad, alcalinidad, pH y dureza total.

### PROBLEMÁTICA

Durante los veinticuatro años de operación de la RNM, el problema más grave fue la generación de información sin el sustento de programas de gestión de la calidad del agua, sobre todo en niveles regionales y locales. Si bien los lineamientos de gestión en el ámbito nacional, éstos no han sido suficientemente claros y explícitos, y la consecuencia ha sido la operación del programa con objetivos muy amplios e incluso poco claros. Esta situación ha provocado

1. Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, Subdirección General Técnica, Comisión Nacional del Agua.

gran incertidumbre y falta de dirección en todas las actividades, desde la planeación hasta la operación y revisión del programa; lo que en gran medida ha sido la causa de problemas más específicos, como los que se mencionan a continuación:

- El crecimiento de la RNM se realizó bajo criterios poco sistematizados, más bien apegados a necesidades o situaciones eventuales. Así con el paso del tiempo, la RNM se convirtió en una serie de estaciones semejando más un grupo de redes estatales, o inclusive de estaciones aisladas y no un programa de monitoreo de la calidad del agua.
- El programa de monitoreo nunca incluyó un procedimiento periódico de revisión sistemática, por lo que la conformación de la red actual no presenta criterios homogéneos, presenta sesgos muy claros y no corresponde a los problemas de calidad del agua que actualmente presenta el país. Por ejemplo, todos los estados tienen estaciones de la RNM, pero no así todas las regiones hidrológicas del país. En tan solo tres estados del país (sin incluir Yucatán) se ubican 36 por ciento de las estaciones de monitoreo de agua subterránea. En cuanto al número de análisis, en Veracruz y Tamaulipas se realizaron más de ocho mil análisis, mientras en Michoacán, Querétaro, Zacatecas y Baja California Sur se realizaron menos de dos mil, durante 1996.
- En cuanto a los detalles técnicos de la RNM, bajo las condiciones actuales se encuentran mezclados diferentes tipos de monitoreo de calidad del agua (monitoreos puntuales, de tendencias o de efectos combinados), y diferentes sistemas acuáticos que son muestreados y analizados con los mismos procedimientos. Por otro lado, las variables que son analizadas se limitan a la columna de agua y a los parámetros fisicoquímicos tradicionales, la información en cuanto a metales pesados es limitada y no se realizan análisis de compuestos tóxicos orgánicos. Otro aspecto de la problemática actual es la falta de coincidencia de las estaciones de calidad del agua con las estaciones hidrométricas y con la red piezométrica de los acuíferos del país.
- Dentro de las actividades de la RNM, no ha podido implementarse un procedimiento para el control y aseguramiento de la calidad de la información, lo que ha tenido como consecuencia que la información que se produce no sea aceptada con absoluta confianza.
- Hasta la fecha la RNM es un programa administrado centralmente que carece de fortaleza para poder empezar a descentralizarse. Esta fortaleza reside en un marco normativo y de procedimientos que permita abordar cualquier actividad de monitoreo de la calidad del agua en el país, con criterios estandarizados.

Lo anterior, aunado a las limitaciones de recursos materiales y humanos, han dado como resultado un programa donde la información generada representa un beneficio marginal por su poca representatividad y consecuente uso limitado en el proceso administrativo del agua. Esto hizo inminente que en 1994 se planteara el rediseño del programa, con el objetivo principal de generar información representativa y confiable de la calidad del agua en el país, de una manera eficiente y que pueda ser utilizada como principal factor para la administración del recurso.

## CICLO DE INFORMACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

El requisito indispensable para poder generar información útil al procedimiento administrativo de la calidad del agua, es el planteamiento de una estrategia clara y objetiva para las actividades de generación y uso de la información, como parte de un mismo procedimiento. Por la naturaleza de la actividad este proceso debe ser iterativo, y por lo tanto cíclico.

El ciclo de información de la calidad del agua está constituido por aquellas actividades consecutivas que permiten guiar la generación de información sobre una base racional para obtener información útil y adecuada al procedimiento administrativo de la calidad del agua.

Para fines prácticos, este ciclo puede ser visualizado en seis actividades principales que van desde el planteamiento de las necesidades de información en el procedimiento administrativo del agua, hasta la utilización de la información en la valoración de la acción administrativa para la toma de decisiones. Esto es a su vez pasa por las actividades que generan información técnicamente representativa de los sistemas.

Es importante remarcar el carácter cíclico del proceso, que representa la permanente revisión, implementación y sobre todo, utilización de la información, en un proceso iterativo de gestión. Las seis actividades consideradas, representan las principales acciones para garantizar una adecuada generación de información que sustente al proceso administrativo del recurso. La falta o deficiencia de una o varias actividades daría como resultado desviaciones en el proceso administrativo que nos llevaría a tomar decisiones inciertas o erróneas en el manejo de la calidad del agua. De esta forma, cada actividad representa aspectos esenciales y complementarios, como se mencionan a continuación.

### *Proceso de administración del agua*

La razón por la cual se plantea generar información, mediante un programa de monitoreo, es la necesidad de administrar la calidad del agua. Entendiéndose por administración, la programación de actividades organizadas y con objetivos específicos para alcanzar una meta: en este caso, controlar, mantener y mejorar la calidad del agua en un sistema acuático. Cualquier actividad administrativa, y sobre todo aquella relacionada con los recursos naturales como el agua, debe fundamentarse en un adecuado conocimiento de la realidad (en términos prácticos, del mejor conocimiento alcanzable) para poder plantear acciones acordes a cada situación. El conocimiento de un sistema, sus presiones y respuesta a las acciones, es el objetivo de un programa de monitoreo. De esta forma, un programa de administración de la calidad del agua conlleva la implementación de un programa de monitoreo que permita plantear acciones con la certidumbre de su buen desempeño. Sin embargo, administrar sin información nos conducirá a tratar de adivinar la realidad, para proponer medidas que seguramente serán muy inciertas y, por lo tanto, no nos conducirán a controlar, prevenir o mejorar la calidad de nuestras aguas.

Toda estrategia de administración o gestión de la calidad del agua, tiene como meta conservar o mejorar la calidad en general; a su vez, en el camino hacia esta meta y bajo un esquema organizado se establecerán actividades específicas con sus objetivos asociados. De esta forma podemos hablar de una jerarquía de actividades y objetivos, donde la meta

u objetivo final es el control de la calidad del agua; y hacia abajo hay una pirámide con objetivos que van de lo fundamental a lo complejo, apoyándose uno sobre otro (figura 1).

### *Diagnóstico de las necesidades de información*

Una vez definido el procedimiento administrativo que implica cierta acción, se requiere plantear las necesidades de información con el fin de cuantificar el desempeño de la actividad para alcanzar el objetivo propuesto. Muchas de las acciones se ven reflejadas en un instrumento para su implementación, sobre el cual se propondrá la necesidad concreta de información, para conocer continuamente su efectividad. El instrumento administrativo para el control de la calidad del agua que establece la LAN es el permiso de descarga.

### *Desarrollo de la estrategia para la generación de información*

Una vez diagnosticadas las necesidades de información, se deberán plantear soluciones técnicas adecuadas para dar respuesta a ellas. Estas implican el conocimiento del sistema natural, el fenómeno en cuestión y sus posibilidades de medición, y la representatividad estadística temporal y espacialmente necesaria. Todo lo anterior, con el objetivo de proporcionar la mejor representación posible de la realidad. Esta etapa se refiere específicamente al diseño de estrategias de monitoreo que representen una solución a las necesidades de información.

Como de la estrategia de monitoreo planteada se desprenderán los costos del programa, resulta importante generar información acorde al nivel de acción administrativa que se plantee. No será lo mismo generar información con el objetivo de regularizar las descargas, que con el objetivo de controlar los niveles de mercurio en un sistema, o conocer las tendencias de degradación de la calidad del agua a nivel nacional. Por esta razón, en tal etapa es indispensable contar con conocimientos técnicos del sistema y de las posibilidades de representación, y con imaginación y creatividad para proponer soluciones eficientes.

Si el objetivo administrativo es regularizar a los usuarios con descargas de aguas residuales en cuerpos de agua de propiedad de la Nación (figura 1); y el diagnóstico de necesidades indica que se requiere conocer los volúmenes de aguas residuales descargadas a cierto cuerpo receptor, entonces el desarrollo de la estrategia se debe enfocar a ofrecer opciones técnicas efectivas y económicamente factibles. Es claro que se podrían plantear múltiples soluciones, tales como colocar mediciones continuas de carga contaminante con una amplia cobertura, lo cual sería extremadamente caro; u optar por mediciones selectivas en puntos críticos del sistema, lo cual sería una solución más factible. Inclusive, se podría llegar a plantear sólo la medición de gastos, y mediante un balance de agua en el sistema ir determinando los volúmenes de aguas residuales presentes. Por otra parte, si el objetivo es regular el nivel de saturación de un cuerpo receptor, entonces las necesidades de información indican que se requiere conocer los tramos del cuerpo con niveles bajos de oxígeno. Las soluciones podrían ser múltiples: desde hacer un perfil de oxígeno disuelto a lo largo de la corriente hasta realizar un monitoreo visual, mediante el cual se determinara la clara presencia de aguas residuales en la corriente. Es obvio que ambas soluciones representan costos muy diferentes, y que en

el caso de ser factible la segunda opción, el valor que pudiera llegar a adquirir la información sobrepasaría por mucho el costo de haberla generado.

#### *Proceso de generación de la información*

Una vez planteada, discutida y aprobada la estrategia de monitoreo, la siguiente etapa se refiere al proceso de generación de la información. En esta etapa se contemplan todos los aspectos operativos de una red de monitoreo de calidad del agua: programación de las campañas de muestreo, la toma de la muestra, su transporte, análisis y validación de resultados. Cada etapa es esencial en sí, pero en particular en éste recae toda la importancia operativa del programa. De su correcta ejecución se desprenderán resultados confiables, con base en los cuales se tomarán decisiones acertadas. De allí que, resultados poco confiables o de dudosa calidad nos darán una errónea interpretación de la realidad que puede conducir a la implementación de medidas insuficientes o exageradas.

Dentro del proceso de operación de una red, hay dos aspectos esenciales que permiten que la variación de los datos sean una expresión (con cierto grado de confiabilidad previamente definido) de las variaciones de la calidad del agua. Estos dos aspectos son: la programación de las actividades y los procedimientos de control, y el aseguramiento de la calidad de las actividades. Su objetivo es que los datos sean comparables y confiables.

#### *Análisis y difusión de la información*

Hasta este punto del ciclo, lo que se ha generado son datos de calidad del agua; requieren ser analizados bajo cierto procedimiento, previamente establecido, que produzca la información que necesitamos en un reporte. La periodicidad y oportunidad de los reportes son condiciones indispensables del procedimiento de difusión de la información: uno hecho fuera de tiempo es información que pierde su valor, y que por lo tanto afecta el programa de monitoreo.

En el campo de la difusión de la información de calidad del agua, ha adquirido relevancia el uso de indicadores de calidad del agua; los cuales presentan ventajas importantes, sobre todo porque su planteamiento se ubica bajo el contexto de un programa de gestión. Es decir, la información que se genera y expresa a través de un indicador, tiene en sí el objetivo administrativo que se ha venido hablando en esta sección. Otro punto a favor del uso de los indicadores, es que resultan de más fácil comprensión para el público en general, con la ventaja de no ocultar los datos reales, como sería el caso de un índice.

#### *Uso de la información*

Como última actividad del ciclo, se tiene el uso de la información para el diagnóstico y control de la actividad administrativa, que permitirá ponderar objetivamente los avances para controlar la contaminación del agua. Al mismo tiempo, la ponderación lleva en sí la revisión del programa de monitoreo y modificación. En esta etapa se materializa la naturaleza iterativa de la gestión de la calidad del agua y por lo tanto la operación de un programa de monitoreo.

Es importante aclarar que por uso de la información se debe entender la generación de acciones específicas de control, es decir, la toma de decisiones. Como la información es utilizada con fines ilustrativos, cumple parcialmente los objetivos de un programa de monitoreo.

Como puede percibirse, cada una de las actividades es indispensable para establecer el ciclo de información, y su falta o deficiencias que presenten tendrán un impacto definitivo en el proceso de administración del recurso.

#### PROGRAMA DE MODERNIZACIÓN DEL MANEJO DEL AGUA

El Programa para la Modernización del Manejo del Agua (PROMMA) es un proyecto a seis años (1996-2001), financiado parcialmente por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. Este fue concebido como parte de la estrategia de apoyo a largo plazo del sector hidráulico mexicano; y su objetivo es apoyar al gobierno de México para alcanzar los objetivos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. Para el proyecto, los objetivos generales que fueron establecidos son: 1) Promover las condiciones para el uso ambientalmente sustentable, económicamente eficiente y equitativamente distribuido del agua; 2) Apoyar el manejo integral de los recursos hídricos; y 3) Incrementar los beneficios y disminuir los riesgos relacionados con la infraestructura hidráulica existente.

Como parte del PROMMA se estableció una componente específica para la evaluación y mejoramiento del monitoreo de la cantidad y calidad del agua, donde se ubica el proyecto de rediseño de la RNM.

#### PROYECTO DE REDISEÑO DE LA RNM

##### *Antecedentes*

Durante muchos años, la estrategia de monitoreo que ha prevalecido en el mundo se ha enfocado en la caracterización química intensiva, en el tiempo y el espacio, del agua. Al tratarse de un fenómeno estocástico por naturaleza, presenta grandes limitantes, es decir, no ha podido dar una respuesta adecuada a los problemas ni ha conocido los efectos de la degradación de la calidad del agua. Sin embargo, ha representado grandes inversiones de dinero, por el balance negativo del costo-beneficio.

La estrategia, requiere de gran capacidad técnica y económica para producir información, la cual está fuera de las posibilidades de los países en desarrollo. Inclusive en los últimos años, países desarrollados han replanteado sus estrategias de monitoreo para encontrar soluciones más eficientes, como son programas que produzcan información adecuada para la resolución de problemas.

La Comunidad Económica Europea estimó en 1995, que los gastos del programa de monitoreo de la calidad del agua en los países miembros se encontraban entre 350 y 500 millones de ecus (375-535 millones de dólares aproximadamente) y la información obtenida presentaba las siguientes limitaciones (Villars, 1995):

- De casi 100 000 compuestos químicos identificados, únicamente 30 a 40 se monitoreaban regularmente.
- No se contaba con información acerca de las interacciones entre contaminantes.
- La información acerca de la toxicidad a largo plazo y destino de los contaminantes en el medio ambiente era muy escasa.
- Desde el punto de vista analítico, había dificultad para identificar y cuantificar compuestos individuales en mezclas de contaminantes.

A partir de 1996, la CNA inició la implementación de un proceso de rediseño de la RNM como parte del PROMMA; cuyo objetivo era emprender la tarea del monitoreo sistemático de la calidad del agua, a través de un programa nacional. La idea era generar información de calidad del agua útil y oportuna para la CNA, los usuarios del recurso y la sociedad en general.

El punto de partida del proyecto fue establecer los fundamentos del nuevo programa y la estrategia para su implementación; y se conformó a partir de: la definición de principios y lineamientos generales, el marco de referencia, los objetivos del programa y las componentes y niveles de información.

#### *Principios y lineamientos generales*

El proyecto de rediseño del programa de monitoreo, identificado como Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM) se basó en los siguientes principios y lineamientos:

1. El proceso de monitoreo de la calidad del agua es una actividad compleja, que requiere de un conocimiento diferente a aquel necesario para el desarrollo de programas hidrométricos.
2. El programa de monitoreo debe apartarse de la generación de información descriptiva (caracterización química intensiva, en el tiempo y el espacio, del agua), y dirigirse hacia la generación de información prescriptiva, de acuerdo a las necesidades del país y acorde a su situación económica y tecnológica.
3. El monitoreo de la calidad del agua es una actividad dinámica, que a diferencia de los programas hidrométricos, las variables (por la naturaleza propia de los fenómenos de contaminación), cambian en número, forma, tiempo y espacio.
4. El monitoreo de la calidad del agua es un proceso generador de información, y como tal, lleva implícito un uso oportuno. La información pierde importancia si no es utilizada.
5. El programa de monitoreo de la calidad del agua deberá producir información: confiable (programa de control y aseguramiento de calidad) y representativa (monitoreo integral), que obedezca en todo momento a las necesidades de los usuarios.
6. Todo el proceso de diseño, implementación y operación se realizará tomando a las cuencas hidrológicas como la unidad fundamental.



7. La RNM quedará conformada a partir de redes regionales, actuando bajo un esquema federal.

### *Marco de referencia*

El marco de referencia del proyecto incluye: aspectos legales de gestión del agua, definiciones de conceptos claves y los requerimientos de información. Su objetivo es delimitar el campo de acción de las operaciones de monitoreo de la calidad del agua, a cargo de la CNA y ubicar concretamente las actividades de rediseño.

En el caso de los aspectos legales se consideran; a) la administración del recurso, contenidos en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento; b) La protección del medio ambiente y el derecho a la información, especificados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; y c) La normatividad referente de control de la contaminación y procedimientos de análisis y muestreo.

En cuanto a la gestión del agua, el marco de referencia incluye el manejo de los sistemas acuáticos, establecido en la Ley. Su objetivo es mantener a los cuerpos de agua, propiedad de la Nación, en una situación de equilibrio; sin comprometer los usos asignados al recurso y su utilización como cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales.

Dentro del marco de referencia, se definen los conceptos claves del programa, como son: sistema acuático, calidad del agua, evaluación de calidad del agua, variables, monitoreo integral, programa y considerandos.

Finalmente, se identificaron los requerimientos de información de calidad del agua en el país, que se asocian con: los requerimientos internos de la CNA; los requerimientos sectoriales correspondientes a la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; y los requerimientos sociales, por acuerdos internacionales y fronterizos.

### *Objetivos del programa de monitoreo*

Una vez definidos los principios, lineamientos, y marco de referencia del programa de monitoreo, se procedió a formular con claridad sus objetivos o metas, para generar información sobre calidad del agua. De esta manera, se busca:

1. Realizar una evaluación de las tendencias de la calidad del agua, tanto a nivel nacional como por regiones o localidades.
2. Apoyar y evaluar el desempeño y cumplimiento de la regulación de la contaminación de los cuerpos de agua.
3. Identificar problemáticas asociadas con contaminantes específicos (metales pesados, compuestos orgánicos) presentes en el medio acuático.
4. Iniciar el diseño de un sistema de detección oportuna de contaminantes para la protección de fuentes de abastecimiento.
5. Cumplir con acuerdos y compromisos internacionales.

A nivel del programa federal, un objetivo importante es desarrollar e implementar metodologías y procedimientos que conlleven a establecer un marco normativo nacional que fomente la descentralización de actividades.

### *Componentes de la RNM*

Para lograr un esquema eficiente del monitoreo de las aguas del país que cumpla con los objetivos planteados, se establecieron en un principio tres componentes. Posteriormente, y por cuestiones operativas, se añadió una cuarta correspondiente a la ocurrencia de emergencias hidroecológicas. Cada componente se enfoca a diferentes aspectos del monitoreo de la calidad del agua y por lo tanto implican estrategias y metodologías específicas. Además, considera estaciones en aguas superficiales, subterráneas y zonas costeras:

- Red Primaria. Componente esencial y permanente de la RNM, cuyo objetivo es la generación de información descriptiva y a largo plazo de los cuerpos de agua más importantes del país, ya sea por el tipo de uso asignado al recurso o por la sensibilidad del sistema a la contaminación.
- Red Secundaria. Componente flexible de la RNM, asociado con fuentes específicas de impacto de los sistemas acuáticos, y su objetivo es la generación de información prescriptiva a corto y mediano plazo, que sirva de apoyo a las acciones de regulación y control de la contaminación.
- Estudios Especiales. Componente puntual de la RNM, bajo el cual quedarán integradas todas las actividades generadoras de información de la calidad del agua que se realicen dentro de la CNA. En términos generales, la información será tanto descriptiva como prescriptiva, en el corto plazo y estará asociada a una problemática específica.
- Emergencias Hidroecológicas. Componente extraordinaria de la RNM, que en la actualidad señala situaciones de alerta en los sistemas acuáticos del país y que en el futuro deberá evolucionar para cumplir las funciones de un sistema de detección temprana y oportuna en situaciones de emergencia.

### *Niveles de información*

Para cada uno de los objetivos planteados, las necesidades de información se enfocarán a revelar la situación de equilibrio que deberá mantener cada cuerpo receptor. En la medida en que la información revele la preponderancia de una situación sobre la otra, es decir de cuerpo receptor contra fuente de abastecimiento, se deberán plantear las acciones administrativas para corregir la situación.

El programa de monitoreo de la RNM, bajo su nueva estrategia, considera la implementación de varias componentes o redes de monitoreo, las cuales generarán varios niveles de información. A cada nivel deberá corresponder cierto nivel de acción, por parte de las áreas de administración del agua. En general, cada objetivo tendrá un cierto nivel de información y correspondientes niveles de acción, que podrían implementarse, como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro  
Objetivos del programa de monitoreo asociados con un nivel de información y acción

Objetivo	Nivel de información	Nivel de acción	Observaciones
1,5	Nacional	Lineamientos de estrategia	Horizonte de planeación bianual
1	Regional	Planes y evaluaciones regionales.	Horizonte de planeación anual
2	Por usuarios o grupos de usuarios.	Planes de acción específicos	Información de apoyo para el seguimiento de las actividades de control.
2	Tipo de contaminación	Plan de regulación	
3	Contaminante específico	Control específico	Actividad permanente de control y revisión de los aspectos administrativos.
4	Usuario o situación específica.	Acción administrativa específica.	Situaciones de emergencia que generen descargas fortuitas a los cuerpos de agua, y que generan acciones legales.

## TRABAJOS DE IMPLANTACIÓN

### *Nivel central*

Una vez definido el diseño conceptual del nuevo programa o estrategia de monitoreo de la calidad del agua, se procedió a desarrollar una estrategia para su implantación, que consiste en una coordinación a nivel central. Esta funciona como una entidad normativa y genera procedimientos y herramientas para la implantación del programa en las trece regiones administrativas de la CNA en el país.

### *Manejo y difusión de la información*

En forma paralela a las actividades ya mencionadas, se encuentra en desarrollo un Sistema Nacional de Información de Calidad del Agua. Éste consistirá en un banco de datos a nivel nacional con respaldos regionales, alimentado mediante un procedimiento de captura y validación de información y se actualizará mediante una red virtual en Internet. Su herramienta de análisis será el sistema RAISON (*Regional Analysis by Intelligent System on Microcomputers*) desarrollado por la Agencia del Medio Ambiente de Canadá.

Para la difusión de la información, se encuentra en proceso de diseño un conjunto de indicadores ambientales de calidad del agua, con base en el modelo de "Presión-Estado-Respuesta" manejado por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OCDE), que es acorde con el principio de gestión de la calidad del agua. Así, mediante el uso de los indicadores, se pretende garantizar la interpretación de la información, a la luz de los objetivos del programa de administración de la calidad del agua.

### *Fortalecimiento del programa*

Una actividad de gran importancia es el fortalecimiento del programa en sus aspectos técnicos y administrativos, tales como: la capacitación del personal, la contratación de profesionales especializados y el establecimiento de convenios de colaboración con otras entidades, ya sean del mismo sector público, académico e inclusive privado. Los convenios de colaboración buscan subsanar las deficiencias actuales de la CNA en la resolución técnica del programa y, sobre todo, compartir la carga que significa un programa de tal naturaleza.

### *Nivel regional*

A nivel regional, los trabajos de implantación del programa de monitoreo en las oficinas regionales de la CNA, se enfocarán a definir los sistemas acuáticos, es decir las zonas con un funcionamiento similar, considerando la dinámica de los cuerpos y sus influencias y usos del agua. Para ello, se realizará un programa regional de administración de la calidad del agua, con la idea de conocer y documentar de manera cualitativa: el comportamiento del sistema, los efectos o impactos potenciales en la calidad del agua y las respuestas del sistema; y se buscará incorporar las políticas de control vigentes (normatividad). Posteriormente se procederá a identificar los sitios donde, por una causa o por otra, sea importante conocer la calidad del agua (impactos reales o potenciales). La selección de los sitios partirá de la propuesta de sitios potenciales y de la red existente.

Además, se realizará la discusión de los sitios seleccionados a la luz del programa de gestión planteado en cada región y del programa federal de monitoreo de calidad del agua, el cual quedará integrado a partir de los trece programas regionales.

Cabe señalar que el tránsito del esquema actual de monitoreo al nuevo esquema, no debe entenderse como una reducción del número de estaciones en cada región. Más bien es una reubicación y ordenamiento de sitios, según los objetivos del nuevo programa de monitoreo y siguiendo las componentes arriba mencionadas, con la idea de integrar un programa federal de monitoreo de la calidad del agua.

Dicho programa y en particular la red primaria de monitoreo, deberá convertirse en la columna vertebral de todas las actividades. En un principio, el monitoreo estará a cargo de la CNA, y en un futuro, se descentralizará en el país este tipo de actividades.

### DESCENTRALIZACIÓN

Cualquier programa de manejo del agua requiere de arreglos institucionales que permitan su efectivo funcionamiento. Éstos pueden ir desde la administración absolutamente centralizada a la totalmente descentralizada. Ejemplos de ello son la administración que ha prevalecido en México y las administraciones de países como Canadá, Francia o Estados Unidos, donde toda actividad recae en los gobiernos estatales. Sin embargo, los dos esquemas no son excluyentes ya que algunos de los ejemplos de gestión más eficientes en el mundo, se han apoyado en

administración coordinada entre la instancia nacional y las instituciones regionales o locales (Kindler, 1990).

Bajo las circunstancias actuales y los objetivos mencionados, el programa tendrá que evolucionar paulatinamente de un esquema prácticamente centralizado a un esquema mixto, que incluya la participación local bajo un marco regulatorio federal. De esta manera, la participación puede llegar a ser muy amplia, pero nunca se deberá perder la directriz central que requiere un programa nacional.

En el caso concreto del monitoreo de la calidad del agua, la descentralización ofrece muchas ventajas; la principal sería lograr un proceso muy objetivo e inmediato para la generación de información, además de la consecuente distribución de la carga económica y operativa que representa un programa de este tipo.

En este proceso es importante tener siempre presente la importancia de un programa nacional que dé coherencia a las políticas nacionales: como es descentralizar para lograr mayor participación y eficiencia en la generación de la información y mantener la coherencia de las actividades bajo un marco nacional.

Al respecto, es importante aprender de los esquemas que actualmente presentan países como Canadá, donde la integración de un programa con visión nacional ha sido prácticamente imposible. Esto es por el esquema descentralizado que impera, donde el gobierno federal no tiene ninguna injerencia en la administración de los programas de las provincias (Ongley, 1997). Otro caso es la Unión Europea, que empieza a trabajar en la homologación de normas y procedimientos para establecer un programa de monitoreo común a todos los países miembros, y en nuestro caso sería el equivalente de un programa federal (Villars, 1995).

#### COMENTARIOS FINALES

- Día con día resulta más importante contar con información adecuada que nos permita administrar eficientemente nuestros recursos. En este caso buscamos tener información adecuada sobre la calidad del agua que nos permita proponer estrategias acertadas para la administración del recurso.
- La eficiencia de un programa de monitoreo depende del establecimiento de objetivos claros y específicos, acordes a los problemas y necesidades de los usuarios. Adicionalmente, el programa de monitoreo deberá, en la medida de lo posible, incorporar procedimientos integrales de evaluación de la calidad del agua, para alcanzar una adecuada representación del medio.
- El desarrollo de un programa de monitoreo con objetivos poco claros ha sido común en muchos países. Se ha observado que la razón principal es la carencia de una estrategia de gestión de la calidad del agua a nivel local, regional y nacional. No contar con una estrategia clara, implica no poder definir objetivos claros y específicos con los cuales diseñar el programa.
- En la actualidad, el establecimiento de un programa de monitoreo requiere de gran eficiencia: alcanzar una aceptable cobertura en tiempo y espacio, con variables representativas de los problemas ambientales de la zona, a un costo razonable. Esta

situación enfrenta a los países en desarrollo con problemas relacionados con deficientes esquemas de gestión del agua, limitaciones económicas, recursos humanos y analíticos limitados y la presencia de múltiples problemas ambientales, que van desde lo más elemental a lo complejo. Este escenario requiere plantear el programa de monitoreo, como un proyecto de múltiples actividades simultáneas, tales como desarrollo tecnológico, capacitación, fortalecimiento institucional, descentralización y generación de información, perfectamente organizadas bajo un plan rector.

- Ante un escenario con diferentes problemas y necesidades, se requiere, antes que nada, organizar y poner orden a la entidad encargada del programa, con el fin de generar información y administrar la calidad del agua. De esta forma, se tendrá la ventaja de crecer y desarrollarse con base en las necesidades que el mismo proceso administrativo genere, y no con base en necesidades importadas o ficticias, como ha sido el caso de muchos programas.
- Un aspecto de importancia en el planteamiento de un programa de este tipo es el fortalecimiento de esquemas federales, que puedan dar lugar a una auténtica descentralización de las funciones, con todas las ventajas que representa. Cualquier proceso de descentralización de la gestión ambiental debe realizarse bajo esquemas federales y globales bien establecidos y mejor implementados. De otra forma, se corre el riesgo de que la visión global e integradora de un programa ambiental se pierda en una serie de programas independientes, que de llegar a interactuar, lo harían de forma casual y sin responder a las necesidades de la nación.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BISWAS K. A., O. E. BARRIOS y C. J. GARCÍA, "Development of a Framework for Water Quality Monitoring in Mexico", en *Water International*, IWRA, vol. 22, núm. 3, 1997.
- KINDLER Janusz, "Planning and Decision-Making Framework", en N. C. Thanh y K. A. Biswas (eds.), *Environmentally-Sound Water Management*, Oxford University Press, 1990.
- CNA, *Estrategias del Sector Hidráulico*, México, 1997.
- ONGLEY D. Edwin, *Comunicación personal*, Director Canadian Center for Inland Water, 1997.
- ONGLEY D. E., y O. E. BARRIOS, "Redesign and Modernization of the Mexican Water Quality Monitoring Network", en *Water International*, IWRA, vol. 22, núm. 3, 1997.
- VILLARS M. T., *Monitoring Water Quality in the Future: Executive Summary*, Holanda, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, 1995.

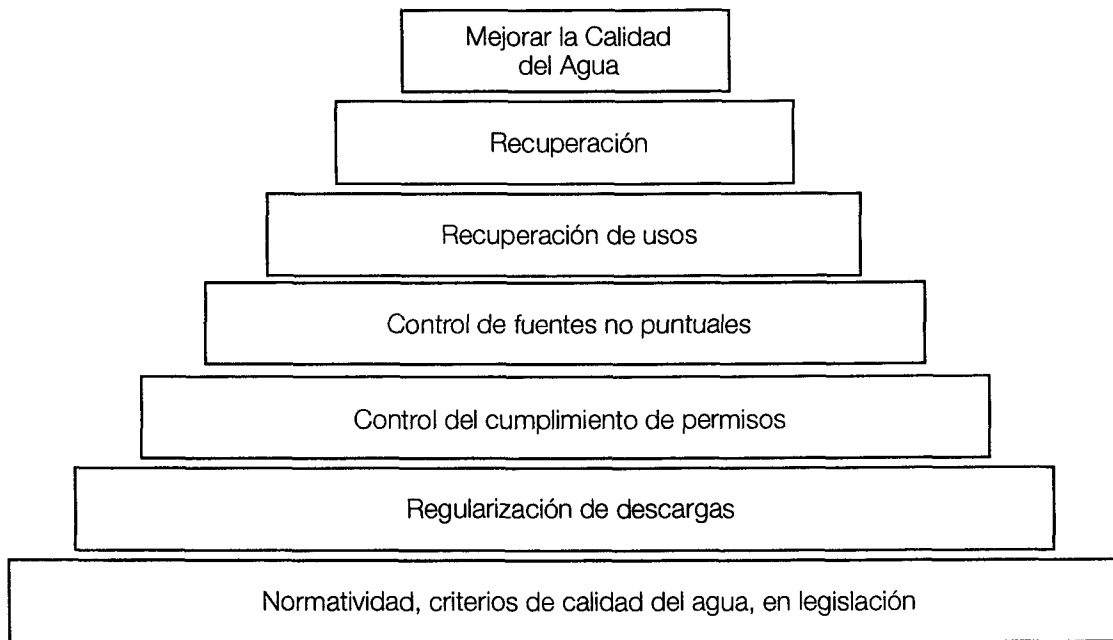
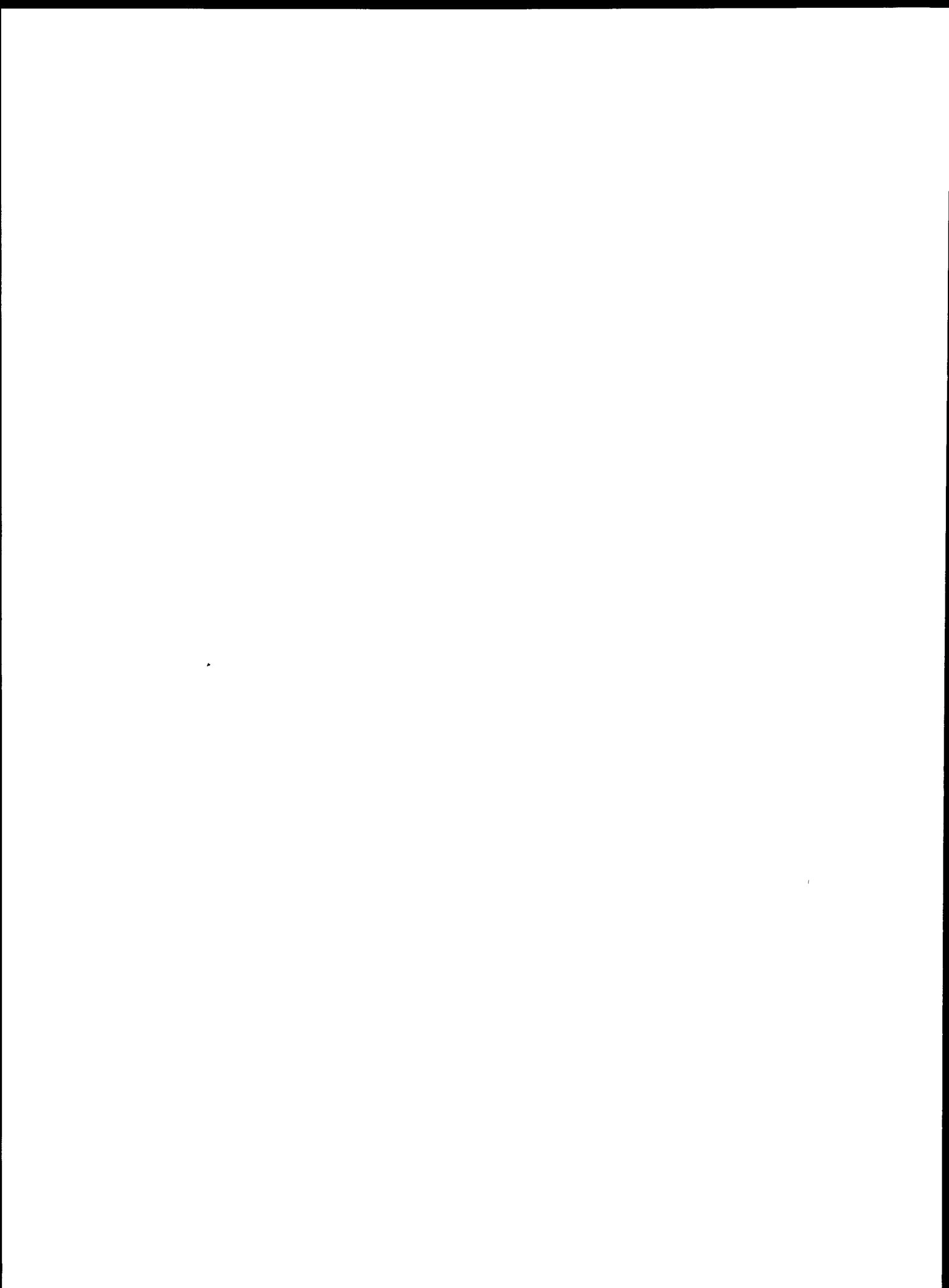


Figura 1. Pirámide de objetivos para el mejoramiento de la calidad del agua.

**III**  
**GESTIÓN DEL AGUA Y SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL**





# GESTIÓN DEL AGUA POR CUENCAS HIDROLÓGICAS: LOS CASOS DE CANADÁ, INGLATERRA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, FRANCIA Y MÉXICO

Carlos Díaz, María Vicenta Esteller  
y Khalidou Mamadou Bâ<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

La gestión del agua por cuencas hidrológicas es una de las bases fundamentales para lograr el desarrollo sustentable, lo que por propia definición es una tarea complicada. En una época de globalización económica es importante que cada país y Estado consoliden los sistemas de gestión de los recursos naturales.

De acuerdo con Chávez (1998), en los próximos años México habrá de atender necesidades insatisfechas y nuevas demandas derivadas del crecimiento de su economía y población. Ello exigirá modificar radicalmente las pautas de expendio en los sistemas de distribución de agua en el campo y la ciudad; a la par que habrá de realizar grandes inversiones para garantizar los abastecimientos necesarios y el tratamiento de las aguas residuales. Otra tarea importante, es lograr la madurez de los sistemas de administración del recurso hídrico, que incluya: un mejor conocimiento del ciclo hidrológico y de las variables que determinan su comportamiento, la determinación de las disponibilidades por cuenca y por acuífero, el registro de aprovechamientos de agua, y la modernización de los sistemas de seguimiento y control de la calidad de las aguas. Enfrentar estos retos, exigirá nuevas formas de relación entre el Estado y la Sociedad, toda vez que existen indicios suficientemente claros de que, las formas tradicionales de atender los asuntos del agua, no garantizan la sustentabilidad de un recurso; el cual está desigualmente distribuido por la naturaleza en las regiones, es finito en su disponibilidad y muy vulnerable en su calidad.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 1994), una de las actividades que debe ser impulsada es la gestión de los recursos hídricos a nivel de cuenca hidrológica. Si se concentran los esfuerzos para incorporar la dimensión ambiental, con el fin de mejorar, por lo menos, la calidad del agua a nivel de cuenca, se podría controlar o reducir casi 50% de los problemas ambientales. Para lograr los objetivos deseados, se debe actuar con un enfoque científico, económico y social que a su vez se sustente en organizaciones y estudios científicos y técnicos serios.

1. Investigadores del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México.

## OBJETIVOS DEL MANEJO INTEGRADO DE UNA CUENCA

El agua, a través del tiempo, ha sido un componente indispensable para cualquier actividad humana, ya sea para la producción de bienes, comercio, transporte, alimentación, industria, recreación, o bien, una combinación de éstas. Así pues, una gestión adecuada de las aguas debe reconocer esta dimensión primordial y, sobretodo, garantizar la permanencia y continuidad de las diferentes actividades de los usuarios bajo una perspectiva de un desarrollo sostenido.

La gestión hídrica puede ser encarada desde varios puntos de vista. El enfoque más destructivo es el meramente extractivo que considera al recurso como un producto a ser explotado sin tener en cuenta el impacto de la extracción. El enfoque tecnológico tiene lugar cuando la "extracción" se realiza eficientemente, utilizando procedimientos técnicos para "optimizar" la extracción del recurso. Durante gran parte del siglo XX, las políticas hídricas se basaron en estos dos enfoques, sin tener en cuenta mayormente las consecuencias ambientales de las obras e intervenciones (Antón y Díaz Delgado, 2000).

Una política de gestión integrada de los recursos de una cuenca, en particular del recurso agua, deberá efectuarse por etapas y de forma estructurada, con el fin de generar cambios de comportamiento e impacto social, tanto a nivel gubernamental como del usuario.

La selección de la cuenca hidrológica superficial como un contexto espacial para el análisis y la acción, garantiza la efectividad práctica de los objetivos de gestión de recursos naturales, particularmente del agua (Gutiérrez Hernández *et al.*, 1998). Lo anterior tiene como fundamento la delimitación natural y la funcionalidad de esta unidad territorial, en la cual la mayoría de los procesos físico-geográficos se encuentran condicionados y subordinados a su régimen hidrodinámico. Es decir, hay un carácter activo de las aguas y las excepcionales propiedades de éstas como vehículo de intercambio de sustancias y energía.

En este sentido, diversos estudios que actualmente se desarrollan, de manera paralela a nivel mundial, coinciden en los objetivos de gestión y se concentran en el cumplimiento de los siguientes principios directores para desarrollo de un manejo adecuado de los recursos hídricos de una cuenca (Cobaric, 1996, Díaz Delgado *et al.*, 1996):

1. La cuenca hidrológica constituye la unidad natural más apropiada para la gestión del agua.
2. Un conocimiento completo del estado de los recursos hídricos de la cuenca, en escala admisible y actualizado, constituye una exigencia fundamental e indispensable para una gestión eficaz.
3. La gestión de las aguas de una cuenca debe tener en consideración la interdependencia de los múltiples usos practicados y sobretodo una concertación con todos los usuarios.
4. La estrategia de gestión del agua resultante deberá tener como metas la preservación y regeneración de los ecosistemas.
5. Los usuarios del agua deberán contribuir económicamente para facilitar el uso del recurso y corregir su deterioro.

6. Una gestión responsable del agua por cuencas deberá orientarse hacia una autonomía financiera y operacional completa.
7. La toma de decisiones importantes con respecto a la gestión de los recursos hidráulicos de la cuenca deberá estar sustentada en la participación de la población involucrada.
8. La legislación nacional, regional y local deberá adaptarse de tal manera que facilite el logro de los objetivos de la gestión integral de agua en una cuenca.

#### RESEÑA DE ALGUNOS MODELOS DE GESTIÓN DE CUENCAS

En esta sección se resumen los modelos de gestión utilizados en algunas partes del mundo, concretamente en Canadá, Inglaterra, Estados Unidos de América, Francia y México. Todos estos modelos coinciden en considerar la cuenca como la unidad de gestión del recurso agua. Sin embargo, la estructura de gestión varía de un modelo a otro en función de las características propias de cada país y las consideraciones de los usuarios.

##### *El modelo de gestión del agua de Canadá y sus Agencias de Conservación*

Es importante señalar que Canadá es un país dotado de una gran cantidad de agua dulce y por lo tanto su modelo de gestión está orientado a resolver los problemas de cantidad y calidad del agua, pero concentrando esfuerzos principalmente en el orden cualitativo. Las agencias de conservación existen desde hace bastante tiempo y su principal responsabilidad es administrar y aprovechar los recursos naturales de las cuencas. Este tipo de agencia se integra por representantes de los diferentes municipios que se encuentran total o parcialmente dentro de la cuenca y bajo la siguiente premisa: "Los principales objetivos de la autoridad son establecer y poner en marcha, en la región de su jurisdicción, un programa concebido para mejorar la conservación, la restauración, el desarrollo y el aprovechamiento de los recursos naturales sin considerar al gas, al petróleo, al carbón y a los minerales" (*Government of Ontario, 1987 y 1993*).

Para llevar a cabo sus objetivos, la agencia de conservación tiene las siguientes atribuciones:

- Concebir y realizar cualquier estudio necesario sobre la cuenca para elaborar un programa de conservación, restauración y aprovechamiento de los recursos.
- Adquirir, rentar o expropiar los inmuebles necesarios para la realización de sus funciones.
- Negociar los convenios necesarios con la empresa privada para la realización de proyectos específicos.
- Fijar la contribución financiera de cada municipio que forma parte de la Agencia.
- Construir estructuras y crear embalses.
- Controlar el caudal de las aguas con el objetivo de prevenir inundaciones o contaminación.

- Utilizar los inmuebles y/o espacios adquiridos o controlados por la Agencia para fines de parques o áreas de turismo y recreo.

Las Agencias poseen, además de lo anteriormente expresado, la capacidad de elaborar reglamentos en su territorio sobre:

- El uso de agua en ríos, lagos, lagunas y pantanales.
- El control de las extensiones de agua normales en la cuenca.
- El uso de lagunas como fuente de agua para fines de irrigación.
- La emisión de permisos de construcción de edificios y estructuras a lo largo de las extensiones de los cuerpos de agua y zonas sujetas a inundación.
- La ubicación de cualquier basurero en el territorio de la cuenca.

El financiamiento de las agencias se lleva a cabo a través de contribuciones económicas de los municipios de la cuenca, así como de presupuestos gubernamentales, donaciones privadas y actividades de autofinanciamiento.

#### *El modelo inglés de gestión del agua y sus "National River Authorities"*

En 1943, el reporte "Milne" recomendaba al gobierno reunir bajo una misma autoridad las responsabilidades relacionadas con el control de la contaminación, el abastecimiento de agua y la protección contra inundaciones. Sin embargo, no fue sino hasta 1973 que el gobierno creó diez autoridades regionales constituidas en función de las cuencas hidrológicas y a las que llamó Autoridades Regionales del Agua (*Regional Water Authorities*). En 1989 el gobierno inglés, en el marco de una reorganización administrativa, privatizó las diez autoridades regionales del agua y creó las compañías de servicios públicos de acueducto y alcantarillado (*Water Service Companies*). Estas organizaciones son las responsables del abastecimiento de agua, así como de la operación y construcción del sistema de drenaje y tratamiento de aguas residuales (Cobaric, 1996).

Por otro lado, el gobierno se reservó la responsabilidad de la gestión global de los recursos hídricos y para ello creó tres organismos: el primero de ellos llamado Autoridades Nacionales de Ríos (*National River Authorities*). Estas organizaciones cuentan con un consejo de administración compuesto por representantes de la población, de las industrias y del gobierno. Las "*National River Authorities*" son responsables de:

- El control de la contaminación.
- Las medidas de conservación del agua y la planeación de los recursos.
- El drenaje de las zonas de cultivo.
- La protección contra inundaciones.
- La protección de la pesca.
- La protección de la naturaleza y navegación.

Las "*National River Authorities*" son responsables del otorgamiento de permisos, bajo pagos correspondientes por derecho de uso, de la explotación del recurso hídrico y/o por el vertido de ciertas substancias a los cursos de agua. El financiamiento de estas instituciones

proviene principalmente de impuestos, de cuotas por los servicios ofrecidos y presupuestos estatales.

El segundo organismo creado por Inglaterra se responsabilizó del control integrado de la contaminación (*Her Majesty's Inspectorate of Pollution*), y finalmente, el tercer organismo se ocupó de la reglamentación de los diversos aspectos económicos relacionados con la empresa de servicios de distribución de agua potable y alcantarillado (*Office of Water Services*).

*El modelo de gestión del agua de los Estados Unidos de América (EUA) y sus "Watershed Commitees"*

En 1993, en su reporte anual, la Agencia Americana de Protección del Medio Ambiente (*Environmental Protection Agency*) trató el tema de la protección de las cuencas hidrológicas y señaló que: "La protección de una cuenca hidrológica es una estrategia integrada y holística para proteger y restaurar más eficazmente los ecosistemas acuáticos y proteger la salud pública. [...] Esta manera de actuar no es un nuevo programa centralizado que entre en competencia con o que reemplace los programas existentes; sino por el contrario, éste ofrece un marco de trabajo y una nueva perspectiva para una real integración de los programas en operación. [...] Esta estrategia, enfatiza la implicación de todos los usuarios y la necesidad de completar un trabajo en equipo tanto a nivel federal, del Estado y local para la realización de las posibles mejoras más importantes, con los recursos disponibles" (EPA, 1993).

En EUA, la ley fundamental para la gestión del agua ha sido la "Federal Water Pollution Act" de 1972. Esta ley establece los objetivos y las normas para la calidad del agua y las fechas límites para lograr el cumplimiento de esas normas, así como los mecanismos y procedimientos para su control y aplicación.

En 1977, una nueva ley fue adoptada bajo el título de "Clean Water Act". En esta ley se establecen nuevas normas para los contaminantes teniendo en consideración mejores tecnologías disponibles y se fijan fechas para el logro de esta nueva normativa. Sin embargo, en 1987 esta ley fue modificada para extender las fechas límites del cumplimiento de las normas establecidas.

Es importante señalar que en la década de 1960, se formaron comisiones de gestión del agua tales como la "Water Resources Council" y las "River Water Commissions", con la finalidad de llevar a cabo planes directores para el aprovechamiento de las principales cuencas hidrológicas del país.

Estas comisiones estaban formadas por representantes de los gobiernos federal y de los estatales. El funcionamiento de las comisiones generó diversos conflictos y por ello fueron abolidas por decreto presidencial en 1981. Por otro lado, con el nuevo enfoque de la Agencia Americana de Protección del Medio Ambiente, existen ahora los llamados "Watershed Comitees", que tienen como finalidad la gestión de la cuenca hidrológica bajo los siguientes principios:

- Identificación del problema. Identificar las principales amenazas para la población y la salud de los ecosistemas dentro de la cuenca hidrológica.

- Involucramiento de los usuarios. Involucrar a las personas más susceptibles de ser concientizadas del problema o a las más aptas para realizar las acciones requeridas.
- Acciones integradas. Llevar a cabo las acciones correctivas requeridas en el marco de un enfoque integral y accesible, una vez que las soluciones hayan sido seleccionadas, así como evaluar el éxito de las acciones efectuadas.

Los principales instrumentos económicos con respecto al agua en los Estados Unidos son el pago de los servicios de agua, la ayuda financiera del gobierno y los permisos de vertido de aguas residuales. En las zonas urbanas, las residencias están sujetas a un pago de base más una cuota por el consumo volumétrico de agua. Con respecto a las empresas, éstas se sujetan a un pago volumétrico y un pago en función de la concentración de contaminantes.

#### *El modelo francés de gestión del agua y sus "Agencias del Agua"*

En Francia, 99.9% de la población cuenta con servicio de abastecimiento de agua. Estos usuarios son facturados en función del volumen de agua consumido. En 1964, Francia adoptó la ley relativa al régimen y a la repartición de las aguas, la cual permitió la creación de las agencias financieras de una cuenca y la puesta en operación de un sistema de pagos fundamentado en el principio usuario-contaminador-pagador.

Sin duda alguna, la Ley de 1964 facilitó la convergencia de los esfuerzos individuales para considerar los problemas del agua desde un enfoque global e ubicando a la administración del agua en su marco geográfico natural, es decir, la cuenca hidrológica.

El modo de financiamiento autónomo responsabilizó directamente a los usuarios implicados, contribuyendo así a la mejora de disponibilidades de agua en una escala regional y a contar con montos financieros destinados a la inversión de la infraestructura necesaria.

El territorio francés fue dividido en seis grandes cuencas hidrológicas y dentro de las cuales se ubicaron los siguientes organismos:

- Comité de Cuenca: Lugar de concertación entre el Estado y los usuarios públicos y privados, con fines de aprovechamiento de los recursos naturales y aprobación de tarifas y cuotas.
- Agencia Financiera de Cuenca: Organismo autónomo económicamente gracias a las cuotas por los servicios ofrecidos, lo que facilita la ejecución de acciones en la cuenca.
- Misión Delegada de Cuenca: Formada por representantes de los diferentes ministerios involucrados en la problemática del agua y enfocados al análisis de acciones de aprovechamiento del recurso agua de la cuenca.

Es importante señalar que a partir de enero de 1992, Francia adoptó una nueva Ley de Aguas que otorga nuevas responsabilidades a los organismos antes mencionados. Esta ley establece que "el agua forma parte del patrimonio de la nación". El Comité de Cuenca es la instancia administrativa decisional, la Agencia de Cuenca, ahora llamada Agencia del Agua, es el organismo público responsable de la planeación de las acciones para la cuenca y la

Misión Delegada de la Cuenca es el organismo de coordinación de las actividades gubernamentales a la escala de la cuenca.

Por otro lado, ahora es el Comité de Cuenca quien debe elaborar un esquema director de aprovechamiento y gestión de las aguas bajo las premisas de proteger, aprovechar y explotar los recursos utilizables respetando los equilibrios naturales (*Office international de l'eau*, 1994).

#### LOS CONSEJOS Y COMISIONES DE CUENCA EN MÉXICO

Los Consejos y Comisiones de Cuenca en México son instancias colegiadas para prevenir y dar cauce a los conflictos asociados a la distribución y usos del agua. Estas organizaciones son de carácter plural y se conforman para identificar, analizar, caracterizar, diagnosticar y pronosticar problemas, situaciones, demandas y necesidades de agua en una cuenca hidrológica específica. Asimismo, son foros para conciliar propósitos, sumar voluntades y definir planes y programas para aumentar la eficacia en la gestión del agua, procurar el saneamiento de sus corrientes, cuencas, así como, ordenar y eficientar sus usos, manejo y aprovechamiento (Chávez, 1998).

El funcionamiento y alcances de los Consejos y Comisiones de Cuenca, por la naturaleza de sus trabajos y por la trascendencia y complejidad social de los problemas que trata, dependen de diversos factores entre los que destacan:

- La voluntad política de los gobiernos federal, estatal y municipal que participan en su creación y desarrollo.
- La decisión y voluntad expresada por diversos sectores representativos de la sociedad de participar en los procesos de gestión del agua.
- La dimensión y características de los problemas de escasez y contaminación del agua prevalentes en las cuencas hidrológicas.
- Los recursos humanos y materiales susceptibles de ser movilizados para resolver los problemas de agua en cada cuenca.

Para la creación, instalación y seguimiento de los Consejos de Cuenca en México se desarrollan actividades en tres fases, denominadas gestación, instalación y operación (Castellán, 1999), mismas que se describen brevemente a continuación:

- *Gestación*: Comprende actividades de planeación preliminar, recopilación estadística, diagnóstico hidráulico, definición de la disponibilidad de agua y preparación del plan maestro de la cuenca, revisión del padrón de usuarios y el registro de derechos, definición preliminar de la agenda regional del agua y auscultación con autoridades, organizaciones y usuarios.
- *Instalación*: Abarca la propuesta y definición del Acuerdo de Coordinación y la Agenda del Consejo, la convocatoria para la primera sesión, la instalación jurídica del Consejo, reuniones de grupo de trabajo técnico y definición de órganos básicos.
- *Operación del Consejo*: Comprende la revisión detallada y elaboración final y consenso del Plan Maestro y de los planes básicos; la creación de la Asamblea de



Usuarios, los organismos internos de trabajo y las reglas de organización y funcionamiento.

De acuerdo con CNA (1998) citado por Castelán (1999), los Consejos de Cuenca cuentan con una serie de organizaciones auxiliares y de apoyo para su funcionamiento, mismas que se enumeran a continuación y donde se resume su función específica:

- *Comisiones de Cuenca*: Son organizaciones subordinadas a los correspondientes Consejos de Cuenca que se forman al nivel de subcuenca. Su objetivo consiste en dar solución a los problemas que por su gravedad o complejidad requieren de atención especializada o temporal en el territorio de la subcuenca.
- *Grupo de seguimiento y evaluación del Consejo de Cuenca*: Su función es dar seguimiento y retroalimentar las decisiones del Consejo de Cuenca, evaluar sus resultados y establecer las acciones necesarias para reorientar los procesos en los casos que se juzgue necesario.
- *Comisiones de trabajo y/o grupos de trabajo especializados*: Su función es apoyar al Consejo de Cuenca en el desahogo de su agenda de trabajo sobre tareas específicas que por su complejidad o importancia requieran de grupos de trabajo especializados. Estos grupos serán permanentes o temporales y se organizarán conforme los requerimientos de los programas de actividades del Consejo. Su estructura o forma de organización será flexible y apropiada a las necesidades específicas de sus tareas.
- *Asambleas y Comités Regionales de Usuarios*: Por el tamaño de los territorios de cuenca, subcuenca y en algunos casos de acuífero, así como por las dificultades para integrar la representación de los usuarios del agua, se promueve la formación de Comités Regionales de Usuarios para cada uno de los usos del agua.
- *Comités Técnicos de Aguas Subterráneas*: Su objetivo es la formulación y ejecución de programas y acciones que permitan la estabilización, recuperación y preservación de los acuíferos sobreexplotados y prevenir la sobreexplotación de aquellos que aún se encuentran en equilibrio o cuentan con recargas mayores a sus extracciones.

Es importante destacar que la Ley de Aguas Nacionales de 1992, en su Artículo 13, establece al Consejo de Cuenca como el organismo a través del cual se debe propiciar la participación de la sociedad en la planeación y administración de los recursos hídricos.

#### *Consejo de Cuenca Lerma-Chapala*

En los siguientes párrafos se describe la evolución de uno de los casos más representativos e importantes de la conformación y proceso de consolidación de un Consejo de Cuenca en México, el caso de la Cuenca Lerma-Chapala.

El gran desarrollo que la cuenca Lerma-Chapala ha experimentado en las últimas cinco décadas, originó una diversidad de problemas y conflictos sociales y económicos particularmente relacionados con la disponibilidad y grado de contaminación del agua.

Esta cuenca presenta una superficie cercana a los 54 300 km<sup>2</sup>, equivalente a poco más de 2% del territorio del país. Sin embargo, concentra una gran parte de la actividad económica

de México. Uno de cada ocho mexicanos viven en la cuenca. Una de cada ocho hectáreas de riego existentes en el territorio nacional están ubicadas dentro del parteaguas de la misma. En esta región se genera aproximadamente 35% del Producto Interno Bruto Industrial, además de contar con una amplia gama de servicios ofertados para todo el país.

La disponibilidad per cápita de agua en la cuenca es considerada como pobre. En la República Mexicana, el promedio de agua disponible de agua superficial y subterránea es de 4 977 m<sup>3</sup> por habitante y por año. Sin embargo, en la cuenca Lerma-Chapala la disponibilidad per cápita es menor a 1 000 m<sup>3</sup>, cifra que clasifica a la cuenca hidrológica como una cuenca con severa escasez de agua (CCLCH, 1999).

Así pues, a finales de los años ochenta la demanda global de agua del sistema ya superaba la oferta disponible, contando, además, con la existencia, altamente significativa, de descargas de aguas residuales sin tratamiento que fluían por los cauces y arroyos de la cuenca. A lo anterior, hay que sumar los problemas ocasionados por un manejo inadecuado, o inexistente, de otros recursos naturales tales como suelo y vegetación, que dieron origen a una importante pérdida de suelo y contribución al azolve de cuerpos de agua.

Ante esta dramática realidad en la cuenca, el gobierno federal y de los cinco estados ubicados parcialmente en los límites fisiográficos de la cuenca, decidieron el 13 de abril de 1989 constituir un Consejo Consultivo que sería el antecedente del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala. Este Consejo tenía cuatro objetivos fundamentales: ordenar el uso del agua, sanear las corrientes de la cuenca, lograr un uso eficiente del agua, y mejorar o conservar la Cuenca. Sin embargo, no fue sino hasta el 28 de enero de 1993, posterior a la promulgación en 1992 de la Ley de Aguas Nacionales, que se transformó el Consejo Consultivo de la cuenca Lerma-Chapala en un Consejo de Cuenca (CCLCH, 1999). El Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, fue el primer Consejo de Cuenca en el país.

Los objetivos del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala (CCLCH) que se establecieron desde su creación son:

- Ordenar y regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas superficiales, subterráneas y residuales de la cuenca, acorde con su disponibilidad.
- Impulsar programas de uso eficiente del agua en zonas agrícolas, urbanas e industriales.
- Promover programas para el saneamiento de los cuerpos de agua y corrientes.
- Propiciar el desarrollo equilibrado de la cuenca con base en el aprovechamiento sustentable del agua y la participación directa de los representantes de los usuarios y de la sociedad en los programas hidráulicos.
- Contribuir al reconocimiento del valor económico, social y ambiental del agua y a su aprovechamiento sustentable.

De igual manera, las funciones del CCLCH que se establecieron desde su creación fueron:

- Conocer y difundir los lineamientos generales de la política hidráulica nacional y regional, y proponer aquellos que reflejen la realidad del desarrollo hidráulico a corto, mediano y largo plazos, en el ámbito territorial del Consejo de Cuenca.

- Promover la participación de las autoridades estatales y municipales, así como de los usuarios y grupos interesados de la sociedad, en la formulación, aprobación, seguimiento, actualización y evaluación de la programación hidráulica de la cuenca o cuencas de que se trate en los términos de la Ley.
- Promover la integración de comisiones de trabajo de diversa índole, que permitan analizar y en su caso, plantear soluciones y recomendaciones para la atención de asuntos específicos relacionados con la administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos, el fomento del uso racional del agua y la preservación de su calidad.
- Concertar con la Comisión Nacional del Agua las prioridades de uso y los demás instrumentos previstos en la programación hidráulica, conforme a lo dispuesto en la Ley y su Reglamento, así como los mecanismos y procedimientos para enfrentar situaciones extremas de emergencia, escasez, sobreexplotación, contaminación de las aguas o deterioro de los bienes a cargo de la Comisión.
- Apoyar las gestiones necesarias para la concurrencia de los recursos técnicos, financieros, materiales y tecnológicos que requiera la ejecución de las acciones previstas en la programación hidráulica.
- Participar en el desarrollo de los estudios financieros que lleve a cabo la Comisión, con objeto de determinar los montos de las contribuciones de los usuarios para apoyar la ejecución de los programas de la Comisión, que beneficien a los usuarios de la cuenca o cuencas comprendidas en el ámbito territorial del Consejo de Cuenca.
- Participar o intervenir en los demás casos previstos en la Ley y su Reglamento para los Consejos de Cuenca.

Finalmente, con el fin de auxiliar al Consejo de Cuenca en la solución de problemas hidráulicos específicos de una subcuenca o un acuífero, se conformaron las Comisiones de Cuenca y los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS).

#### REFLEXIONES FINALES

La gestión integrada por cuencas hidrológicas es sin duda una estrategia lógica y estructurada que facilita la preservación de los recursos naturales, en particular del agua. Es importante subrayar que los ocho principios directores identificados en diversos estudios como la base de una gestión integrada por cuenca hidrológica son imprescindibles. Asimismo, este modo de gestión genera compromisos, tanto al interior de una cuenca como al exterior de ella, y obliga a las autoridades a respetar un plan hidrológico director. De lo contrario, todo esfuerzo realizado sería infructuoso.

Para el caso de México, la organización de la gestión del agua por cuenca hidrológica es un proceso en marcha que deberá consolidarse, en el menor tiempo posible, como un sistema de responsabilidades compartidas entre entidades de gobierno y la sociedad organizada. Igualmente, deberán modificarse las leyes mexicanas con la finalidad de otorgar capacidad ejecutiva, financiera y de decisión para que este tipo de organización tenga el éxito requerido.

El agua es pues, un recurso indispensable para la vida pero, contrariamente a lo que durante mucho tiempo se había pensado, no es un recurso gratuito. El uso del agua para fines de consumo, al igual que su tratamiento de regeneración después de haber cumplido con una actividad humana y estar contaminada, requiere de inversiones muy importantes.

Lamentablemente, durante mucho tiempo no se contempló o, simplemente, no se tuvo la conciencia y/o capacidad económica, para la protección de los lagos, ríos y acuíferos. Sin embargo, es necesario actuar en la regeneración del recurso a pesar de los costos tan importantes que conlleva. Aún queda mucho por hacer para lograr el establecimiento de una metodología para el manejo integrado de una cuenca, es por ello que se deben redoblar los esfuerzos e inversiones para preservar este preciado y vital recurso.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos CONACYT 0389-T y UAEM 1069/95, por lo cual los autores y participantes del proyecto agradecen el financiamiento otorgado.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ANTÓN, D. y C. DÍAZ DELGADO, *Sequía en un mundo de agua*, San José de Costa Rica, Priguazú ediciones/CIRA-UAEM, 2000, pp. 387-388.
- CASTELÁN CRESPO, J. E., "Los Consejos de Cuenca en el desarrollo de las presas en México" (una de los 126 ensayos de la Comisión Mundial de Presas). Véase <http://www.dams.org>, 1999, p. 12.
- CEPAL (COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE), *Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas*, Documento con registro núm. 94-6-802, 1994, pp. 12-13.
- CHÁVEZ ZÁRATE, G., "Los Consejos de Cuenca en México: Una opción para el desarrollo sustentable", en *Seminario Preparatorio al XX Coloquio Agua, Medio Ambiente y Desarrollo en México*, Zamora, El Colegio de Michoacán, mayo, 1998.
- CLCC (CONSEJO DE CUENCA LERMA-CHAPALA), *10 años de trabajo a favor de la gestión integral y manejo sustentable del agua y de los recursos naturales de la cuenca*, Unidad de Programas Rurales y Participación Social, Coordinación de Consejos de Cuenca, Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, México, 1999.
- CNA (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA), *Los Consejos de Cuenca en México, definiciones y alcances*, CNA-Unidad de Programas Rurales y Participación Social, México, 1998, p. 42.
- COBARIC (COMITÉ DE BASSIN DE LA RIVIÈRE CHAUDIÈRE), *Vers une gestion intégrée et globale des eaux du Québec*, Québec, Rapport final du comité de bassin de la Rivière Chaudière, Québec, marzo, 1996.

- DÍAZ DELGADO, C., K. M. BÂ, M. V. ESTELLER, "Contribución al manejo integral de la Cuenca Alta del Río Lerma", en *XI Seminario del Centro Interamericano de Recursos del Agua*, Brasil, Universidad Católica do Salvador, 1996.
- EPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY), *The Watershed Protection Approach, annual report 1992*, EUA, enero, 1993.
- GOVERNMENT OF ONTARIO, *Conservation Authorities Act., Revised Statutes of Ontario, 1980, chapter 85*, Canadá, febrero, 1987.
- *Water Management on a Watershed Basis: Implementig an Ecosystem Approach*, Canadá, junio, 1993.
- GUTIÉRREZ HERNÁNDEZ, J. E., L. E. MADREY RASCÓN, y J. L. GONZÁLEZ PIEDRA, "Estudio para el manejo de cuencas hidrológicas: Modelo en las Repúblicas de México y Cuba", en *GEOUNAM*, vol. 3, núm. 2, México, 1998.
- OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU, *Pour une gestion intégrée des bassins versants: l'expérience française*, Francia, abril, 1994.

## POLÍTICA DEL AGUA Y PARTICIPACIÓN SOCIAL: DEL MODELO CENTRALIZADO AL MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL POR CUENCA

Sergio Vargas Velázquez<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

Entre la segunda y tercera década del siglo XX, hubo en nuestro país grandes transformaciones en la configuración estatal. Es decir, cambios en lo económico y político que cristalizaron en la nueva legitimidad del Estado.<sup>2</sup>

El papel del Estado mexicano en el manejo del agua, asumió compromisos similares a los que hubo en otros sectores productivos y de bienestar social. Con lo cual se inició una etapa en la que se consolidó la centralización estatal en la regulación del uso y acceso al agua, así como la conformación de una política pública en torno al recurso.

La política del agua se refiere a: "las acciones de las administraciones", a distintos niveles y en diversos ámbitos, que afectan al desarrollo y asignación de los recursos hidráulicos";<sup>3</sup> y como toda política pública, se refiere a una acción del Estado dirigida hacia la Sociedad. En este sentido, queremos subrayar que la política del agua es una manera de regular la forma en que se definen socialmente las reglas de acceso y uso de los recursos naturales, así como quienes controlan y se benefician de una pauta específica de aprovechamiento.

Reconocer el papel regulador del Estado nos ayuda a explicar la relación que existe entre la organización burocrática conformada para el manejo del agua, que tiende a seguir una racionalidad técnica; y el papel de las formas sociales de organización que existen en torno al recurso. De igual manera, el enfoque nos permite abordar la problemática del agua en México, ya que existe una gran diversidad de formas sociales y conflictos por el recurso, así como una estructura institucional muy característica.

La forma en que el Estado mexicano ha asumido su relación con la Sociedad para impulsar las políticas gubernamentales, ha sido objeto de grandes debates. Desde nuestro punto de vista se reconoce un fuerte contenido corporativo en la manera en que se conforma la participación social y se median los intereses económicos por parte del Estado. Así, las

1. Investigador del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Subcoordinación de Participación Social.
2. La nueva configuración estatal promueve la justicia distributiva con la dirección permanente y programada del conjunto del sistema económico, sin perjuicio al capital, neutralizando el conflicto y responsabilizándose de la "procura existencial". Véase García Pelayo (1977).
3. Véase Ciriacy-Wantrup (1992: 22).

relaciones corporativas son una forma de regulación de las relaciones entre las clases, ya que permite la participación institucionalizada de organizaciones de clase en el diseño y sostenimiento de las políticas generales del Estado. Es la adaptación histórica del Estado Liberal a las condiciones de la sociedad industrial y postindustrial, tanto en términos de dominación como de integración sistémica a partir de la promoción del "bienestar" general.

El corporativismo está pensado para tomar el papel del Estado Liberal, al establecer los intereses generales o nacionales de toda la Sociedad; sólo que en el corporativismo el Estado lo acomete de distinta manera: promueve los intereses generales (en el sentido de estatales) sobre los sectoriales, prevaleciendo las relaciones de cooperación institucionalizadas y formalizadas en una serie de órganos estatales para la toma de decisiones nacionales. En general, conciben lo corporativo como un espacio de negociación de intereses a través de acuerdos y negociaciones entre los representantes del Estado y los intereses de las organizaciones.

En cuanto a las formas de mediación política del acceso y uso del agua, base de la regulación estatal, la podemos resumir brevemente en términos históricos como: el paso de un modo de regulación con una fuerte intervención del Estado en la distribución del agua, a otra en la que se pretende incorporar a distintos sectores, sociales y privados, en su manejo y financiamiento; que se apoya además en mecanismos de asignación acordes con la lógica del mercado. La forma de regulación centralizada, se originó a partir de un proceso general de centralización estatal del control y regulación del uso de los recursos hídricos. Esto fue desde finales del siglo pasado hasta la década de 1980, con marcadas diferencias regionales y a muy distintos niveles de integración. En esa época, el agua aparecía como una frontera abierta. Este modelo favoreció los grandes proyectos de infraestructura hidráulica con fuerte participación estatal, como fueron los distritos de riego, las grandes presas y la infraestructura de agua potable y drenaje en las principales ciudades del país.

El segundo modo de regulación se caracteriza por los rápidos procesos de descentralización y apertura comercial a una economía mundial, así como por formas políticas y sociales de organización mucho más complejas e integradas en distintos niveles. El Estado mexicano ha optado por la descentralización de los servicios, así como ciertos "mecanismos de mercado" para su mejor distribución, uso eficiente y la determinación de su precio. Asimismo, nos encontramos con profundas transformaciones sociales que alteran la organización en torno al agua. Estas se expresan a través de las políticas de descentralización, desregulación estatal y apertura comercial; Ahora la frontera de uso del agua aparece restringida, sobreexplotada y contaminada, para lo cual se requiere mayor inversión privada y participación de los usuarios de los distintos sistemas de distribución. En cada modelo, podemos encontrar formas de mediación y regulación de intereses, reglas de acceso específicas, así como relaciones muy diferentes entre la estructura institucional y las formas sociales de organización por el agua.

En este sentido, pretendemos explicar la manera en que interactúan las diversas formas de organización social en torno al agua en una cuenca hidrológica específica, así como la forma en que esta interacción social es mediada por el Estado, con el fin de regular el acceso y aprovechamiento del recurso. Esto lo conceptualizamos como las "formas de participación" que se generan o que ya existen en torno al recurso, y la "gestión" estatal del agua.

La problemática se aborda desde dos aspectos centrales. El primero se refiere a la gestión integral del agua, entendida como un proceso tanto de control técnico como de control

social, en el cual se incluye la administración, la planeación, la organización y la "división del trabajo" para el control técnico así como los mecanismos de dirección política y procesamiento de las demandas y conflictos que existen en torno al recurso. Son ciertas reglas que se determinan desde el Estado para regular el acceso al agua; las cuales se han modificado profundamente, no sólo como cambio en la "administración", sino porque son reglas que generan políticas, que a su vez conllevan acciones hacia la sociedad, con las cuales se regulan los conflictos de grupos de interés y se canalizan las demandas.

#### PARTICIPACIÓN Y GESTIÓN

La participación social en el manejo del agua se ajusta a formas comunes del régimen político, en este sentido, aparecen en primer plano como medidas políticas a las necesidades económicas y sociales de grupos. Sin querer introducir la amplia discusión sobre el régimen político mexicano, podemos caracterizar sus formas corporativas a partir de la cultura política.

La "participación" es entendida como la capacidad desarrollada por los grupos organizados para influir en las decisiones o acciones que determinan sus condiciones de vida, su situación social o su acceso a los recursos. Ésta implica un nivel de organización e integración. Sin embargo, en muchos casos entre los usuarios domésticos, no hay una forma organizativa específica, a pesar de que su acceso al agua (en cantidad y calidad) dependa de otros niveles de integración o sea muy antigua (caso de las comunidades de regantes).

El aporte de la investigación social puede ser sustantivo, ya que nos permite conceptualizar un conjunto de relaciones que rara vez son consideradas en el proceso de gestión y participación. De ahí que se cuestione acerca de quiénes tienen el control del agua y cómo están involucradas las organizaciones sociales. En este sentido, podemos decir que la estructura social regional "participa" de manera parcial en la regulación del acceso al agua, ya que el aprovechamiento de los recursos hídricos ha estado bajo el control burocrático estatal. Esto genera una forma de "mediar" los distintos intereses en torno al recurso; sin que desaparezca una gran variedad de organizaciones sociales por el agua. Sin embargo, actualmente se está constituyendo un nuevo entramado de instituciones y organizaciones sociales (públicas y privadas), que llevan a cambios sustanciales en la gestión de los recursos naturales, y en particular del agua. Este se apoya en un nuevo modelo de desarrollo económico regional que requiere del seguimiento estatal, pero bajo un esquema descentralizado; donde existe la "federalización", concesión e incluso privatización, con nuevas formas de participación.

Los cambios en las formas de participación, implican la inclusión de grupos sociales y económicos, que en la actualidad han rebasado las formas o canales tradicionales de mediación de sus demandas. Pero a pesar de la descentralización, se mantiene una centralidad en la toma de decisiones en el ámbito estatal, que impide la conformación de actores sociales que participen en las políticas de distribución, ordenamiento y regulación, así como de saneamiento. De esta manera, existe una tensión entre las formas de participación y la implementación de la política del agua cuya expresión más visible se puede encontrar en los conflictos por el recurso. El esquema corporativo se ha mantenido e impide la formación de grupos organizados autónomos que realicen acciones concertadas para la conservación inte-



gral del agua. Esta situación ha generado conflictos por el agua cada vez más intensos. La estructura institucional no permite generar consensos amplios en torno a la política del agua, ni la participación ampliada; incluso a los mismos funcionarios se les dificulta la aplicación de políticas.

Desde esta perspectiva la participación social define la acción de los grupos sociales; y la gestión identifica las estructuras o instituciones de control social por el acceso al agua. La relación entre la participación y gestión es conflictiva, ya que hay contradicción en los distintos intereses económicos, políticos y sociales por el agua.

Cuadro 1  
Escala de participación

Escala		Tipo de acciones
Control comunitario	Grados de poder comunitario	Acción colectiva con agenda determinada localmente
Poder delegado		
Asociación		
Conciliación	Grados de diálogo.	Compartir el conocimiento y la planeación
Consulta		Análisis externo de la opinión local
Información		
Tratamiento	No participación	Tareas e incentivos dados
Manipulación		

Fuente: Según la Escala de Arnstein (1969), citado en Fadda (1987).

Con base en el cuadro 1, se puede establecer una escala de participación, que aunque es muy difícil de operacionalizar, nos ayuda a identificar variables y procesos a través de los cuales se caracteriza la participación de los distintos grupos sociales en la gestión y manejo del agua. En nuestro caso, la representación corporativa juega un papel central en la gestión del recurso: como es la forma de promover un plan de riegos en un distrito de riego, o la formulación de criterios de abastecimiento de agua potable y servicios en zonas urbanas marginadas.

#### LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA POR CUENCAS HIDROLÓGICAS

Tradicionalmente, el manejo y gestión de los recursos hídricos es visto como un problema biofísico e ingenieril, que se complica con la presencia de los grupos sociales. Muy recientemente se han desarrollado enfoques que conciben la integración de procesos naturales con procesos humanos, y que lo relacionan directamente con los procesos productivos. La gestión del agua debe reconocer un rango amplio de factores sociales, económicos, políticos y biofísicos que resultan de un determinado patrón de uso del agua. Esta necesita además de un marco comprensivo que sistemáticamente tome en cuenta múltiples actores: desde empresas multinacionales e internacionales hasta organizaciones locales; criterios múltiples, como la eficiencia económica, el desarrollo sustentable, diferentes niveles de análisis como el global,

nacional, sectorial; múltiples restricciones, inadecuación de instituciones y recursos humanos, entre otros. La visión integrada reconoce la naturaleza holística de los recursos del agua, así como las dificultades prácticas que surgen cuando un sistema biofísico (como la cuenca hidrológica) traspasa las fronteras nacionales, administrativas o sectoriales.

A nivel mundial, se han promovido cambios en el papel de los Estados nacionales para la regulación de un uso "sostenido" del agua. En primer lugar se plantea la necesidad de realizar procesos de "descentralización" de las actividades estatales en el sector. En segundo lugar, se está impulsando la participación privada en la gestión y suministro del servicio. Finalmente, se busca incorporar mecanismos de mercado para la determinación del precio del agua y sus formas de financiamiento. Muchos caminos hay para resolver los problemas del agua: éstos van desde el extremo "paraestatal" hasta el "privado puro". Afirmamos que la opción que se sigue está determinada en gran medida por los sistemas políticos y la organización social existente en torno al aprovechamiento del agua, como son los "modelos de gestión".

En las últimas décadas, se han conformado un gran número de organismos de coordinación, distribución, construcción de infraestructura y conservación de la calidad del agua para abordar la problemática con criterios de gestión integral y a escala regional o de cuenca.

El "modelo francés", se caracteriza por su amplia experiencia en la delegación de los servicios al sector privado, así como por la conformación de las "agencias de agua"; donde los representantes electos a nivel municipal son depositarios de la autoridad sobre la concesión del servicio a operadores privados, según diversas fórmulas y grados.<sup>4</sup> En cambio, el "modelo inglés", se caracteriza por su alto grado de privatización, donde los representantes municipales están excluidos; la regulación depende de una agencia nacional que establece un índice de evolución del precio al usuario, y la gestión se realiza a través de los organismos de cuencas. Tal modelo ha sido calificado de neocorporativista, ya que se fundamenta en un enfoque técnico apoyado por grupos industriales.<sup>5</sup> En otro extremo se encuentra el "modelo chileno", conformado a partir del mercado nacional de derechos de uso del agua.<sup>6</sup>

En este sentido, podemos resaltar la existencia de varias tendencias en la conformación de los derechos del agua. En primer lugar, está la necesidad de los Estados nacionales de regular el acceso al agua para frenar el deterioro ambiental. Ello ha generado una normatividad estatal más comprensiva e integral, que reconoce la importancia de incorporar un criterio regional o de cuenca para la mejor planeación, uso y distribución del agua. Al mismo tiempo, estas soluciones tienden hacia los modelos descentralizados, en contextos económicos de políticas de apertura comercial, privatización y desregulación estatal. Además, se establecen nuevas funciones del mercado en el uso del recurso, así como un cambio en el papel de la Sociedad Civil (sectores sociales organizados y empresas privadas). También identificamos cambios en la normatividad y legislación en torno al agua, donde los Estados nacionales asumen la necesidad de regular el uso y aprovechamiento del agua; estableciendo nuevas reglas para el acceso al agua y control de las descargas de aguas residuales, así como la reglamentación de las extracciones, entre otras. Esto no significa una estatización del agua, sino

4. Véase López Santibáñez (1995).

5. Véase Barraqué Bernard (1996).

6. Véase Dourojeanni y Berrios (1996).

más bien un proceso de "ordenamiento" del uso del recurso, donde el "capital" tiene un gran peso. Es claro que se busca redistribuir el agua de acuerdo a su valor económico; con derechos fundamentados en el uso, mayor flexibilidad y reduciendo las barreras gubernamentales. Esto se liga con la discusión sobre la propiedad de las tierras ribereñas (*riparian lands*), que se fundamenta en el uso comunitario; y la propiedad por "prioridad de uso", que es el régimen que responde a las más variadas demandas sobre el agua, para conservarla y protegerla.<sup>7</sup>

Pero, ¿en qué consiste el "modelo mexicano"? En nuestro caso, la Comisión Nacional del Agua, órgano encargado de la administración del recurso, se encuentra en un contradictorio proceso de federalización. En este proceso son los factores políticos los que más influyen sobre la dinámica de la estructura burocrática: en el caso de Guanajuato, el ex gobernador panista Vicente Fox convirtió el agua en un factor de presión para las instancias federales. Al fin y al cabo, el agua es también un recurso político. La propuesta oficial en torno al manejo del agua se basa en la creación de un sistema de gestión por cuenca hidrológica, que va a consolidar los procesos de descentralización del sector: como la transferencia de distritos de riego y la paramunicipalización del agua potable. Asimismo, en este nivel se plantean los mecanismos de intercambio y las concesiones de agua, a cargo del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA). Junto con las propuestas de gestión integral y federalización del agua, nos encontramos con el proyecto de generar mecanismos de mercado entre los usuarios del agua dentro de la de cuenca.

Los derechos y obligaciones de los usuarios para la utilización de las Aguas Nacionales, se establecen en dos documentos: el título de concesión autoriza el uso de aguas nacionales, zonas federales, extracción de materiales, así como la construcción, operación o uso de la infraestructura hidráulica; y el permiso autoriza la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores propiedad de la Nación, considerando determinadas condiciones de calidad. Asimismo, la Ley Federal de Derechos establece que los usuarios deben pagar una contribución por el uso de las aguas nacionales y sus bienes inherentes, incorporando el principio de que "paga más quien utiliza más agua y también quien descarga mayor carga de contaminante, paga más". Esto independientemente de si se cuenta o no con el título o permiso correspondiente, en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA).

La validez de algunos de los temas centrales como el valor económico de los recursos naturales, su caracterización como bienes económicos, y las condiciones sociales de acceso se ponen en tela de juicio. En el debate del agua como bien común, existe una fuerte discusión entre los economistas respecto a la consideración como un recurso común, de libre acceso, donde los derechos y regulaciones son muy débiles. En este sentido los costos de extracción recaen sobre el grupo, no se individualizan, sino, se externalizan; además la carencia de derechos de propiedad, válidos para el futuro, lleva a que cada usuario planifique sus extracciones considerando el valor presente o actual del producto e ignorando sistemáticamente los beneficios de los valores futuros. El resultado es la tendencia a sobreexplotar; se impone en su uso, una racionalidad individual de corto plazo, ya que cada usuario tiende a aumentar su consumo antes de que lo hagan los demás. Las conclusiones son obvias para este tipo de autores: hay que eliminar la propiedad común. Además se plantean controles estatales o programas de pri-

7. Véase Scott y Coustalin (1995).

vatización, llevando el debate a los extremos de transferir al gobierno o privatizar. De allí que ignoren la dimensión social del uso del agua.<sup>8</sup>

El agua es un recurso de propiedad comunitaria (*common pool resource*) o como la llama Aguilera Klink (1992), un activo social que se caracteriza por: la sustractividad que plantea el uso compartido o rivalidad en el uso colectivo, es decir el costo marginal de incluir nuevos consumidores no es cero; 2) los costos de exclusión por poseer amplias fronteras y ser móvil, que dificulta la relación entre número de consumidores y cantidad de recurso a disposición; 3) los problemas de parcelación con precisión. Asimismo, es fundamental la existencia de restricciones como un factor de defensa territorial.<sup>9</sup>

## REFLEXIONES FINALES

En este ensayo presentamos algunas tesis acerca la transformación del modelo de regulación del agua y su relación con la política del Estado mexicano, entre las que destacamos: la saturación de los canales de mediación de los intereses de tipo corporativo y la necesidad de un cambio; así como las deficiencias en la estructura institucional para resolver el deterioro ambiental de los recursos hídricos.

Los escenarios que surgen no son muy optimistas: se percibe que la distribución del agua entre los distintos grupos de usuarios, se concentrará en un grupo social muy pequeño, y su uso no logrará ser "sostenible", por lo menos en el mediano plazo. Además, los grandes procesos económicos y la localización del capital serán los que regulen en mayor medida su aprovechamiento, con lo cual queda muy limitada la capacidad de gestión del Estado. En este sentido podemos afirmar que:

- a) Existen varios supuestos en el proceso de descentralización: la prestación de servicios conforme a un esquema de descentralización es menos costosa y más eficaz; y el patrón de descentralización alienta la participación y la apertura del sistema político. Pero, ¿en qué medida se trata de hechos empíricamente comprobados?
- b) Se pretende que el gobierno central sea capaz de "transferir" a la periferia responsabilidad y los recursos para la toma de decisiones, con el propósito de aliviar el congestionamiento en el centro y así alcanzar un mayor grado de efectividad de la acción gubernamental. Los gobiernos locales, aparecen únicamente en cuanto receptores de nuevas responsabilidades y recursos.
- c) Se plantea la regionalización, para descongestionar la toma de decisiones, pero como ha ocurrido con otras experiencias, la descentralización ha implicado la reducción de las prerrogativas locales. Tampoco refleja una "devolución" de poder a los gobiernos locales, es decir, no todo lo que suele llamarse descentralización, fortalece a los gobiernos locales.
- d) Afirmamos que la descentralización no puede generar la transformación de las bases del poder político, sino únicamente un reacomodo de la distribución espacial de la

8. Véase Aguilera Klink (1992); Ciriacy-Wantrup (1992).

9. Véase Batista (1995).

administración del poder, y que incluso esto último requiere de la experiencia de un proyecto político en el plano local.

- e) Los beneficios de la descentralización no son directos, sino que los determinarán factores como la representación política y la capacidad de los gobiernos locales. Además, dependen de la voluntad y el apoyo de los actores centrales. La Reforma del Estado debe considerar el apoyo y el compromiso no sólo de los actores del gobierno central, sino también, de los actores del sistema político y de la Sociedad Civil. Las actuales estructuras del municipio, imponen obstáculos a la representación y participación; así como la persistencia de formas de gobierno patrimonialistas y clientelistas, que limitan la participación.
- f) Un elemento fundamental es la descentralización fiscal, asociada con el desarrollo económico.

Con el agua en nuestro país, es un bien cada vez más escaso, se ha convertido en una limitante del desarrollo socioeconómico. A pesar de los cambios en las políticas ambientales, y del agua en particular, no se han logrado construir todavía las instancias adecuadas de mediación, representación y participación de los distintos grupos sociales e institucionales.

De manera preliminar, podemos afirmar que la participación social sigue apareciendo muy restringida en la figura de Consejo de Cuenca, que se caracteriza por su nivel corporativo. No aparecen nuevas formas de representación a nivel intermedio, que permitan ampliar los canales y los actores involucrados en la pequeña escala de intervención; además la representación es cualitativa por tipo de uso y es sólo de carácter consultivo.

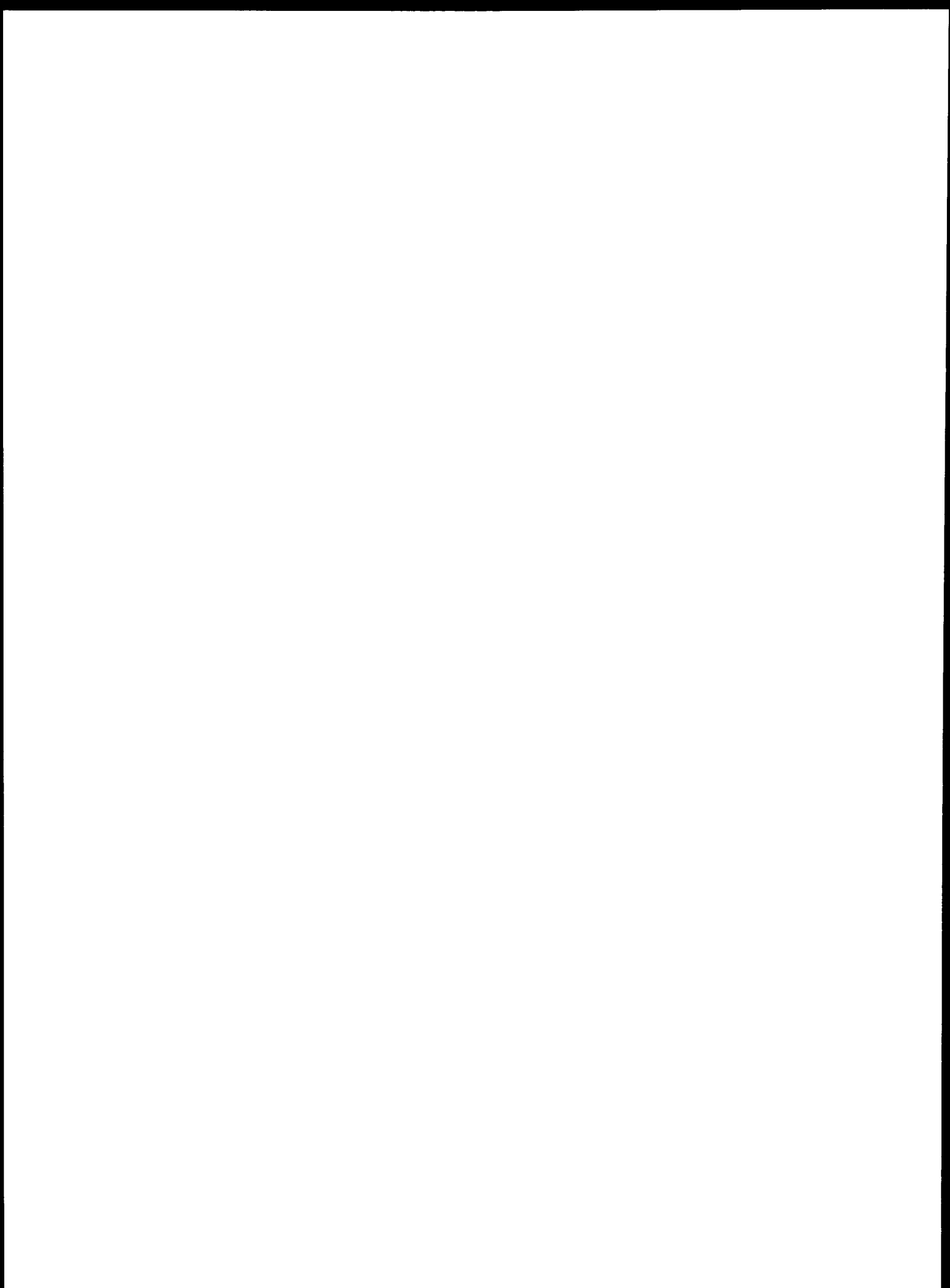
En contraste, la ampliación de los conflictos por el agua, la lucha política tanto de partidos como grupos de interés por controlar el recurso pueden generar una mayor participación. Sin embargo, aún está restringida en la gestión por cuenca hidrológica. La ampliación de su influencia implicaría consensuar muchas de las políticas de saneamiento y precios del agua a nivel de la lucha por el poder municipal y estatal.

La experiencia reciente de gestión integral del agua por cuenca hidrológica, carece de canales adecuados de participación, pero persiste una estructura de representación corporativa que, si bien está afectada y desquebrajada, continúa operando en el manejo del agua. Además en el proceso de federalización de la gestión del agua, los actores sociales no están claramente identificados ni son activos en la promoción de un desarrollo sustentable del recurso agua. Se prevé la continuación del esquema de centralización estatal, ya sea a nivel federal (CNA) o en los gobiernos estatales, mientras no se generen formas de participación apropiadas a las características sociales de la cuenca.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA KLINK, Federico, *Economía del agua*, Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1992.
- BARRAQUÉ, Bernard. "Las políticas del agua en Europa", en *Gestión y política pública*, vol. V, núm. 2, otoño, 1995.

- BATISTA, José Antonio, "Algunos aspectos económicos y sociales de la gestión del agua de riego como recurso de propiedad común: estudio de un caso", en *Agricultura y Sociedad*, núm. 74, enero-marzo, 1995.
- CIRIACY-WANTRUP, S. V., "Economía del agua: relaciones con el derecho y la política", en Federico Aguilera Klink (coord.), *Economía del agua*, Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1992.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA (CEPAL), *La gestión de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe*, Naciones Unidas, Estudios e Informes de la CEPAL, núm. 71, Santiago de Chile, 1989.
- COWARD, E. Walter, Jr., "Management themes in community irrigation systems", en Coward, E. Walter, Jr. (ed.), *Irrigation and agricultural development in Asia. Perspectives from the social sciences*, Londres, Cornell University Press, 1980.
- DOUROJEANNI, Axel y Jorge BERRIOS, *Eficiencia igual mercado igual propiedad del agua: una ecuación incompleta (el caso de Chile)*, Lima, Instituto de Estudios Ambientales-PUCP, 1996.
- DOUROJEANNI, Axel, "La gestión del agua y las cuencas en América Latina", en *Revista de la CEPAL*, núm. 53, agosto de 1994.
- FADDA, G., "Revisión crítica del concepto de participación", en *Urbana*, núm. 9, 1987.
- GARCÍA, Pelayo, M., *Las transformaciones del Estado contemporáneo*, Alianza Editorial, Madrid, 1977.
- LÓPEZ SANTIBÁÑEZ, María Isabel, *Concertation et gestion de l'eau en France*, Francia, Institut Supérieur d'Ingenierie et de gestion de l'environnement, Francia, 1995.
- SCOTT, Anthony y Georgina COUSTALIN, "The evolution of water rights", en *Natural Resources Journal*, 1995.
- WADE, R., "La gestión de los recursos de propiedad común: la acción colectiva como alternativa a la privatización o a la regulación estatal", en Federico Aguilera Klink (coord.), *Economía del agua*, Madrid, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 1992.



## LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN MÉXICO: APORTACIÓN CAMPESINA AL DESARROLLO MEXICANO

David Barkin<sup>1</sup>

Muchas de las comunidades rurales de México se localizan en regiones apartadas e inasequibles de su territorio; donde los más poderosos estuvieron dispuestos a ceder o fueron incapaces de defenderse durante décadas del reparto agrario. Los campesinos intentaron sobrevivir en tierras empobrecidas por la erosión o con reservas forestales reducidas por la demanda de una industria insaciable de productos de madera y sus derivados y los requerimientos impuestos por la pobreza. Irónicamente, muchas de estas comunidades se ubican en áreas de abundante precipitación pluvial; sin embargo, debido a prácticas inadecuadas de administración de recursos ambientales, no pueden emplear el agua para fines productivos. Peor aún, estas poblaciones carecen, en su mayoría, de fuentes confiables de agua potable para sus requerimientos domésticos básicos.

Este ensayo examina una serie de propuestas<sup>2</sup> para enfrentar tales problemas, como son las iniciativas que permitan a las comunidades la recolección y utilización de estas aguas para fines productivos; las cuales pueden ser financiadas por usuarios mayores y reforzadas con un programa que garantice el suministro de agua potable a los participantes. Los nuevos abastecimientos podrían elevar la producción primaria, a la vez que incrementarían la disponibilidad del agua, en las regiones más bajas de las cuencas. Allí los mantos freáticos han disminuido por debajo del nivel de infiltración y captación de agua, y sus volúmenes de extracción son cada vez mayores.

### EL RETO

Hasta ahora pocos han cuestionado la costosa infraestructura construida para extraer agua del subsuelo y reencauzar los ríos, almacenarla en presas, trasladarla largas distancias e incluso elevarla a grandes alturas. A pesar que se usa la mayor parte del agua disponible para fines ganaderos y agropecuarios, se requieren volúmenes cada vez mayores para las áreas urbanas y zonas industriales. Sin embargo, las exigencias del medio ambiente están obligando a los

1. Profesor de Economía, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, México.
2. La investigación fue financiada por el fondo creado por el Subsecretario de Recursos Naturales de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con el fin de preparar la propuesta del Fideicomiso, analizado en este documento. Traducción de Maya Delgado; se agradece la generosa colaboración de Cecilia Tortajada en su revisión.



gobiernos a dejar de pensar en el agua como un recurso natural renovable inagotable, disponible virtualmente en cantidad ilimitada. Como resultado, ha habido esfuerzos en el mundo encaminados a reducir la demanda de consumo de agua; proteger la calidad de las fuentes de suministro existentes; y asegurar que se mantenga la calidad del recurso después de su uso. También se ha buscado concientizar a la población sobre la necesidad de conservar y reciclar el agua, al mismo tiempo que se trabaja en el desarrollo de sistemas de tratamiento más efectivos y menos costosos.

Actualmente, no existen mecanismos apropiados que aseguren la conservación y reconstrucción de las fuentes naturales, que son el origen de la mayor parte del agua que es distribuida (ya sea naturalmente o mediante sistemas modificados) por la sociedad y que alimentan los mantos freáticos del subsuelo, los ríos, y las presas. Además, no hay profesionistas encargados de administrar los recursos naturales, en aquellos ecosistemas donde se originan los suministros de agua; tampoco existen programas sistemáticos para incrementar la captación de una mayor proporción de agua pluvial, a nivel nacional, y almacenarla de manera que se mantenga su calidad y sea utilizada por la sociedad.

Las instituciones de desarrollo rural y las compañías de generación de electricidad, se han unido en todo el mundo para forjar una infraestructura hidráulica de gran escala, creando oportunidades para algunos privilegiados y pesadillas para aquellos cuyas tierras han sido inundadas.<sup>3</sup> Las empresas y las autoridades responsables del recurso agua, generalmente construyen y mantienen la infraestructura para almacenamiento y distribución del agua disponible para uso doméstico y/o industrial; raras veces se involucran en incrementar la disponibilidad del agua en las fuentes ya existentes.<sup>4</sup> Por supuesto, existen numerosos esfuerzos por obtener el control sobre ciertos abastecimientos "naturales" de agua o hasta de redistribuir su producción en el tiempo y el espacio, en acciones como la construcción de presas y el bombardeo de nubes.

Con el fin de asegurar el abastecimiento adecuado de agua, hay muchas actividades sociales y productivas que contribuyen a poner en riesgo los sistemas naturales, que son la fuente de estos suministros. Aun cuando la demanda de este líquido vital crece desmesuradamente, y los gobiernos del Tercer Mundo parecen mal preparados para enfrentar el reto de asegurar a sus ciudadanos un acceso mínimo al agua de calidad adecuada; muchos grupos sociales están desperdiciando este recurso vital y limitado, sin que se les exija que respondan por sus acciones. Más preocupantes son las actividades que pueden realmente reducir la disponibilidad de agua, ya que impiden que el agua sea absorbida y almacenada en los acuíferos o que incrementen su nivel de flujo; haciendo de esta manera más difícil la captura de agua para uso social, o disminuyendo su calidad dramáticamente.

Los patrones climáticos globales también están cambiando, debido a factores que no están comprendidos del todo. Se han presentado modificaciones significativas en el tiempo y

3. Para mayor información acerca de los programas tempranos de desarrollo de las cuencas de los ríos, consúltese Barkin, y King (1970). Para un recuento global véase McCully (1996).

4. En respuesta a una orden de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) que obligó a la ciudad de Nueva York a construir una planta de tratamiento de agua para enfrentar el creciente problema de contaminación en las vertientes regionales, un equipo de la Universidad de Cornell propuso un ambicioso programa para modificar las prácticas agropecuarias. Después de un programa piloto que comprobó su efectividad, la EPA aprobó la propuesta alternativa y Nueva York financió la implementación del programa entre los granjeros de la región, en lugar de construir la planta de tratamiento de agua, mucho más costosa. Véase Cornell University (1997).

el espacio de los patrones históricos pluviales, cambios que ejercen impactos severos en los sistemas productivos y áreas urbanas. Como resultado, no es extraño que la gente examine el problema del balance hidráulico y argumenten que en un futuro no muy lejano, muchos conflictos sociales se originarán en la lucha por el acceso al agua.<sup>5</sup>

El problema de descarga de agua puede ser atacado en su origen, si las comunidades rurales agropecuarias se movilizan para incrementar el abastecimiento para satisfacer sus propias necesidades así como las de la sociedad en su conjunto. Con un cambio de nuestra perspectiva y concentrándonos en aumentar la capacidad de la sociedad en producir agua, además de lograr un uso más efectivo, se tendrán una serie de beneficios que mejorarán sensiblemente tanto las condiciones de salud como las productivas, en algunas de las comunidades agropecuarias más pobres de México. Esto a la vez reducirá la escasez del agua en las regiones en cuestión. Nuestra investigación propone enfocar los trabajos científicos, técnicos y sociales hacia el perfeccionamiento de nuestra habilidad colectiva de producir agua, capturando una mayor proporción de agua pluvial, especialmente en áreas de mayor presión por la falta de suministro. Lo anterior, conllevaría a la implementación de nuevos métodos para la colección y almacenamiento del agua para necesidades locales; el desarrollo de las prácticas de manejo del suelo y agua para reducir el escurrimiento del agua y la consecuente erosión, así como, mejorar la capacidad del ecosistema para absorber el agua. Los volúmenes incrementados tendrían que ser canalizados hacia mantos freáticos, lagos, reservas o estructuras de almacenamiento como presas. El agua sería conservada y su calidad mejorada para el servicio de la sociedad. Tal proyecto es idealmente propicio para los sectores de campesinos en gran parte del Tercer Mundo, y particularmente en México. Ellos son quienes ocupan partes substanciales del territorio, donde el agua tiene gran demanda; y la modernización de la producción y el abandono de los cultivos tradicionales e incluso de tierras, han reducido significativamente la capacidad de absorción de los variados ecosistemas.

#### LA PRODUCCIÓN DE AGUA

Es importante explicar porqué llamamos a este proyecto "la producción de agua" en lugar de "la cosecha de agua pluvial", un título mucho más común. Históricamente, la constitución natural de la tierra y la vegetación facilitaban la filtración del agua hacia los mantos del subsuelo. Las cuencas naturales de almacenamiento se expandieron por medio de procesos que respondían a la disponibilidad del agua. A medida que los asentamientos humanos ocasionaron el aumento de la demanda del recurso agua, los niveles naturales de reabastecimiento disminuyeron y los mantos freáticos se redujeron.

La abundante literatura sobre las técnicas de recolección de agua ofrecen evidencia de la importancia histórica del desarrollo de técnicas para proteger las reservas acuíferas y asegurar suministros adecuados.<sup>6</sup> Sin embargo, esta literatura constituye también un testimonio de

5. Consultar el número especial sobre conflictos relacionados con el agua en *International Journal of Water Resources Development*, Septiembre de 1997. También véase Biswas (1996).
6. Véase United Nations Environment Program (1983). Un estudio reciente de los sistemas tradicionales de recolección de agua de la India enfatiza la solución de la crisis actual del agua (Centro para la Ciencia y el Medio Ambiente, 1997).

la complejidad de la organización social requerida para asegurar la construcción y mantenimiento de la infraestructura hidráulica. En regiones con menor precipitación pluvial, así como en muchas áreas rurales del mundo, los métodos desarrollados localmente para la cosecha de agua pluvial continúan siendo una importante fuente de agua para uso doméstico (incluyendo las demandas para los procesos de producción comunitaria), agropecuario y ganadero. En varias partes del mundo, este método para el manejo del agua es dominante.

Sin embargo, el problema de la gestión del agua en general se ha ido transformando en programas costosos para financiar la construcción de obras públicas para la colección, transporte y almacenamiento del agua en grandes presas.<sup>7</sup> Esta solución "moderna" es parcialmente una respuesta a los crecientes problemas de la degradación de la tierra como resultado de prácticas agrícolas inapropiadas y los nuevos patrones de cultivo; lo que reduce la capacidad de muchas regiones para que el agua se infiltre en el suelo. Como las demandas efectivas de agua para los agricultores, industriales y ciudadanos están sumamente concentradas, la infraestructura del agua ha estado localizada preferentemente para servir a una clientela adinerada y moderna. Con ello, crea posibilidades para que los grupos sociales privilegiados tomen ventaja sobre las oportunidades que generan tales inversiones; y así surge un círculo vicioso de degradación del medio ambiente y modernización agrícola en las partes más bajas de las cuencas productivas. Dicha situación ha polarizado aún más las regiones en cuanto al control de la producción y de los recursos; las comunidades más pobres se encuentran relegadas en las áreas marginales, contribuyendo aún más al deterioro por la falta de recursos e incentivos para proteger sus áreas, sin plantear la urgencia de revertir el daño causado por décadas de negligencia.<sup>8</sup>

Con la redefinición del problema de incrementar los suministros de agua en países como México, es posible identificar métodos para elaborar nuevas políticas. Para ello, nos enfocamos en la organización social, en lugar de simplemente hacerlo en las obras públicas que se requieren para recolectar el líquido. De esta forma, podemos explorar la importancia obvia de la disponibilidad del agua, que no solamente depende de los recursos naturales y tecnológicos. Tomar en cuenta estos procesos sociales es crucial, si se van a diseñar políticas para impulsar a que la gente modifique sus técnicas de cultivo y las prácticas de manejo del suelo y agua en las regiones más altas de las cuencas (donde muchas comunidades indígenas y campesinas han sido relegadas). Esto podría ser un método efectivo para incrementar los suministros de agua en el país, puesto que son regiones que tienen elevadas precipitaciones que bien podrían ser capturadas para usarse directamente y para transportarse a otras áreas para su empleo productivo.

La modificación de los procesos sociales para aumentar los suministros de agua, requiere de una reorganización de los sistemas productivos actuales y la estructura social. Para implementar la propuesta, hemos explorado el desempeño de varios proyectos que se han centrado en las comunidades de pequeños agricultores para mejorar las técnicas de

7 Véase McCully (1996)

8 Es importante hacer notar que la negligencia histórica es el resultado de medidas públicas que explícitamente discriminan la producción de cultivos alimenticios tradicionales, a favor de productos comerciales para exportación o alimentación de ganado. Con la comercialización de la producción campesina y la consolidación del mercado internacional de granos, las comunidades locales son orilladas a continuar utilizando sus prácticas tradicionales de manejo del medio ambiente o incluso seguir sembrando aquellos cultivos que mejor se adecuan a sus regiones y estructuras sociales. Véase Barkin, *et al* (1991)

manejo del agua y del suelo en varias partes de México. Este proyecto está diseñado para promover la formulación de una política nacional de la producción de agua, según los lineamientos presentados en la última parte del ensayo.

#### AGRICULTURA Y PROBLEMA DEL AGUA EN MÉXICO

La herencia de la Reforma Agraria en México (1934-1992) fue una distribución masiva de tierras entre los campesinos. Al término de este periodo, casi la mitad de la tierra de cultivo había sido distribuida a ejidatarios, incluyendo cerca de 40% del área total de riego. Desafortunadamente, la mayor parte de la tierra se encontraba en las áreas menos productivas, requiriendo que sus beneficiarios realizaran grandes esfuerzos para hacerla cultivable; y como muchas tierras habían estado ociosas por un largo periodo, se encontraban erosionadas o necesitaban limpiarse de piedras y otros obstáculos. A pesar de las dificultades, los beneficiarios respondieron a los cambios iniciando la producción y mejorando paulatinamente su productividad. Durante los primeros 25 años de repartición de tierras, los sembradíos de maíz en áreas de cultivo de temporal de pequeña escala se duplicaron; un logro trascendental considerando la ausencia de programas legítimos de asistencia técnica y crédito para financiar el proceso de producción.<sup>9</sup>

En los años subsecuentes, la política gubernamental cambió de una negligencia benigna a una franca discriminación. Durante los años sesentas, los precios oficiales de garantía para los granos básicos, fueron congelados o incluso reducidos; y afectó a los millones de campesinos de tierras de temporal que vieron mermados sus ingresos. Al mismo tiempo, el régimen promovía la producción agrícola de exportación entre la creciente burguesía rural nacional. En 1979, la crisis nacional de producción de alimentos forzó al gobierno a implementar una política innovadora, que se convirtió en un programa de autosuficiencia alimentaria nacional, basado en la producción campesina. El aparato corrupto de control político tuvo la posibilidad de canalizar una gran parte de los recursos y subsidios para beneficio de los agricultores adinerados.<sup>10</sup> Los programas gubernamentales para la agricultura, fueron usados para conformar una estructura de control político y consumismo, que frustró los esfuerzos de la comunidad para promover mejoras productivas locales.

Las comunidades campesinas se empobrecieron. Con sus precios en declive y costos de producción elevados, sufrieron una pérdida en su poder adquisitivo; no tuvieron acceso a nuevas tecnologías y la disminución de la fertilidad. Además, carecieron de recursos para adquirir los diferentes tipos de fertilizantes y las cantidades apropiadas; mientras que las plagas parecían aumentar su impacto destructivo. La emigración se intensificó, no sólo atrayendo a las nuevas generaciones carentes de tierras, sino también a aquellos cuyas tierras ya no podían ofrecer el sustento necesario para mantener a una familia, aun con los bajos niveles de subsistencia. El deterioro ambiental se aceleró con la compactación del suelo, erosión y deforestación, como resultado de técnicas de labor inadecuadas. Además, algunos creen que las lluvias se volvieron más irregulares, lo que intensificó aún más el daño causado por los

9. Véase Barkin (1981).

10. Véase Austin y Esteva (1989); Appendini (1991); y Barkin y Suárez (1985).

procesos de cultivo inapropiados. Es decir, menos agua penetra en el suelo para alimentar los mantos freáticos y las corrientes superficiales elevaron sus velocidades, con un creciente efecto destructivo. Tal situación que creó problemas para abastecer a los distritos de riego con los volúmenes requeridos.

Este círculo vicioso no pasó inadvertido. Las propias comunidades entendieron sus problemas y buscaron soluciones en agencias del país e internacionales. Se tenía la noción general de que una respuesta comprensiva, requería de programas diseñados para los microecosistemas agropecuarios específicos. Si bien el tema del agua era prioritario, las respuestas oficiales generalmente fueron burocráticas y autoritarias; raramente abordaron las necesidades directas de las comunidades más pobres; y nunca atendieron a aquellos que no tenían sus propios suministros de agua. La medida oficial más importante que se implementó fue la devolución del control de los distritos de riego a sus usuarios, quienes serían los encargados del financiamiento, mantenimiento y operación. Asimismo, las estructuras administrativas y técnicas de los sistemas locales de agua potable se fortalecieron y las tarifas del agua aumentaron, con el fin de hacerlos autosuficientes en términos financieros.

Pocos programas respondieron a las necesidades comunitarias locales. Sin embargo, éstos fueron defendidos por grupos de expertos, que trabajaron directamente con organizaciones comunitarias, en un contexto de programas más amplios del gobierno o que eran financiados directamente por organizaciones no-gubernamentales (ONG). Los proyectos generalmente se enfocaron en el mejoramiento de técnicas para el manejo del suelo y agua que permitieran una diversificación de la producción y un incremento de la productividad. Los esfuerzos más ambiciosos atacaron el problema frontalmente, movilizándolo a la gente para emprender obras públicas que contribuyeran a reducir o incluso revertir la erosión. Las pequeñas acciones ayudaron a reconstruir las pendientes dañadas o crear terrazas; para ello usaron diversos métodos incluyendo la siembra de árboles y otros rompe-vientos que permitían cosechar los granos, legumbres y frutales.<sup>11</sup> ONGs y algunos proyectos universitarios de desarrollo rural también empezaron a trabajar en las comunidades, frecuentemente identificando los problemas del agua como un factor que limitaba el mejoramiento de la base productiva local.

A pesar de ser bien intencionados, la mayoría de estos programas estuvieron mal diseñados, ya que partieron de la suposición de que las comunidades debían implementar su desarrollo local con sus propios recursos, o con aquellos de organismos foráneos con subsidio directo. Aunque identificaron el problema en el contexto amplio de una cuenca (como en el caso de las presas de gavión mencionadas en la nota de pie anterior), no se creó ningún mecanismo en el que se reuniera a todos los participantes, en un esfuerzo por mejorar la capacidad de la región para recolectar una mayor proporción de la oferta disponible de agua. Más aún, la base financiera de los programas fue débil, ya que estuvieron fundados sobre la base de la obtención del financiamiento externo, público o de beneficencia; en lugar de compartir equi-

11. Entre estos proyectos, uno de los más conocidos es el patrocinado por el gobierno del estado de Oaxaca, llamado "Lluvia, Tequio, y Alimento"; y otro en Michoacán utilizando un gran número de estructuras pequeñas (presas de gavión) para cambiar los patrones de flujo superficial. El corto período de éxito de ambos programas, ofrece un claro testimonio de su carácter político y la necesidad de una base institucional alternativa para un buen funcionamiento a largo plazo.

tativamente los costos del programa, y considerando la capacidad de pago y los beneficios directos.

#### LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE PEQUEÑA ESCALA Y EL FUTURO DE LA AGRICULTURA MEXICANA

Sólo cuando la crisis económica nacional impuso la urgente necesidad de crear un gobierno austero, se hizo notorio que el agua estaba entre los muchos recursos naturales limitados cuyo uso tenía que estar regulado más cuidadosamente; y cuyo financiamiento debía cederse a los usuarios. El marco legislativo se actualizó y la Comisión Nacional del Agua (CNA) fue responsable de establecer el orden. Como el resto del sector público, la CNA dirigió su atención a las demandas de las áreas urbanas y agrícolas en gran escala. Los productores agrícolas de pequeña escala fueron considerados anacrónicos; sus sistemas de producción tradicional en áreas de productividad marginal fueron vistos como un obstáculo para la modernización sectorial. De hecho, en 1991, la Subsecretaría de Planeación Agrícola estableció que una de las metas prioritarias de la administración era eliminar la mitad de la población rural de México en los siguientes cinco años!

Un nuevo programa de modernización rural fue implementado para abrir el camino a la integración del nuevo Tratado de Libre Comercio (TLC). Esto era más parecido al soborno político que a un estímulo de la producción: Procampo probó ser efectivo al intensificar las presiones económicas en las comunidades rurales. Si bien, la emigración aumentó dramáticamente, muchas familias campesinas no abandonaron sus comunidades o sus tierras, lo que era contrario a las expectativas de los nuevos burócratas. En cambio, otros continuaron trabajando los cultivos de subsistencia, con el fin de garantizar cantidades mínimas de alimento de buena calidad para consumo local. Como una parte de la población rural migró sólo se completaron algunas tareas de cultivo: las consecuencias fueron devastadoras para la fertilidad del suelo, la erosión e invasión de plagas; y por supuesto, la producción declinó precipitadamente. Efectos similares se observaron en las regiones forestales, donde la emigración que buscaba empleos temporales o permanentes, generó cambios en los procesos de producción donde no había espacio para la conservación cabal del medio ambiente o las prácticas de manejo de los recursos.

En estas circunstancias puede parecer sorprendente, que los campesinos de todo México eligieran seguir viviendo en sus comunidades. A pesar de su sesgo urbano, el Censo todavía reporta que más que un cuarto de la población es rural. Aún cuando grupos considerables son obligados a emigrar en busca de ingresos, hay evidencia significativa del compromiso colectivo de defender la integridad de las comunidades rurales; algunas de las cuales tienen tantos habitantes que están clasificadas como urbanas en las estadísticas oficiales. No es este el lugar para explorar las razones del porqué hasta 30 millones de campesinos mexicanos continúan desafiando a los políticos: incrementando sus propias transferencias de fondos hacia los sectores rurales; y retando así el declive de la productividad y la disminución de los programas de apoyo gubernamental. Un análisis de los recursos disponibles para el desarrollo

de las comunidades,<sup>12</sup> confirma el potencial que tendría un programa nacional para la producción de agua, basado en la participación de comunidades campesinas, como se sugiere en la próxima sección.

#### EL FIDEICOMISO PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN MÉXICO

Nosotros proponemos la creación del Fideicomiso para la Producción de Agua en México (FIPAM), que sería financiado con aportaciones de los grandes consumidores (principalmente usuarios agropecuarios e industriales); e institucionalmente sería distinto a las organizaciones encargadas de efectuar los cobros actuales para financiar la distribución, almacenamiento, tratamiento y disposición del agua. Esta nueva cuota sería recabada por un fideicomiso responsable de desarrollar la capacidad institucional y técnica, y promover un programa de producción campesina de agua rural. Esta agencia financiaría programas diseñados para aumentar la productividad de actividades rurales que contribuirían a su vez a mejorar la capacidad regional de retener agua y almacenarla en los acuíferos. El fideicomiso ofrecería compensaciones permanentes para las comunidades, lo que incrementaría satisfactoriamente la disponibilidad del agua en su región. Como un aliciente más para participar en el programa, el fideicomiso también sería el encargado de promover y financiar nuevos sistemas de cosecha de agua pluvial para ser administrada localmente, con ello garantizaría una disponibilidad adecuada de agua potable para usos domésticos.

Para implementar este programa, el FIPAM capacitaría a personal técnico sobre los métodos y sistemas alternativos que pudieran ser aplicados en México. El objetivo del programa sería modificar las condiciones locales para incrementar la capacidad de los sistemas naturales para retener agua pluvial. Esto con el objeto de contribuir a una mayor productividad agrícola; al tiempo de mejorar la capacidad de los ecosistemas para absorber los flujos excedentes, almacenarlos y transportar el agua a través de sistemas subterráneos naturales, que reabastecerían los mantos freáticos y se utilizarían en otras partes.

La justificación para crear un fideicomiso independiente, financiado por cuotas de los grandes usuarios, está basada en los beneficios substanciales que recibirían tanto ellos como la sociedad en su conjunto.<sup>13</sup> A través del programa se aumentaría el flujo de agua pluvial a los mantos freáticos y se reduciría la erosión en las cuencas. Los beneficios se manifestarían en la reducción de costos de bombeo de agua en los mantos freáticos, así como el mejoramiento de la calidad del agua disponible. Dichos beneficios serían captados primeramente por los productores con acceso privilegiado a los insumos productivos y al crédito, con el fin de financiar su producción. Debido a la distribución desigual de los beneficios, es necesario crear un mecanismo como el FIPAM, para motivar a las comunidades en las áreas marginadas a reorganizar su producción y especialmente a emprender las acciones necesarias de largo

12 Estimamos que las transferencias financieras hacia las regiones rurales más pobres de México alcanza un ingreso de por lo menos 40% del valor de la producción rural

13 Se ha propuesto un programa piloto para desarrollar algunos parámetros que estimen la productividad de las diferentes propuestas, en diversos ecosistemas. Estos resultados pueden ser utilizados inicialmente para establecer y actualizar tarifas, evaluar las propuestas, y guiar el desarrollo de nuevas técnicas de producción de agua

plazo. Hasta la fecha, el país no cuenta con métodos para enfrentar la severidad de los problemas ocasionados por la escasez de agua; los procedimientos existentes continúan agotando los suministros y favorecen los mecanismos de recolección y almacenamiento; de ahí que no aumentan la disponibilidad, y contribuyen con esto a intensificar los conflictos por el agua.

Nuestro proyecto prevé el desarrollo de un sistema nacional donde las comunidades serían compensadas por elaborar sus propias propuestas para la producción de agua. Trabajaría localmente, junto con el equipo técnico que satisficiera sus necesidades, con el fin de desarrollar métodos específicos para modificar las prácticas agrícolas locales (incluyendo las técnicas para el manejo de agua y suelo) y alcanzar los objetivos del programa. Un comité técnico evaluaría las propuestas y distribuiría los fondos para los mejores proyectos. El fideicomiso también colaboraría con las comunidades para asegurar que las propuestas fueran depuradas y se incorporaran nuevas técnicas. Un proceso continuo de evaluación enriquecería aún más la lista de propuestas alternativas que podrían ser empleadas en trabajos futuros.

El programa para asegurar el suministro de agua potable para uso doméstico es una parte importante de la propuesta. Muchas de las comunidades con mayores posibilidades de incrementar la producción del recurso, no tienen acceso adecuado al agua potable. Aún cuando existen volúmenes suficientes disponibles, las deficiencias en los sistemas de recolección, almacenamiento y distribución crean obstáculos e imponen una carga enorme a las comunidades que buscan asegurar su suministro diario. Tales obstáculos casi siempre son sobrellevados por las mujeres, quienes realmente son las responsables del proceso de manejo del líquido así como de los considerables efectos secundarios no intencionales de la baja calidad del agua: deficiencias nutricionales resultantes de problemas gastrointestinales y otros problemas de salud. Consideramos la importancia de implementar un programa nacional que supere estos problemas como una prioridad, y sea un incentivo adicional para que las comunidades participen en el programa de la producción de agua.<sup>14</sup>

El FIPAM ofrece una oportunidad única para desplegar un nuevo proyecto de desarrollo rural en México. En lugar de subsidiar a los productores aquejados por la baja productividad, esta propuesta innovadora aumentaría la productividad en las áreas donde prevalece la producción tradicional. Esto como componente de un programa para enfrentar uno de los problemas más serios de los productores comerciales e industriales, lo que sería un mecanismo para iniciar la cooperación entre grupos hasta ahora antagónicos. La llave del éxito es la formulación de una política, donde los resultados positivos sean comprendidos por todos los participantes, es decir, anticipar los posibles conflictos en los suministros de agua mediante un aumento en la disponibilidad total; en vez de enfocarse en la redistribución o racionamiento que algunos generan a costa de otros.

14 No es coincidencia que un proyecto de doble propósito también fortalecería la capacidad institucional de la comunidad para participar en el programa. El programa de agua potable liberaría recursos sociales importantes (de lo que es ahora una carga molesta) junto con la productividad mejorada de las prácticas agrícolas perfeccionadas (sin sacrificar la diversidad del esquema de producción prevaleciente en muchos lugares), ello produciría un ingreso adicional para la comunidad. Con retribuciones directas del FIPAM para financiar los costos adicionales del trabajo, es posible que los beneficios combinados induzcan alguna disminución de las presiones migratorias, además de fortalecer la eficiencia productiva y la capacidad de organización de las comunidades.



BIBLIOGRAFÍA

- APPENDINI, Kirstin, *De la milpa a los tortibonos*, El Colegio de México, México, 1991.
- AUSTIN, James y Gustavo Esteva (eds.), *Food Policy in Mexico*, Nueva York, Cornell University Press, Ithaca, 1989.
- BARKIN, David *et al.*, *Alimentos versus forrajes: La sustitución global de granos en la producción*, México, Siglo XXI, 1991.
- BARKIN, David y Blanca SUÁREZ, *El fin de la autosuficiencia alimentaria*, México, Océano, 1985.
- BARKIN, David y Timothy KING, *Desarrollo económico regional: Enfoque por cuencas hidrológicas*, México, Siglo XXI, 1970.
- BARKIN, David, "El uso de la tierra agrícola en México", en *Problemas del Desarrollo*, núm. 47 y 48, agosto 1981 y enero 1982.
- BISWAS, Asit K., "Agua para el mundo en desarrollo en el siglo XXI: Temas e implicaciones", en *Ingeniería hidráulica en México*, vol. XI, núm. 3, 1996, pp. 1-11.
- CENTRO para la Ciencia y el Medio Ambiente, "Dying Wisdom: Rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems", en *Fourth Citizens' Report on the State of India's Environment*, Nueva Delhi, 1997.
- CORNELL UNIVERSITY Whole Farm Planning Group, "Science for Whole Farm Planning", en *Tenth Quarterly Report*, Ithaca, New York State Water Resources Institute, 1997.
- MCCULLY, Patrick, *Silenced Rivers: The ecology and politics of large dams*, Londres y Nueva Jersey, Zed Books, 1996.
- UNITED NATIONS Environment Programme, *Rain and Stormwater Harvesting in Rural Areas*, Londres, Cassell, Tycooly, 1983.

## POSIBILIDADES Y LIMITANTES PARA EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA ACUÍCOLA EN MICHOACÁN, MÉXICO

Ma. Luisa Sevilla<sup>1</sup>

### RESUMEN

Las posibilidades acuícolas del estado de Michoacán radican en sus características hidrológicas, ya que se encuentra delimitado por dos importantes cuencas: Lerma y Balsas. Además aloja en su interior, la ciénega de Chapala y los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo como sus principales embalses naturales. De acuerdo con datos proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, el estado tiene una adecuada disposición tanto de aguas superficiales como subterráneas.

La historia geológica ha determinado la separación de la cuenca del Lerma con el Balsas, así como la formación en la primera de los lagos de Zirahuén, Pátzcuaro y Cuitzeo. Esto se ha traducido en el desarrollo de una ictiofauna característica, muy apreciada en la zona desde la época prehispánica. Además la influencia neotropical en la cuenca del Balsas.

Hasta 1970, Michoacán mantenía una producción acuática tan baja como entidades de escasos cuerpos de agua, que además carecen de litoral. Por ejemplo, estudios realizados por la Comisión de Fomento a la Piscicultura Rural (1953) y la Comisión Nacional Consultiva de Pesca (1965), hablaban de una producción pesquera limitada, no mayor a 88 ton/año: de las cuales 69% lo constituían los charales, 11.9% el tule, 8.4% el pez blanco y 8.4% la trucha. La mayor parte de esta captura procedía del Lago de Pátzcuaro.

Posteriormente se hicieron las obras hidráulicas de El Infiernillo y La Villita, y la carretera que incorporó la costa de Michoacán con la entidad al resto del país. La producción pesquera obtenida principalmente en el Infiernillo y en los litorales del estado, en el periodo 1980-1995, incrementó y alcanzó 32 904 ton/año.

Actualmente la entidad presenta problemas derivados de la contaminación del agua que abarca masas superficiales, subterráneas y costeras. Problema que debe ser atendido no sólo por su importancia en la producción acuícola, sino por la forma en que afecta la calidad de vida de la población.

1. Profesora del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Zoología.

## INTRODUCCIÓN

Las posibilidades acuícolas de Michoacán radican en sus características fisiográficas, hidrológicas y geológicas. El estado representa 3% del territorio nacional, cuenta con 213 km de costa y 2 315 km<sup>2</sup> de plataforma continental.

Se encuentra delimitado, parcialmente, por dos grandes ríos: el Lerma y el Balsas. De éstos, el Lerma se caracteriza por una larga e inestable historia geológica y fisiográfica que ha determinado la separación de cuencas, y propiciado anastomosis de ríos y formación de lagos como los de Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo. Ello ha favorecido una dispersión característica de su fauna acuática y el desarrollo de alto porcentaje de endemismos (Miller, 1986).

La influencia tropical en la cuenca del Balsas, junto con su caudal y calidad del agua, le proporciona características particulares. En este sentido, Rosas (1976) señala que en 1972 se introdujeron crías de carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) a la presa Adolfo López Mateos ("EL Infiernillo"); y para 1975 encontraron evidencias de que la especie se había reproducido en forma natural en un río afluente al Tepalcatepec.

Cabe señalar que durante la década de los sesenta, se reportó que esta especie no se había reproducido en forma natural fuera de su área de distribución original, que comprende ríos de Siberia, Mongolia y China.

## ANTECEDENTES

Hay evidencias de que el hombre, desde su etapa de recolector, dedicó parte de su tiempo a la captura de organismos acuáticos para su alimentación. Estos ocupan un lugar importante en su cosmovisión y rituales: por ejemplo se han encontrado restos de peces moluscos y corales en entierros, como ofrenda en ritos ceremoniales.

De acuerdo con Polaco y Guzmán (1997), se han registrado restos de peces en 59 sitios arqueológicos distribuidos en seis áreas culturales: Altiplano Central, Golfo de México, Maya, Norte, Oaxaqueña, y Occidente y localidades no bien definidas en el Golfo de California. En particular en Michoacán se han encontrado restos de peces en excavaciones realizadas en Tzintzuntzan (Martín del Campo, 1946).

Hasta mediados del siglo XX, en México, la pesca se realizó a muy baja intensidad y sólo embarcaciones extranjeras extraían una mayor proporción de productos de alta mar. En el caso de Michoacán, estudios realizados por la Comisión para el Fomento de la Piscicultura Rural (1953) y la Dirección General de Pesca e Industrias Conexas (1965), mostraron una producción pesquera pequeña en el periodo 1959-1965: oscilaba entre 66 y 334 ton con un promedio de 173 ton/año. En ese tiempo, la producción procedía en 70% de los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo; y estaba compuesta principalmente por algunas especies de charales, peces blancos, rana, trucha y tule. Sin embargo, los estudios ubicaron como la principal limitante para el desarrollo pesquero y acuícola, la desarticulación existente entre la costa y el resto de la entidad.

SITUACIÓN ACTUAL

En 1972, después de un marcado descenso registrado en la producción de anchoveta, como resultado del “fenómeno del Niño”, hubo un descenso en la producción pesquera mundial (cerca de 10%) y obligó a modificar las estrategias pesqueras mundiales.

Perú que ocupaba el primer lugar en la producción pesquera mundial, en 1975 fue desplazado a la cuarta posición. Los primeros lugares fueron ocupados por Japón, la URSS y China; mientras que México, con una producción de 450 330 ton ocupó el 28º lugar.

Entre 1975 y 1989, Japón tuvo el primer lugar en producción pesquera, pero entre 1990-1995 fue desplazado por China, seguido de Japón, Perú, Chile y EUA; México tuvo el 18º lugar.

En 1996, con una producción mundial de 117 425 miles de ton métricas, China siguió ocupando el primer lugar seguido de Perú, Japón, Chile y EUA, mientras que México ascendió al 16º lugar.

Es importante mencionar que el descenso en la producción de anchovetas registrado en Perú, obligó a México a incrementar la captura de este tipo de organismos, cuando menos para tratar de abastecer su mercado interno. Por otro lado, la introducción de especies herbívoras dulceacuícolas ocurrida entre 1962 y 1964, impactó las pesquerías nacionales en la década de los setenta: la producción promedio de 215,745 ton/año entre 1960-1969, se incrementó a 469,639 ton/ año entre 1970-1979.

Diversos autores señalan que en la actualidad el estado de Michoacán, al igual que otras entidades del Pacífico mexicano central y sur, tienen un desarrollo pesquero limitado. Sin embargo, es evidente que las obras de almacenamiento y la ampliación de la red carretera, contribuyen a integrar la zona costera a la entidad y al territorio nacional.

Cuadro 1  
Producción pesquera de Michoacán, 1980-1996

Año	Toneladas	Año	Toneladas
1980	13,055	1989	44,481
1981	22,525	1990	41,283
1982	30,206	1991	43,671
1983	20,006	1992	42,816
1984	28,354	1993	35,577
1986	28,969	1994	29,023
1987	41,048	1995	30,759
1988	41,000	1996	32,250

Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca, varios años.

Cuadro 2  
Producción pesquera de Michoacán, 1980-1995

Especie	Toneladas
Almeja	40.6
Bagre	148.3
Carpa	2,534.8
Charal	1,422.8
Cazón	44.5
Guachinango	147.7
Flamenco	50.0
Langosta	22.4
Langostino	34.4
Lobina	139.0
Lapa	45.3
Lisa	15.28
Mojarra	14,821.7
Pargo	44.7
Sardina	50.0
Sierra	116.0
Tiburón	22.0
Ostión	270.0
Tortuga	138.0

Fuente: Anuario estadístico de Pesca, varios años.

Lamentablemente, se detecta discontinuidad en el registro de las estadísticas pesqueras, sólo hay datos de captura global para el periodo 1980-1996 (cuadro 1). El promedio anual fue de 32 904.8 toneladas.

Por otro lado, sólo se cuenta con datos de composición de la producción por especies de mayor importancia económica, no se considera la producción de tule, ranas y otras especies marinas cuya captura ocasional dificulta el análisis. Para el periodo 1980-1995, se tiene una producción promedio de 31 447.4 ton, con un porcentaje significativo de especies no identificadas en la captura (cuadro 2).

Entre 1959-1965, Michoacán reportó una captura menor a las 200 ton/año, constituida por especies de charales, trucha, rana y tule. Pátzcuaro y Cuitzeo eran las principales localidades pesqueras, ya que se capturaba cerca de 70% de la producción estatal.

En cambio, entre 1980-1995, la captura de charal mostró un incremento significativo: de 572 ton en 1980, ascendió a 5 237 ton en 1987; luego bajó en 1995 a 2 585 ton, y dejó de ser la pesquería más importante. Tal lugar fue ocupado por la producción de tilapias, que se incrementó de 5 798 ton en 1980 a 25 996 ton en 1987; luego descendió a 15 234 ton en 1995. La segunda pesquería en el estado fue la de carpa: con 572 ton en 1980, 5 257 ton en 1987, para descender a 2 585 ton en 1995.

En el cuadro 2 se presenta una relación de las especies de mayor importancia económica en Michoacán, cuya producción promedio para el periodo 1980-1995, fue de 31 447.4 ton. De la cual, poco más de 60%, considerando rana y tule, se obtienen en aguas dulces. La producción de tilapia y carpa representa poco más de 50% de la producción estatal. Sin embargo, la mayor producción de tilapias, procede de "El infiernillo" en Michoacán, que tiene uno de los rendimientos por hectárea más altos a nivel nacional.

Para explicarlo, Ramírez (1995) dice que al incorporarse las especies herbívoras a los ecosistemas acuáticos tropicales de México, los complementaron al utilizar, al menos en parte, la productividad primaria y de los consumidores primarios. De esta manera convirtieron una enorme biomasa de plantas acuáticas sin valor comercial, en una cantidad importante de alimento directamente utilizable por el hombre.

En consecuencia, las posibilidades acuícolas del estado de Michoacán responden a sus características fisiográficas, hidrológicas y geológicas que se traducen en disponibilidad actual de gran diversidad íctica y de sistemas acuáticos. Estas características han llamado la atención de investigadores que desde hace tiempo se han orientado tanto a estudiar a los organismos como a los sistemas y las pesquerías, destacan por su importancia los trabajos de Solórzano (1955 y 1963); Rosas (1970 y 1976); Lara (1994); Armijo (1976), Chacón *et al* (1994), entre otros.

A partir de 1970, cuando Rosas presentó su propuesta para cultivar el pez blanco en Pátzcuaro, se incrementó el número de contribuciones en torno a la biología y ecología reproductiva de los aterínidos y del Lago de Pátzcuaro. En la actualidad trabajan en torno a charales y peces blancos, la Universidad Michoacana, la Limnológica de Pátzcuaro, el CIIDIR IPN-Unidad Michoacán en Jiquilpan y la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB-IPN).

Además se ha avanzado significativamente en el estudio de la biología y el comportamiento reproductivo de diferentes especies. En la actualidad, la ENCB induce la reproducción natural bajo condiciones controladas de dos especies de aterínidos, con lo que pueden reproducirse más de una vez. Es decir, el proceso no implica la muerte de los progenitores ya que abre el camino a la selección y cruce selectiva.

De igual manera, ha habido la introducción de crías de carpa herbívora y tilapias desde 1972, que han prosperado satisfactoriamente en la entidad y soportan pesquerías importantes. Por ejemplo, la carpa común (*Cyprinus carpio*), la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) y la lobina negra (*Micropterus salmoides*), han sido exitosas dentro de las limitantes ecológicas que cada una tiene.

Resultan preocupantes los descensos en la producción pesquera registrados durante los últimos años en la entidad, ya que pueden deberse a problemas en el mercado, sobreexplotación de especies o contaminación del agua. De ahí que para mantener niveles adecuados de productividad acuícola se requiere: agua de calidad adecuada, disponibilidad suficiente de crías y una reglamentación pesquera adecuada.

Un programa acuícola para el estado de Michoacán debería contemplar la introducción de policultivos. De acuerdo con Ramírez (1995) es necesario incluir tanto especies nativas como alóctonas, con nichos complementarios y hábitos compatibles para climas tropicales, subtropicales y fríos, todos representados en el estado.

En lo que se refiere a infraestructura, hay instalaciones en Pucuateo, Michoacán, estanquería en Pátzcuaro y en Acámbaro un criadero natural de lobina. Sin embargo, sería conveniente establecer un criadero de tilapias y carpa herbívora en las inmediaciones de "El Infiernillo", como una alternativa a la sobrepesca.

El hecho de que en las inmediaciones de "El Infiernillo" se haya reproducido en forma natural la carpa herbívora, indica que es una localidad adecuada para tal fin. Pero los datos estadísticos indican que no se ha establecido una población, que por sí misma pueda soportar la presión de la pesca intensiva. Esto se debe, cuando menos en parte, a que esta especie presenta rápido crecimiento, depende prácticamente de la vegetación acuática que ingiere en grandes cantidades (aunque no la digiere en la misma proporción); ello determina que sus productos de excreción fertilicen el agua e incrementen la producción de otros organismos acuáticos. Razón por la cual descensos en su producción no sólo afecta la producción de esta especie, sino también la de otras asociadas. El problema está en su rápido crecimiento y alta fecundidad, ya que no se reproduce en forma natural sino hasta después de los cuatro a cinco años. Ello implica que en la captura comercial, hay un elevado número de organismos que no se han reproducido.

#### CONCLUSIONES

1. El uso múltiple del agua, incorporado a programas de desarrollo integrado, ofrece amplias posibilidades de aplicación a la solución de problemas alimentarios, económicos y sociales de grupos mayoritarios.
2. A nivel mundial se aprecia una tendencia ascendente en la producción pesquera que se traduce en incrementos en la captura que van de 33.3 a 117.4 millones de toneladas métricas entre 1958 y 1996, con un marcado descenso en 1972 como resultado del efecto del "fenómeno del Niño" en Perú.
3. Posteriormente, pese a que este fenómeno se ha seguido presentando con igual o mayor intensidad, la producción pesquera mundial no se ha visto tan afectada, posiblemente por la aplicación de programas acuícolas.
4. La pesca en México hasta la década de los sesenta se basaba fundamentalmente en la captura de camarones. Posteriormente, se incrementó significativamente la captura de sardinas y anchovetas. Además, la ampliación del mar patrimonial y la introducción de especies dulceacuícolas herbívoras, contribuyeron a sustentar el incremento en la producción pesquera que posteriormente se registró.
5. El estado de Michoacán se vio especialmente favorecido, ya que con la construcción de la presa "El Infiernillo" en 1972 se introdujo la carpa herbívora y las tilapias prosperaron en sus aguas. De acuerdo con Rosas (1976), se reprodujeron en forma natural, aguas arriba de la misma.
6. A partir de esa fecha la pesca empezó a incrementarse y en el periodo 1980-1995 se tuvo una producción promedio de 31 447.4 ton/año con un mínimo de 13 055 ton en 1980 y un máximo de 44 481 ton en 1989.

7. Pese a lo mencionado, la costa de Michoacán, su plataforma y mar patrimonial figuran entre las entidades costeras donde hay un mayor desconocimiento de la pesca.
8. En las estadísticas pesqueras aparecen cifras variables de baqueta, cornuda, jurel, barrilete, rayadillo, ronco, cuatete, loro, garropa y otras especies que hablan de su presencia en la zona; pero muestran que es necesario realizar estudios prospectivos para decir si se pueden constituir en pesquerías estables.
9. En la actualidad, en el estado de Michoacán, el país y a nivel mundial, se aprecia una tendencia al descenso en la producción pesquera, razón por la cual se deben realizar esfuerzos serios para sostenerla e incrementarla.
10. Para tal fin se requiere ampliar y profundizar la investigación con relación a especies nativas e introducidas, evaluar el impacto de la contaminación del agua, establecer sistemas eficaces de tratamiento de aguas residuales; estudiar el impacto de los cambios climáticos globales en la producción de los sistemas acuáticos en general y pasar de la acuicultura extensiva a la intensiva.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ARMIJO, O. A. y Y. L. SASSO, "Observaciones preliminares en acuarios sobre incubación y alevinaje de aterinidos (*Chirostoma spp*) del lago de Pátzcuaro, Mich.", en *Conferencia Técnica FAO sobre Acuicultura*, Roma, ONU, 1976, pp. 1-7.
- CHACÓN-TORRES, A. y C. ROSAS-MONGE, "A restoration plan for pez blanco in Lake Patzcuaro, México", en *International Symposium and Workshop on uses and effects of cultured fishes in aquatic ecosystems*, Albuquerque, 12-17 marzo, 1994.
- COMISIÓN PARA EL FOMENTO DE LA PISCICULTURA RURAL, *Estudio hidrobiológico realizado en el S.E. de la costa de Michoacán y una visión panorámica de la fauna ictiológica de ese estado*, México, Secretaría de Marina, 1953.
- COMISIÓN NACIONAL CONSULTIVA DE PESCA/DIRECCIÓN GENERAL DE PESCA E INDUSTRIAS CONEXAS, *Datos estadísticos básicos de la actividad pesquera 1959-1965*, México, Secretaría de Industria y Comercio, 1965.
- LARA, V. A., "Aspectos del cultivo extensivo e intensivo del pescado blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor*, Jordan, 1879)", en *Simposium sobre Acuicultura en América Latina*, FAO/CARPAS, 1994, pp. 113-116.
- MILLER, R., "Composition and derivation of the freshwater fauna of Mexico", en *Anuario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, IPN, núm. 38, México, 1986, pp. 121-153.
- POLACO, O y A. F. GUZMÁN, *Aqueoictiofauna mexicana*, México, INAH (serie de Arqueología/ Colección científica), 1997.
- RAMÍREZ, G. R., "Determinación preliminar de la potencialidad acuacultural de las aguas continentales", en *Zoología Informa*, ENCB-IPN, núm. 31, 1995, pp. 37-56.
- ROSAS, M. M., *Pescado blanco (Chirostoma estor)*. Su fomento y cultivo en México, México, Comisión Nacional Consultiva de Pesca, 1970.



- \_\_\_\_\_ "Reproducción natural de la carpa herbívora en México", en Simposium sobre *Pesquerías en aguas continentales*, Tuxtla Gutiérrez, 1976, pp. 1-30.
- SOLÓRZANO, A. P., *La Pesca en el lago de Pátzcuaro, Mich. y su importancia económica y regional*, México, Secretaría, de Marina/Dir. Gral. de Pesca, 1955.
- \_\_\_\_\_ *Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del Lago de Pátzcuaro, Mich.*, México, Instituto Nacional de Investigaciones Biológicas y Pesqueras SIC., 1963.

EL USO AMBIENTALMENTE ADECUADO DEL AGUA  
ANTE LA DESCENTRALIZACIÓN DE LOS MÓDULOS DE RIEGO  
DEL VALLE DE MEXICALI

Adriana Álvarez  
Alfonso Andrés Cortez<sup>1</sup>

RESUMEN

Las políticas de modernización del campo mexicano tuvieron como una de sus expresiones, la transferencia a los usuarios de la infraestructura física de los distritos de riego; así como de las facultades y funciones de administración y manejo de los recursos relacionados con la producción. Esta acción, junto con la inducción de patrones de utilización más eficientes e incremento de los precios del agua, pretende coadyuvar al uso sustentable del agua. No obstante, el nuevo esquema de organización y administración de los recursos, constituye uno de los factores que condicionan el uso ambientalmente adecuado del agua. Además implica formas de manejo del agua y suelo que inciden en el comportamiento de los usuarios al modificar las condiciones efectivas dentro de las que se desenvuelven las acciones privadas y sus cálculos de rentabilidad. El presente documento analiza, desde el punto de vista ambiental, las acciones y el comportamiento de los usuarios del valle de Mexicali respecto al manejo del agua y suelo, así como los factores que condicionan las opciones tomadas por ellos en el contexto de la transferencia de los módulos de riego a los usuarios.

INTRODUCCIÓN

El agua que consume el estado de Baja California proviene principalmente del río Colorado. El suministro del vital líquido se rige por el Tratado de Aguas de 1944, firmado entre México y Estados Unidos, de acuerdo con el cual a nuestro país le corresponden 1 850 234 000 metros cúbicos de agua de este río binacional. El distrito de riego 014, localizado en la región del delta del Colorado, es el beneficiario inicial en tiempo y espacio de las asignaciones. Gracias a este recurso, el agua de riego ha constituido por muchas décadas el motor de la agricultura de exportación y de granos básicos de este distrito, al mismo tiempo que ha contribuido al desarrollo industrial en una región árida de México: 85% de sus volúmenes se destinan a usos agrícolas y 15% restante a usos industriales y urbanos.<sup>2</sup>

1. Investigadores de El Colegio de la Frontera Sur.
2. Whiteford y Cortez (1996).

Del agua también depende, el mantenimiento de los procesos naturales que contribuyen a sustentar el desarrollo de la región. No obstante, el agua del Colorado se encuentra enmarcada en una compleja problemática ambiental en la que intervienen entre otros factores: 1) el alto uso consuntivo que se hace del agua, tomando en cuenta su escasez característica en la región árida, 2) el dinámico desarrollo económico y por ende poblacional de la zona fronteriza que implica altas tasas de crecimiento demográfico y, por lo tanto, mayor demanda del recurso hídrico<sup>3</sup> y 3) el complejo marco jurídico internacional que regula su manejo.

A este escenario complejo hay que agregar el nuevo marco administrativo al que está sujeto el riego agrícola, con motivo de la transferencia de los módulos a los usuarios en 1992. Bajo el contexto actual, el manejo ambientalmente adecuado del agua, no sólo depende de nuevas reglas, también está condicionado por las acciones de nuevos actores y por la percepción que ellos tengan acerca de la problemática relacionada con el agua. Así, las acciones y actitudes de los usuarios en torno al manejo del agua, pueden contribuir a mejorar o a empeorar dicha problemática. De igual forma, lo que perciben los propios usuarios con relación a lo que constituye un problema ambiental puede influir en su marco decisorio.

Debe acotarse, sin embargo, que en el distrito de riego 014, la transferencia de los módulos de riego a los usuarios comenzó a implementarse en 1993, por lo que las bondades o desventajas de esta acción administrativa difícilmente son perceptibles en términos ambientales. Ello debido principalmente a la reciente formación de las estructuras administrativas que manejan el agua y a lo gradual de las alteraciones que podrían provocar sus acciones. No obstante, es posible identificar si los usuarios han modificado sus actitudes respecto al manejo del agua y conocer las percepciones que tienen respecto a los problemas relacionados. De cualquier manera, identificar tanto unos como otros, contribuiría a diseñar estrategias encaminadas a promover una cultura ambientalmente adecuada del agua.

#### POLÍTICA AMBIENTAL, DESARROLLO SUSTENTABLE Y DESCENTRALIZACIÓN

El establecimiento de la política ambiental propiamente dicha en México y su interacción con los diversos aspectos de la planeación del desarrollo, inicia con la expedición de la Ley Federal de Protección al Ambiente, de 1982 y de las leyes sectoriales relativas a la misma materia.

Posteriormente en el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 (PND) se definieron lineamientos estratégicos para reactivar el crecimiento económico, con un claro compromiso por impulsar políticas e instrumentos que contribuyeran a la transición del desarrollo nacional hacia la sustentabilidad. Reconociendo que de no frenarse las tendencias de deterioro de los recursos y del medio ambiente y de no transformarse las actuales prácticas de producción y consumo, el futuro económico del país será incierto.

Lo anterior tiene especial importancia para el recurso hídrico, ya que en el Plan se incorpora una estrategia básica dirigida a la protección ambiental integral de los recursos naturales necesarios para el desarrollo (como es el caso del agua en el desarrollo agropecuario). De esa forma, se establece en el PND una "política ambiental para un crecimiento sus-

3. Las ciudades del estado utilizan más del 14% del total asignado en el tratado de 1944.

tentable” de la que se derivan programas sectoriales en materia ambiental, como el Programa Hidráulico 1995-2000. Este plantea tres objetivos principales: coadyuvar al uso sustentable del agua, mediante la racionalización de sus precios, el traslado de programas y funciones hacia los usuarios y la inducción de patrones de utilización más eficientes. Estos tres objetivos se analizan en el presente documento, a la luz de los conceptos de percepción del cambio ambiental y actitud de los usuarios del módulo de riego número 15 del distrito de riego 014, Río Colorado, localizado en el Valle de Mexicali. En las siguientes secciones se describe la articulación existente entre la acción descentralizadora y el manejo ambientalmente adecuado del agua, así como la definición de los términos mencionados.

#### BASES DE LA ARTICULACIÓN ENTRE LA DESCENTRALIZACIÓN DEL MANEJO DEL AGUA Y SU MANEJO AMBIENTALMENTE ADECUADO

El postulado central de la reforma del Estado,<sup>4</sup> donde se inscribe la acción descentralizadora que propició la transferencia de los módulos de riego a los usuarios, es que no puede haber un proceso de desarrollo sostenible si no es sobre la base de una transformación integral de las relaciones sociales prevalecientes en la región.<sup>5</sup> En ese sentido, Carlos Blanco (1995) señala que la reforma del Estado tiende a redefinir tanto sus relaciones internas, como las de la Sociedad Civil, y la relación entre ambos. Con base en lo anterior puede interpretarse de forma análoga, que la transferencia del manejo del agua ha propiciado la generación de nuevos actores, el desplazamiento de algunos, la rearticulación de las relaciones al interior de las dependencias relacionadas con el recurso y de éstas con las asociaciones de usuarios.

Además, si consideramos que las políticas sectoriales constituyen uno de los elementos del marco institucional en el que se desenvuelve la sociedad, ya que definen y limitan el conjunto de elecciones de los individuos, entonces podemos afirmar que este marco institucional también condiciona el tipo de organizaciones que surgen. De esta manera, las interacciones entre las instituciones que enmarcan el manejo del agua y las organizaciones generadas por ellas, conforman una estructura de derechos de propiedad y costos que pueden conducir a un manejo eficiente o ineficiente del agua.

Por otra parte, en el nivel individual, la transferencia también incide en el comportamiento de los individuos (autoridades y usuarios), “al modificar el escenario en el que éstos toman las decisiones y en el que se desenvuelven sus acciones privadas y sus cálculos de rentabilidad”.<sup>6</sup>

En síntesis, podemos suponer que la transferencia de los módulos de riego a los usuarios tiene implicaciones<sup>7</sup> en el manejo ambientalmente adecuado del agua, dado que

4 La reforma del Estado es un cambio político, institucional y cultural de primer orden iniciado en América Latina desde mediados de la década de los ochenta. Surgió ante la necesidad de abordar el problema de Latinoamérica desde una perspectiva capaz de rebasar el economicismo que ha caracterizado la visión del desarrollo en el continente. En México, la idea nació ante la necesidad de una mayor y mejor coordinación de esfuerzos entre niveles de gobierno, por lo que constituyó más una decisión administrativa que una demanda política (Merino y Huerta, 1995)

5 Blanco (1995)

6 Barrera (1985)

condiciona, a través de las interrelaciones entre los actores y entre las estructuras sociales, la ordenación y manejo de los recursos hídricos para la producción. La asociación de usuarios y la Comisión Nacional del Agua se constituyen en las principales estructuras bajo las cuales está supeditado el manejo del agua y, a su vez, éstas condicionan las acciones de los actores.

*Percepción social, actitud y cambio ambiental: definición de conceptos*

La percepción y la actitud son dos ámbitos de la vida social que a decir de García Falconi<sup>8</sup> representan lo fenomenológico (lo que se dice) y lo objetivo (lo que se hace). Cada uno de estos ámbitos nos explica una parte de la realidad social relacionada con la apropiación de los recursos naturales.

De acuerdo con Arizpe (1993), la percepción es el resultado de un proceso social de conocimiento y comprensión de un fenómeno y sus consecuencias, que se va construyendo a partir de los intercambios sociales de información, conflicto o alianza con otros individuos o grupos sociales.<sup>9</sup> La percepción social del cambio ambiental, está condicionada por la magnitud y frecuencia del impacto ambiental con relación a la escala temporal; así como, por el tamaño, naturaleza y distribución de los impactos.

La percepción del cambio ambiental también depende de la naturaleza de las expectativas a futuro de un individuo o grupo social, que tienden a ignorar riesgos futuros para responder con los recursos disponibles a problemas inmediatos. Al mismo tiempo, está mediada por características individuales como valores, actitudes y personalidad, aunque también está influida por factores económicos y sociales.<sup>10</sup> Por otra parte, las actitudes o comportamientos son el resultado de cambios en las acciones de los actores, en su orientación e intensidad.

Por último, entenderemos por cambio ambiental o problemática ambiental relacionada con el manejo del agua, no sólo los problemas relacionados con el desperdicio ocasionado por el riego, sino también estará los riesgos de contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos y la disminución de la calidad de los suelos por ensalitramiento y salinidad del agua. Asimismo, problemas tales como la turbiedad, la aparición de plagas vegetales y la presencia de metales pesados por encima de los límites permisibles son indicadores de desequilibrios ambientales.

*Implicaciones ambientales de la descentralización del manejo del agua: consideraciones metodológicas*

En este apartado se muestran los resultados obtenidos acerca de las opiniones de los usuarios, sus acciones realizadas y por realizar con relación al uso y manejo del agua y suelo; todo ello, en el marco de la transferencia del distrito de riego a los usuarios.

Para ello se partió del supuesto de que las acciones de los usuarios están condicionadas por actitudes relativas a su participación en las labores propias de la administración del

7. Entiéndase, implicaciones tanto favorables como desfavorables al ambiente.

8. García Falconi (1988).

9. Barrera (1985).

10. Daltabuilt (1994).

recurso hídrico. La percepción del cambio ambiental se midió a partir de las relaciones que los usuarios del módulo establecen entre las acciones y sus consecuencias o efectos<sup>11</sup> o entre distintos procesos naturales.

Para registrar lo anterior, se implementó una muestra<sup>12</sup> de sesenta usuarios seleccionados del padrón de la asociación de usuarios del módulo de riego número 15, margen derecha del río Colorado, A. C. El cual está constituido por un total de 668 usuarios, de los cuales 499 pertenecen al régimen ejidal y 165 son colonos y/o propietarios privados. La superficie física del área de riego abarca 9 803 ha. Sin embargo, cabe aclarar que únicamente 30% de la superficie de riego era trabajada directamente por los usuarios propietarios, mientras que el resto de la proporción de la superficie del módulo se encontraba en arrendamiento. Esta particularidad implica que usuarios del módulo, además de explotar su derecho normal de riego,<sup>13</sup> laboran una superficie adicional de extensión que oscila en el rango de 40 a 1 500 ha, atendidas en la modalidad individual o en asociación familiar. Esto nos llevó a delimitar el universo de estudio definiendo el concepto de usuario como aquel que trabaja la tierra y en consecuencia utiliza el agua para riego, independientemente de si posee o no derecho de riego o si es o no propietario de la parcela que trabaja.

#### EL MANEJO DEL AGUA Y LA TIERRA ANTE LA TRANSFERENCIA DEL DISTRITO DE RIEGO

Antes que nada, es necesario señalar que los usuarios encuestados incrementaron su confianza en el proceso de transferencia del distrito de riego. La opinión de 65% de los usuarios de que el uso y manejo del agua es mejor después de la transferencia, viene a reforzar lo anterior.<sup>14</sup>

Partiendo de este escenario de aceptación de una proporción importante de los usuarios encuestados, esperaríamos entonces una actitud favorable con relación al grado de participación en las actividades de la estructura administrativa que se originó como resultado del proceso de transferencia del módulo de riego.

Ante problemas ambientales que afectan la tierra y el agua, los usuarios están en la posibilidad de tomar actitudes y realizar o no acciones tendentes a solucionar dicha problemática ambiental. De los entrevistados que identificaron al factor de riego inadecuado como causa principal del deterioro de los suelos (81.7% del total): 26.5% dijo que, ante el lavado de nutrimentos que provoca el riego "pesado", aplicaba fertilizantes a la tierra; 14.3% realiza nivelación en su parcela o mantiene limpios los drenes; 10.2% realiza una mayor preparación de la tierra y 8.2% lava las tierras para quitar el exceso de sales.<sup>15</sup> Por el contrario, más de una tercera parte de los usuarios (36.7%) no realiza labores tendentes a solucionar los problemas

11. Esto no quiere decir que los usuarios del agua establezcan relaciones lineales y unicasales o que esa sea la naturaleza de los fenómenos.
12. Muestra estratificada que representa el régimen de tenencia de la tierra, ejidal y privado.
13. El promedio regional por usuario es de 20 ha de riego, que en términos de lámina de agua o volumen es de 12 000 m<sup>3</sup>/ha que se obtiene ponderando la dotación basada en el tipo de cultivo y la eficiencia de distribución y riego (50% general). Este volumen es el multiplicador de la superficie adicional que se labore.
14. Véase anexo.
15. Riego que permite sedimentar las sales a un estrato más profundo del suelo, al que no llegan las raíces de las plantas.

que el riego inadecuado ha causado a su parcela, expresando que la causa principal es la falta de recursos (cuadro 1).

Cuadro 1  
Acciones para solucionar los problemas

Labores	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Aplicar mejoradores	13	26.5	26.5
Lavado de suelos	4	8.2	34.7
Mejorar método de riego	2	4.1	38.8
Mejorar drenaje	1	2.0	40.8
Mayor preparación de la tierra	5	10.2	51.0
Otros	24	51.0	100.0

Los resultados anteriores muestran una fuerte percepción del riego como factor de deterioro cuando no es aplicado adecuadamente. De hecho, los efectos en el suelo y soluciones mencionadas están más bien relacionadas con el exceso que con el déficit de riego. Sin embargo, llama la atención que únicamente 4% de los usuarios consideró mejorar su método de riego. Por otro lado, la actitud de los usuarios del agua ante la presencia de problemas ambientales que afectan a la producción es resolutiva y únicamente se ve condicionada por la disponibilidad de recursos económicos.

Es evidente que el cúmulo de responsabilidades que recae en los niveles objeto y sujeto de la descentralización, no puede ser asumido si no hay una solidez en su conducción profesional. Y por conducción profesional nos referimos a educación semiformal, representada por la capacitación técnica conducente al uso y manejo del agua en los niveles parcelarios y de módulo de riego.

A este respecto, los entrevistados mostraron, en lo general, una actitud negativa hacia la capacitación que tuviera como fin manejar en forma adecuada los recursos naturales como el agua y la tierra. Cincuenta y siete por ciento de ellos no tomarían ningún curso de capacitación y 38.3% mostraron interés por mejorar sus técnicas de riego y de siembra (cuadro 2).

Cuadro 2  
Actitud hacia la capacitación en uso y manejo de los recursos naturales

Campo de interés	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Técnicas de riego	11	18.3	18.3
Técnicas de siembra	12	20.0	38.3
Administración del agua	3	5.0	43.3
Otros (ninguno)	34	56.7	100.0

La proporción de encuestados que mostró interés, lo hizo por las áreas tradicionales de la capacitación agropecuaria, que no precisamente representan un enfoque integral del

uso y manejo de los recursos naturales involucrados en la producción. Por otra parte, el poco interés de los productores por capacitarse probablemente sea sintomático de la escasa oferta que en materia ofrecen las instituciones públicas y dependencias gubernamentales del sector agropecuario. No obstante lo anterior, los usuarios demandan la profesionalización de los cuadros administrativos del módulo, con el fin de hacer frente a los problemas de distribución eficiente y de salinidad de agua y suelos.<sup>16</sup>

EL MANEJO DE LOS RECURSOS AGUA Y SUELO Y EL MERCADO DEL AGUA

La acción descentralizadora que transfirió funciones a los usuarios, así como las modificaciones al Artículo 27 Constitucional, vinieron a normalizar un fenómeno que tenía tiempo presentándose. La Ley de Aguas Nacionales, a través de la CNA, establece concesiones de derechos de uso de agua a partir de bases volumétricas e independientes de los derechos de tierras. Este marco jurídico ha abierto espacios a un mercado de derechos de agua, en el que los títulos de derecho de riego no sólo pueden venderse sino también transferirse a otros usos distintos a la agricultura. En algunos casos los agricultores pueden tener tierra pero no derechos de riego y cuando los poseen estos pueden venderse o transferirse independientemente de la tierra.

No obstante, esta situación parece ser desconocida por una alta proporción de los usuarios entrevistados: 51.7% dijeron desconocer la posibilidad de realizar transferencias de derechos de riego hacia otros usos no agrícolas (cuadro 3). Probablemente, tales usuarios tiene sus parcelas ubicadas lejos de la mancha urbana en crecimiento, por lo que no se han visto inmersos en el fenómeno. Como lo mencionan Whiteford y Cortez (1996), son precisamente las asociaciones de usuarios que ocupan las fronteras urbano-rurales quienes muestran una dinámica participativa en este tipo de transacciones.

Cuadro 3  
Conocimiento del fenómeno de transferencia de derechos de uso de agua a otros usos distintos a la agricultura

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Sí sabía	29	48.3	48.3
No sabía	31	51.7	100.0

Un alto porcentaje de los entrevistados que conocían la posibilidad de realizar transferencias (93%) no cambiaría el uso de sus derechos de agua (cuadro 4). Quienes sí estarían dispuestos a hacerlo, lo cambiarían hacia usos urbanos e industriales inducidos por el crecimiento de la mancha urbana.

16. "... los módulos pues no están capacitados... Necesitamos gente más capacitada... El cambio constante de canaleros hace que el personal carezca de experiencia y no conozca a los usuarios". (Entrevista al señor Roberto Domínguez Lara, productor registrado en el padrón de usuarios del módulo de riego número 15).



Cuadro 4  
Consideración de cambio del uso de sus derechos de agua

Acción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Sí cambiaría	2	7.0	7.0
No cambiaría	27	93.0	100.0

Aparentemente, la transferencia de derechos tampoco es muy común en el módulo 15, ya que 78.3% desconoce si otros usuarios lo han realizado (cuadro 5). De los 13 encuestados que dijeron tener conocimiento de casos de transferencias, ocho sabían que las transferencias se habían realizado a usos industriales y sólo tres a usos urbanos, el resto no lo sabían. De esos mismos casos, cinco de las transferencias se realizaron sin la tierra y tres con ella, el resto lo desconocía.

Cuadro 5  
Conocimiento de si otros usuarios de su módulo han transferido sus derechos de riego para actividades distintas a la agricultura

Usuarios que han transferido	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Sí conoce	13	21.7	21.7
No conoce	47	78.3	100.0

En cuanto a los efectos que tales transferencias podrían provocar, 30% mencionó que los volúmenes de agua en el módulo disminuirían, 12% que disminuiría la superficie de riego y 40% que no habría ninguna consecuencia (cuadro 6). Lo anterior, muestra el concepto que poseen poco más de la mitad de los entrevistados acerca del módulo como un sistema en el que el balance hídrico puede verse afectado por la transferencia de derechos de riego, no sólo a otros usos, sino a otros espacios (dentro del mismo módulo, entre módulos y entre el módulo y la ciudad).

Los efectos de las transferencias de derechos de riego a usos urbanos, e independientemente de la venta de terrenos, ocasionan alteración en los programas operativos de las asociaciones de usuarios, debido a la movilidad de derechos (traslado de volúmenes a industrias o a nuevos asentamientos urbanos). Lo anterior provoca también problemas administrativos y desequilibrio financiero a causa del aumento en los gastos de administración. Pero el principal problema es que constituye un desequilibrio en el balance hídrico del módulo de riego. Esto se debe a que ocurre un desbalance entre el gasto programado por la asociación de usuarios y el volumen demandado por los usos agrícolas al cual se ha sumado el volumen demandado por el nuevo asentamiento urbano.<sup>17</sup> Por ello, tales transacciones también tendrían efectos en la superficie de riego.

17. Whiteford y Cortez (1996).

Cuadro 6  
Efectos en el módulo por la transferencia de derechos de riego a otros usos

Efectos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Disminución de volúmenes de agua	18	30.0	23.0
Disminución de la eficiencia de conducción	1	1.7	62.0
Disminución de la superficie de riego	12	20	85.0
Disminución de recursos económicos del módulo	2	3.3	
Se afecta la operación del módulo	1	1.7	
Ninguno	16	28.3	
No sabe o no contestó	10	15.0	100.0

Sin embargo, la transferencia de derechos de riego también tiene sus ventajas ambientales al motivar la eficiencia en el uso del agua en la red de distribución y ahorrar y disponer de volúmenes potencialmente transferibles en la parcela. Además busca la capitalización del usuario, ya que se invierte en beneficio de la infraestructura hidráulica y general del distrito.

En los aspectos relacionados con el manejo adecuado del agua, los usuarios consideran que éste depende mucho de la Comisión Nacional del Agua. La operación y muchas de las decisiones que se toman en el módulo están sujetas a la administración de la red mayor de distribución, por lo que exigen que les sea transferida al igual que se hizo con la red menor. De la misma manera, opinan que los recursos provenientes de las cuotas por servicio de riego deben quedarse en los módulos para ser utilizados en el mantenimiento y operación del módulo.<sup>18</sup> Determinar si el objetivo que se planteó con la transferencia, de "promover el uso sustentable del agua", fue cubierto, dependerá de qué tanta libertad de acción se dé a los usuarios en el manejo del recurso hídrico. Y eso no sucederá hasta que la red de distribución completa sea manejada por ellos.

#### AGUA Y DETERIORO AMBIENTAL: LA PERSPECTIVA DE LOS USUARIOS

A últimas fechas se ha intentado que los costos del agua reflejen no sólo su costo de oportunidad (es decir su valor en el mejor uso alternativo),<sup>19</sup> sino también que constituyan un instrumento que incentive un uso más eficiente por parte de los usuarios. Esto propiciaría una mejor asignación de los recursos hídricos entre los distintos usos, así como un mejor mantenimiento de las redes de conducción. En ese sentido, el Programa Hidráulico 1995-2000, buscó coadyuvar al uso sustentable del agua, ya que propuso, además del traslado de programas y funciones hacia los usuarios, la racionalización de los precios del agua e inducir patrones de

18. "Los módulos vienen siendo una figura solamente administrativa, donde nosotros tratamos los problemas concernientes a lo que es la compra del servicio del agua y a lo que viene siendo el mantenimiento de la red hidráulica. Los módulos no son al 100% autosuficientes, CONAGUA todavía los maneja a su manera... Cuando ya se suelten al 100% los módulos, entonces a la mejor puede... Contando con la red mayor entonces ya podremos exigir más porque ya directamente nosotros podemos tratar directamente el problema" (Entrevista realizada al Sr. Juan Carlos Gaona, productor adscrito al módulo 15).

19. Feder Le Moigne (1994).

utilización más eficientes. A continuación se muestra la percepción de los usuarios respecto a la cuota que pagan actualmente por el servicio de riego, con el fin de dilucidar si esta medida se percibe como inductora de la eficiencia.

Las opiniones respecto a la cuota estuvieron divididas: 41.7% de los usuarios entrevistados percibieron que la cuota que pagan por el agua es justa y un porcentaje igual la consideró alta. Sin embargo, 45% de los entrevistados opinaron que el aumento del costo del agua no se ha reflejado en ningún beneficio para la infraestructura del módulo o en los índices de ahorro de agua. Únicamente 20% consideró que se habían realizado más obras con los recursos resultantes del aumento de la cuota. Cabe mencionar que aunque una proporción importante de los usuarios considera alta la cuota, desde su perspectiva no ha incentivado el uso eficiente.

El uso ambientalmente adecuado del agua está estrechamente relacionado con su uso eficiente, ya que implica una planeación, en tiempo y espacio, de las asignaciones con el fin de obtener una alta productividad y rentabilidad. Sin embargo, los métodos de riego utilizados en el Valle de Mexicali representan usos altos consuntivos e ineficientes del agua. Las técnicas de riego son principalmente bajo el régimen de gravedad en la modalidad de surcos que se utilizan en 45% de la superficie, melgas en 53% y el restante 2% con sistemas presurizados.<sup>20</sup> La eficiencia de conducción para estos métodos por gravedad es de 76% y la eficiencia en la parcela oscila alrededor del 75.88%. De esta manera, alrededor del 50% del agua que se destina para riego, no es utilizada por los cultivos, y más del 30% se pierde en los canales antes de llegar a su destino.<sup>21</sup>

En cuanto a los problemas ambientales que los encuestados perciben en su comunidad o en su parcela, 45% mencionó los suelos salitrosos, 13.3% la basura, y 38.3% otros problemas como los drenes contaminados e infestados de malezas y aguas de riego con exceso de sales (cuadro 7). De igual manera, de los usuarios que consideraron al riego inadecuado como causante de problemas en el suelo, 76.7% identificaron al exceso de sales en la tierra como el de mayor importancia, y 13.3% mencionó a los problemas de drenaje como el segundo en importancia (cuadro 8).

Cabe mencionar que el ensalitramiento de los suelos en el módulo 15 se debe a dos razones: por un lado, la acumulación de sales es producto de las prácticas de riego cotidianas y, por otro, constituye una característica geomorfológica del suelo que da origen a lo que se conoce como la ruta de la sal.

Cuadro 7  
Problemas ambientales detectados en la comunidad o la parcela, mencionados como primeros en importancia

Problemas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Suelos ensalitrados	27	45.0	45.0
Basura	8	13.3	58.3
Agroquímicos	1	1.7	60.0
Aire contaminado	1	1.7	61.7
Otro	23	38.3	100.0

20. Whiteford y Cortez (1994).

21. Bernal (1991).

Cuadro 8  
Principales efectos del riego en los suelos

Problemas	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Lavado de nutrientes	1	1.7	1.7
Exceso de sales	46	76.7	78.4
Problemas de drenaje	0	0.0	78.4
Otros	2	3.3	81.7
Ninguno	11	18.3	100.0

La percepción de la problemática ambiental del módulo 15 está íntimamente ligada a las labores agrícolas diarias. La calidad de los suelos y el estado de la red de canales de riego y drenes agrícolas son vistos como los principales problemas que afectan su entorno. Sin embargo, factores como la aplicación de grandes cantidades de agroquímicos, no fueron mencionados por los usuarios como causantes de contaminación ambiental. Únicamente dos de los usuarios mencionaron a los agroquímicos como factores de deterioro ambiental. Es más, existe la percepción<sup>22</sup> de que la contaminación que padecen los drenes agrícolas, es provocada por los desagües urbanos e industriales, pero no por los agroquímicos utilizados en la agricultura.<sup>23</sup>

No se puede pasar por alto la importancia que han tenido los agroquímicos en el desarrollo del valle de Mexicali. A partir de que se comenzó a hacer uso de ellos en 1956, los rendimientos de los cultivos se incrementaron notablemente y las tierras se utilizaron de forma intensiva. No obstante, es evidente que la problemática provocada por el uso de los agroquímicos es prácticamente desconocida y muy compleja en este valle. De acuerdo con Gámez y Román Calleros,<sup>24</sup> el programa anual de la fertilización basada en Nitrógeno y Fósforo instrumentado para las más de 200 000 hectáreas anuales bajo riego determina alrededor de 54 000 toneladas de Nitrógeno y 22 000 toneladas de Fósforo; y fertilizantes foliares aplicados adicionalmente a cultivos hortícolas y algodoneros. Es bien conocido que los fosfatos y nitratos provocan la eutrofización de los cuerpos de agua, al incrementar en forma acelerada los elementos nutritivos de las algas microscópicas y de otras especies plaga cuyas poblaciones crecen sin control hasta abatir los niveles de Oxígeno.

El uso de herbicidas está alrededor de 1.5 l/ha que, aunque se aplican durante todo el año, su uso es más intensivo durante el subciclo otoño-invierno, cuando el problema de malezas hace crisis, debido principalmente a que prácticamente todos los cultivos que se siembran son de cobertura total.<sup>25</sup> Sin embargo, dado que el precio de los herbicidas es alto, los productores los aplican en dosis insuficientes provocando que no sean erradicadas totalmente

22. Así lo hacen pensar las respuestas de los usuarios en las entrevistas a profundidad.

23. El Distrito de Riego 014 está conformado por una red de drenes que conducen los retornos agrícolas. Algunos de los drenes agrícolas del módulo núm. 15 desembocan en el río Nuevo, el cual ha llamado la atención de varias dependencias debido al elevado grado de contaminación que experimenta.

24. Gámez y Román-Calleros (1989).

25. Es decir, cubren todo el suelo, sin permitir la eliminación de la maleza en forma mecánica.

las malezas o que adquieran resistencia a los químicos, ocasionando así que el problema se agrave.

En el caso de los insecticidas, se aplican casi exclusivamente en el algodón durante el subciclo agrícola primavera-verano, cuando la incidencia de plagas se hace más notable. Se realizan de cuatro a seis aplicaciones por hectárea cada temporada algodonera; en cada aplicación se utiliza un promedio de 1.6 l/ha, y en total en cada hectárea se aplican 7.6 litros de insecticida. Los insecticidas no son lo suficientemente selectivos con las especies a las que deben erradicar, matando con frecuencia especies benéficas por su papel de polinizadoras de la flora silvestre y de los cultivos, o especies que constituyen el depredador natural de las plagas. Dentro de los insecticidas más utilizados en el Valle de Mexicali para el combate de plagas del algodonero, se encuentran algunos del grupo de los organo-fosforados, ciclodienos, piretroides y carbamatos. Aparentemente no se utilizan los pertenecientes al grupo de los de uso restringido, que se caracterizan por su alto riesgo a la salud humana, alta persistencia y sus efectos de bioacumulación.

Por último, los usuarios mencionaron como principal motivo para mejorar el uso del agua el no desperdiciarla (43.3%) y asegurar su disponibilidad (26.6%). Estas opiniones muestran la preocupación de los productores por uno de los elementos de la producción más importantes, como es el agua (cuadro 9).

Cuadro 9  
Principales motivos para mejorar el uso del agua

Motivo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Aprovechar el agua	26	43.3	43.3
Proteger y restaurar el ambiente	0	0.0	43.3
Proteger el agua de la contaminación	1	1.7	45.0
Conservar fuentes de agua potable	4	6.7	51.7
Asegurar la disponibilidad del agua	16	26.6	78.4
No hay motivo para mejorar su uso	6	10.0	88.4
Otro	7	11.7	100.0

## CONCLUSIONES

En la dimensión ambiental, no es directa la relación entre la implementación de la política de descentralización del manejo del agua y los efectos ambientales que ésta pueda provocar. La política ejerce sus efectos en el ambiente, modificando los escenarios y los marcos de decisión al mismo tiempo origina una gama infinita de estímulos perceptibles por el usuario, que incluyen la experiencia directa a través de los sentidos, así como la información indirecta obtenida de otras personas y medios de comunicación.

Mediante dichas experiencias, los usuarios del agua del módulo 15 han construido una red de interrelaciones entre los distintos fenómenos que interactúan con la problemática

del agua. De esta manera, los vínculos entre las principales actividades socioeconómicas y algunos problemas ambientales fácilmente son comprendidos. Así ocurre, por ejemplo, con la relación entre desechos sólidos y asentamientos humanos y, por otra parte, con la transferencia de derechos de riego y el desequilibrio hídrico del módulo.

No obstante, dichas relaciones tienen más bien que ver con las vivencias y preocupaciones diarias de los usuarios en las actividades productivas que desarrollan y en sus espacios de trabajo. Al mismo tiempo, los usuarios conciben sistemas en "equilibrio" ecológico. Así lo constataron sus conceptualizaciones acerca de lo que podría definirse como un sistema dinámico en equilibrio, que garantiza el suficiente abasto y el buen funcionamiento de los módulos. Otro ejemplo, lo constituye la percepción que tienen los usuarios de la red de drenes agrícolas como ecosistemas interrelacionados a la zona del Alto Golfo de California o a la del *Salton Sea*<sup>26</sup> (que constituye la parte más baja de la cuenca hidrográfica). Por otro lado, considerando que conviven en la ruta de la sal, los usuarios coinciden en identificar a los factores salinidad del agua y suelos como su principal problema ambiental.

No es difícil adivinar que los problemas ambientales asociados al manejo del agua han estado por largo tiempo relacionados con la calidad del agua, su uso desordenado y la utilización indiscriminada de los agroquímicos. Estos antecedentes nos hacen constatar la importancia de conocer la dinámica que afecta la interacción hombre-agua, analizando las causas humanas del cambio ecológico y los efectos en las regiones afectadas.

El discurso institucional ha mencionado que la descentralización es indispensable para poder realizar una gestión ambiental más eficaz y efectiva. De acuerdo con ello, la descentralización del manejo del agua deberá constituirse en un instrumento para inducir la ordenación territorial de las actividades económicas y sociales. Lo anterior debe seguir ocurriendo a través de un proceso de modificación de las estructuras institucionales y comunitarias que, con base en criterios ambientales, considere la vocación ecológica del entorno y las potencialidades de los recursos naturales de ésta y otras regiones.

Sin embargo, como menciona Gabaldón,<sup>27</sup> la participación ciudadana en la gestión ambiental implica, no tanto, una relación con los organismos públicos, sino el tejido de una red social signada por la solidaridad. Así, la debilidad de las asociaciones de usuarios —caracterizada por la carencia de la infraestructura física necesaria, institucional e incluso humana para recibir, con certidumbre las nuevas responsabilidades que ello supone—, pueden revertirse paulatinamente mediante la participación solidaria de sus miembros. La fortaleza de los módulos de riego podrá convertirse a la larga en prácticas sustentables de uso del agua, si éstas son guiadas por el bien común.

26. Parte de la red de drenes desemboca en el *Salton Sea* en Estados Unidos y otra parte en el delta del río Colorado.

27. Citado en Blanco, 1995.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, Jiménez, "El sistema de gestión y administración del agua en el marco jurídico, normativo y reglamentario mexicano", en *Federalismo y Desarrollo*, Número especial Premio Banobras 1996, septiembre, 1997.
- ARIZPE, Lourdes, *et al.*, *Cultura y cambio global: percepciones sociales sobre la deforestación en la selva lacandona*, México, UNAM, 1993.
- BARRERA, Carlos, "Análisis histórico-ambiental, actores tipo y procesos ecológicos", en CEPAL-PNUMA (eds.), *Avances en la interpretación ambiental del desarrollo agrícola de América Latina*, Santiago de Chile, ONU, 1995, pp. 93-116.
- BLANCO, Carlos, "La descentralización del Estado y el Desarrollo sostenible", en *Primer Foro del Ajusco, Desarrollo Sustentable y Reforma del Estado en América Latina y el Caribe*, México, El Colegio de México/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1995, pp. 191-210.
- BERNAL R., F., "Análisis de las eficiencias en el uso y manejo del agua de riego en el Valle de Mexicali", en Trava M., Román y Bernal (comps.), *Manejo ambientalmente adecuado del agua. La frontera México-Estados Unidos*, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte, 1995, pp. 228-237.
- CANO, Magdalena Mario, "Ensalitramiento del Distrito de Riego 014, Río Colorado en el periodo 1980-1989", en *Memoria del VIII Congreso Nacional "Acciones para un Ambiente Limpio"*, Cocoyoc, Sociedad de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A. C., 23 al 25 de septiembre de 1992.
- CASTRO, J., "Decentralization and Modernization in México: The Management of Water Services", en *Natural Resources Journal*, vol. 35, Nueva York, 1995.
- CERVANTES, Maximiliano y Francisco A. Bernal, "Comportamiento de la salinidad del agua del Río Colorado", en Trava Manzanilla *et al.* (comp.), *Manejo ambientalmente adecuado del agua. La frontera México-Estados Unidos*, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte, 1991, pp. 129-135.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA/Distrito de riego 014, Río Colorado, *Anexos del Título de Concesión, Usuarios del Módulo 15, margen derecha del río Colorado*, A.C., Mexicali, 1993.
- DALTABUILT, M. *et al.*, *Mujer rural y medio ambiente en la selva Lacandona*, Cuernavaca, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, 1994, pp. 23-24.
- FEDER, G. y G. LE MOIGNE, "Una ordenación viable de los recursos hídricos", en *Finanzas y Desarrollo*, junio, 1994, pp. 24-27.
- GÁMEZ, Lesvia y Jesús Román CALLEROS, *Los Agroquímicos: su impacto en el medio ambiente y la salud humana*, Valle de Imperial y Mexicali, mimeo, 1989, pp. 68-91.
- MERINO, Huerta Mauricio, "Algunos dilemas de la descentralización en México", en Primer Foro del Ajusco, *Desarrollo sustentable y Reforma del Estado en América Latina y el Caribe*, México, El Colegio de México/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1995.
- MÉXICO, "Programa Hidráulico 1995-2000", en *Federalismo y Desarrollo*, año 9, núm. 54, mayo-junio, 1996, pp. 5-36.

\_\_\_\_\_*Programa Nacional de Modernización del Campo 1990-1994*, Presidencia de la República, s/f.

WHITEFORD, S. y CORTEZ, "Conflictos urbano-rurales sobre el agua del río Colorado en el ámbito internacional", en C. Vargas y Sosa (coord.), *Agua: Desafíos y oportunidades para el siglo XXI*, Aguascalientes, 1996.

## ANEXO

El análisis de la autogestión de usuarios parte de revisar su "percepción" sobre el proceso de transferencia, con el objeto de diferenciar el cambio de posturas en escenarios comparativos de tiempo.<sup>28</sup> La postura se indicó de la siguiente forma: a) a favor, b) en contra, c) indiferentes y d) dudosa. Los análisis estadísticos de contingencia arrojan diferencias significativas respecto a la postura de los usuarios antes y después de la transferencia.

Así, sobresale el cambio positivo de la opción a favor, cuya proporción pasa del 43% al 67% de un periodo a otro. El comportamiento de las demás opciones es en sentido opuesto. En el periodo inicial con postura en contra, indiferente y dudosa, se encontraba 57% de los usuarios, lo que evidencia la inconsistencia inicial del proceso, que sin duda dificultó su avance. Sin embargo los resultados muestran que en la percepción general del proceso de transferencia, los usuarios han incrementado de manera paulatina su confianza en proporción inversa a la disminución de posturas negativas principalmente la de indiferente (cuadro 10).

Cuadro 10  
Postura de usuarios respecto al proceso de transferencia del distrito de riego

Postura de usuarios	Proporción de usuarios antes de la transferencia (1992-1993)	Proporción de usuarios después de la transferencia (1996-1997)	Tasa de cambio (%) de postura de usuarios
A favor	43.3	66.7	+23.4
En contra	30.0	21.7	-7.3
Indiferente	18.3	10.0	-8.3
Dudosa	8.3	1.7	-6.6

El análisis estadístico (Ji-cuadrada, con nivel de significancia 0.05) muestra un cambio real y con tendencia positiva en la percepción de los usuarios respecto al proceso de transferencia del distrito, entre un periodo y otro. No obstante, en la situación local estudiada, el primer factor lo representa la disminución de tramitología, aspecto que se traduce en optimización del tiempo productivo, reducción de gastos en trámites y traslados y trato directo con la autoridad para servir el recurso hídrico. Asimismo, es importante señalar que uno de los objetivos principales de la transferencia del distrito, es incrementar la eficiencia en el uso y manejo del agua, sin embargo, no se clasifica como factor preponderante de explicación en el cambio de posturas a favor de la transferencia.

28. El estatus de tiempo anterior a la transferencia del distrito de riego a los usuarios (antes), contempla el periodo inmediato al proceso y pudiera ubicarse previo a 1993. El estatus posterior (después) considera el tiempo actual que puntualmente abarca al ciclo agrícola 1997.



*Análisis estadístico de Ji-cuadrada (para proporciones de población) para el cambio en la postura de los usuarios respecto a la transferencia del distrito de riego*

Ho: Las posturas de los usuarios antes son iguales a las posturas después de la transferencia del distrito de riego.

Ha: Las posturas de los usuarios antes son diferentes a las posturas después de la transferencia del distrito de riego.

$$gl = (r-1)(k-1) = (4-1)(2-1) = 3$$

$$ns = 0.05$$

X<sup>2</sup> crítica (3, 0.05) = 7.81  
(indica inicio de zona de rechazo de Ho)

Cuadro 11  
Postura de los usuarios antes y después de la transferencia (observadas)

Posturas	Temporalidad		Total
	Antes	Después	
A favor	26	40	66
En contra	18	13	31
Indiferente	11	6	17
Dudosa	5	1	6
Total	60	60	120

$$f_e = f_r f_k / n$$

Cuadro 12  
Frecuencias esperadas de la postura de los usuarios antes y después de la transferencia

Posturas	Temporalidad		Total
	Antes	Después	
A favor	33.0	33.0	66.0
En contra	15.5	15.5	31.0
Indiferente	8.5	8.5	17.0
Dudosa	3.0	3.0	6.0
Total	60.0	60.0	120.0

X<sup>2</sup> calculada =  $[(f_o - f_e)^2 / f_e] = 7.96$   
(valor que se ubica en la zona de rechazo de Ho)

*Determinación:* Se rechaza la Ho, por lo menos en alguna de las posturas, las proporciones de usuarios son diferentes entre el periodo anterior y posterior a la transferencia del distrito de riego.

## ¿ES LA “MANO INVISIBLE” GESTORA EFICIENTE DE UN USO SUSTENTABLE DEL AGUA EN MÉXICO?

Patricia Romero<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

Una nueva forma de concebir y gestionar el uso social del agua, está adquiriendo peso entre las autoridades hidráulicas desde principios de 1990. Además lucha y coexiste con la perspectiva tradicional de gestión: la de Ingeniería Hidráulica que dominó completamente el escenario mexicano desde inicios de este siglo hasta la década de los 80; y que todavía incide en el diseño de instrumentos y programas hidráulicos.<sup>2</sup>

Los artífices de la nueva perspectiva, introducen una proporción de tintes neoclásicos o neoliberales en sus análisis, así como en el diseño de instrumentos y programas de política. Están convencidos de que el mercado puede garantizar un uso sustentable del agua; de que una gestión ambiental y socialmente adecuada del vital recurso demanda al Estado cambios en las condiciones jurídicas e institucionales, con el fin de tener una asignación clara de derechos de propiedad y uso de las aguas nacionales. Igualmente plantean que el mercado y el sistema de precios, son capaces de ordenar eficientemente las acciones de los agentes, acordes con la protección del ambiente.

El objetivo de este ensayo consiste en reflexionar en torno a los alcances y límites teóricos y normativos de la visión y esquemas neoclásicos de política que se proponen como mecanismos de regulación o gestión de un uso social y sustentable del agua en México.<sup>3</sup> Es decir un uso que, más que la asignación eficiente (por el mercado) del vital recurso, dé cuenta de la “cuadratura del círculo”: reconozca la fragilidad de los modelos convencionales de aprovechamiento del líquido; incorpore los límites impuestos por el ambiente; y dé cuenta tanto de un más equitativo acceso al recurso como de las necesidades de las generaciones futuras.<sup>4</sup>

1. Profesora investigadora de la UAM-Xochimilco.
2. Las dos perspectivas se plasman, por ejemplo, en el diseño del Plan Nacional Hidráulico. Los incisos 2.1 a 2.3 del Panorama General, por ejemplo, dan cuenta de la tradición ingenieril de caracterización de regiones, tipos de agua y usuarios; de diagnóstico de sus demandas actuales y previsión del tipo de acciones –obras– requeridas para satisfacerlas. Mientras que el inciso 2.3 cristaliza una de las más caras aspiraciones de los partidarios de la nueva visión: la de generar mercados del agua. Véase SEMARNAP (1996c: 29).
3. Las autoridades hidráulicas conciben a la administración de los usos del agua como la regulación de su aprovechamiento por parte de los usuarios. Véase SEMARNAP (1996c: 8-31).
4. Para una discusión de las dificultades intrínsecas a la noción de sustentabilidad y sus distintas interpretaciones, véase Sachs (1995), así como Romero (1998: 2-6).

Para cumplir con tal propósito presentaré los componentes esenciales de esta nueva visión, así como los instrumentos de gestión que, imbuidos de la filosofía neoclásica, han sido diseñados hasta el momento por las autoridades hidráulicas mexicanas. Igualmente, caracterizaré brevemente los fundamentos teórico normativos de la nueva visión y los esquemas de política hidráulica. Además reflexionaré en torno a los alcances y límites del esquema neoclásico para la regulación y gestión del vital recurso, así como los retos que enfrentan quienes desean gestionar de manera efectiva la dimensión ambiental del uso social del agua.

#### VISIÓN GUBERNAMENTAL EN TORNO AL PAPEL DEL MERCADO EN LA ASIGNACIÓN DEL AGUA

El abordaje gubernamental del uso social del agua, se articula en torno a tres componentes. El primero es la caracterización del agua misma y los mecanismos que regulan jurídicamente su uso; el segundo, la definición de su deterioro ambiental (por ejemplo, su sobreexplotación, agotamiento y contaminación); y el tercero, los factores sociales que inciden en el aprovechamiento sustentable o, por el contrario, deterioro ambiental del vital líquido.

Como recurso natural, el agua asume tres acepciones desde la perspectiva de las autoridades hidráulicas. En su primera definición, la ecológica, es un componente de “los recursos que el país debe conservar y restaurar con base en el valor que representa la naturaleza en sí misma”. Por lo que su uso no debe transgredir los mecanismos que estructuran el funcionamiento de la naturaleza; y debe tener presente la existencia de ciertos umbrales, “más allá de los cuales se rompe su capacidad de regulación u homeostasis”.<sup>5</sup>

En su segunda acepción, que se origina en la perspectiva neoclásica, el agua aparece como capital ecológico, lo que permite incorporarla “como concepto dentro de la lógica de asignación de recursos para la inversión la producción y el consumo”. El recurso puede identificarse como “una corriente de bienes y servicios ambientales”, entre los que sobresalen: hábitat para especies de flora y fauna, regulación del clima, protección de cuencas, generación de biomasa y nutrientes, recreación y turismo, y campo para la investigación científica y tecnológica.<sup>6</sup>

Para mantener el carácter del agua como corriente de bienes y servicios –agregan las autoridades– es necesario cubrir una serie de costos, entre los que destacan: costos de oportunidad de usos alternativos del agua; costos de compensación por “limitaciones o cambios en los derechos de propiedad, control, uso y acceso”; costos de administración, manejo y vigilancia; y costos de “financiamiento a proyectos de uso sustentable que tienen largos periodos de aprendizaje y maduración”.<sup>7</sup>

Es curioso que en la segunda caracterización gubernamental no se incluya al agua como receptora de desechos. La razón es que desde la perspectiva neoclásica: el agua, y otros recursos naturales, aparecen como bienes comunes; carecen de propietarios, y derechos claros de acceso, uso o aprovechamiento de los mismos; no cuentan con reglas claras y flexibles en torno a su transferencia. Tales factores determinan el deterioro del vital líquido.

5. Véase SEMARNAP (1996a: 20).

6. Véase SEMARNAP (1996a: 20-21).

7. Véase SEMARNAP (1996a: 21).

El agua aparece también, a resultas de una herencia histórica de la Revolución y hasta de la Colonia,<sup>8</sup> no siempre querida por los partidarios de la nueva visión como propiedad original de la Nación: “la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ella a los particulares, constituyendo la propiedad privada... La Nación [o el Estado por su dominio eminente sobre el territorio mexicano<sup>9</sup>] tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público”.<sup>10</sup> En este sentido “las aguas nacionales son bienes del dominio público y, en consecuencia, son inalienables, imprescriptibles e inembargables”.<sup>11</sup>

¿Cómo se plantean las autoridades el uso y aprovechamiento privado de un bien público? ¿Cómo relacionan jurídicamente la idea de capital ecológico que da cuenta de un bien económico y escaso —con un precio— con el carácter público, común del agua? La respuesta está en dos figuras jurídicas: los títulos de concesión y asignación, y los permisos de descarga. De acuerdo a las primeras, los particulares o las autoridades municipales sólo podrán usar o aprovechar las aguas nacionales mediante permisos que otorgue el Ejecutivo Federal, de acuerdo a las previsiones de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. En la segunda figura, los permisos dan cuenta de una función del agua que, según comenté, no es contemplada en su caracterización oficial como capital ecológico. Establece esta figura únicamente mediante permisos, donde los particulares podrán descargar aguas residuales en cuerpos o suelos que sean bienes nacionales.

Las autoridades definen el deterioro ambiental del agua como sobreexplotación o sobrecarga de las funciones ambientales que presta: “mediante un manejo inadecuado en el que se transgreden ciertos umbrales críticos y se incurren en costos socio-ambientales excesivos”. Las autoridades utilizan dos nociones insuficientemente especificadas de umbral. La primera “refleja la existencia de limitaciones físicas, funcionales, ecológicas o sociales a la expansión de ciertos procesos en las condiciones vigentes. Su determinación puede basarse en consideraciones científico técnicas o incluso en preferencias subjetivas de la comunidad”.<sup>12</sup> Las autoridades no aclaran en qué procesos o condiciones vigentes están pensando.

De acuerdo a la segunda noción, imbuida de la perspectiva neoclásica, los umbrales representan “saltos o discontinuidades muy significativas en los costos socio-ambientales en que incurren las actividades productivas”.<sup>13</sup> Aparecen los umbrales como puntos a partir de los cuales se rompe la situación ideal, es decir, el equilibrio “Pareto-óptimo” y se generan externalidades. En el siguiente apartado caracterizaré brevemente el abordaje neoclásico que sustenta la segunda definición gubernamental del umbral. Pero antes destacaré detenidamente los principales instrumentos diseñados por las autoridades hidráulicas, a partir de 1992, para

8 En la Colonia —nos dice Roemer— “el derecho sobre las aguas se refiere únicamente a la posibilidad de que se utilicen, sin establecer ningún derecho sobre su propiedad, dado que pertenecen a la Corona española” Véase Roemer (1997 86)

9 En un sentido conceptual correcto —apunta Andrés Roemer— “la propiedad original implica lo que tiende a llamarse el dominio eminente que el Estado tiene sobre su territorio, un dominio que, al ser diferente de la propiedad en esta clasificación, iguala al poder público que ejerce el Estado por medio de las funciones legislativa, administrativa, ejecutiva y judicial, por lo tanto, el dominio eminente representa la expresión jurídico-política de la soberanía interna” Véase Roemer (1997 90)

10 Véase Artículo 27 de la Constitución Política de México

11 Véase SEMARNAP (1996c 5)

12 Véase SEMARNAP (1996a 12-13)

13 Véase SEMARNAP (1996a 13)

regular el uso social del vital líquido y gestionar los fenómenos de deterioro ambiental que lo aquejan.

Los ya mencionados títulos de concesión y asignación conforman el primer instrumento. Los títulos de concesión se otorgan a personas físicas o morales, es decir, a particulares; los de asignación, a autoridades municipales. La Comisión Nacional del Agua autoriza, mediante los títulos, el uso de aguas nacionales, así como la construcción, operación o uso de la infraestructura hidráulica.<sup>14</sup>

Las personas físicas o morales requieren además de un permiso de la Comisión Nacional de Agua para descargar aguas residuales en cuerpos receptores o suelos que sean bienes nacionales. En el permiso se establecerán, con base en las Normas Oficiales Mexicanas, las condiciones a que se debe sujetar la descarga.<sup>15</sup>

Todos los usuarios se obligarán al pago de derechos tanto para uso o ventaja de las aguas nacionales como para manejar adecuadamente las descargas de desecho y evitar la contaminación de cuerpos de agua. El pago de derechos se basa en el principio neoclásico de que "paga más quien utiliza más agua y también quien descarga mayor carga de contaminante".<sup>16</sup>

El último instrumento es el Registro Público de Derechos de Agua, donde se deben registrar los títulos de concesión y asignación, así como los permisos de descarga. Se inscribirán también las prórrogas, suspensión y operaciones de transferencia de títulos y permisos. El Registro cumple con dos requisitos neoclásicos para una asignación eficiente –sustentable– del agua: provee certeza legal en torno a los derechos sobre el agua y materializa, mediante actos de transferencia, la posibilidad de crear mercados de agua.

#### EL SUSTENTO TEÓRICO NORMATIVO DE LA NUEVA VISIÓN GUBERNAMENTAL

La nueva visión gubernamental en torno al uso social del agua se sustenta en el abordaje neoclásico de lo ambiental, el cual se basa en tres decisiones teórico-normativas.<sup>17</sup> La primera decisión consiste en sostener que es a través de un particular funcionamiento del mercado, de una situación ideal –asignación Pareto-óptima– que se logra un uso sustentable del agua y otros recursos naturales. Tres condiciones significativas y cuatro requisitos institucionales definen la situación ideal. Comencemos por las primeras.

Los agentes económicos son, al igual que las autoridades ambientales, entes racionales: maximizan una función objetivo; realizan elecciones continuas y transitivas; eligen una colección de bienes en una situación de precios dada, y cuentan con información pertinente a su línea de elección (postulado de certeza).<sup>18</sup> Los agentes actúan como "*price-takers*", es decir, responden a las señales del mercado. Hay un sistema completo de mercados (por ejemplo, la posibilidad de que todos los agentes reconozcan las características de los objetos

14. Véase Ley de Aguas Nacionales, Artículos 44 y 82 en (CNA, 1992).

15. Ley de Aguas Nacionales, Artículos 88 a 94 en (CNA, 1992).

16. Véase Ley Federal de Derechos, Artículo 222.

17. Inspiro este planteamiento en el análisis efectuado por Benetti (1996) de la teoría del equilibrio general competitivo.

18. Véase Little (1957: 28).

de intercambio, de que haya información). Y existe "un dispositivo central [el mercado] que permite a los individuos obtener sin costo la asignación deseada".<sup>19</sup>

En cuanto a los requisitos, el primero (universalidad) establece que todos los recursos deben tener un propietario, cuyos derechos jurídicos estarán claramente especificados; el segundo (transferibilidad) señala que deben crearse las condiciones institucionales para que los agentes puedan intercambiar o transferir en el mercado todos los derechos sobre los recursos naturales escasos, lo que significa que deben tener un precio; el tercero (cumplimiento), especifica que todos los derechos claramente establecidos en la ley, deben cumplirse, y el cuarto (exclusividad) dice que los agentes deben asumir la totalidad de los costos de su acción.

Sólo cumpliendo con estas condiciones y requisitos se puede lograr una asignación Pareto-óptima del agua y otros recursos, alcanzar el equilibrio general competitivo (EGC). El cual, sostienen los economistas neoclásicos; es deseable pues garantiza una utilización apropiada, es decir, sustentable de los recursos naturales escasos. El equilibrio general competitivo significa que existe, sólo a través del sistema de precios, un estado de coherencia de las decisiones económicas individuales, dado por "la igualdad, para cada mercancía, entre el consumo agregado y la producción neta agregada más los recursos iniciales".<sup>20</sup> Cuando se da la asignación óptima de recursos naturales escasos es imposible mejorar el bienestar de un individuo sin empeorar el de otro (optimalidad-paretiana).<sup>21</sup> También se puede dar una asignación óptima, menos estricta pero aplicable al agua, "cuando los ganadores puedan compensar a los perdedores y encontrarse todavía adelante (optimalidad de Kaldor-Hicks)".<sup>22</sup>

La segunda decisión de la corriente neoclásica consiste en afirmar, sin sustentar, que los fenómenos de contaminación y sobrexplotación del agua se presentan en todo aquel sistema real que no cumpla con las condiciones y requisitos de ese particular funcionamiento del mercado. Aquí es donde encontramos dos definiciones neoclásicas de sobrexplotación y una de contaminación de recursos naturales como el agua.

De acuerdo a la definición clásica, aquella que se remonta a Hotelling, el agotamiento de los recursos naturales no renovables se da cuando, en una situación de equilibrio, el precio actual de venta supera el precio futuro o por el contrario el precio actual es más reducido que el precio futuro. En el primer caso los individuos tenderán a ofertar hoy el recurso natural y frustrarán su posterior aprovechamiento; en el segundo, esperarán y ofertarán todo en el futuro. Las dos situaciones redundan en una inadecuada explotación del recurso natural. También la sobrexplotación de los recursos naturales renovables aparece como rompimiento del equilibrio y la optimalidad paretianas. La sobrexplotación se presenta cuando, en una situación de equilibrio, la regeneración marginal del recurso para una existencia mínima es menor que la tasa de interés; y cuando la tasa de interés —que expresa los costos de la espera— es más alta que la tasa de regeneración y la espera no es redituable.<sup>23</sup>

19. Véase Benetti (1996: 3).

20. Véase Benetti (1996: 1).

21. Dados dos estados asequibles de la economía, el segundo tan deseable como el primero, el óptimo se caracteriza "como un estado asequible tal que, dentro de las limitaciones impuestas por las series de consumo, las series de producción y los recursos totales de la economía, no se puede satisfacer mejor las preferencias de un consumidor sin satisfacer menos bien las de otro". Véase Debreu (1959: 90).

22. Véase Roemer (1997: 56).

23. Véase Siebert (1983).

De acuerdo a la segunda definición dos situaciones pueden dar lugar a la sobreexplotación del líquido. Cuando no están claramente definidos o asignados los derechos de propiedad en torno al vital recurso y éste se torna escaso (por ejemplo, cuando su demanda a precio cero excede a su oferta), entonces habrá una sobreexplotación del agua. El agente que la explota no incorpora en sus cálculos "el costo representado por el hecho de que la asignación del agua de la región disminuye con el tiempo".<sup>24</sup> Cuando por otro lado, es nacional la propiedad del líquido y su uso se otorga en concesión, ésta se puede diseñar de manera tal que, o no se deja a las libres fuerzas del mercado la asignación del recurso (no se cumple con el requisito de transferibilidad) o los usuarios no asumen todos los costos relacionados con la extracción y uso del líquido. Con lo que se genera una demanda del servicio en exceso y el líquido se sobreexplota.

Los fenómenos de sobreexplotación y contaminación del agua se vinculan en la perspectiva neoclásica a las externalidades. A diferencia de los recursos naturales escasos, con un precio y que se ubican o deberían situarse en el ámbito del mercado, el deterioro ambiental forma parte de los fenómenos que, en una situación de equilibrio rompen con la asignación óptima de recursos, en que todos los costos y beneficios de los productores y consumidores se reflejan en los precios, y no hay divergencia (asimetría) entre costos y beneficios sociales y privados. Deterioro y contaminación ecológicos son producto de distorsiones o fallas de mercado, se ubican en el ámbito de las "externalidades".

En una situación de equilibrio general (modelo ideal) todos los efectos que un agente produce en la utilidad de otros se reflejan en el precio de mercado. El causante asume monetariamente, en forma de precio, la totalidad de costos de su acción. Se cumple, en pocas palabras, con el requisito de exclusividad. La externalidad negativa –el deterioro y la contaminación en este caso– rompe con la situación ideal. Tampoco asume los costos de su acción; provoca que la suma social de éstos se conforme por los costos privados y los costos externos; ocasiona una asimetría entre costos individuales y costos sociales, y funda una discrepancia entre equilibrio de mercado y óptimo.

La última decisión neoclásica deriva de su análisis positivo del deterioro ambiental del agua y consiste en la búsqueda de los mecanismos e instrumentos de política tendientes a garantizar o en su defecto restablecer la asignación óptima por el mercado del vital líquido. El Estado debe en este sentido aplicar políticas ambientales racionales en dos sentidos: sustenta –o debe basarse– en información pertinente; y diseña instrumentos que con el menor costo, garantizan o restauran la eficiente asignación, vía el mercado del agua y otros recursos naturales.

El Estado debe crear las condiciones jurídicas e institucionales para que los derechos de propiedad en torno al agua queden claramente especificados (universalidad); los propietarios asuman la totalidad de los costos y beneficios de sus acciones (exclusividad); el mercado funja como mediador de todas las transacciones e intercambios entre los dueños de los recursos naturales (transferibilidad), y se garantice el cumplimiento de las disposiciones jurídicas.

Las políticas gubernamentales en torno al uso de los recursos naturales escasos deben "concentrarse" en garantizar que su asignación se realice en condiciones de equilibrio y opti-

24. Véase Roemer (1997: 97).

malidad. Lo que significa para el Estado lograr que, en la asignación de recursos naturales no renovables, no se presente discrepancia o asimetría alguna entre precios privados y sociales, presentes y futuros. En la asignación de recursos naturales renovables las autoridades deben procurar que la tasa de descuento iguale a la de regeneración. Los principales instrumentos de política para el logro de tal asignación son:

- a) El sistema de licencias, que busca incidir en el monto o intensidad con que los agentes extraen los recursos naturales.
- b) La construcción de reservas, que busca garantizar el equilibrio de las condiciones de oferta y demanda del recurso. En tiempos de escasez, las autoridades lanzan el recurso al mercado y en tiempos de oferta excesiva efectúan compras. Las dos acciones buscan restablecer el equilibrio entre los montos ofertados y demandados.

La caracterización de la contaminación y el deterioro ecológico como externalidades, conduce a los economistas neoclásicos a proponer instrumentos tendientes a que los agentes económicos causantes de una externalidad la internalicen, a que se restaure la optimalidad y el equilibrio óptimo-Pareto. Los neoclásicos han construido cuatro grandes grupos de medidas: las negociaciones directas entre los agentes, los impuestos, los sistemas de certificados y los instrumentos jurídicos.<sup>25</sup> Aquí sólo me referiré a los impuestos y a los certificados, por la influencia que están adquiriendo dentro del diseño de los instrumentos de política de las autoridades hidráulicas y de otras instancias de gestión ambiental en México.

En su versión Pigouviana clásica, la aplicación por parte de las autoridades, de impuestos para la internalización de externalidades (como las originadas por la emisión de aguas negras), está destinada a lograr que el que contamine pague: incidir en el comportamiento del generador de una externalidad positiva mediante subsidios, mientras que al generador de una externalidad negativa debe aplicarle un impuesto. Impuestos y subvenciones deben ascender a la diferencia entre costos privados y costos sociales.

Una empresa maximizadora de ganancias y minimizadora de costos, asumen que no reaccionará pasivamente a la aplicación de impuestos. Todo lo contrario, se ajustará a la nueva situación y evaluará el nivel óptimo de reducción a través de la comparación de los costos marginales de reducción y el impuesto Pigouviano. Cada unidad de emisiones que la empresa reduzca le significará unidades adicionales de costos de reducción de contaminantes, pero también le evitará el pago de impuestos.

La empresa reducirá su nivel de emisiones en la medida y hasta el punto en que los costos marginales de reducción no sean mayores al nivel de pago de impuestos. La empresa alcanzará el nivel óptimo-Paretiano de reducción de emisiones, sólo cuando los costos marginales de reducción iguallen a los daños marginales. La condición de equilibrio de la firma coincide en ese punto con la condición socialmente óptima de emisiones. El efecto externo se habrá internalizado.

El mercado de certificados consiste en la aplicación por parte del Estado, de derechos mercantiles de utilización del ambiente, que impulsa el requisito de transferibilidad. A diferencia de los impuestos (si los contaminadores buscan minimizar el costo del logro de un

25. Para mayor información véase Romero (1998: Cap. 3).



vector de productos dado), éstos garantizan una igualación del costo marginal de control de emisiones al nivel del impuesto seleccionado. No importa cuán grande o pequeña sea la cantidad resultante de emisiones, en el mercado de certificados la autoridad determina la cantidad máxima agregada de emisiones, pero deja a las fuerzas del mercado la asignación de emisiones entre fuentes.<sup>26</sup>

Basadas en el establecimiento del nivel máximo de emisión regional de determinado contaminante a los cuerpos de agua, las instancias gubernamentales distribuyen en el mercado (entre las empresas emisoras), permisos o certificados para el aprovechamiento de la "capacidad ambiental" de la región. El límite máximo de emisiones determina la cantidad total de certificados. Las empresas pueden emitir tanta contaminación como permisos hayan adquirido. El mercado de certificados –nos dicen estos autores– orilla a las empresas a economizar con el ambiente. "Los demandantes potenciales de permisos buscarán técnicas más eficientes de reducción de contaminantes, a fin de ahorrar costos por la compra de certificados. Los oferentes potenciales de certificados intentarán encontrar técnicas de reducción de contaminantes más eficientes, a fin de lograr a través de la oferta ganancias en el mercado de certificados".<sup>27</sup>

Los derechos por concesiones y asignaciones mexicanas podrían inscribirse en esta modalidad neoclásica de gestión. "Los derechos derivados de las concesiones o asignaciones para explotación, uso o aprovechamiento superficiales dentro de una sola cuenca, o de las aguas subterráneas dentro de un solo manto acuífero, pueden transferirse [...] cuando puedan hacerse valer y estén inscritos en el Registro".<sup>28</sup> De acuerdo a Andrés Roemer (1997), un rasgo limita, sin embargo, esa posibilidad: la legislación requiere que "se identifiquen y midan los efectos de terceros y que se permitan las transferencias solamente cuando no haya ningún 'daño a derechos de terceros' [...] El objetivo de la Ley en esta área –agrega el autor– no debe ser las transferencias con 'cero efectos sobre terceros' sino que dichos efectos no sean significativos con relación a los beneficios producidos por la transferencia".<sup>29</sup> Esto demuestra que, más que los efectos ambientales y la responsabilidad social de los causantes, importa a la corriente neoclásica que los beneficios económicos sean mayores a sus implicaciones ambientales.

#### ¿PUEDE EL MERCADO GARANTIZAR UN USO SUSTENTABLE DEL AGUA?

Intentaré responder a esta interrogante a través de diversos frentes, tratando de decantar en la medida de lo posible los alcances y límites tanto de la perspectiva neoclásica como de la visión gubernamental, en términos de su capacidad para sustentar políticas hidráulicas tendientes a lograr un uso sustentable del agua.<sup>30</sup>

26. Véase Baumol y Oates (1988 Cap 5)

27. Véase Endres (1994 110)

28. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales, Artículo 62

29. Véase Roemer (1997 125)

30. Para un más detallado análisis de los alcances y límites teórico normativos del abordaje neoclásico del uso social de los recursos naturales, véase Romero (1998 Cap 1-3)

El primer frente se refiere a la visión gubernamental en torno al vital líquido. El agua es un recurso económico o, parafraseando el lenguaje neoclásico, un capital ecológico. Sólo que a diferencia de lo que proponen las autoridades y los economistas neoclásicos, asumir esta definición es reconocer que para usar y aprovechar el recurso; beneficiarse o no verse perjudicado por algunos componentes de su estructura y funcionamiento; o recibir los efectos ambientales de su uso social, se necesita invertir, pagar o asumir costos diversos. Tal es el caso de la construcción y operación de infraestructura, los proyectos de regeneración (si ésta es posible) y la administración del recurso.

Los costos no necesariamente tienen que incluir la privatización o generación de mercados. No, cuando se reconoce que el agua es más que un simple bien económico. Es un valor en sí mismo y forma parte de los bienes comunes del país; es un elemento natural y un bien público. Rasgos ambos que plantean diversos retos de concepción y gestión.

Reconocer el valor que poseen el agua y otros recursos naturales en sí, como soporte de los sistemas biológicos, implica aceptar que forman parte de ecosistemas cuyos componentes (suelos, bosques) mantienen complejas y dinámicas relaciones. "En niveles suficientes a los sistemas naturales para que satisfagan sus necesidades (no nuestras necesidades sociales) sobre los recursos y servicios".<sup>31</sup> Plantea la difícil tarea de conservar el agua no sólo por su valor económico –aquél hasta ahora reconocido por neoclásicos, por las autoridades y por muchos de nosotros– sino también por su valor ecológico para el mantenimiento y evolución de los distintos ecosistemas de la Tierra.

El agua es parte del patrimonio común, público de nuestro país y –agregaría yo– del planeta. Por ello, el recurso plantea dificultades a la noción neoclásica de bien económico o capital ecológico, como algo que es –o debería ser– divisible y poseer un precio. El recurso no es divisible, por su variabilidad temporal y desplazamiento espacial, por sus cambios de estado y de disponibilidad. De ahí que su uso y administración impliquen decisiones de grupo, no independientes acciones individuales, decisiones en las que interviene el Estado e inciden las desiguales relaciones entre grupos de usuarios y la red institucional en que se mueven, entre otras fuerzas motoras. El recurso en sí no posee un precio. Somos nosotros los que socialmente se lo atribuimos, pero no a la manera neoclásica de equilibrio estático entre oferta y demanda, entre costos sociales y privados.

El segundo frente de respuesta a la interrogante es el del deterioro ambiental del agua y los factores ecológicos y sociales que lo determinan. Atribuir el deterioro ambiental del agua al rompimiento de la situación ideal o del equilibrio Pareto-óptimo –como lo hacen los neoclásicos y sus partidarios hidráulicos– es distorsionar el orden de causalidad. Más que originarse en una discrepancia entre costos sociales y privados o en la carencia de derechos de propiedad suficientemente especificados, la sobreexplotación del agua se presenta cuando se extrae o usa con una intensidad mayor a su capacidad de renovación o recarga. La contaminación del vital líquido surge cuando los desechos de las actividades productivas y cotidianas de la población dañan sus rasgos físico-químico, su cantidad o las características físico químicas del sitio de disposición (o por la combinación de dos o tres de estos factores).

31. Véase Pritchard, *et al.* (1998: 9).

Al no pasar por el mercado, la discrepancia entre costos sociales y privados, actuales y futuros o los insuficientemente especificados derechos de propiedad, poco tienen que explicar sobre el deterioro ambiental del agua. Habría que preguntarse, en todo caso, por la real incidencia del mercado y sistema de propiedad en las pautas de acción de los agentes y en sus implicaciones ambientales, incidencia que –contrario a lo que sostienen neoclásicos y autoridades– nada tiene que ver con un equilibrio Pareto-óptimo.

La noción de asignación Pareto óptima de recursos naturales escasos, da cuenta de una realidad estática, atemporal, de una especie de punto matemático. Supone lo insostenible: la existencia de individuos soberanos, con iguales posibilidades de elección y acción.<sup>32</sup> Pero el equilibrio Pareto-óptimo nada tiene que ver con la dinámica realidad en que opera el mercado, realidad conformada por agentes que mantienen entre sí desiguales y dinámicas relaciones de competencia, “que reaccionan al desequilibrio y toman decisiones de reasignación de capital y precios”.<sup>33</sup> Tales decisiones generan no siempre reversibles desequilibrios en los ecosistemas, decisiones que no necesariamente se traducen en un ambientalmente adecuado uso y explotación del agua y otros recursos naturales.

Muchas evidencias históricas hay sobre la incidencia de los mercados en fenómenos de deterioro ecológico tan variados como: la sobreexplotación y exterminio de especies pesqueras comestibles (focas y ballenas), de ardillas y zorros, de metales preciosos y bosques.

Recuérdese también el peso de los mercados en el deterioro y contaminación de suelos, bosques y cuerpos acuáticos entre otros recursos y ecosistemas, en los que han operado plantaciones de azúcar y henequén, minas de estaño, cobre y plata, empresas productoras de acero y plataformas de extracción petrolera. Piénsese en “la plantación, nacida de la demanda de azúcar en ultramar, ... movida por el afán de ganancia de su propietario y puesta al servicio del mercado que Europa iba articulando internacionalmente. ... Al integrarse al mercado mundial, cada área conoció un ciclo dinámico; luego, por la competencia de otros productos sustitutivos, por el agotamiento de tierra o por la aparición de otras zonas con mejores condiciones, sobrevino la decadencia”.<sup>34</sup>

El mercado y la propiedad privada, que operan en una realidad dinámica, no son suficientes para entender las pautas de uso social del agua y otros recursos naturales. Al atribuir al sistema de precios el carácter de ordenador por excelencia de las acciones individuales, la teoría neoclásica y sus partidarios hidráulicos olvidan que el sistema de precios no incide directa y automáticamente en las elecciones y acciones de los agentes. Su influencia se ve en todo caso mediada, estabilizada y hasta bloqueada por la red institucional en que operan los actores y de la que el mercado es un componente.

De igual manera ocurre con la propiedad privada o con la clara definición de derechos de propiedad, uso o acceso al vital líquido. Ésta forma parte de una más amplia red institucional que incide en las pautas de acción de los agentes; su existencia no necesariamente se asocia a un uso sustentable del agua y de otros recursos naturales. Más que por la clara especificación de derechos de propiedad, el impacto ambiental del uso del agua por un determinado

32 De acuerdo a la noción de soberanía de la elección, tanto los deseos como las elecciones y acciones orientadas a su satisfacción, son individuales no socialmente determinadas. Es el individuo quien evalúa y justifica sus elecciones

33 Véase Ortiz (1994: 61)

34 Véase Galeano (1980: 92-93)

agente, se expresa en la compleja concatenación de fenómenos de índole ecológica y social, con distintas escalas espaciales y temporales, entre los que destacan:

- a) Una cantidad total extraída por el agente; en conjunción con los otros usuarios regionales del líquido  $[x, \dots, n]$ , que sea superior a la capacidad de recarga del líquido.
- b) La afectación de la capacidad de recarga o alimentación del líquido por variaciones anuales o de mediano plazo en el clima, la precipitación y otros parámetros; variaciones en las que inciden factores de índole natural y antropogénica.
- c) La incidencia en la capacidad de recarga del líquido, de los efectos ambientales de otras actividades productivas y cotidianas, tales como la extracción de bosques, la desviación de corrientes y la expansión de la mancha urbana.

De ahí que se pueda afirmar –parafraseando a Lowell Pritchard *et al.*<sup>35</sup>– que no existe sistema de derechos y responsabilidades en torno al aprovechamiento del agua y de otros recursos naturales que describa y prescriba. Si tal sistema existiera, sería sumamente difícil explicar la dinámica y complejidad del ciclo del agua o hidrológico.

El último frente de respuesta a la interrogante tiene que ver con la noción neoclásica de racionalidad de la elección. Ni los agentes o, en este caso, los usuarios del agua, ni tampoco el Estado son racionales en el sentido neoclásico. Ambos carecen de la información pertinente para su línea de elección y acción en materia hidráulica, por las mismas características del cerebro humano. También la realidad ambiental impone límites a la capacidad de aprehensión del ser humano porque es compleja, cambiante y difícil de aprehender.

#### REFLEXIONES FINALES

Es fundamental concebir al agua y otros recursos naturales no como bienes aislados, divisibles sino como partes integrantes de ecosistemas dinámicos, con los que mantienen complejas relaciones de intercambio de información, materia y energía. Sólo así podremos ir más allá de las estrategias convencionales de uso y aprovechamiento del recurso; aquellas que sólo se preocupan por los montos de agua que se deberán y podrán extraer para satisfacer la demanda del recurso. Esto nos lleva a preguntarnos, por ejemplo, por la incidencia en esos montos, por el cambio en la disponibilidad espacial y temporal del recurso, así como por los determinantes ecológicos y sociales del cambio.

Es indispensable concebir a los agentes o usuarios no como entes racionales, soberanos y aislados sino como integrantes de dinámicos y complejos sistemas sociales, los cuales inciden en sus pautas de producción y de vida. Ni el mercado ni la propiedad privada son las únicas instituciones<sup>36</sup> ordenadoras de las acciones de los agentes –del uso del agua

35. Pritchard, *et al.*, (1988: 21) aplican esta tesis al análisis de la actividad ganadera y señalan que: *There is no system of rights and responsibilities that describes and manages how grazing is to take place and how it is to be sustained on the pasture as a whole. And even if it existed, how would it relate to the ecological dynamics of the pasture?*

36. Las instituciones son las restricciones socialmente creadas y tendentes a moldear la interacción humana y la forma en que las sociedades evolucionan a través del tiempo. Tres componentes conforman a las instituciones: las restricciones formales, tales como la Constitución, leyes y reglamentos; las normas de comportamiento, convenciones y códigos autoimpuestos de conducta, entre otras restricciones informales, y las características de sus mecanismos de ejecución. Las instituciones moldean, por tanto, la estructura de incentivos de las relaciones humanas, sean éstas políticas, sociales o económicas” (Pritchard *et al.*, 1998: 7).

en este caso—; ni las instituciones son los únicos determinantes de éstas. Mercado y propiedad privada son parte de una red institucional más amplia y dinámica. Las instituciones son componentes de otras fuerzas motoras del cambio ambiental, fuerzas que operan en diversas escalas temporales y espaciales y entre las que destacan: el cambio tecnológico, las políticas gubernamentales y las percepciones, los estilos de vida, los valores y las actitudes sociales. Es indispensable reconocer que no nos son claros —o cuando menos nos es difícil caracterizar— los diversos mecanismos mediante los cuales los cambios en las instituciones y fuerzas impulsoras inciden en el uso, aprovechamiento y modificación local del agua.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BAUMOL, W. J. y W. E. OATES, *Economics, Environmental Policy and the Quality of Life*, Englewood Cliffs, 1988.
- BENETTI, C., *El Método Normativo de la Teoría Económica Positiva*, s/f, 1996.
- CNA, *Ley de Aguas Nacionales*, México, 1992.
- DEBREU, G., *Theory of Value. An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*, Londres, The Principia Press, 1959.
- ENDRES, A., *Umweltökonomie. Eine Einführung*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1994.
- GALEANO, E., *Las venas abiertas de América Latina*, México, Siglo XXI, 1980.
- LITTLE, I. M. D., *A Critic of Welfare Economics*, Inglaterra, Oxford University, 1957.
- ORTIZ, E., *Competencia y Crisis en la Economía Mexicana*, Siglo XXI/UAM-Xochimilco, México, 1994.
- PONTING, C., *A green history of the World. The Environment and the Collapse of Great Civilizations*, USA, Penguin Books, 1991.
- PRITCHARD, L., *The Problem of fit between Ecosystems and Institutions*, IHDP Working Paper núm. 2, 1998.
- ROEMER, A., *Derecho y Economía: políticas públicas del agua*, México, Editorial Porrúa, 1997.
- ROMERO, P., *Probleme der Realisierung umweltpolitischer Strategien in der mexikanischen Landwirtschaft*, Bonn, M. Wehle Verlag, 1998.
- SACHS, W., *The Political Anatomy of 'Sustainable Development'*, Wuppertal Papers, Wuppertal, 1995.
- SEDUE/SEDESOL/SEMARNAP, *Gaceta Ecológica (GE) y Diario Oficial de la Federación (DOF)*, México, 1988-1995.
- SEMARNAP, *Programa de Medio Ambiente 1995-2000*, México, 1996a.
- , *Programa Forestal y de Suelo 1995-2000*, México, 1996c.
- SIEBERT, H., *Ökonomische Theorie natürlicher Ressourcen*”, J. C. M. Mohr, Tübingen, 1983.
- SIMON, H., *Models of Discovery and Other Topics in the Methods of Science*, Boston, D. Reidel Publishing Co., 1977.

## EVALUACIÓN DE LOS COSTOS ECOLÓGICOS DEL AGUA: BASES PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Américo Saldívar<sup>1</sup>

El pensamiento a corto plazo destruye;  
la rentabilidad y el crecimiento de corto plazo también.

¿CUÁNTO CUESTA LO QUE NO SE PAGA?

Subsidiar el crecimiento insustentable es una manera de  
degradar y agotar los recursos naturales con fondos públicos.

Sin duda, la escasez creciente del agua y su irracional uso y explotación, constituye un problema prioritario que la generación presente deberá resolver a la brevedad. La relación conflictiva y poco virtuosa entre el uso del agua, su evaluación económica y apreciación ecológica nos está conduciendo en el mediano plazo a situaciones inmanejables y sin salida.

Históricamente al agua se le ha considerado como un don o un bien público casi gratuito. Ello nos lleva a la necesidad de valorar económicamente, y en sus justos términos, al medio ambiente (MA). El mercado falla en hacer explícitos los valores y servicios que proveen los recursos naturales (RN), ya que se ofrecen en forma "gratuita" y se genera una diferencia entre la valoración privada y social de los mismos.

En la gestión ambiental metropolitana, particularmente en la cuestión sobre suministro de agua potable y manejo de esos residuales, se ha actuado con un alto grado de pragmatismo sociopolítico, con una visión de corto alcance y, en el mejor de los casos, con criterios economicistas. La cuestión medio ambiental y ecológica, así como de protección de cuencas y ecosistemas ha sido bastante marginal. El problema no se ha analizado desde una perspectiva integradora: sociedad, economía, territorio, recursos naturales escasos y desarrollo sostenible. Ello configura un escenario de crisis de la gestión ambiental y coloca a la ciudad de México en un estado de alta vulnerabilidad. Más aún, la cuestión del agua se estudia desligada de los demás asuntos y problemas concernientes al MA y a la disponibilidad de los RN.

Las actividades económicas y el consumo se han beneficiado indiscriminadamente de los subsidios que otorga el MA y el uso de los RN. La mejor expresión de ello es la utilización del agua sin asignarle prácticamente ningún valor. Ello ha provocado externalidades

1. Profesor-investigador del posgrado de la Facultad de Economía, UNAM.

negativas, así como la violación virtual de buena parte de los principios de la teoría y economía positiva. Así, el óptimo paretiano no se cumple;<sup>2</sup> ni tampoco los preceptos de igualdad y equidad en las transacciones dentro de los circuitos de producción, distribución (de la renta y el ingreso) y consumo.

Más aún, para el caso del uso del agua y su aprovechamiento de fuentes lejanas, los criterios y consideraciones de optimización regional están completamente ausentes.<sup>3</sup> Aquí también la relación es bastante perversa, difícil y conflictiva.

En este ensayo queremos explicar que, a pesar de la dificultad para aplicar los precios de mercado (precio real) del patrimonio natural y de un recurso cada vez menos renovable e históricamente desvalorizado y subestimado como lo es el agua, es urgente su evaluación económica. Queremos mostrar también que la educación y participación social, son la clave para evitar la catástrofe insuficientemente anunciada, y peor comprendida, que nos depara en un futuro más o menos mediano.

#### ALGUNOS PROBLEMAS FUNDAMENTALES

Para atender las necesidades de ocho millones de habitantes, la ciudad de México recibe 35 metros cúbicos de agua por segundo ( $m^3/s$ ): 20  $m^3/s$  son abastecidos por 650 pozos y el resto por los sistemas Lerma y Cutzamala. Hay el plan de recibir 5  $m^3/s$  adicionales del subsistema Temascaltepec. Además, se estima que el porcentaje de habitantes urbanos con agua corriente o que viven cerca de una toma de agua pública alcanza 90%; y el déficit es del orden de 2.14  $m^3/s$ . El consumo promedio diario por habitante es superior a los 350 litros, incluyendo todos los usos, así como las pérdidas por fugas.<sup>4</sup>

El servicio de suministro de agua potable está altamente subsidiado ya que las tarifas sólo cubren 30% del precio convencional del mismo.<sup>5</sup> Si internalizamos a este valor, los costos ecológicos y servicios y funciones que prestan los bienes ambientales y la naturaleza, su imputación nos colocaría en el umbral de una verdadera catástrofe económica y financiera. Otros problemas a los que nos enfrentamos al analizar este fenómeno son:

- Sobreexplotación y contaminación de mantos freáticos.
- Riesgo de inundación de aguas negras en la ciudad de México ya que el gran canal no recibe mantenimiento desde hace siete años.
- Cerca de un millón de habitantes de la capital carecen de agua potable.
- Alto grado de inequidad en su distribución y consumo.
- Insatisfacción y conflictos con las poblaciones del sistema y cuencas externas proveedoras del líquido (ello habla de la necesidad de pensar en formas de compensación-indemnización interregionales).

2. En rigor, se habla de un óptimo de Pareto si se paga una compensación a los perdedores con los beneficios de los ganadores. De igual modo, un alto número de excedente del consumidor (EC) negativos sobre los EC positivos indicará un deterioro de Pareto (potencial). De tal suerte, existirá un óptimo de Pareto cuando resulte imposible aumentar los excedentes de algunas personas sin disminuir, o a costa de los de otras.

3. Sobre el particular véase el trabajo de tesis de Alonzo (1996).

4. Véase Castañeda (1997).

5. El subsidio se da por dos vías: por precios por debajo del costo real y por ineficiencias en la comercialización y cobro.

- Las necesidades del vital líquido dependen de recursos cada vez más lejanos y escasos.

#### SISTEMA DE HIPÓTESIS

Se sugiere que el uso ineficiente e irracional del agua se deriva fundamentalmente de:

- a) Ausencia de una cultura de conservación y cuidado del recurso.
- b) La virtual gratuidad del mismo.
- c) Aplicación de medidas paliativas y de corto plazo.
- d) Ineficiente sistema de comercialización.
- e) La no inclusión en el precio del agua de los activos naturales y ambientales (pérdidas) no producidos.

Nuestra hipótesis sugiere que lo que se paga por el agua no cubre el costo de la tasa marginal de recuperación del bien, ni el costo de su suministro (incluyendo la extracción y transportación); tampoco la provisión en proyectos de desarrollo y crecimiento del recurso.<sup>6</sup> La ONU considera que se debe mirar en la perspectiva de 30 años (una generación) e iniciar proyectos de desarrollo de recursos hídricos “puesto que suele necesitarse por lo menos una década para ejecutar los aún más modestos proyectos”.<sup>7</sup>

Se estima también que además de los costos directos, se deben incluir los costos “indirectos” del siguiente tipo: compensación por importación del líquido (agotamiento más degradación); compensación por exportación de aguas no tratadas; medición de impactos atmosféricos por el alto consumo de energía en el sistema de bombeo hacia y desde el Distrito Federal; y medición de impactos sobre la salud por mala calidad del agua.

La suma de tales funciones y “externalidades” negativas debe ser restada del valor del PIB para formar el Producto Interno Neto Ecológico (PINE).

La extracción en acuíferos y mantos subterráneos locales ocasiona también consecuencias y perturbaciones hidrológicas importantes, entre las cuales están: extracción mayor que su tasa de recuperación y recarga, en una proporción de 2 a 1; procesos de salinización y filtración de materias contaminantes; desecación y hundimiento de la ciudad de México.

Ante la dificultad de cuantificar todos y cada uno de estos aspectos, en el presente ensayo nos apoyamos en una metodología útil y simplificada, referida a la medición de los costos ecológicos y sociales. Generalmente son omitidos y tienen que ver con un uso inadecuado y la sobreexplotación de un recurso, cada vez más escaso y menos renovable.<sup>8</sup> El

6. El costo promedio por metro cúbico en la ciudad de México es de un peso. Por ejemplo, en el Valle de Chalco se paga un promedio de 230 pesos anuales por toma de agua, es decir, menos de 75 centavos diarios.

7. Para mantener los niveles actuales de suministro de agua y saneamiento ambiental en regiones con elevada tasa de urbanización, como es el caso del DF y su Zona Metropolitana, se requieren inversiones mayores del 1% del PIB hasta el año 2025.

8. El costo de uso del capital o recurso natural (CN) puede medirse de manera similar a la depreciación física y moral de los bienes de capital y equipo. Keynes definió el “costo de uso” como “el valor neto máximo que podía haberse conservado...si éste (el equipo) no hubiera sido utilizado”. Describe el concepto como uno de los vínculos entre el presente y el futuro. En el caso del agua, el concepto de escasez y bajo grado de renovabilidad, puede ser utilizado tanto al nivel micro, como al nivel regional en la derivación de los costos ecológicos sobre el consumidor del bien.



objetivo de utilizar conceptos sencillos con indicadores fáciles de comprender y aplicar, es crear conciencia tanto en los responsables de la toma de decisiones, como en los usuarios en general.

En efecto, la Comisión de Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) señala que:

...al volverse más escasos los recursos hídricos en relación con la demanda e intensificarse la competencia entre diversos usos, el agua deja de ser un bien de libre disposición para convertirse en algunos casos en una mercancía. En consecuencia se modifica la función de los gobiernos, que eran antes proveedores de agua a muy bajo costo y que deben ocuparse ahora cada vez más de la regulación del mercado de agua. Al intensificarse la competencia por el agua disponible entre los diferentes usuarios aumenta el precio de la misma. Ese aumento permitirá al mercado determinar los usos más valiosos en términos económicos, pero la subida del precio provocará una reasignación del recurso en favor de ciertos usuarios y en detrimento de otros, lo que podría entrañar penalidades para algunos sectores de la población.<sup>9</sup>

Más aún, en el punto 122 del Informe del Secretario General de la ONU se señala que: "Es fundamental que en la planificación económica esté presente la idea de que el agua constituye un capital natural no renovable, que se puede agotar como consecuencia de la explotación excesiva de los acuíferos subterráneos y de la contaminación de las fuentes de agua".<sup>10</sup>

En otros términos, la buena administración de los recursos hídricos (RH) constituye hoy por hoy, un asunto de la mayor prioridad y urgencia dentro de la agenda amplia del Desarrollo Sustentable (DS), de su preservación, manejo y control.

#### USO INTENSIVO DE AGUA

Los recursos hídricos tienen gran importancia biológica ya que es un elemento básico para la especie humana y los ecosistemas. El agua que se extrae del subsuelo implica una presión para los mantos acuíferos. Una condición necesaria para el uso sustentable de recursos de agua es que la tasa de extracción no exceda los almacenamientos renovados sobre un determinado periodo.

En el caso de México, para resarcir de alguna manera los daños por degradación del recurso le aplicamos el costo por tratamiento de aguas residuales. De acuerdo con la metodología aplicada por el INEGI para medir las cuentas ambientales en México, este costo es de \$0.76 por metro cúbico.<sup>11</sup> En otro trabajo reciente, investigadores del Instituto de Ingeniería de la UNAM han estimado un costo para el sistema de tratamiento de tipo avanzado del orden de \$6.30 por metro cúbico.<sup>12</sup> Si a esta cifra se le agregan los gastos por bombeo y líneas de conducción para el acondicionamiento en las zonas de recarga, entonces el costo total asciende a \$7.64 por metro cúbico.

9. Véase ONU (1997: 37).

10. Véase ONU (1997: 44).

11. INEGI (1996: XXII)

12. Véase Sánchez Bribiesca (1997).

Por otra parte, de la extracción total del agua en la cuenca del Valle de México: 925 millones de metros cúbicos al año (56.4%), provienen del acuífero de la zona metropolitana del valle de México (ZMVM), mientras que se recargan sólo 224 millones de metros cúbicos al año. La recarga de agua se presenta en el área del Ajusco, Sierra de Guadalupe y la sierra Chichinautzin. El volumen de extracción puede considerarse como crítico, si lo comparamos con otros países e incluso dentro de México. Tal como puede verse en el cuadro siguiente:

País	Agua extraída como % del volumen anual disponible, 1990
Zona metropolitana del Valle de México	60.0
México	40
Italia	32.2
España	31.5
Francia	19.1
EUA	18.9
Japón	16.3
Finlandia	2.8
Austria	2.4
Canadá	1.7

El cuadro nos muestra el porcentaje de agua extraída dividido por la disponibilidad del recurso renovable. El indicador comprende la precipitación neta en el país y el agua de afluencia en los ríos; la extracción bruta contabiliza toda el agua explotada sin deducir el agua que es reinsertada dentro del ambiente natural después del uso. Además introduce un componente cualitativo: si el agua es inyectada dentro del ambiente natural, tiende a ser de inferior calidad después del uso; lo cual podría ser el caso de la ciudad de México.<sup>13</sup>

El Sistema de Cuentas Nacionales se enfrenta al problema que dentro del análisis económico convencional no se contabiliza (como diferencia) dentro del PIB el agotamiento del capital natural; y de manera errónea se suman a aquel los gastos en protección y efectos sobre la salud (inducidos por la contaminación) y los gastos de previsión por contaminación atmosférica o por daños ecológicos.

Al no ser los precios que se cobran por el agua iguales a los costos sociales marginales, se produce el despudio y derroche en el consumo del preciado recurso. Es decir, tanto los costos ambientales como los de contaminación normalmente no son cargados a los responsables de la misma: los usuarios.

En lo referente a gastos por agotamiento y recuperación, el propio INEGI aplica el método de "Costo de Oportunidad" y señala que el elevado costo por agotamiento del manto freático y las cuantiosas inversiones que hay que realizar para la recarga y reinyección del mismo, es del orden de \$0.17 metro cúbico.<sup>14</sup> Ello es calculado a precios de 1992, considerando las aguas tratadas a nivel secundario y terciario.<sup>15</sup>

13. Véase OCDE (1994: 103).

14. Según estimación del INEGI (1996) a precios actualizados para 1997. Por ejemplo, se detecta un error en la cifra de la página 58 por concepto de sobreexplotación o pérdida que está en miles de m<sup>3</sup> (3 813), debiendo ser en millones.

15. Véase Iturbe (1998).

RECURSOS HÍDRICOS ANUALES *PER CAPITA*

De acuerdo con el Banco Mundial, México se clasifica entre los países de ingreso medio alto (entre 2 896 y 9 000 dólares *per capita*) con una fuerte presión sobre los recursos hídricos. En este sentido, en la relación entre el aprovechamiento total y la disponibilidad de agua, se utiliza más del 40%, como se aprecia en el cuadro anterior: "Es decir, indica una situación de escasez grave y por lo general una creciente dependencia de la desalinización y de la utilización de las aguas subterráneas a un ritmo superior al de reposición".<sup>16</sup> Al no ser sostenible, el agua se convierte en una limitante del crecimiento económico ulterior. Además el consumo de agua de la ciudad de México depende cada vez más de fuentes lejanas.

Las relaciones de vulnerabilidad-presión y consumo-disponibilidad de agua, nos habla de una urgente modificación de los patrones de oferta y consumo. Más aún, el acceso relativamente fácil a nuevas fuentes de suministro implica, una mayor reducción de las mismas. El impacto causado depende tanto de la intensidad y las pautas de consumo (tamaño de la población, políticas de suministro, tarifas subsidiadas), como de las tecnologías que se utilicen. Durante la última década, la demanda-consumo se ha incrementado en más del doble respecto al crecimiento demográfico, y la extracción del acuífero supera en varias veces su captación.<sup>17</sup>

Por su parte, Castañeda (1997)<sup>18</sup> señala que el umbral de explotación de la cuenca de Cutzamala se alcanzó en 1997, con una aportación total de 19 m<sup>3</sup> a un costo de 250 millones de dólares.<sup>19</sup>

## SUPUESTOS ANALÍTICOS

*Producto Interno Neto Ecológico (PINE)*

J.Hicks nos ofrece una definición del concepto de ingreso como el valor máximo que una persona puede consumir en un tiempo determinado, con la expectativa de que será igual tanto al final del periodo como al principio. Un gobierno prudente debe conocer la cantidad máxima que un país puede consumir sin provocar un empobrecimiento ocasional a futuro. De ahí que los ajustes en la medición de las cuentas nacionales son necesarios, pues hoy en día no se consideran los llamados gastos de protección o remediales para defender y restaurar el MA, ni la degradación y extinción de los recursos o Activos Naturales (AN). Las políticas de subsidio en los cobros del agua potable tampoco contemplan esta previsión.

Partimos del supuesto de que tanto la cantidad como la calidad del agua, genéricamente se refieren a la calidad ambiental y a la propia disponibilidad del recurso (ambos considerados escasos). A su vez el consumo de estos bienes implica un costo: el costo por contaminación (degradación de la calidad ambiental) y el costo por agotamiento del recurso

16. Véase Naciones Unidas (1997: 29 y 30) y World Resources Institute (1994).

17. Véase Guerra (1998: 60).

18. Moreno Mejía, Sergio, "Perspectivas para el abastecimiento de agua potable en la Cd. de México", citado en Castañeda (1997).

19. Véase Castañeda (1997: 69).

(sobreexplotación del mismo). Ambos costos implican una deseconomía o una externalidad negativa, es decir, se trata de un costo por el uso de un bien o capital medio ambiental "no producido".

A efecto de subsanar esta anomalía, el INEGI (1996) ha elaborado el Sistema de Cuentas Ecológicas derivado del Sistema de Cuentas Nacionales (SCNM), pero incorporando los recursos naturales y el ambiente al entorno económico. Con ello es posible obtener, mediante el método de la producción ( $PIB = P - CI$ ) y el del gasto [ $PIB = C + I + (X - M)$ ] el denominado Producto Interno Neto Ecológico.

En el primer método, a partir del PIN, y tomando en cuenta el agotamiento de los recursos naturales y el deterioro del ambiente, se determina el Producto Interno Neto Ecológico (PINE):

$$PINE = PIN - (C_{ag} + C_{dg})$$

donde:

$C_{ag}$  = Costos por agotamiento de los recursos naturales

$C_{dg}$  = Costos por degradación del medio ambiente

De acuerdo con el INEGI (1996), los costos por "agotamiento" es la evaluación monetaria que expresa el desgaste o pérdida de los recursos naturales (equivalentes a una depreciación), como consecuencia de su utilización en el proceso productivo.<sup>20</sup>

Los costos por "degradación" son las estimaciones del monto de las erogaciones necesarias para restaurar el deterioro al ambiente ocasionado por las actividades económicas. Por ejemplo, el costo ambiental del agua se refiere al monto monetario requerido para evitar y/o disminuir su contaminación. Ambos deben deducirse del PIN o PIB.

En el segundo método, el PINE se obtiene con base en las variables del gasto, considerando la acumulación neta de los activos económicos producidos y no producidos. La identidad correspondiente es como sigue:

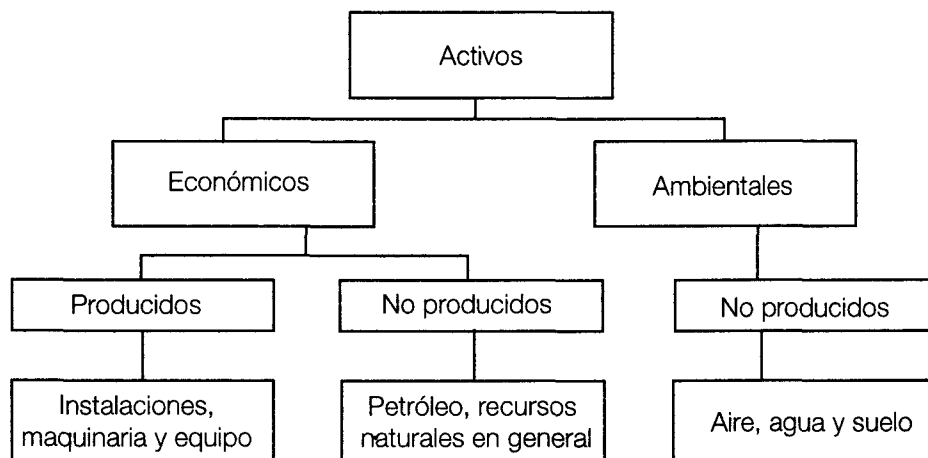
$$PINE = C + (A_{Ket} + A_{Kanpt}) + (X - M)$$

Con base en el esquema conceptual descrito,<sup>21</sup> se llevó a cabo la investigación en México mediante la cuantificación de los balances y/o flujos en unidades físicas y posteriormente, en unidades monetarias para los temas referentes al agotamiento del petróleo, los recursos forestales, el uso y erosión del suelo y la contaminación del agua y del aire. Estos consideran el impacto que tiene la actividad productiva sobre ellos. De tal suerte, aplicando esta metodología desde la óptica de la producción se pueden estimar los costos por agotamiento y degradación; y a partir del gasto, determinar los activos no producidos, y las inversiones. Así los costos por contaminación y pérdida de activos ambientales no producidos durante el período de 1988-1992, fueron del orden de 13.5% del PIB nacional. En el cuadro siguiente se muestran los activos económicos producidos y los naturales "no producidos":

20. Véase INEGI (1996: XXII).

21. Véase INEGI (1996).

## Clasificación de los activos



Con respecto a la contaminación del agua (que constituye un “activo ambiental no producido”), se tomó en cuenta la alteración de su calidad, ya que su problemática está relacionada con la degradación del recurso. En INEGI (1996) se señala que se “trata de un activo ambiental para el que no hay cuantificación, por lo que el análisis se centra en estimar los costos en que se incurre para evitar y/o restablecer su deterioro, utilizándose el método de los costos de oportunidad”.<sup>22</sup>

Para el agotamiento de agua subterránea, se asumió que el costo ambiental es equivalente a inyectar agua en los mantos freáticos en aquella fracción igual a la diferencia entre el volumen de extracción y la recarga natural. En nuestro caso, equivale a la mitad de la extracción de fuentes propias, es decir, 9.5 m<sup>3</sup>/s, para la ciudad de México.

A su vez, los costos de la contaminación del agua fueron estimados tomando en cuenta las erogaciones que sería necesario realizar, para reducirla a ciertos estándares conocidos o eliminarla. Como hemos señalado más arriba, para nuestro cálculo se estimó que 70% del total de agua servida es residual, es decir, del orden de 25 m<sup>3</sup>/s. Este volumen no incluye el agua agregada al drenaje por precipitación pluvial, y que también se contamina al mezclarse con las aguas negras.

El PINE ajustado a la óptica de la producción, incluye los efectos correspondientes al agotamiento, en este caso, del agua subterránea, que constituye un impacto cuantitativo en los recursos. También refleja el deterioro y degradación del agua, por lo que debe restarse del PIB. Para este estudio sobre la gestión del recurso natural agua, se asumen tres tipos de valor: financiero, valor o costo ecológico y valor económico total.

22. Véase INEGI (1996: XXIII).

El primero es el flujo monetario que beneficia a los propietarios (en este caso a la ciudad de México y sus usuarios) y equivaldría al llamado costo convencional ( $C_c$ ); el segundo implica los costos en que se incurre por el uso de las funciones y servicios que proporciona el medio ambiente y el hábitat ( $C_e$ ); y el tercero conlleva beneficios de tipo colectivo y a la postre un cambio en la apreciación por parte de la sociedad. Este último lo identificamos como el costo de sustentabilidad ( $C_s$ ).

### *Método de Costo de Oportunidad*

Este procedimiento toma en cuenta los costos en que se incurriría si se deseara evitar el deterioro o restablecer las cualidades del recurso, de acuerdo con estándares considerados como aceptables. Este método supone diversas alternativas para su elección.

Aplicando el Método de Costo de Oportunidad nuestra estimación es conservadora para llegar al valor económico total ( $V_t$ ) del agua. Dicho valor se aplica a un sistema tarifario progresivo y proporcional del consumo de agua y se obtiene lo siguiente:

- 1)  $C_{ex} + C_{tn} = C_c$
- 2)  $C_{tr} + C_{ag} + C_{dg} + C_{as} = C_e$
- 3)  $V_t = C_c + C_e$

entonces,  $V_t = C_c + C_e$   
y,  $V_t = C_s$

donde:

$C_{ex}$  = Costo de extracción.

$C_{tn}$  = Costo de transportación de la fuente más alejada.<sup>23</sup>

$C_c$  = Costo convencional (tarifa mínima de subsidio).

$C_{tr}$  = Costo de tratamiento de aguas residuales<sup>24</sup> (útil para su reuso y reciclaje).

$C_{ag}$  = Costo por agotamiento del recurso.

$C_{dg}$  = Costo por degradación del medio ambiente.

$C_{as}$  = Costo de sobreexplotación de agua subterránea.

$C_e$  = Costo ecológico.

$C_s$  = Costo de sustentabilidad.

$V_t$  = Valor total de suministro de agua.

En el primer caso, la tarifa se acerca a un costo real de agua potable suministrada en la ciudad de México, pero sin incluir los costos ecológicos y ambientales. En otras palabras, bajo este método sólo se consideran los costos directos de la disponibilidad de un recurso natural. Es decir, se ignoran los llamados costos indirectos que, paradójicamente, son los de mayor cuantía e importancia, desde la perspectiva de la sustentabilidad económica y ambien-

23. Incluye gastos de administración y gestión del suministro.

24. Nos referimos a los cuatro tipos fundamentales de tratamiento (primario, secundario, terciario y avanzado) tanto para aguas municipales como industriales.

tal. Obviamente aquí los criterios de escasez y sobreexplotación (extracción por encima de su recarga); la pérdida casi irreversible de biodiversidad del hábitat (animal y vegetal) y de la calidad de los suelos; y el problema de la renovación del recurso, están ausentes.

De acuerdo con la teoría neoclásica, si existe abundancia de un recurso, entonces su precio tenderá a ser cero o nulo; pero también de acuerdo con Keynes y J. Hicks debemos considerar el recurso como un "activo o capital natural", cuya degradación y agotamiento exige cuando menos aplicarle una tasa de amortización similar a los activos (capital) fijos. Por ello al valorar el recurso hídrico, se deben incorporar los costos ambientales: aquellos referidos a su agotamiento y degradación, y apoyándonos en los precios sombra.

Una aproximación a los precios sombra consiste en estimar el grado de explotación. Para lo cual se requiere: conocer el nivel y capacidad del manto freático; medir la diferencia entre extracción y recarga; imputar a la extracción del porcentaje del hundimiento urbano; y determinar el grado de salinización, desecación, desertificación.

De acuerdo con la metodología propuesta los dos últimos puntos deberían ser incorporados en el costo total, que corresponde a la extracción recarga del manto freático. Suponemos que la suma total, sólo por este concepto, supera con mucho el monto de aquellos costos directos e indirectos conocidos y estimados hasta ahora.

Los recursos son susceptibles de ser contabilizados cuando se conoce su disponibilidad total como activos. Por tal motivo, podríamos aplicar el método de la "Renta Neta" (INEGI, 1996) que asigna un valor al recurso natural: la diferencia entre el ingreso que se genera por su utilización (valor de mercado), menos los gastos en los que se incurre para explotarlo a lo largo de su vida útil. Es decir, se calcula el valor presente de los ingresos netos esperados. El resultado de su aplicación, se interpreta como el gasto que se requiere para mantener el recurso natural en condiciones tales que continúe generando ingresos. Pero en el caso que nos ocupa, al no conocer el valor de mercado del agua superficial, ni tampoco poder acotar la disponibilidad total de activos de agua, el método que se sugiere es:

- a) Asignarle un valor según los gastos por transportación y suministro desde la fuente hasta la toma domiciliaria de agua.
- b) Calcular los costos por degradación que se refieren al monto monetario requerido para evitar y/o disminuir su contaminación.
- c) Calcular los costos por recarga y recuperación de las aguas subterráneas, según la diferencia (fracción) entre utilización y recarga natural.

Haciendo un cálculo rápido y resumido, podemos estimar que del total de agua usada-suministrada, 70% se convierte en aguas residuales de origen municipal e industrial, es decir, 35 m<sup>3</sup>/s son utilizados y se desechan aproximadamente 25 m<sup>3</sup>/s. Ahora bien, conociendo que de cada 2 m<sup>3</sup> de extracción se requiere 1 m<sup>3</sup> de recarga artificial a través de pozos de inyección, entonces el volumen de recarga es igual a 9.5 m<sup>3</sup>/s. Si estimamos un costo, por cierto bastante conservador, para ambos conceptos, la erogación para recuperar la calidad ambiental del recurso sería del orden de \$10.00 por metro cúbico.<sup>25</sup> La función de utilidad que se propone para evaluar este atributo es la siguiente:

25. Véase Sánchez (1997).

$I_{ANP}$  = Indicador de Activos Económicos y Ambientales no Producidos

donde:

$ANP_{TS}$  = Costo por extracción, transportación y suministro 1.00 USD por metro cúbico.<sup>26</sup>

$ANP_{AS}$  = Costo de sobreexplotación de agua subterránea 0.20 USD por metro cúbico.<sup>27</sup>

$ANP_{CA}$  = Costo por contaminación de agua 0.90 USD por metro cúbico.<sup>28</sup>

$ANP$  = Total de activos económicos y ambientales no producidos.

$$ANP = \sum_{i=1}^n ANP_i$$

$i = TS, AS, CA,$

$$R_{PIB} = (ANP/PIB)(100)$$

$$R_{PIBMax} = 6.4\%$$

De acuerdo con los datos anteriores, el cálculo arroja un valor por metro cúbico del orden de 2.10 USD. Si estimamos el volumen servido más los volúmenes hipotéticos de aguas tratadas y de recarga, entonces el gasto total es de 59.4 USD por segundo. Ello corresponde *strictu sensu* al costo marginal social, es decir, donde se incorporan y cuantifican tanto los costos económicos y los costos ambientales por el uso del agua en la ciudad de México. En otras palabras, se estaría hablando de una cifra anual del orden de 1 873 millones de dólares<sup>29</sup> que equivale a 6.4% del PIB total generado por el Distrito Federal en 1997.

El problema central de la ciudad de México para los próximos años será incrementar de manera sustantiva el tratamiento de las aguas residuales, así como reducir la diferencia entre extracción /recarga del manto freático. De allí que sea necesario asumir la responsabilidad de aplicar una política tarifaria bajo criterios de eficiencia, eficacia y equidad.

#### PRECIOS SOMBRA Y COSTOS IMPUTABLES

Otros costos imputables por funciones y servicios ambientales proporcionados por el MA deberán ser calculados a efecto de reducir al máximo las externalidades negativas y/o los costos sociales provocados, tanto por la sobreexplotación de los mantos acuíferos como por el bombeo y transportación del agua potable proveniente de lugares distantes (Sistema Lerma, Cutzamala, Temascaltepec). Para ello, sería necesario considerar:

26. Castañeda (1997) estimó que el costo total de agua de fuentes propias y externas a precios corrientes en 1996 fue de 0.15 USD. Por su parte, los representantes de la CNADF estiman el costo en ocho pesos. Hemos decidido tomar este último valor, actualizado al mes de abril de 1998.
27. Equivale al costo por reinyección al manto freático de la fracción imputada de consumo específico de agua subterránea (9.5 /m3), que no es recargada de manera natural.
28. En este caso tomamos el costo por tratamiento avanzado. Incluye las erogaciones por disposición de lodos de tratamiento avanzado, con digestión anaeróbica y lechos de secado, que equivale a 10% del costo actualizado.
29. Corresponde a más de cinco millones de dólares diarios.



- a) Un método adecuado para calcular los precios sombra, considerando los precios de agua en bloque.
- b) El método de la Renta Neta que consiste en asignar un valor al RN que es igual a la diferencia entre el ingreso que se genera por su utilización (valor de mercado), menos los gastos en que se incurre para explotarlo a lo largo de su vida útil. Tal método se aplica para estimar el valor de aquellos recursos que pueden agotarse.
- c) El costo de oportunidad de no utilizar el agua allí donde se "produce" o localiza en sus fuentes; es decir, los costos en que se incurriría si se deseara evitar el deterioro o restablecer las cualidades del recurso (INEGI) en sus funciones básicas de: riego, hábitat de especies de flora y fauna, recarga de aguas subterráneas, ocio y recreación.
- d) El costo por emisiones contaminantes de las estaciones de bombeo y por uso intensivo de energía.
- e) La pérdida por erosión del suelo causado por la falta de humedad o fertilidad.
- f) Costo del hundimiento de la ciudad de México.

*¿Cuál sería una política de gestión adecuada que apoye un "modelo hidráulico sustentable"?*<sup>30</sup>

- g) Reconocer al agua como un bien económico escaso, limitado y cada vez menos renovable.
- h) Aplicar mecanismos de mercado (tarifas de acuerdo a costos reales, impuestos y multas por mal uso, etc.).
- i) Regulación y normatividad.
- j) Educación y participación, donde el involucramiento responsable de la población sea crucial.
- k) Modificar estrategias tradicionales del "*laissez faire, laissez passer*"; reducir el consumo *per capita*, ya que el actual es artificialmente alto e irracional. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 150 litros diarios por persona es lo más recomendable, con un mínimo de 50 litros diarios por persona.
- l) Con esta cuota diaria se puede superar la inequidad y la irracionalidad en el consumo/distribución que es del orden de 20 veces entre las familias de mayor y menor consumo,<sup>31</sup> cuestión que frenaría los graves deterioros ambientales ocasionados por su mal uso.
- m) La tarificación progresiva y proporcional sería un medio esencial que contribuiría a lograr la racionalización del consumo.
- n) Cuantificar costos directos y costos indirectos para arribar a un costo de sustentabilidad y de conflicto en el mediano y largo plazo.

Por último, se proponen seis medidas drásticas a través de las cuales se podrían solucionar los problemas arriba citados, en un periodo no mayor a una década:

30. Concepto utilizado por Castañeda (1997: 110).

31. Véase Sánchez del Medio Ambiente (1998: 6).

- 1) Reducir en más de 50% el consumo *per capita* de agua potable.
- 2) Reducir en más de 50% las pérdidas por fugas.
- 3) Incrementar en más de 100% las tarifas y la instalación de medidores.
- 4) Aumentar en más de 50% el tratamiento de aguas residuales, y el 100% para usos industriales y agrícolas.
- 5) Desarrollar sistemas de captación artificial de aguas pluviales.
- 6) Incrementar de manera sustantiva reinyección y recarga tanto natural como artificial del manto freático.

#### AGUA Y POLÍTICA

Sólo con la adopción de estas medidas, se resolverían los problemas fundamentales del "ciclo del agua" tales como: calidad y cantidad del recurso, salud, cultura del agua, hundimiento del suelo en el área urbana, sequías, degradación ambiental, etc. Con ello se cubrirían, al mismo tiempo los objetivos de sustentabilidad de la ciudad de México en relación al recurso. De no actuar así, la gente continuaría hipotecando el bienestar futuro de sus hijos.

En suma, se requiere de una concepción ecosistémica de manejo de cuenca hidráulica que sea integral y estratégica, y que reconozca y privilegie la primacía de la sustentabilidad ecológica sobre la económica y social. De no hacerlo así, ninguna de ellas prevalecerá en el mediano y largo plazo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALONZO QUIROZ, Pedro, *Determinación de tarifas para la conservación de recursos naturales. El caso del agua*, México, UNAM-Fac. Economía, 1996.
- CASTAÑEDA, Víctor, "Gestión integral de los recursos hidráulicos", en Roberto H. Eibenshutz, *Bases para la planeación del desarrollo urbano en la Cd. de México*, t. II, México, UAM/Porrúa, México 1997, pp. 77-82, 96.
- GUERRA, Luis Manuel, "Extraemos cinco veces más de lo que permitimos que se filtre el acuífero y cualquier día vamos a terminar con él", en *La Jornada*, marzo 20 de 1998.
- INEGI, *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, 1985-1992*, México, 1996.
- ITURBE, Rosario A., *Necesidad de Recarga del Acuífero en el Valle de México*, México, UNAM-Instituto de Ingeniería, mimeo, 1998.
- MORENO MEJÍA, Sergio, "Perspectivas para el abastecimiento de agua potable en la Cd. de México", citado en Víctor Castañeda (1997).
- NACIONES UNIDAS CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL, *Evaluación general de los recursos de agua dulce del mundo*, Informe del Secretario General, Comisión sobre el Desarrollo Sustentable, V periodo de sesiones, abril de 1997, pp. 29-30.
- OCDE, *Environmental Indicators*, París, 1994.

ONU, Comisión sobre el Desarrollo Sostenible, *Evaluación general de los recursos de agua dulce del mundo*, Nueva York, Informe del Secretario General (mimeo), febrero de 1997.

SÁNCHEZ BRIBIESCA, José Luis *et al.*, *Estudio de Factibilidad Técnico-económica para la recarga del Acuífero de la ZMCM con aguas residuales tratadas*, DGCOH-DF, México, UNAM-Instituto de Ingeniería, Julio de 1997.

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DF, *Programa de Trabajo 1998-2000*, México, mimeo, 1998, p. 6.

WORLD RESOURCES INSTITUTE, *World Resources 1992-1993*, WRI, FAO, Banco Mundial, 1994.

VIABILIDAD E IMPACTOS DE LOS PROGRAMAS DE CULTURA  
DEL AGUA EN LA ZONA FRONTERIZA:  
UN ANÁLISIS EXPLORATORIO PARA TIJUANA, BAJA CALIFORNIA NORTE

José Luis Castro y Elizabeth Méndez<sup>1</sup>

INTRODUCCIÓN

Conforme el país avanza hacia el tercer milenio, la problemática urbana con relación a los recursos hídricos se torna más compleja. Frente a las desigualdades tradicionales entre la oferta y la demanda, se suma la necesidad de mantener estándares aceptables de calidad de agua; así como de buscar fórmulas de manejo del recurso que aporten un mínimo de condiciones de sustentabilidad ante el crecimiento económico y demográfico. En general, esta situación adquiere dimensiones particulares en la zona fronteriza con EU, donde factores geopolíticos como el clima, la localización puntual de las fuentes de agua, el carácter binacional de su uso, y la existencia de una heterogeneidad demográfica y económica, determinan perspectivas futuras de escasez y manejo inadecuado.

El presente trabajo forma parte de un proyecto más global, que enfoca la sustentabilidad del recurso agua en las ciudades fronterizas del norte de México desde diferentes perspectivas. En él se examina un elemento que ha surgido a la luz de las políticas hídricas nacionales en la presente década, como son los programas de cultura del agua y sus efectos en el consumo doméstico, desde una perspectiva de sustentabilidad del recurso. A partir del caso de la ciudad de Tijuana, se discuten las características y efectos reales de estos programas como un instrumento de promoción para fomentar la racionalidad en el consumo de agua. El documento se divide en tres apartados generales. Primeramente se abordan en forma breve los elementos que dan pie al debate del desarrollo sustentable en las ciudades, y el papel del agua en ese contexto. A continuación se hace una revisión general del surgimiento de los programas de cultura del agua en México, y en particular en Tijuana. En el último caso, las implicaciones de estos son discutidos con base en algunos de los resultados de una encuesta sobre servicios de agua y drenaje a hogares en la ciudad, realizada por el departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente y la Universidad de California en Irvine. El documento termina con un apartado de reflexiones finales.

1. Profesores-investigadores del Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente, El Colegio de la Frontera Norte.

EL AGUA Y LA NECESIDAD DE SU UTILIZACIÓN SUSTENTABLE EN LAS CIUDADES

Cualquier discusión sobre sustentabilidad<sup>2</sup> remite invariablemente a una reflexión sobre la infinidad de factores económicos, sociales, políticos y culturales, que han interactuado entre sí para obstaculizar la búsqueda de fórmulas que concilien las metas de desarrollo y crecimiento con la preservación de los recursos naturales disponibles. Cuando el contexto de la reflexión lo representan las ciudades y su problemática urbana, las preocupaciones anteriores adquieren una dimensión particular. El proceso histórico de urbanización en los países subdesarrollados, ha conllevado no solamente una demanda considerable de recursos como el agua, suelo y energía, sino que en diferentes casos ha generado niveles de saturación tales, que amenazan con modificar irreversiblemente la estructura de los ecosistemas naturales que dan asiento a los grandes centros urbanos. Los debates actuales sobre los factores que son causa de estas condiciones de deterioro ambiental en las ciudades subdesarrolladas, apuntan básicamente a una relación de abuso entre la sociedad y la naturaleza, a partir de la vigencia de esquemas de desarrollo cuyos objetivos se contraponen a los principios mínimos de sustentabilidad.<sup>3</sup>

El agua es un elemento clave en la discusión de la sustentabilidad urbana, y su problemática en las ciudades del país refleja fielmente los efectos de las condiciones arriba mencionadas. El problema del desabasto de agua, tan antiguo en el medio urbano del país, se ha visto complejizado por procesos como la sobreexplotación y contaminación de los mantos acuíferos, así como la falta de control de las descargas contaminantes en afluentes de agua. Los marcos legislativos y políticos federales, que regulan el uso y manejo del agua, presentan en la actualidad avances importantes tanto en la dirección de esquemas de manejo más descentralizados y eficientes, como de la integración de preocupaciones globales sobre las implicaciones ambientales de los mismos. Sin embargo, la operativización de estos preceptos ha tenido que hacer frente a la persistencia de inercias sociales y culturales de desperdicio y mal uso, así como la existencia de esquemas de manejo obsoletos e inadecuados, incapaces de abordar financieramente los cambios necesarios.

EL SURGIMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE CULTURA DEL AGUA EN MÉXICO

Los antecedentes de los programas de "cultura de agua" en México como tales no están bien acotados. Una forma de entender este proceso es contextualizando nuestra búsqueda en las tendencias de política pública que han surgido en las dos últimas décadas tanto en el plano internacional como en el país mismo. Esto en respuesta a preocupaciones globales como son

2. El referente aquí es la definición más globalmente aceptada para la Comisión Brundlandt en World Commission (1987): "El desarrollo sustentable es un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y la evolución institucional se hallan en plena armonía y promueven el potencial actual y futuro para atender las aspiraciones y necesidades humanas".
3. Iracheta (1997) define esta relación de abuso como el resultado de la vigencia de un modelo de desarrollo con tres preeminencias: 1) Lo económico está por encima de cualquier otra consideración en la toma de decisiones; 2) Los errores y excesos derivados de los procesos de producción y consumo, que son causantes de los desequilibrios ambientales, se siguen considerando como variables exógenas; 3) Existe una "ceguera tecnológica", alimentada por la noción de que la innovación técnica no termina, a pesar de la evidencia en el sentido de que su tendencia a "abstraer" sus consecuencias ambientales ha llegado a un límite (por ej.: la industria automotriz).

los efectos ambientales y el creciente uso compartido de las fuentes disponibles por un lado; y del cuestionamiento y consecuente redimensionamiento de las instancias públicas responsables por el otro.

En el primer caso, la experiencia proveniente de países como Estados Unidos de América (EUA) ha sido muy significativa a partir de la década de 1970, como resultado del cuestionamiento de las políticas de planeación vigentes en materia de agua. Tales políticas privilegiaban el desarrollo de costosos proyectos desde la perspectiva de la oferta –construcción de presas, acueductos–; y la existencia de leyes que ofrecían al usuario pocos incentivos para conservar el recurso o elevar su deficiencia económica (Frederick, 1986; Thompson, 1993).<sup>4</sup> El resultado de este proceso y las modificaciones institucionales que ha implicado, tiene en términos generales una orientación de eficiencia económica, tanto a niveles nacionales y regionales como locales; debido a la adopción de políticas específicas tendientes a reducir la demanda de agua entre la población urbana (Vickers, 1991; Berk, *et al.*, 1993).

Dentro de un contexto de economía de mercado, que rige los esfuerzos gubernamentales por planificar los recursos hídricos del país, se puede decir que surge el tema de la conservación de agua en EUA<sup>5</sup> Este como un efecto relacionado directamente con la aplicación de medidas económicas restrictivas de su uso.<sup>6</sup> En algunos estados como California, donde las sequías afectaron particularmente la vida y las actividades de algunas ciudades durante la segunda mitad de la década pasada, el tema de la conservación del agua se adoptó con mayor impulso, llegando a permear tanto las ópticas subsecuentes de planeación y administración del recurso, como las instituciones locales que las sustentan (Berk *et al.*, 1993).

En México, la estructura jerárquica de las instituciones de agua contrasta con sus contrapartes norteamericanas en el sentido de que el nivel federal se reserva el derecho de establecer las bases legislativas, tanto desde la perspectiva de soberanía como de autoridad, con relación al manejo de los recursos hídricos.<sup>7</sup> Desde la aparición de los primeros ordenamientos legislativos en materia de agua en la década de 1920, la estructura anterior ha definido la política hídrica a través de las diferentes etapas de desarrollo del país. Además, la expansión de los distritos de riego en el norte, y el desarrollo de cuencas hidrológicas fueron un resultado de las políticas de desarrollo regional de la década de los cincuentas. La aparición de la Ley Federal de Aguas de 1972 marcó un punto de inflexión importante en el sentido de que integra una preocupación global de establecer límites y prioridades a los recursos hídricos del país. A partir de esta legislación, los instrumentos del gobierno federal se orientaron a desarrollar una nueva política del agua que combinó la atención a las prioridades tradicionales –riego, ganadería– con aquellas relacionadas con los centros urbanos en creciente expansión

4. La región más afectada con estas tendencias fueron los estados del oeste norteamericano, por el crecimiento extraordinario que experimentaron los centros urbanos ante una oferta de agua crecientemente insuficiente.
5. Dentro de la literatura relevante sobre el tema, el concepto de cultura de agua no existe. En su lugar se maneja el término más genérico de conservación de agua, que cubre una gama de acepciones.
6. La literatura existente sobre el tema de la conservación de agua en EUA, lo enfoca básicamente como un resultado de la aplicación de mecanismos de cambio en las tarifas correspondientes (Berk *et al.*, 1993; Mann y Clark, 1993), y de la imposición de sanciones económicas a los trasgresores (Brown y Dondick, 1992).
7. El artículo 27 de la Constitución Política de México, establece que el agua es propiedad de la Nación, y que el Estado tiene la autoridad exclusiva para regular su uso, explotación y distribución. Es importante notar, que este contexto jurídico no solamente determina principios operativos diferentes en torno al manejo del agua, sino que define una percepción distinta del servicio entre los usuarios.

—obras de infraestructura para transporte de agua en bloque, sistemas de agua potable y alcantarillado.<sup>8</sup>

La década de 1980 testificó una serie de cambios en las prioridades de desarrollo y organización administrativa en el país, que se reflejaron en la política de manejo y uso de los recursos hídricos. La Reforma del Estado surgida a raíz del cambio de modelo de desarrollo económico del país, y del cuestionamiento de su papel en sus funciones distributivas y productivas,<sup>9</sup> impulsó entre otras políticas la descentralización de los servicios públicos. Hubo modificaciones al Artículo 115 Constitucional, con el fin de depositar a los municipios y los gobiernos locales la responsabilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado.<sup>10</sup> En el nivel federal, las tres dependencias encargadas de instrumentar la política hídrica adquirieron roles más específicos, a la luz de la creación de nuevas leyes para regular la calidad y las implicaciones ambientales del manejo del agua.<sup>11</sup>

Las tendencias modernizadoras de la década de 1980, culminaron con el surgimiento de la Comisión Nacional del Agua en 1989 como la autoridad exclusiva para el manejo de los recursos hídricos en el territorio nacional.<sup>12</sup> Los objetivos de la CNA, además de integrar las funciones que ejercían en forma combinada sus antecesores, buscaban instrumentar una nueva política hidráulica del gobierno federal basada en tres líneas generales: el abatimiento de los déficits de infraestructura hidráulica y su ampliación; la promoción del uso eficiente del agua; y la restauración y mejoramiento de la calidad de ésta.

Uno de los pasos más importantes hacia la nueva política hídrica lo constituyó la creación del Sistema Nacional Hidráulico, que combinó la reestructuración del marco institucional vigente con instrumentos de política específicos que aseguraran la consecución de los objetivos anteriores.<sup>13</sup> Entre los mecanismos propuestos y llevados a cabo como un apoyo

8. Tres secretarías fueron creadas a partir de la reforma legislativa de 1972, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) que integraba las funciones de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) y la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH); la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Las dos primeras tuvieron a su cargo la instrumentación del Plan Nacional Hidráulico que apareció en forma posterior a la ley de 1972. SEDUE surgió básicamente como el órgano operativo de la Ley Federal de Prevención y Control de la Contaminación (1971) y la Ley para Prevenir y Regular la Contaminación del Agua (1973) respectivamente. Sus objetivos generales se centraron entonces en la regulación del manejo y uso de los recursos naturales desde una perspectiva ambiental integral, generando estándares para prevenir y controlar la contaminación.
9. La crisis del Estado de Bienestar, bajo el concepto que se debatió en EE.UU. y Europa en la década pasada, encuentra su equivalente en México en la ruptura del modelo de desarrollo nacional vigente desde la década de 1940, con el consecuente cuestionamiento del papel del Estado para administrar y regular eficientemente dicho desarrollo en términos tanto económicos como sociales.
10. Los gobiernos locales y los municipios en particular vieron cambiar sus atribuciones legales con relación a la gestión de sus territorios locales. Por un lado, se hicieron cargo (o se les dieron facultades legales para hacerlo) del suministro de los servicios públicos (agua, drenaje, mercados, plazas, etc.). Por otro, se les capacitaba a captar recursos propios en tanto no tuvieran capacidad para cobrar impuestos o recibir ingresos por la prestación de esos servicios (ej.: agua potable) (Ziccardi, 1990).
11. En 1986, la Ley de Aguas Federales y la Ley General de la Salud son modificadas para reflejar la necesidad de nuevas funciones en el plano operativo. Posteriormente en 1988, aparece la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente que establece un conjunto de ordenamientos y normatividades técnicas más específicos en torno al control de las aguas residuales en el territorio nacional.
12. La adscripción original de la CNA en el seno de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) se modificó al surgir la SEMARNAP en diciembre de 1994, la que absorbió de la primera las funciones forestales así como las relacionadas con el recurso agua (Comisión Nacional del Agua, 1995:21).
13. En el aspecto institucional, la nueva política hídrica se apoyó en tres elementos principales: la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento; la Ley Federal de Derechos de Agua; y la Ley de Contribución de Mejoras para Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica. En el primer caso, las novedades legislativas apoyan la participación de los usuarios en la planeación y utilización eficiente del agua, y la participación del sector privado en diferentes etapas del proceso.

para la promoción del uso eficiente del agua, surgieron a partir de 1989 las campañas conocidas como de "nueva cultura del agua", bajo el objetivo básico de "cambiar la actitud de los usuarios en torno al valor del agua" (CNA, 1994, XVII). Estas campañas, tal y como aparecen en el discurso de la política hidráulica federal, son identificadas básicamente como el resultado de un proceso educativo de enseñanza-aprendizaje en el cual se integran indistintamente elementos que van desde la necesidad del conocimiento de la problemática del agua en el país, hasta la utilización de manera sustentable de los recursos naturales. De acuerdo con datos de la CNA, durante la administración del Presidente Salinas de Gortari se desarrollaron once campañas a través de los medios masivos de comunicación; concertaciones con grupos empresariales y sociales del país; establecimiento de programas de acercamiento específicos en las principales ciudades; y la creación de dos Salas del Agua en León, Gto., y Jalapa, Ver. (CNA, 1994: XVII). En el caso de las campañas de cultura del agua, la evaluación se realizó básicamente a partir de sondeos de opinión.

El Programa Hidráulico de CNA correspondiente al periodo 1995-2000, establece líneas para dar continuidad a los programas de cultura del agua en el contexto de la disponibilidad de agua regional o local, con la participación de los gobiernos estatales y municipales. Dentro de este proyecto, se considera como punto relevante la extensión de las campañas a la población escolar e infantil en general.

#### EL CASO DE TIJUANA

La ciudad de Tijuana forma, junto con San Diego, una región con marcados contrastes en términos de desarrollo local y disponibilidad de agua. La disponibilidad en la zona siempre ha estado determinada por una escasa precipitación y largos periodos de sequía, por lo que las fuentes seguras del recurso y su distribución han constituido un reto frente al acelerado crecimiento de la población.<sup>14</sup>

Tijuana es una ciudad que surgió en el siglo XX. En los primeros años, la zona urbana contaba con 242 habitantes y 100% del abasto se realizaba a través de pozos localizados en el lecho del río Tijuana. Esta población se incrementó en los siguientes 30 años hasta llegar a 11 677 habitantes, generando una expansión concéntrica que creó la necesidad de iniciar estudios hidrológicos del río Tijuana y Alamar en el año de 1927, con el fin de aprovechar sus escurrimientos estacionales. Dichos estudios culminaron con la construcción de la presa Abelardo L. Rodríguez en 1937 que garantizaba el suministro para 60 000 habitantes (Méndez y Castro, 1995).

La expansión acelerada de la mancha urbana se empezó a hacer evidente a partir de la década de 1940. La población de la ciudad experimentó tasas de crecimiento superiores a 13% anual. Para 1950, la demanda urbana de agua ya había rebasado la capacidad de oferta de la presa Abelardo L. Rodríguez, lo que llevó a la explotación de los pozos en los alrede-

14. Baja California presenta un panorama de escurrimientos estacionales que permanecen secos la mayor parte del año. Esto deja al río Colorado, a través del escurrimiento en la parte baja de su cuenca, como la única fuente segura para las necesidades hídricas del estado. De un volumen medio anual disponible de 3 077 millones de m<sup>3</sup>, el río Colorado aporta por sí solo 85.5% a través del beneficio directo al valle de Mexicali, y de la recarga al acuífero del mismo (Román y Bernal, 1995).



dores de los lechos del río Tijuana y Alamar. Estas obras fueron complementadas en los años posteriores por diferentes proyectos que buscaban asegurar el abasto requerido. Entre estos, estuvo la construcción del acueducto de La Misión para transportar agua del acuífero del mismo nombre al sur de la ciudad, y la planta desaladora de agua en Rosarito. Sin embargo, cada uno de estos intentos fue rebasado finalmente por la demanda.<sup>15</sup>

Hacia finales de la década de 1970, el crecimiento de la ciudad era básicamente a través de asentamientos irregulares en zonas periféricas. La combinación de este crecimiento y la lenta respuesta gubernamental para atender el problema del abastecimiento de agua originó una crisis<sup>16</sup> que sólo fue resuelta parcialmente con la construcción de un acueducto para traer agua del río Colorado.<sup>17</sup>

La alternancia política que hubo en el estado a partir de 1989, coincidió con la creación de las bases para un tratamiento del problema del agua más realista y transparente. Al tomar posesión, la nueva administración de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) puso en marcha un plan integral de modernización de sus procedimientos, que incluyó la ampliación y mejoramiento de los servicios, bajo una filosofía de permitir el acceso al servicio a un número mayor de usuarios, con tarifas más acordes que cubrieran los costos de producción y distribución del líquido.<sup>18</sup>

A pesar de los avances concretados,<sup>19</sup> existen límites como el rezago heredado de anteriores administraciones, el rápido crecimiento de la población; los insuficientes recursos

15 En 1966 es creada la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT), un órgano descentralizado del gobierno estatal que realiza las funciones de planeación de los sistemas de agua y alcantarillado, ejecución de las obras relacionadas, operación y mantenimiento, y recaudación de los ingresos conforme a la Ley correspondiente

16 El problema del abasto y distribución del agua en el estado ha sido premisa política de gobernantes y candidatos, en reconocimiento a su potencial de conflicto y posibilidades políticas a partir de la promesa de sus soluciones. En Tijuana los problemas en torno a su dotación, han seguido un proceso acumulativo con su desarrollo histórico, y han creado situaciones de crisis como la experimentada a finales de la década de 1970. En consecuencia son evidentes los problemas técnicos en los sistemas de distribución, y el incumplimiento de las promesas oficiales para dar solución a las demandas de dotación. Negrete (1990) documenta este periodo en la historia de Tijuana, que se extiende desde la segunda mitad de la década de los setentas, hasta la alternancia política que se da en el estado con las elecciones de 1988. En dicho lapso, la relación usuarios-gobierno hizo crisis por la falta del servicio y el continuo cobro de las tarifas. Multitud de protestas se suscitaron a través de líderes y partidos políticos, con una respuesta oficial de desatención e inclusive represión. La postura gubernamental de abordar este problema desde una óptica técnica y política más que social, contribuyó en alguna medida al nivel de politización demostrado por los usuarios en las elecciones de 1988 (Negrete, 1990)

17 En la misma década de los setentas, y ante la falta de opciones para el abasto de agua en la ciudad, se iniciaron los estudios por parte de la entonces SARH para la construcción de un acueducto que permitiera transportar agua del río Colorado hasta el distrito de riego 14 en Mexicali. Con algunas dificultades, en 1984 la dependencia mencionada, con el apoyo de inversiones estatales y federales, puso en funcionamiento el acueducto río Colorado-Tijuana y se ejercieron préstamos internacionales para apoyar el Plan Integral de Agua y Alcantarillado, que pretendía ampliar la infraestructura para la introducción de los dos servicios. Todo esto, sin embargo, no terminó de resolver el problema, pues conllevó un aumento de tarifas que siguió propiciando la protesta pública.

18 Desde su inicio de operaciones en 1989, la anterior administración de CESPT puso en marcha un programa de planteamientos básicos que reflejaba tanto los lineamientos nacionales vigentes para órganos operadores en zonas urbanas como un código de principios operativos internos diseñado *ex profeso* (calidad total). En términos generales, dicho programa ha impactado las cuatro áreas principales en la estructura de CESPT: comercialización, administración y finanzas, operación y mantenimiento, y planeación, con iniciativas sobre eficientización de procedimientos, sistematización de la información, mejoramiento del equipo correspondiente, etc. En términos de oferta y demanda del servicio, los programas correspondientes han impactado las áreas de mantenimiento y corrección de fallas y fugas, infraestructura nueva y ampliaciones, cartera vencida, cultura y conservación del agua, etc.

19 De 1993 a la fecha se puso énfasis en una política de ampliación de la cobertura con tarifas más reales. La crítica situación en la cobertura del servicio de los años ochenta contrasta con las tasas de cobertura observadas a partir de 1990. En tanto que en 1984 se reportaba una cobertura de sólo 58%, para 1994 los últimos reportes de CESPT indicaban aproximadamente 87% de cobertura en la zona urbana. En la actualidad, tanto la infraestructura instalada como las fuentes de abastecimiento disponibles tienen la capacidad para ofrecer agua a una población de poco más de un millón y medio de habitantes con una dotación de 300 litros por habitante por día (l/h/d).

para incrementar el abasto en la misma proporción y los problemas en la recuperación de los costos.<sup>20</sup> Esto ha obligado a la dependencia a proponerse la ejecución de planes y programas que eficienten, por un lado, la prestación del servicio, y por el otro creen un nivel de concientización en el ahorro del consumo y en el puntual pago de las tarifas de recuperación. Ejemplos de esto son el programa de "autogestión" y el programa de "cultura de agua" en la ciudad. En el primer caso, se trata de compartir la responsabilidad de introducción de los servicios de agua y drenaje con el usuario, y fomentar así una conciencia de aprecio y realismo en la evaluación de las dificultades existentes para adquirir servicios en una ciudad de contrastes tan marcados como Tijuana. El Programa de Cultura del Agua, por otro lado, corresponde a uno de los esfuerzos más importantes puestos en marcha por CESPT, con el objetivo general de cambiar la conducta del usuario; sensibilizándolo sobre la importancia de considerar al agua y al servicio como un bien común y escaso en la región, cuyo abastecimiento y distribución depende de un determinado costo económico y una perspectiva futura de limitación.<sup>21</sup>

Desde el punto de vista del mejoramiento de la atención al usuario, el Programa de Cultura del Agua ha sido el más ambicioso, y se dirigió principalmente hacia los niños de nivel preescolar y primaria, un sector considerado clave por CESPT en el fomento del uso racional del agua con perspectivas a futuro. El programa consistió en una serie de pláticas y presentaciones en los centros educativos privados y públicos y la realización de otras actividades acompañadas de la emisión de material didáctico alusivo a los propósitos del programa. En forma complementaria, tanto la CESPT como otras instancias locales apoyaron una campaña promocional a través de los medios de comunicación, y la instalación de anuncios alusivos en diferentes sectores de la ciudad.

El programa de cultura del agua tuvo una duración de tres años coincidente con la penúltima administración de CESPT que entró en funciones en 1989. Al término del mismo, y a partir de una evaluación que se desarrolló posteriormente en torno a sus resultados y limitaciones, la administración actual reformuló un nuevo programa a base de visitas directas y mensajes publicitarios en los medios de comunicación, con la participación de las organizaciones no gubernamentales y otros sectores sociales en Tijuana.<sup>22</sup>

#### UN ACERCAMIENTO AL PERFIL DEL USUARIO EN TIJUANA

Uno de los cuestionamientos centrales en torno a la organización de campañas que buscan promover ciertas actitudes o comportamientos entre la población, se relaciona con la medida

20. Según la información disponible de CESPT, el agua no contabilizada en 1984 era de 36% y 49%; en 1986 y en 1993 se redujo a 33%. Esto debido principalmente al mejoramiento en la cobertura de medidores e inversiones en la renovación y mantenimiento de instalaciones.
21. Los programas complementarios de apoyo a la concientización de la población sobre el servicio de agua potable y sus limitaciones, surgen en el discurso y los lineamientos operativos de CESPT en forma muy similar a los instrumentos de política del gobierno federal, como parte de una política integral encaminada a los mismos fines.
22. Una de las razones que llevaron a la reformulación del programa de cultura del agua durante la presente administración, fue la falta de claridad de los resultados del primero en la población adulta, a partir de las visitas a centros escolares (entrevista con el director de CESPT, 2 de septiembre, 1998).

y forma en que integran un conocimiento básico de la población que se pretende impactar.<sup>23</sup> Esta condición adquiere una importancia particular en el caso de campañas que se diseñan y aplican por primera vez, donde no existen referentes o insumos provenientes de experiencias anteriores. Algo similar se podría argumentar con relación a los criterios de evaluación de una campaña de este tipo.

Bajo la preocupación anterior, y asumiendo que el comportamiento racional de los usuarios puede ser explicado a partir de sus características socioeconómicas u otro referente relevante, en este apartado discutimos en forma muy general y preliminar los impactos de las campañas de ahorro de agua y las características del sector usuario doméstico en Tijuana. Específicamente, nos interesa contestar en este momento las siguientes preguntas: ¿Cuál es la cobertura de las campañas de ahorro de agua en la ciudad?, ¿Qué medios de acceso de la información tienen más impacto? y ¿Qué relación existe entre los perfiles de los usuarios y el conocimiento de programas de cultura del agua en la ciudad?<sup>24</sup> El análisis se apoya en los resultados de una encuesta sobre servicios de agua potable y drenaje en la vivienda aplicada en la ciudad en junio de 1996, en particular en un módulo experimental con reactivos relacionados al conocimiento y actitudes sobre las campañas de cultura del agua entre la población. En la misma se consideraron dos áreas generales en la zona urbana de la ciudad. Una zona central, compuesta de las áreas con mayor antigüedad, y una zona periférica, donde se localizan los asentamientos más recientes.<sup>25</sup>

El módulo a que se ha hecho referencia, captó básicamente información sobre conocimiento de programas de ahorro de agua en la ciudad, así como los principales medios de comunicación a través de los cuales los usuarios recibieron dicha información. Los cuadros 1 y 2 muestran los resultados de estas dos variables. En el primer caso, las distribuciones correspondientes indican un bajo nivel de cobertura para ambos estratos considerados, acentuándose este patrón en la zona central. Los resultados del cuadro 2, por otro lado, muestran una presencia notable de la televisión como la vía de acceso más importante de los mensajes de las campañas entre la población de Tijuana. Las implicaciones de estos resultados combinados pueden ser variadas. Por un lado, los posibles resultados de las campañas de CESPT en planteles escolares no quedan claros en los resultados expuestos. En la distribución del

23 Las campañas del tipo discutido aquí, se basan por lo regular en un modelo de comunicación persuasiva, donde se manejan elementos que intentan impactar y motivar a los consumidores hacia los fines deseados. Dos componentes que se consideran igualmente importantes en este esquema, se refieren al conocimiento de los factores que puedan motivar al consumidor al objetivo que se busca, y al diseño y aplicación de los mensajes (Dziegielewski, 1994). En el primer caso, la conceptualización general que se hace asume que las actitudes o creencias del consumidor sobre el objeto de la campaña están asociadas a su comportamiento en torno al mismo. La experiencia histórica de países como EE UU con este tipo de campañas, ha permitido estudiar e integrar diferentes valores y elementos culturales de la sociedad norteamericana en torno al objeto de las mismas. En el caso de las campañas de ahorro de agua, los mensajes están enmarcados en la percepción del servicio que los consumidores tienen en el contexto de una economía de mercado, y donde la aplicación de multas es práctica común como medida complementaria para obtener los objetivos de conservación deseados.

24 Conceptualmente se está asumiendo aquí que el conocimiento de la existencia de un programa de cultura de agua implica un manejo mínimo de información de los objetivos del mismo.

25 La muestra correspondiente se estratificó a partir de dos tipos de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) centrales, o aquellos en existencia hasta 1990, y periféricas, correspondientes a los AGEB's que se agregaron en el Censo de Vivienda de 1995. Este argumento de selección, obedeció a la idea de captar en el último caso a las áreas marginales de la ciudad, en las que se asumía un nivel relativo más bajo de cobertura de servicio. Véase Encuesta de agua y drenaje a hogares en Tijuana, B.C., Reporte Final. Departamento de Estudios urbanos y del Medio Ambiente, El Colegio de la Frontera Norte y Universidad de California en Irvine, Diciembre de 1997.

cuadro 2, la opción definida como CESPT capta diferentes tipos de programas promocionales utilizados alternadamente por el órgano para acceder a la población, incluyendo trípticos, boletines, anuncios alusivos en los recibos de pago, etcétera. Por otro lado, la importancia de la televisión como el medio más reportado, introduce una base interesante de comparación en términos de costos y efectos reales de una campaña de ahorro de agua que busque impactar a la población adulta.

Cuadro 1  
Tijuana. Porcentaje de residentes que conocen de campañas de ahorro de agua por tipo de sector

	Sector %	
	Central	Periférico
Sí conoce	22.7	18.2
No conoce	77.3	81.2

Fuente: Encuesta de agua potable y drenaje a hogares en Tijuana, B. C.  
El Colegio de la Frontera Norte y Universidad de California en Irvine, Junio de 1996.

Cuadro 2  
Tijuana. Porcentaje de residentes que conocen de campañas por medio de acceso.

Medio	%
Televisión	59.0
CESPT	19.4
Gobierno Municipal	5.6
Radio	5.3
Anuncios en la calle	3.2
Otros	7.5

Fuente: Misma del cuadro 1.

Una de las premisas que motiva nuestro análisis, es la idea de que la información sobre el conocimiento de campañas por sí sola no aporta suficientes elementos para una discusión sobre el posible comportamiento racional por parte del usuario. En este sentido, el interés es profundizar en los perfiles de los residentes en el grupo de viviendas que reportó conocer de la existencia de campañas de ahorro de agua en la ciudad, a partir de la comparación de algunas variables socioeconómicas incluidas en la encuesta. Este ejercicio se ha hecho preliminarmente con las características de edad, escolaridad, ingreso y ocupación principal (cuadros 3 a 6).<sup>26</sup>

26. La muestra la representan los informantes en la vivienda, que respondieron afirmativamente al conocimiento de campañas de ahorro de agua en cada sector. La información que presentan los cuadros para cada una de las variables está dividida en cinco columnas: 1) Central: grupo que conoce de campañas en sector central; 2) C. General: total de la muestra en sector central; 3) Periférico: grupo que conoce de campañas en sector periférico; 4) Total de la muestra en sector periférico; 5) General: total de la muestra de los dos sectores.

Cuadro 3  
Tijuana. Porcentaje de residentes que conocen de campañas, por grupo de edad y tipo de sector

Grupo de edad	Central	C. General	Periférico	P. General	General
20 o menos		0.5	1.7	2.0	1.0
21-30	13.6	16.9	31.0	31.8	24.5
31-40	36.4	25.5	29.3	33.7	29.7
41-50	31.8	20.6	12.1	15.7	18.1
51-60	13.6	18.9	12.1	10.2	14.5
61-70	4.6	12.3	8.6	3.9	8.0
71 o más		5.3	5.2	2.7	4.2

Fuente: Misma del cuadro 1.

Cuadro 4  
Tijuana. Porcentaje de residentes que conocen de campañas por grado de escolaridad y tipo de sector

Grado de escolaridad	Central	C. General	Periférico	P. General	General
Sin estudio		10.2	12.2	7.1	8.6
Kinder			2.8	0.3	0.3
Primaria	18.2	37.1	39.7	45.7	41.5
Técnico con primaria		1.2	2.8	0.3	0.8
Secundaria o equivalente	25.0	18.8	27.6	29.5	24.2
Técnico con secundaria	2.3	1.6	2.8	2.4	2.0
Preparatoria o vocacional	9.1	10.6	6.9	8.7	9.6
Técnico con preparatoria	6.8	3.7	3.4	2.0	2.8
Normal	2.3	1.2			0.6
Profesional	34.0	14.7	5.2	4.0	9.2
Posgrado	2.3	0.9			0.4

Fuente: Misma del cuadro 1.

Cuadro 5  
Tijuana. Porcentaje de residentes que conocen de campañas por ingreso semanal y tipo de sector

Pesos por semana	Central	C. General	Periférico	P. General	General
250 y menos	2.8	9.8	21.4	15.8	13.5
251-500	11.8	36.6	57.1	58.6	48.5
501-1000	47.1	25.0	19.0	17.7	20.9
1001-2000	11.8	17.1	2.5	4.9	10.3
2001 y más	26.5	11.5		3.0	6.8

Fuente: Misma del cuadro 1.

Cuadro 6

Tijuana. Porcentaje de residentes que conocen de campañas por ocupación principal y tipo de sector

Ocupación	Central	C. General	Periférico	P. General	General
Profesionista	22.5	11.6	2.0	0.5	5.9
Maestros y afines		3.2		0.5	1.8
Técnicos	7.5	7.4	16.7	6.2	7.2
Trabajadores de oficio	10.0	18.0	33.3	33.6	28.1
Trabajadores del arte		1.1	4.2	2.2	1.8
Servicios públicos y personales	5.0	7.9	4.2	4.9	6.6
Oficinistas		1.6		1.3	1.5
Gerentes	15.0	4.2			2.0
Vendedores, comerciantes	25.0	15.3	14.6	13.7	15.3
Aprendices		1.9			0.8
Operadores de transporte	2.5	4.2	6.2	9.3	7.4
Servicio doméstico		1.6	4.2	1.3	1.5
Ocupaciones informales	12.5	13.8	4.2	8.8	13.0
Trabajadores agropecuarios		1.9		2.2	1.5
Trabajadores manuales ind.		6.3	10.4	15.5	5.6

Fuente: Misma del cuadro 1.

Una recapitulación del análisis hecho en los cuadros correspondientes por sector urbano, muestra en términos generales dos patrones opuestos y contrastantes entre la población residente que contestó conocer de campañas en cada uno de los sectores analizados. En el caso del sector central, los grupos de edad, escolaridad e ingreso muestran una tendencia marcada hacia niveles comparativos más altos, que contrastan no únicamente con la totalidad del sector, sino con la muestra total de la ciudad. En este contexto son de notarse los pesos de los grupos medios de edad (31-50 años),<sup>27</sup> así como la participación relativa de los residentes con nivel profesional terminado.<sup>28</sup> Pasando a la variable de ocupación principal, la distribución muestra una concentración de ocupaciones de mayor nivel en el sector central, una diferencia que no sólo es notoria cuando se le compara con la distribución del sector en general, sino con la muestra total de la ciudad. Sólo los grupos de profesionistas y gerentes por sí solos agrupan 37.5% de los residentes que conocen de programas en el sector central.<sup>29</sup>

Examinando en la misma forma las distribuciones de las tres primeras variables en el sector periférico, comprobamos la existencia de un patrón generalizado hacia niveles bajos, en contraposición de aquellos observados en el sector central. Esta tendencia se mantiene tanto en la totalidad del mismo sector, como en la muestra correspondiente de la ciudad.<sup>30</sup> En este esquema es pertinente destacar la presencia del grupo que sabe de campañas, que reportó

27. En particular, los dos grupos que abarcan el rango de 31 a 50 años, por sí solos aportan la mayor parte de la distribución, tanto en el sector central en general, como en la totalidad de la muestra.

28. Este resultado es congruente con el hecho de que las zonas centrales de la ciudad albergan a los sectores más antiguos y más establecidos de la población.

29. Si a esto se agregan las ocupaciones que tienen que ver con las ventas y el comercio, la proporción sube a 62.5%.

30. Las condiciones de población joven, con niveles de escolaridad e ingreso relativamente bajos, son comunes en áreas de reciente ocupación, como ocurre en la mayoría de las ciudades latinoamericanas. En el caso de Tijuana, más de 100% del crecimiento espacial de la ciudad ha tenido lugar en los últimos 10 años, a partir de la inmigración en zonas consideradas no aptas para desarrollo urbano.

no tener estudios (12%),<sup>31</sup> en comparación con los otros dos referentes. Finalmente, las distribuciones de la variable ocupación principal en el sector periférico muestran, como en el caso de las zonas centrales, una tendencia hacia la concentración en un número menor de actividades, sobresaliendo aquellas que tienen una importancia relativa similar al total del sector. Dos ocupaciones que llaman particularmente la atención en este grupo por su peso relativo, son los técnicos y los trabajadores de oficio.<sup>32</sup>

## DISCUSIÓN

El ejercicio anterior, aunque breve y preliminar, deja entrever un número de implicaciones relevantes. Primeramente, y aunque el panorama de conocimiento de programas de ahorro de agua entre la población de Tijuana, no reflejan porcentajes considerables. Es importante hacer hincapié en que un sector de la población identifique la existencia de este tipo de campañas en la ciudad de Tijuana, particularmente en las zonas periféricas de la ciudad, donde se suponen las condiciones socioeconómicas más bajas. Si bien la misma CESPT, ha reconocido la ineficiencia en el corto plazo de aplicar programas de concientización a sectores infantiles; aparentemente otros medios como la televisión han tenido resultados más positivos de acceso de los mensajes deseados. Este punto es importante en el contexto de la orientación que se piense dar a futuras etapas de dichos programas.

El análisis de la relación que se hizo de algunas variables socioeconómicas en torno al conocimiento de campañas de ahorro de agua, delinea igualmente algunas tendencias que vale la pena examinar detenidamente. En primer término, están los patrones encontrados entre los residentes del sector central que reportaron conocer de campañas, y cuyo comportamiento se puede decir que es congruente con una asociación conceptualmente ideal, entre perfil del usuario y actitudes racionales en torno al ahorro de agua. Si bien el nivel de análisis desarrollado no permitió una comparación más desagregada entre grupos por sector y tipo de medios de acceso, la implicación para este grupo parece obvia. Esto es en términos no únicamente de evaluación del impacto de las campañas de ahorro de agua, sino de la planeación de otros programas más selectivos entre la población, que no necesariamente se apoyen en la televisión para la transmisión de los mensajes.

En cuanto a los resultados relativos de los residentes del sector periférico que conocen de campañas, por un lado, verificamos un patrón esperado en áreas marginales de la zona urbana. Si bien aquí no se puede hablar de una asociación ideal entre características socioeconómicas y actitudes racionales, el resultado tiene implicaciones relevantes en el sentido del acceso a las campañas de los sectores de la población, a través del medio más importante, la televisión.

31. La implicación de este punto es importante, en el contexto del resultado presentado sobre la distribución de los medios de más acceso a la población, y donde la televisión ocupó el primer lugar.

32. Una implicación probable de esta tendencia, se relaciona con la localización que ha seguido la industria maquiladora en la zona urbana de la ciudad a partir de la década pasada, favoreciendo la ubicación de mano de obra en zonas periféricas.

## REFLEXIONES FINALES

En este trabajo hemos abordado exploratoriamente el tema de los programas de cultura de agua en el contexto de su aplicación en la ciudad de Tijuana, B. C., con el propósito de aportar elementos de discusión tanto de la perspectiva de evaluación de sus impactos, como de la planeación de otros programas a futuro. Este trabajo, como se ha indicado, pretende ser la base de un análisis posterior más completo, que incluya una cobertura más exhaustiva y amplia.

Con relación al ejercicio que hemos desarrollado aquí, los resultados han sido indicativos de las posibilidades que tiene la utilización de otros elementos de análisis en la evaluación del impacto de una campaña de ahorro de agua; más allá de la aplicación de encuestas de opinión, las que en diferentes casos pueden omitir información valiosa de fondo sobre las características de los entrevistados. Por otro lado, y desde la perspectiva del diseño que un programa de agua debe tener para impactar favorablemente a diferentes sectores de una población, los resultados evidencian la necesidad de trascender el marco conceptual de este tipo de campañas hacia elementos más abstractos, que tienen que ver con el contexto socioeconómico o cultural de esa población.

Los programas de cultura o ahorro del agua representan un importante esfuerzo complementario a las políticas hídricas vigentes en las coyunturas actuales. Su aparición como parte integral de los mecanismos de política, habla mucho de las transformaciones que han experimentado las instituciones federales en la dirección de esquemas más flexibles y participativos de manejo de nuestros recursos hídricos. Tanto los costos que involucra la aplicación de este tipo de campañas, como sus objetivos de acceso a una población determinada, fundamentan la evidente necesidad de integrar elementos de diseño más allá de los procedimientos y formatos para hacer llegar al usuario el mensaje deseado.

## BIBLIOGRAFÍA

- BERK, R., D. SCHULMAN, M. MCKEEVER y H. FREEMAN, "Measuring the Impact of Water Conservation Campaigns in California", en *Climatic Change*, vol. 24, núm. 3, 1993, pp. 233-248.
- BROWN, C. y L. DONDICK, "Community embraces water conservation", en *Journal of American Water Works Association*, vol. 84, núm. 1, 1992, pp. 110-111.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, *Informe 1989-1994*, México, 1994.
- , *Programa hidráulico 1995-2000*, México, 1995.
- COMISIÓN ESTATAL DE SERVICIOS PÚBLICOS DE TIJUANA (CESPT), *Agua en Tijuana: Retos y metas*, Tijuana, 1994.
- DZIEGIELEWSKI, B., "La sequía es real": El diseño de una campaña exitosa para la conservación del agua", en H. Garduño y F. Arreguín-Cortés (eds.), *Uso eficiente del agua*, ORCYT-UNESCO, Montevideo, 1994.
- FREDERICK, K. D., "Overview". en K. D. Frederick (comp.), *Scarce water and institutional change*, Resources for the Future, Washington, 1986, pp. 1-24.



- IRACHETA, A. "Sustentabilidad y desarrollo metropolitano", en *Ciudades*, vol. 9, núm. 4, 1997, pp. 3-9.
- MANN, P. y D. CLARK, "Marginal-cost pricing: Its role in conservation", en *Journal of American Water Works Association*, vol. 85, núm. 8, 1993, pp. 71-78.
- MÉNDEZ, E. y J. L. CASTRO, "El servicio de agua potable en Tijuana. El reto de la dinámica social", ponencia presentada en Simposio sobre Agua y Sociedad, San Luis Potosí, Instituto de Investigaciones Históricas de San Luis Potosí, mayo, 1995.
- NEGRETE, J., "Agua y conflicto político en Tijuana, 1979-1990", ponencia presentada en el Primer Seminario Interno COLEF, Tijuana, El Colegio de la Frontera Norte, octubre, 1990.
- ROMÁN CALLEROS, J. A. y F. A. BERNAL RODRÍGUEZ, "Diagnóstico general del agua en Baja California: el agua que cae...el agua que corre", en Iván Restrepo (coord.), *Agua, Salud y Derechos Humanos*, México, Comisión Nacional de Derechos Humanos, México, 1995, pp. 365-397.
- THOMPSON, B. H. Jr., "Institutional perspectives on water policy and markets", en *California Law Review*, vol. 81, núm. 3, 1993, pp. 673-764.
- VICKERS, A. (). "The emerging demand-side era in water management", en *Journal of the American Water Works Association*, octubre 1991, pp. 38-43.
- ZICCARDI, A. "La descentralización y las innovaciones de la política urbana", en M. Perló (comp.), *La modernización de las ciudades de México*, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México, 1990, pp. 359-379.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, *Our common future*, Oxford, Oxford University, 1987.

## LA HUELLA ECOLÓGICA DEL USO-CONSUMO DE AGUA: EL CASO DEL MUNICIPIO DE XALAPA, VERACRUZ

Alejandro Callejas y Mathis Wackernagel<sup>1</sup>

### RESUMEN

La huella ecológica es un indicador de análisis cuantitativo de la sustentabilidad. Es decir, evalúa el espacio bioproductivo necesario para satisfacer nuestros requerimientos de usos y servicios de la naturaleza, considerando el actual estilo de vida y la tecnología prevaleciente. Aquí presentamos una propuesta metodológica para calcular la huella ecológica del uso-consumo de agua y su aplicación al caso específico de la municipalidad de Xalapa, Veracruz, México. Consideramos dentro de la valoración, los usos y consumos directos e indirectos, así como el resultado de un cálculo de rendimiento de agua en las microcuencas que abastecen al municipio.

### INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

#### *Situación actual*

La sobreutilización de los sistemas ecológicos de la biósfera para la satisfacción de nuestras necesidades, ha llevado a un "empobrecimiento y desequilibrio de los ecosistemas" (Velázquez, 1996). Es decir, se ha reducido su capacidad de regenerar recursos y absorber desechos.

Esto lo podemos observar en las altas tasas de deforestación y desertificación existentes en la actualidad (FAO, 1993; FAO, 1995a; FAO, 1995b; FAO, 1996a; FAO, 1996b), las cuales nos alertan sobre las posibles consecuencias que padeceremos si seguimos con los ritmos vigentes de agotamiento de recursos (WRI, 1988; WRI, 1992; WRI, 1994; UNDP, 1994; FAO, 1995a; WRI, 1996; WRI, 1998). Lo anterior, junto con la alta contaminación atmosférica y de los sistemas acuíferos, son los grandes retos ambientales a resolver, sobre todo en las ciudades (Wackernagel, 1998).

Por ejemplo, los centros urbanos son los mayores consumidores de recursos y servicios naturales y también son los más grandes generadores de desechos (Wackernagel y Rees, 1996). Actualmente, más de la mitad de la población mundial vive en ciudades y en el caso

específico de México, son casi dos terceras partes de la población total, la que habita en urbes (INEGI, 1995).

Es imprescindible que los habitantes de los centros poblacionales tengan acceso a un buen nivel de bienestar, sin sobrepasar los límites de la naturaleza. Esto requiere de acceso a servicios de salud, empleo, educación, vivienda, servicios públicos y conservación del patrimonio natural, entre otros; y su gran importancia radica en poder garantizar el adecuado desarrollo de la población actual, sin comprometer la capacidad de sustentación de las generaciones futuras (WECD, 1987).

Obviamente esto significa la conservación del patrimonio natural, así como de los ciclos que de manera básica se suceden en los ecosistemas, ya que sustentan la base de recursos que utilizamos para satisfacer nuestras necesidades elementales (Barney *et al.*, 1993).

### *La sustentabilidad*

El actual consumo, inducido por el estilo de vida predominante en el mundo, requiere de una gran cantidad de recursos y capacidad ecológica para poder absorber todos los desechos; y puede poner en duda, la conservación del patrimonio natural para las futuras generaciones. Por ello, es posible cuestionar si los modelos de desarrollo actuales tienen la capacidad de revertir esta tendencia (Brown, *et al.*, 1994; Ekins 1994; UNDP 1994).

En 1987, la comisión internacional que elaboró el reporte Brundtland para las Naciones Unidas, proponía el cambio del modelo actual de desarrollo hacia uno que se preocupara por la satisfacción de las necesidades humanas actuales, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Este paradigma alternativo se denominó "desarrollo sustentable" (o sostenible) (WCED, 1987).

Al mismo tiempo, que imperaba la necesidad de definir a la sustentabilidad, surgían nuevas metas y programas en el ámbito mundial. De esta forma, muchos estudiosos de la sustentabilidad enfocaron de diferentes maneras su acepción del término, como: M. Nickerson, D. K. Dawson, S. Wismer, M. Wackernagel, R. Repetto, IUCN, B. Sadler, Ted Maning, CUSO, etc. (Rees, 1990), con el mismo fin de bienestar humano y natural en el tiempo.

A partir de entonces, la comunidad internacional tuvo un nuevo reto: elaborar un modelo de desarrollo que no comprometiera la capacidad de regeneración de la naturaleza. Tras una reunión internacional en Holanda, se promulgó el Plan de La Haya, donde se apoyaban las propuestas de elaboración en torno a planes que buscarán un futuro sustentable y la creación de una nueva ética ambiental. Ello innegablemente ayudaría a concluir los trabajos de las naciones en la búsqueda de un nuevo sistema de desarrollo. Después, durante 1992, se convocó a la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, dentro de la cual, primero la comunidad académica y después los líderes políticos, tomaron acuerdos en la elaboración de la agenda 21; documento que tenía como directriz lograr la sustentabilidad humana en un sistema social más justo (Pronk y Ul Haq, 1992; UNDP, 1994).

Así se comenzaron a establecer líneas concretas de acción para lograr un aprovechamiento sustentable de los recursos, entre ellos, el agua. Sin embargo, cinco años después de la Cumbre de la Tierra, se reunieron de nuevo los científicos y líderes políticos del mundo para revisar los adelantos en materia de sustentabilidad. Mientras que al año siguiente, se realizó

en Francia un panel urgente de las Naciones Unidas para enfrentar el problema de la escasez de agua en el mundo. En tanto grupos de científicos y expertos, hicieron un llamado a una revolución azul (JHU, 1998; Hasan, 1998).

### *El problema del agua*

Uno de los factores más determinantes para el asentamiento y manutención de cualquier núcleo poblacional es el acceso al agua. El agua es un recurso potencialmente renovable, pero su disponibilidad es variable y limitada dentro del planeta (Pimentel *et al.*, 1997). Actualmente, en diferentes países, existe una carencia de recursos hídricos para satisfacer adecuadamente las necesidades de la población, industria manufacturera y generación de energía (WRI, 1996; SEI, 1997).

Los humanos no sólo utilizamos agua para beber (cuadros 1 y 2), también la usamos para diferentes aspectos de nuestra vida como para

cocinar y asearse; lavar la ropa, casas y otras posesiones; aire acondicionado; remoción de excretas; purificación de aguas residuales; entretenimiento (nado, canotaje, botes, sorfeo, esquí, jardinería); producción de alimento, fibras; domesticación de animales terrestres y acuáticos; bosques y otros cultivos; sustento de la vida de los ecosistemas naturales, transporte de personas y bienes; generación de energía eléctrica, industrias de refrigeración, calefacción, limpiado y lavado (Cohen, 1995).

Así, el agua es la determinante más importante para el establecimiento y desarrollo de cualquier civilización (Cottrell, 1996).

Varias son las naciones y ciudades que hoy están en escasez o en vías de escasez hídrica. Algunas de ellas son: Algeria, Barein, Barbados, Burundi, Cabo Verde, Djibouti, Israel, Jordania, Kenia, Kuwait, Malawi, Malta, Katar, Ruanda, Arabia Saudita, Singapur, Somalia, Túnez, Emiratos Arabes Unidos y Yemen (WRI, 1996). Mientras que proyecciones del WRI (1996 y 1998), ONU (1997) y SEI (1997), apuntan que países como Irán, Egipto, Afganistán, Líbano, Haití, Corea, Chipre y algunas ciudades de Estados Unidos, entre otros, padecerán problemas de acceso al agua, antes del año 2030.

De esta forma, la contaminación de corrientes superficiales y freáticas y la alteración del ciclo hidrológico, así como el alto consumo de agua para diversas actividades, nos están llevando a un agotamiento del recurso. En ciudades como Beijing, se pasó de excavar 3m a 50m para poder extraer agua; y en la ciudad de México se pasó de 5m en 1930, hasta más de treinta actualmente (Abramovitz, 1996).

También estamos afectando la calidad y composición del agua, ya que hay alteración de los diferentes ciclos de nutrientes que se dan en ellos, como el del fósforo y nitrógeno (Schindler, 1997). Por ejemplo en ciudades de Estados Unidos, se han encontrado en el agua para beber hasta 129 químicos altamente peligrosos (Ekins *et al.*, 1992).

En la mayor parte de las ciudades, el consumo por habitante oscila entre los 100 y 200 litros diarios, mientras que en mucha villas de Palestina, sólo se puede acceder a 50 litros por día (Horan, 1998). Casi 70% del consumo mundial de agua es por parte de la agricultura, mientras que casi una cuarta parte del total lo consume la industria y sólo un pequeño porcentaje es consumido a nivel de hogares (Shiklomanov, 1993). Del consumo que se da a nivel

de red distribuidora en las ciudades, en ocasiones se llega a perder por fugas, hasta más de la mitad del consumo. Aún en ciudades con sistemas de distribución de alta tecnología, se pierden entre 25 y 38% del flujo total de agua (Rojas, 1992).

### *Los indicadores*

A la par de propugnar por alcanzar un desarrollo sustentable, comenzaron a elaborar métodos en diferentes países, para tener indicadores del impacto de las actividades humanas en la naturaleza; y con el fin de vislumbrar las alternativas de solución en nuestro camino hacia la sustentabilidad.

De esta forma, "Los Amigos de la Tierra" y el Instituto Wuppertal de Alemania, desarrollaron: el "Espacio Ambiental", que es un diagnóstico aproximado del espacio necesario para vivir adecuadamente (Spangenberg, 1997); y el "Índice del Proceso de Sustentabilidad" (Krotscheck, 1997) para medir la cantidad de energía y terreno necesario dentro de la ecósfera para producir nuestros bienes de consumo.

También en Alemania, surgió el "Índice de Intensidad de Masa por Unidad de Servicio" (Weizsäcker, 1994; Schimdt-Bleek, 1997), que analiza los procesos de producción de bienes, el impacto en la naturaleza y la "mochila ecológica" que cargan a nivel de flujos energéticos. En otras palabras, es un indicador para analizar los diferentes impactos por proceso de producción.

"*Ecocall*" (Environment Agency, 1997), elaborado en Inglaterra, es un indicador basado en el concepto de la huella ecológica, que proporciona un análisis a nivel de hogares, del impacto del estilo de vida que poseemos.

También el Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo, propuso el "*Polstar*" (Raskin, *et al.*, 1996a y 1996b), como el proceso de impacto por consumo. Al mismo tiempo, el Instituto Millenium de Estados Unidos desarrolló el "*Threshold 21*" (Millennium Institute, 1997), método cuantitativo para analizar los posibles escenarios de los impactos humanos en los ecosistemas.

Para nuestro estudio, decidimos utilizar la "Huella Ecológica" (Wackernagel, 1994), proceso desarrollado en la Universidad de British Columbia en Canadá, por Mathis Wackernagel en colaboración con el Profesor Rees (1990). Elegimos a la huella ecológica, debido a que es el único método que nos da una medida agregada del impacto total en la naturaleza, añadiendo los impactos individuales de una manera consistente con las leyes de la Termodinámica y los principios básicos de la Ecología. Así, podemos comparar el consumo humano con la capacidad productiva de la biósfera. Este método, mide el espacio bioproductivo necesario para satisfacer nuestras necesidades de recursos y servicios de la naturaleza, con la tecnología prevalecte.

### LA HUELLA ECOLÓGICA

Este método cuantitativo nos proporciona un resultado confiable de nuestro uso de naturaleza a diferentes niveles, desde el personal o comunitario hasta nacional y mundial (Wackernagel

*et al.*, 1997). El análisis se basa en tres aspectos básicos: primero, la capacidad de carga que tiene la naturaleza para sustentar nuestro estilo de vida; segundo, la constancia de masa en términos de los flujos energéticos dentro de los ecosistemas; y por último, la entropía inherente a los diversos procesos productivos y de manufactura en los que basamos nuestro consumo y economía (Wackernagel, *et al.*, 1998).

Debido a lo anterior, la Huella Ecológica cumple también con las características de contención de indicadores de sostenibilidad resumidas por De Camino y Müller (1992) y mencionadas por Gutiérrez (1993). Tiene asimismo un alto grado de comprensión, por la sencillez en la expresión de sus resultados, y es útil para mostrar nuestras necesidades y retos de la población.

La herramienta, dentro de sus balances, incluye una contabilidad del consumo de diferentes recursos ecológicos y un balance energético (cuadro 3). Desgraciadamente no cuenta entre sus categorías, con una evaluación destinada exclusivamente al uso y consumo del agua, siendo un componente elemental de los ecosistemas (Wackernagel y Yount, 1998). Por tal razón, se propone un método para poder calcular la huella ecológica del uso-consumo de agua y aplicarla al caso del municipio de Xalapa, Veracruz, México.

La propuesta de aplicación en Xalapa, si bien reviste una importancia local; una vez desarrollado el método sería útil para la evaluación en lugares con recursos hídricos limitados o con escasez hídrica. En tales sitios se requieren para hacer productivas una o dos hectáreas, hasta 10 000 m<sup>3</sup> de agua (North, 1986).

#### *La huella ecológica del uso de agua*

La huella ecológica, en este caso, del uso-consumo de agua, puede ayudarnos a tener una planeación más adecuada de nuestros recursos hídricos, y conocer el volumen real de agua consumido y utilizado por nuestra población. En general, sólo se conoce el volumen consumido en la red distribuidora de un lugar determinado, y no el agua incorporada a diferentes productos que consumimos, que también requieren de diferentes cantidades de agua en su producción y elaboración.

Con diferentes categorías de uso-consumo directo e indirecto, y la inclusión de las aguas negras dentro de una matriz de cálculo, que contenga el resultado del rendimiento de agua dentro de los ecosistemas en las microcuencas que abastecen el municipio a estudiar, podremos obtener la huella ecológica del agua.

Los resultados se plasmarán en figuras *per capita* de consumo en terreno bioproductivo. Al mismo tiempo de que se conozca la huella ecológica general de la municipalidad, obtendremos la matriz específica para el uso-consumo de agua. Esto es porque la huella ecológica del agua representa una parte significativa de la huella ecológica total; y un alto valor de uso, de un recurso elemental para la vida.

#### *El nivel nacional*

Para el caso de nuestro país, la Comisión Nacional del Agua (CNA) apunta que el consumo de agua se distribuye casi de la misma manera que a nivel mundial, es decir, el mayor consu-

sumidor es la agricultura, después sigue la industria y finalmente el consumo en los hogares (CNA, 1998). La cantidad de metros cúbicos por segundo que se proveen (tomas registradas) es de aproximadamente 27, no obstante nuestra nación se encuentra situada en regiones que se podrían denominar como de escasez hídrica (SEI, 1997). Además, algunas proyecciones apuntan que la región donde se sitúa México, sufrirá en el siglo XXI de escasez de agua (Yamahuchi, 1996). Por ejemplo, el norte de nuestro país se ha visto afectado por innumerables problemas relacionados con el acceso al agua, mientras que en la meseta central se concentran los más altos consumidores del líquido (CNA, 1998).

Aunado a esto, casi la mitad de nuestro territorio es categorizado como una zona árida y el país cuenta con altas tasas de desertificación (WRI, 1996; FAO, 1996b; WRI, 1998); razones más que de peso, para analizar desde diferentes perspectivas y enfoques, lo que está sucediendo con el aprovechamiento de nuestros recursos hídricos.

Asimismo, las tasas de deforestación (FAO, 1996a; FAO, 1996b), hacen peligrar las recargas de nuestras corrientes superficiales y subterráneas; y afecta el valor agregado del bosque, que representa la captación pluvial y la recarga de acuíferos.

A nivel nacional, Veracruz representa un interesante caso, pues no obstante que recibe casi la tercera parte del escurrimiento nacional, la mayoría de las ciudades y comunidades que ahí se encuentran, padecen problemas de acceso al recurso (Boege y Rodríguez, 1992).

### *El caso municipal*

A pesar de que Xalapa es la ciudad con más habitantes del estado de Veracruz y que se encuentra en la cara húmeda del Cofre de Perote presenta problemas de escasez de agua (INEGI, 1988a; INEGI, 1988b; H. Ayuntamiento, 1995a; INEGI, 1996a; INEGI, 1996c; Fundación Colosio, 1997).

Del promedio de agua que llega a la ciudad  $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ , se estima que 40% se pierde en la red de distribución. De acuerdo con los datos de consumo promedio, significaría que el volumen de agua que debiera satisfacer el consumo de toda la población sólo cubriría poco más de la mitad de la población total (H. Ayuntamiento, 1995b).

También existe un periodo seco en la región, que provoca la disminución del volumen de captación de agua para el servicio por red hasta en un 50%. De tal forma que el promedio se ve afectado, pues existen épocas del año en que hay una clara disminución de la oferta y el volumen de agua en la red se reduce hasta llegar a  $0.360 \text{ m}^3/\text{s}$ . Esta oferta de agua, en términos de provisión de la demanda total, sólo serviría para 33% de la población urbana<sup>2</sup> (H. Ayuntamiento, 1995a).

## MÉTODO

### *Propuesta metodológica*

La huella ecológica de Xalapa, se calculará a partir de la huella ecológica nacional y un conjunto de datos locales. Para el cálculo nacional existe una metodología utilizada y publicada

por Wackernagel *et al.*, (1997); y para la estimación de la huella ecológica a nivel de municipalidad, se tomarán como base los aspectos de la metodología desarrollada en las ciudades de Santiago de Chile (Wackernagel, 1998) y Toronto (Wackernagel, Callejas & Krause, 1998).

*La huella ecológica del uso de agua*

La huella ecológica del agua se compone de los elementos siguientes:

$$\text{HUELLA ECOLÓGICA AGUA [ha/cap]} = \text{b1 [ha]} + \text{b2 [ha]} + \text{b3 [ha]} + \text{b4 [ha]} + \text{b5 [ha]}$$

Personas

Donde:

La Huella Ecológica agua está medida en hectáreas *per capita* [ha/personas] y

b1 = terreno medido en [ha] necesario para recolectar el agua directamente consumida por una población.

b2 = terreno medido en [ha] necesario para compensar la pérdida de oportunidad por uso de agua de la población.

b3 = terreno medido en [ha] necesario para suministrar la infraestructura y energía que se requiere en la provisión y recolección del agua.

b4 = terreno medido en [ha] destinado exclusivamente a la absorción de las aguas negras.

b5 = terreno medido en [ha] ocupado por los usos indirectos del consumo de agua.

Así, podemos obtener el uso-consumo total de agua dentro del municipio y el espacio correspondiente. Aunque, debemos considerar que una gran parte del consumo no compromete la productividad biológica. Por ejemplo, la producción agrícola tiene una productividad total por medio de temporal, es decir, el rendimiento es total con el agua que naturalmente provee el ecosistema. En otros casos como la captación para el servicio por red distribuidora, se interrumpen las corrientes superficiales. En este caso, sí afecta la productividad biológica, por tanto, este espacio es considerado como huella ecológica adicional. Esta última es la que reviste la mayor importancia y la incluiremos como resultado del proceso de cálculo.

*Usos directos*

b1) Terreno necesario para recolectar el agua de uso cotidiano de una población.

$$\text{b1 [ha]} = \frac{\text{Aing [m}^3\text{/s]} - \text{Atra/ing [m}^3\text{/s]}}{\text{pa [ha/m}^3\text{/s]}}$$

Aing = Agua que ingresa a la red.

Atra/ing = Agua tratada que reingresa a la red (reciclada).

pa = productividad de agua dentro del ecosistema (terreno).



b2) Terreno necesario para compensar la pérdida de oportunidad por uso de agua de la población.

$$b2 \text{ [ha]} = b1 \text{ [ha]} \times dp$$

b1 = Terreno necesario para recolectar el agua de uso cotidiano de una población.

dp = disminución de la productividad de otras actividades, por el desarrollo de actividades agropecuarias. Medida con relación al porcentaje del cauce superficial o subterráneo que se aprovecha.

b3) Terreno necesario para suministrar toda la infraestructura y energía que se requiere en la provisión y recolección del agua.

$$b3 \text{ [ha]} = \text{mat [ha]} + \text{ener [ha]}$$

mat = hectáreas necesarias para la creación de los materiales utilizados en la infraestructura del agua (se elimina por incluirse en el consumo a nivel nacional).

ener = hectáreas necesarias para la generación de la energía utilizada en llevar agua a las ciudades (el costo energético para usar las bombas hidráulicas que trasladan el agua a un centro poblacional es diferente del consumo de energía en la ciudad por habitante, ya que la energía llega de manera directa a las bombas).

$$\text{Ener [ha]} = (\text{Epc [GJ/año]} \times \text{Epe [ha*\text{años}/\text{GJ}]}) + \dots$$

Epc = Energía por categoría de uso (Bomba hidráulica, infraestructura, tuberías, etc.) en [GJ/año].

Epe = Espacio ecológico necesario para la producción por unidad energética que se consume.

El uso de materia y energía ya se encuentra incluido en la huella ecológica nacional (como materiales de construcción o similares categorías). Por lo que agregarlo en la huella del agua provocaría un conteo doble.

b4) Terreno destinado exclusivamente a la absorción de las aguas negras.

$$b4 \text{ [ha]} = (\text{Asal [m}^3/\text{s]} - \text{Atra/ing [m}^3/\text{s}]) \times f3 \text{ [ha/ m}^3/\text{s]}$$

Asal = agua que sale de la red.

Atra/ing = agua tratada que reingresa a la red.

f3 = capacidad del terreno o cauce para absorber el agua contaminada o residual, medida como el rendimiento promedio de agua en la cuenca, dados los regímenes de lluvia. Para nuestro caso sólo se tomó el área de cauce que era afectada por las aguas negras, multiplicada por un factor de tiempo para autolimpieza del río.

*Usos indirectos*

b5) Terreno ocupado por los usos indirectos del consumo de agua.  
El último componente de la huella ecológica del agua es:

$$b5 \text{ [ha]} = \text{alim [ha]} + \text{prod [ha]} + \text{ener [ha]}$$

alim = [ha] necesarias para la producción de alimentos  
prod = [ha] necesarias para la elaboración de productos específicos  
ener = [ha] necesarias para la producción de la energía que se consume cotidianamente en los hogares o establecimientos del municipio.

$$\text{alim [ha]} = \text{Anp [m}^3/\text{ton]} \text{ pta [ha/ m}^3\text{]} \text{ cons1 [ton]}$$

Anp = agua necesaria para la producción de alimentos vegetales y animales.

pta = productividad de "otro" terreno para rendir agua.

cons1 = consumo de alimentos en el municipio.

$$\text{prod [a]} = (\text{Ane [m}^3/\text{u]} \times \text{ptp [ha/ m}^3\text{)])} \times \text{cons2 [u]}$$

Ane = agua necesaria para la elaboración de productos específicos.

ptp = productividad de "otro" terreno para rendir agua.

cons2 = consumo de productos en el municipio.

$$\text{ener [ha]} = (\text{Anc [m}^3/\text{s]} \times (\text{watts/hr})) \times \text{pte [ha/(m}^3/\text{s)]}/\text{cons}^3 \text{ [watts/hr]}$$

Anc = agua necesaria para la creación de energía en determinado tiempo.

pte = productividad de "otro" terreno para rendir agua.

cons3 = consumo de energía por tiempo en el municipio.

*La huella ecológica nacional*

Para el cálculo de la Huella Ecológica de Xalapa, nos basaremos en la Huella Ecológica Nacional, siguiendo la metodología de Wackernagel *et al.*, (1997). Esto debido a que no existen a nivel municipal la mayor parte de las estadísticas necesarias como: producción total de alimentos, importación y exportación de estos, manufacturas, productividad de los bosques, consumo de energía fósil o nuclear, etc. Así, podremos estimar la huella ecológica de manera directa, ayudados con la información local.

La fórmula simplificada de la huella ecológica nacional es:

$$\text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación} = \text{Consumo}$$

Así,

$$\frac{\text{Consumo}}{\text{Rendimiento}} = \text{Huella Ecológica}$$

*La huella ecológica municipal*

De esta forma se puede conocer el grado de consumo de una localidad como Xalapa, comparando los valores de elementos clave.

La fórmula básica (y simplificada) es la siguiente:

$$\frac{\text{huella nacional}}{\text{consumo nacional}} = \frac{\text{huella municipal}}{\text{consumo municipal}}$$

Se tomarán en cuenta los datos a nivel nacional, pues nos permite estimar el consumo de sus provincias, y por lo tanto, la huella ecológica de Xalapa.

LA HUELLA ECOLÓGICA DEL USO DE AGUA EN XALAPA

Para una revisión más detallada de los cálculos véase el cuadro 4, donde está completa la matriz de consumo-uso de agua.

De acuerdo al rendimiento del ecosistema donde se hallan las corrientes que abastecen a Xalapa (mapas 1 y 2), el valor obtenido de la Huella Ecológica del consumo de agua total es de 0.9 ha/persona. De las cuales 0.4 ha, es espacio adicional incluido dentro del cálculo de la huella municipal.

Esta huella adicional es la que compromete la bioproduktividad de los ecosistemas por el aprovechamiento del agua en nuestro municipio. El espacio adicional fue calculado como un porcentaje del consumo total para cada categoría, basados en estadísticas y mapas de fuentes como INEGI, UNAM, SAGAR y bases de datos de la Universidad Veracruzana.

Antes de entrar a los resultados de la huella total municipal, es importante tomar en consideración el valor de la huella por persona promedio en México, el cual es de 2.6 ha/persona; mientras que nuestra biocapacidad nacional es de 1.4 ha/persona, en promedio.

Tras el cálculo de la huella ecológica municipal, se obtuvo un valor de 2.2 ha/persona sin la inclusión del espacio adicional. Sumado a la huella adicional del uso-consumo de agua, tenemos un valor de 2.6 ha/persona de huella ecológica municipal final.

## CONCLUSIONES

### *Huellas y espacios adicionales*

El espacio adicional a la huella total, es casi la mitad de la huella ecológica del uso-consumo de agua. Pero debido a las características de precipitación y manejo de bosque en la región, este valor adicional no es muy grande. La mayor parte de los ecosistemas (del Cofre de Perote) por donde pasan las microcuencas y donde se recargan los nacimientos y manantiales, no poseen manejo de bosque, lo que ha disminuido considerablemente el volumen de captación de agua desde 1950 a la fecha.

Si tuviéramos que ser autosuficientes en cuanto al recurso agua en el municipio de Xalapa y no contáramos con ese valor agregado que posee el bosque en la región de Perote, necesitaríamos con el rendimiento de agua actual, más de diez veces las hectáreas que tiene hoy el municipio.

Tomando el valor de 2.6 ha de la huella total municipal, con la inclusión de la matriz de agua, podemos observar que poco menos de la cuarta parte estaría ocupada por el aprovechamiento y consumo actual del líquido. Este es un reto de planeación, pues el valor de uso del agua es bastante alto, considerando que es parte esencial de la vida en nuestro planeta.

Tomando como base el valor total de 2.6 ha de huella ecológica final, nos encontraríamos dentro del promedio nacional. Un valor alto de huella (consumo), si consideramos que Xalapa sólo proporciona cerca del 0.02% del PIB nacional.

Si bien, nuestro déficit ecológico es menor al promedio nacional (debido a la privilegiada disponibilidad de recursos naturales), con las tasas actuales de crecimiento y agotamiento de recursos podrá ir creciendo más, comprometiendo el bienestar en el mediano plazo.

### *Importancia del cálculo*

Con esta primera aproximación, trataremos de delinear las estrategias para desarrollar un programa y mejorar el aprovechamiento del agua en Xalapa. Además, el cálculo de la Huella Ecológica es un trascendental medio de comunicación y comprensión de la situación en la que nos encontramos y las alternativas que tenemos; cuenta con un potencial pedagógico para permear en la población sobre los costos ambientales de nuestro estilo de vida.

### *Conocer el consumo y uso de agua*

El agua es un componente básico de la vida y debemos tener un aprovechamiento sustentable del recurso, con el fin de que las generaciones futuras tengan también acceso.

Al conocer el consumo-uso aproximado del agua por persona dentro del municipio de Xalapa, podemos visualizar el costo ecológico de nuestras actividades.

De igual manera, cabe preguntarnos ¿estamos pagando el valor real del líquido? Las corrientes principales, nacimientos y manantiales de donde se abastece Xalapa, provienen de zonas específicas del Cofre de Perote, que históricamente han caído en el abandono e indi-

ferencia por parte de los habitantes de los sistemas urbanos. El abastecimiento de agua en Xalapa depende de que se conserve el bosque allí. Es necesario poner un interés adicional al consumo de agua, para poder mantener las actividades forestales sin que generen deterioro.

#### CÓMO ES NUESTRA HUELLA EN COMPARACIÓN

La huella ecológica total del municipio, incluyendo la matriz de agua es de 2.6 ha/persona promedio, igual al promedio nacional (sin considerar el agua). Podemos decir que el nivel de consumo de Xalapa, en promedio, es igual al consumo nacional, pero aún mayor a la eco-capacidad (promedio) existente dentro de nuestras fronteras.

Por ejemplo, un canadiense promedio necesita 7.7 ha (77 000 metros cuadrados), que le proporcionan lo necesario para sustentar su estilo de vida. Esto es, más de cinco cuadradas típicas de una ciudad. En comparación, el estadounidense promedio tiene una huella 30 por ciento más grande. Mientras que un italiano, en promedio, necesita un poco menos de dos terceras partes de lo que requiere un canadiense. Un sueco ocupa 6 ha y un colombiano 2 ha, mientras que un hindú sólo utiliza 0.8 ha.

Podemos observar que si bien nuestra huella es mucho menor a otros países, también existen huellas mucho menores a la nuestra. Actualmente el planeta tiene para proveer en promedio 2.0 ha/persona. Con la población estimada en los próximos años, debemos tratar de reducir nuestra huella y dejar espacio para la huella de los nuevos habitantes de la tierra.

Uno de los retos más importantes es proporcionar un alto bienestar humano con una huella muy pequeña. Teniendo evaluaciones como la presente podemos ver si vamos en la dirección correcta, por medio de una evaluación continua de nuestra huella ecológica. Identificando esto y trazando tendencias, podemos tener una significativa herramienta auxiliar en la toma de decisiones dentro de los planes presentes y futuros de desarrollo.

#### *Limitaciones del estudio*

Este estudio es sólo una primera aproximación a la evaluación de los costos ambientales de nuestras actividades y consumo. Se deben realizar análisis más detallados. Necesitamos tener una buena compilación de datos acerca de lo que tenemos y lo que consumimos (como por ejemplo, el rendimiento de agua en las diferentes zonas de donde proviene, así como para la producción agrícola). Para el caso de Xalapa, 40% del agua que se consume (monto igual al que se pierde por fugas), proviene de Huitzilapan, en Puebla; y asumimos el mismo valor de rendimiento de agua, que sin duda, es diferente.

Nuestro análisis por sí mismo otorga un valor cuantitativo de la situación. Pero si no hacemos análisis continuos, y no marcamos las directrices de acción, sólo tendremos otro documento informativo de algo que todos inferimos que está sucediendo.

No incluimos un análisis de bienestar social, también básico para hablar de sustentabilidad. Es necesario formar equipos interdisciplinarios de profesionales para poder lograr resultados más concretos.

El conteo está algo subestimado, ya que los valores deben ser más altos para algunos rubros. De cualquier manera podemos observar a través de un indicador, lo que está sucediendo y proyectar lo que ocurrirá en los próximos años si seguimos con los ritmos actuales. Finalmente, muchos de los datos que utilizamos eran distintos a las fuentes oficiales, para la misma categoría. Así que obtuvimos promedios o tomamos el que nos pareció más real, de acuerdo a la inclusión de diferentes variables, como PIB municipal, habitantes promedio por hogar, PEA, etc., para el uso y consumo de diferentes productos.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Anáhuac por su confianza y apoyo en las investigaciones. A la SEDAP por la cortesía de los resultados del rendimiento de agua. Iliana Pamánes por la ayuda en la elaboración de material visual. A Ma. Antonieta Vázquez por su apoyo en la elaboración de mapas y cuadros. A Elmira, Dalí, Isaias, Ina, Quiyari, Itzel, Pascual, Alexandro, Ethel y Liliana, por su inagotable alegría y observaciones respecto al trabajo. A Patricia Ávila por sus comentarios y apoyo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVITZ, Janet N., "Imperiled Waters, Impoverished Future: The Decline of Freshwater Ecosystems", en *World Watch Paper*, vol. 128, núm. 3, Washington, Worldwatch Institute, 1996, pp. 5-80.
- BARNEY, O Gerald, Jane BLEWETT y Kristen R. BARNEY, *Global 2000, What shall we do? The critical Issues of the 21st Century*, Millennium Institute, Virginia, EUA, 1993.
- BOEGE, Eckart e Hipólito RODRÍGUEZ, *Desarrollo y Medio Ambiente en Veracruz*, México, Instituto de Ecología/Fundación Friedrich Ebert/CIESAS, 1992, pp. 1-29.
- BROWN, Lester, Alan DURNING, Christopher FLAVIN, Hilary FRENCH, Nicolas LENSSEN, Marcia LOWE, Ann MISH, Sandra POSTEL, Michael RENNER, Linda STARKE, Peter WEBER y Jonh YOUNG, *State of the World*, Nueva York, W. W. Northon, 1994.
- COHEN, Joel E., *How Many People Can The Earth Support?*, Nueva York, W. W. Norton & Company, 1995, pp. 297-329.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA), *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento a diciembre de 1996*, México, CNA, 1998.
- COTTRELL, David, "Inorganic Energy Sources: Wind and Water", en *EFB 522 The Ecology of the Economic Process*, State University of New York, primavera, 1996, pp. 39-51.
- DE CAMINO, R y S. MÜLLER, *Agricultura, recursos naturales y desarrollo sostenible, apuntes para el marco conceptual: La definición de sostenibilidad, las variables principales y bases para establecer indicadores*, Costa Rica, Proyecto IICA/GTZ, 1992.
- DORANTES, et al., *Análisis de la cuenca que alimenta Xalapa*, México, SEDAP, 1998.
- EKINS, Paul, Mayer HILLMAN y Robert HUTCHISON, *The GAIA atlas of Green Economics*, Nueva York, Anchor Books, 1992.

- EKINS, Paul, "An economics for sustainability", en *The third International Society of Ecological Economic Conference*, San José Costa Rica, octubre 24-28, 1994.
- ENVIRONMENT AGENCY, *Going for Green's EcoCal: Your Environmental Health Check (book of instructions and software)*, Manchester, Environment Agency, 1997.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), *Forests Resources Assessment 1990, tropical countries*, FAO, Forestry Paper, núm. 112, Roma, 1993.
- \_\_\_\_\_ *Forest Resources Assessment, 1990, Global synthesis*, FAO Forestry Paper, núm. 124, Roma, 1995a.
- \_\_\_\_\_ *Forests Resources Assessment 1990, Tropical forest plantation resources*, FAO Forestry Paper, núm. 128, Roma, 1995b.
- \_\_\_\_\_ *Forests Resources Assessment, 1990, Survey of tropical forest cover and study of change processes*, FAO Forestry Paper, núm. 130, Roma, 1996a.
- \_\_\_\_\_ *State of the World Forests*, Roma, 1996b.
- FUNDACIÓN COLOSIO, *Información básica, distrito electoral Xalapa*, Fundación Colosio/PRI, Xalapa, Veracruz, 1997.
- GUTIÉRREZ-ESPELETA, E. E., "Indicadores de Sostenibilidad: Instrumentos para la Evaluación de Políticas Nacionales", en *Conferencia en el 50avo Aniversario de la Facultad de Ciencias Económicas*, Costa Rica, 1993, pp. 1-10.
- HASAN, Rizvi, "Water experts call for Blue Revolution", en *Environmental News Network, Inc*, Islamabad, SDNP, agosto 27, 1998.
- H. AYUNTAMIENTO DE XALAPA, *Plan Municipal de Desarrollo 1995-1997. Versión abreviada*, Veracruz, H. Ayuntamiento de Xalapa, 1995a.
- \_\_\_\_\_ *Plan Municipal de Desarrollo 1995-1997. Extenso*, Veracruz, H. Ayuntamiento de Xalapa, 1995b.
- HORAN, Deborah, *Environment: Palestinians And Israelis Lock Horns Over Water*, EUA, InterPress Services, APC Networks, 1998.
- INEGI, *Conteo Nacional de Población y Vivienda*, t. I-X, México, INEGI, 1996.
- \_\_\_\_\_ *Anuario estadístico del Estado de Veracruz*, t. I, México, INEGI, 1996.
- \_\_\_\_\_ *Cuaderno estadístico municipal Xalapa, estado de Veracruz*, México, INEGI, 1996c.
- \_\_\_\_\_ *Síntesis Geográfica, Nomenclatura y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz*, México, INEGI, 1988a.
- \_\_\_\_\_ *Xalapa, Cuaderno de información básica para la planeación municipal*, INEGI, México, 1988b.
- \_\_\_\_\_ *Cuaderno estadístico municipal Xalapa*, México, 1996.
- JOHNS HOPKINS UNIVERSITY/Center for Communication Programs, *Hopkins report: Water and Population Crisis Looms: Water Crisis Looms as World Population Grows*, EUA, Johns Hopkins University, 1998.
- KROTSCHKECH, Christian, "Measuring eco-sustainability: comparison of mass and/or energy flows based highly aggregated indicators", en *Environmetrics*, vol. 8, 1997, pp. 661-681.

- MILLENNIUM Institute, *Threshold 21, software for authorized use*, Virginia, Millennium Institute, 1997.
- NORTH, Richard, *The Real Cost*, Londres, Chatto & Windus, 1986, pp. 107-129.
- ONU (mimeo), *Evaluación general de los recursos de agua dulce en el Mundo*, Nueva York, ONU/Comisión sobre el Desarrollo Sustentable, febrero, 1997.
- PIMENTEL, David y Marcia PIMENTEL, *Food, Energy and Society*, Colorado, University Press of Colorado, 1996, pp. 157-168.
- PIMENTEL, David, James HOUSER, Erika PREISS, Omar WHITE, Hope FANG, Leslie MESNICK, Troy BARSKY, Stephanie TARICHE, Jerrod SCHRECK y Sharon ALPERT, "Water Resources: Agriculture, the Environment, and Society. An assessment of the status of water resources", en *BioScience*, vol. 47, núm. 2, 1997, pp. 97-105.
- PRONK, J. y Mahbub UL HAQ, *El Informe de La Haya, desarrollo sostenible, del concepto a la acción*, MCDH, PNUD y CNUMAD, 1992.
- RASKIN, Paul, Michael CHADWICK, Tim JACKSON y Gerald LEACH, *POLESTAR, The Sustainability Transition, Beyond Conventional Development*, Stockholm Environment Institute, report 1, 1996a.
- *POLESTAR, PoleStar System Manual*, Stockholm Environment Institute, report 2, 1996b.
- REES, William, "The ecology of sustainable development", en *The Ecologist*, vol. 20, núm. 1, 1990.
- RESEARCH FOR MAN AND ENVIRONMENT (RIVM) y UNEP, *The Future of the Global Environment: A model-based analysis supporting UNEP's first global environment outlook*, RIVM/UNEP, 1997.
- ROJAS, Franz O, "Agua no contabilizada y su impacto en los sistemas de aprovechamiento", en *Ingeniería Ambiental*, año 5, núm. 17, 1992, pp. 11-20.
- SCHINDLER, D. W., "Interrelationships Between the Cycles of Elements in Freshwater Ecosystems", en *EFB 516 Ecosystems Part II*, State University of New York, primavera, 1997, pp. 448-453.
- SCHMIDT-BLEEK, F., *MIPS y Factor 10 para una Economía Sustentable y Productiva. Chile Sustentable*, Documentos de Trabajo, Santiago de Chile, 1997.
- SHIKLOMANOV, Igor A., "World Fresh Water Resources", en Peter H. Gleick, *Water in Crisis*, Nueva York, Oxford University Press, 1993.
- SPANAGENBERG, Joachim, *Integración de criterios en el concepto de sostenibilidad. Chile Sustentable*, Santiago de Chile, Documentos de Trabajo, 1997.
- STOCKHOLM Environment Institute, *Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world*, World Meteorological Organization, 1997, pp. 1-33.
- UNITED Nations Development Program (UNDP), *Human Development Report*, Oxford, Oxford University Press, 1994.
- VELÁZQUEZ, Ma. Teresa, "Dinámica Poblacional y Medio Ambiente", en *CIENCIAS*, núm. 44, México, 1996, pp. 56-63.
- WACKERNAGEL, Mathis, *Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: a Tool for Planing Toward Sustainability*, Tesis de doctorado, University of British Columbia, 1994.



- \_\_\_\_\_ y William E. REES, *Our ecological Footprint: Reducing human impact on the Earth*, Gabriola Island y Philadelphia, New Society Publishers, 1996.
- WACKERNAGEL, Mathis, Larry ONISTO, Alejandro CALLEJAS LINARES, Ina Susana LÓPEZ FALFÁN, Jesus MÉNDEZ GARCÍA, Ana Isabel SUÁREZ GUERRERO y Ma. Guadalupe SUÁREZ GUERRERO, *Ecological Footprint of Nations. How much nature do they use?-- How much Nature do they have?*, Costa Rica, Earth Council, 1997.
- WACKERNAGEL, Mathis, "The Ecological Footprint of Santiago de Chile", en *Local Environment*, vol. 3, núm.1, Canadá, 1998, pp. 7-25.
- WACKERNAGEL, M. y David YOUNT, "The Ecological Footprint: An indicator of progress toward regional sustainability", en *Environmental Monitoring and Assessment*, núm. 51, Holanda, Kluwer Academic Publishers, 1998, pp. 511-529.
- WACKERNAGEL, Mathis, Alejandro CALLEJAS y Erick KRAUSE, *The Ecological Footprint of Toronto*, Ontario, Centre for Sustainability Studies, 1998a.
- WACKERNAGEL, Mathis, Larry ONISTO, Patricia BELLO, Alejandro CALLEJAS LINARES, Ina Susana LÓPEZ FALFÁN, Jesús MÉNDEZ GARCÍA, Ana Isabel SUÁREZ GUERRERO y Ma. Guadalupe SUÁREZ GUERRERO. "National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint concept", en *Ecological Economics*, 1998b.
- WCED, *Our Common Future (report of the World Commission on Environmental and Development)*, Oxford y Nueva York, Oxford University Press, 1987.
- WEIZSÄCKER, Erns Ulrich von, *Wieviel Umwelt braucht der Mensch? MIPS Das Mass für ökologisches Wirtschaften*, Berlín, Birkhäuser Verlag, 1994.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE, *World Resources 1988-89, An assessment of the resource base that supports the global economy*, Nueva York, Basics Books Inc, 1988.
- \_\_\_\_\_ *World Resources 1992-93, Toward Sustainable Development*, Nueva York, Oxford University Press, 1992.
- \_\_\_\_\_ *World Resources 1994-95, People and Environment*, Nueva York, Oxford University Press, 1994.
- \_\_\_\_\_ *World Resources 1996-97, The Urban Environment*, Nueva York, Oxford University Press, 1996.
- \_\_\_\_\_ *World Resources 1998-99, A Guide to Global*, Nueva York, Oxford University Press, 1998.
- YAMAUCHI, Hiroshi, "Global fresh water resources, supply and use", en *Sesión internacional del Programa LEAD*, Okinawa, 1996.

#### BIBLIOGRAFÍA DE ESTADÍSTICAS

- COMISIÓN Nacional del Agua (CNA), *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento a diciembre de 1996*, CNA, México, 1998.
- \_\_\_\_\_ *Estadísticas meteorológicas de la estación Xalapa*, México, 1997.
- FOOD and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (3), *FAO, Yearbook: Production, 1994*, vol. 48, Roma, 1995.
- \_\_\_\_\_ (4), *FAO, Yearbook: Forest Production 1993*, Roma, 1994.

- \_\_\_\_\_ *State of the World Forests*, Roma, 1996.
- FUNDACIÓN COLOSIO, *Información básica, distrito electoral Xalapa*, Fundación Colosio/PRI, Xalapa, 1997.
- GARZA, Gustavo y Salvador RIVERA, *Dinámica Macroeconómica de las ciudades en México*, México, INEGI/El Colegio de México/UNAM-IIS, 1994.
- INEGI, *Síntesis Geográfica, Nomenclatura y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz*, INEGI, 1988a.
- \_\_\_\_\_ *Xalapa, Cuaderno de información básica para la planeación municipal*, INEGI, 1988b.
- \_\_\_\_\_ *Anuario estadístico del Estado de Veracruz*, t. II, INEGI, 1996b.
- \_\_\_\_\_ *Cuaderno estadístico municipal Xalapa, estado de Veracruz*, INEGI, 1996c.
- \_\_\_\_\_ *Anuario del sector Energético Nacional, Edición 1996*, INEGI, 1996d.
- UNITED Nations, *1993 International Trade Statistics Yearbook*, vol. 1, Nueva York, Department for Economic and Social Information and Policy Analysis, Statistical División, 1995.
- \_\_\_\_\_ *Conference on Trade and Development (UNCTAD) Commodity Yearbook 1994*, Nueva York y Génova, 1994.
- WORLD Resources Institute (WRI), *World Resources 1995-1996*, World Resources Institute, UNEP, UNDP, The World Bank, Washington, 1995.
- \_\_\_\_\_ *World Resources 1996-1997*, World Resources Institute, UNEP, UNDP, The World Bank, Washington, 1996.

ANEXO

Cuadro 1  
Agua incorporada al consumo

Producto	Productividad (ton/ha/año)	Requerimiento de agua en (m <sup>3</sup> /ha/año)
Maíz	6 - 9	5000 - 8000
Plátanos	40 - 60	12000 - 22000
Papa	25 - 35	5000 - 7000
Arroz	6 - 8	4500 - 7000

Fuente: Adaptación de los datos tomados de Pimentel y Pimentel (1996)

Cuadro 2  
Agua incorporada al uso indirecto

Producto en unidad	Agua necesaria para la elaboración (m <sup>3</sup> )
Huevo	0.152
Carne (1kg)	9.625
Gasolina (1 l)	0.030 - 0.096
Periódico	1.078
Auto nuevo	385
Generación de electricidad (por persona Gw/año)	2.772

Fuente: Adaptación de los datos tomados de North (1986).

Cuadro 3  
Caracterización de la Huella Ecológica

Categoría Usos excluyentes del ecoespacio	Unidades Hectáreas [ha]	Definición Situación actual y significado
Absorción de CO <sub>2</sub>	[ha]	Es el ecoespacio que debemos dejar para la absorción del CO <sub>2</sub> emitido. También es la cantidad de tierra que se necesita para un combustible biológico sustituto.
Tierra cultivable	[ha]	Es el terreno más productivo en cuanto a la generación de biomasa. De acuerdo a FAO, existen cerca de 1.35 billones de hectáreas que se pueden cultivar y se abandona cerca de 10 millones de hectáreas cada año. Por lo que se puede hablar que existe 0.25 hectáreas <i>per capita</i> promedio, a nivel global.
Terreno construido	[ha]	Se refiere al espacio que ya no está disponible para la naturaleza debido a que se encuentra construido. Es la tierra que se dedica a asentamientos humanos y a la construcción de carreteras y caminos. Tiene una equivalencia aproximada a 0.3 ha <i>per capita</i> .
Pastos	[ha]	El bioespacio que se dedica a la ganadería en sus diferentes formas. Existen 3.35 billones de hectáreas destinadas para forrajes, eso da 0.6 hectáreas por persona a nivel global. En la eficiencia de conversión de las plantas a los animales, el flujo energético bioquímico se reduce en un factor de 10.
Bosques	[ha]	Se refiere a la tierra que se dedica para poder obtener productos maderables. Se tiene una disponibilidad de 3.44 billones de hectáreas a nivel global, que resulta en 0.6 hectáreas promedio, <i>per capita</i> a nivel mundial.
Espacio marítimo	[ha]	Se compone de 36.6 billones de hectáreas a nivel global, o un poco más de 6 hectáreas por persona. En sólo 0.5 ha de estas 6 ha se mantiene 95% de la producción marina total. La actividad ecológica del mar se mide en área (y no en volumen como comunmente se piensa), porque el tamaño de la superficie es lo que determina la productividad.
Agua	[ha]	Aún no considerada en los cálculos.

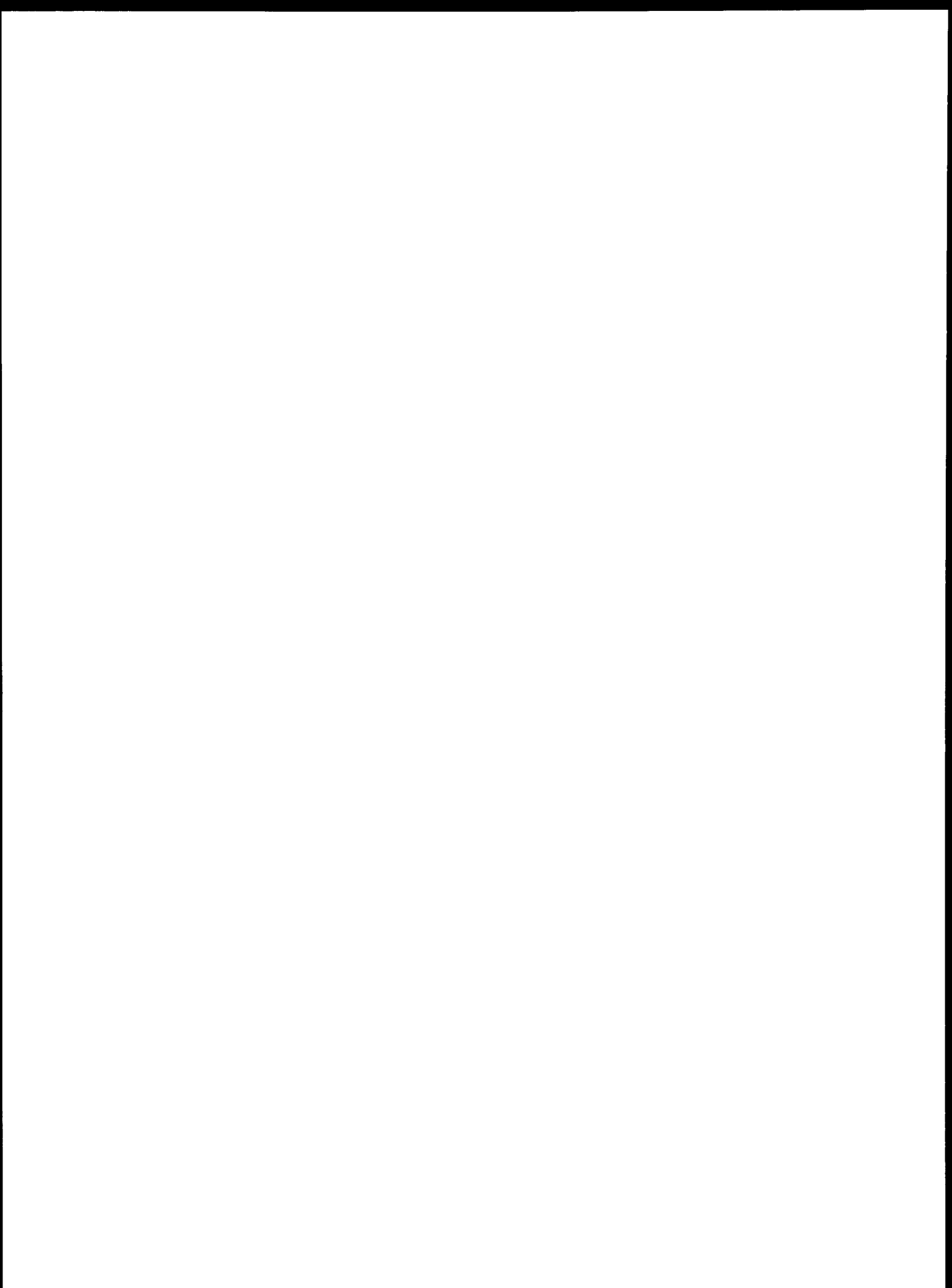
Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4**  
Matriz de uso-consumo de agua en la municipalidad de Xalapa, Veracruz, México

Población de la municipalidad de Xalapa en 1995 era de: 378,250 habitantes							
<b>Matriz uso-consumo</b>							
	Rendimiento del ecosistema para la provisión de agua [m3/ha/año]	Producción [kg/m3]	Consumo [m3/año]	Consumo [m3/año/cap]	EF comp. [ha/cap]	Porcentaje primario	EF adic. [ha/cap]
<b>Consumo directo</b>	1 287		34 058 880	90		90%	
.domiciliaria			11 491 466	30	0.024	90%	0.021
.comercial			4 158 589	11	0.009	90%	0.008
.industrial			6 260 022	17		90%	
.ANC			12 148 802	32	0.018	90%	0.016
<b>Aguas negras</b>		Producción de Aguas R.	Serv. Natural		uso del servicio		
.red		[m3/año]	[ha/año]		[ha/cap]		
		72,928,480	14		0.00	100%	0.000
<b>Consumo y uso indirecto</b>							
		producción	consumo	consumo			
<b>Comida</b>		[m3/kg]	[m3/año]	[m3/año/cap]			
.productos animales							
..res	1 287	16	96 832 000	256	0.20	40%	0.080
..pollo		3	23 829 750	63	0.05	20%	0.010
..puerco		6	47 659 500	126	0.10	30%	0.029
..leche (incl. en carne de res)		3	118 014 000	312	0.24	40%	0.097
..huevos		3	12 850 812	34	0.03	20%	0.005
.raíces y tubérculos							
..papa		1	4 283 604	11	0.01	5%	0.000
.otros productos							

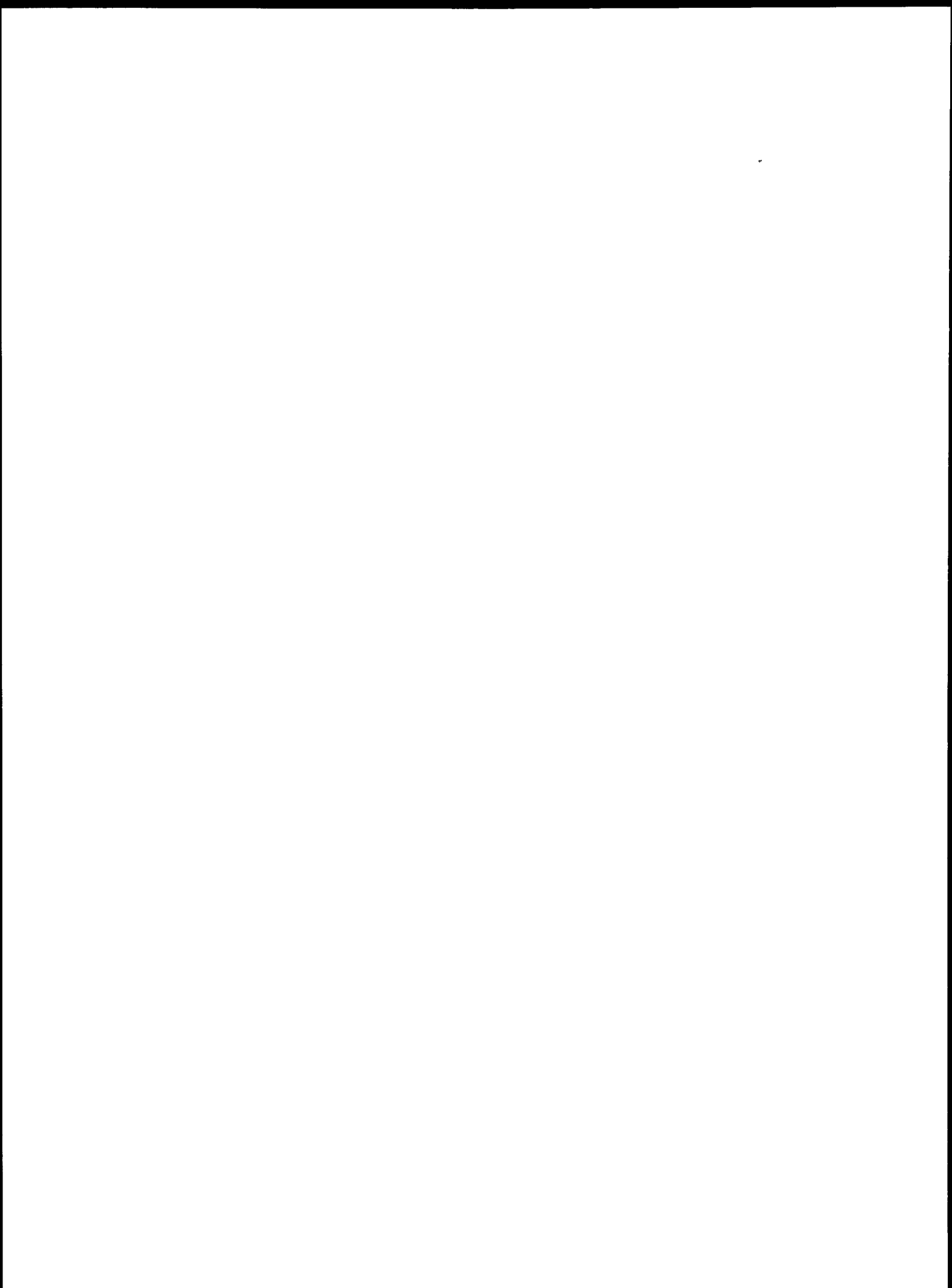
	Rendimiento del ecosistema para la provisión de agua [m3/ha/año]	Producción [kg/m3]	Consumo [m3/año]	Consumo [m3/año/cap]	EF comp. [ha/cap]	Porcentaje primario	EF adic. [ha/cap]
..maíz		1	13 707 533	36	0.03	10%	0.003
..trigo		1	7 710 487	20	0.02	50%	0.008
..arroz		2	8 190 251	22	0.02	70%	0.012
..frijol		1	2 141 802	6	0.00	5%	0.000
.frutas							
..plátano		0	1 456 425	4	0.00	15%	0.000
..caña de azúcar		0	1 713 442	5	0.00	30%	0.001
..cacahuete		2	1 606 352	4	0.00	15%	0.000
<b>Energía</b>			[lt/GW/h/año]				
.energía en ciudad	incl. en el cálculo nacional		0	0	0.00		
.ener. p/bombeo de agua	incl. en el calculo estatal		0	0	0.00		
<b>Pérdida de Oportunidad</b>							
.ecosistema		n.v.	n.v.		0.00	0%	0.000
<b>Bienes y servicios</b>		[m3/unidad]	[m3/año]	[m3/año/cap]			
.automóviles	1 287	385	3 740 583	10	0.01	90%	0.007
		[m3/litro]	[m3/año]	[m3/año/cap]			
.gasolina	1 287	0.05	78 790 320	208	0.16	70%	0.113
.madera		n.v.	n.v.	0	0.00	0%	0.000
.prod. de papel		n.v.	n.v.	0	0.00	0%	0.000
n.v.- no existen valores				1,297	0.92	<b>Huella Ecológica Adicional</b>	0.411





IV  
USO Y MANEJO DEL AGUA DE RIEGO





## LA PRIMERA TRANSFERENCIA: GESTIÓN Y ADMINISTRACIÓN FEDERAL DEL AGUA EN MÉXICO

Martín Sánchez<sup>1</sup>

De unos años a la fecha, tanto en el ámbito oficial como en el sector agropecuario académico, se ha venido programando, discutiendo y analizando el programa de transferencia de los distritos de riego en el país. Esto surge en el contexto de las reformas al Artículo 27 Constitucional y a la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales. De acuerdo con la versión oficial, el modelo económico vigente obliga a implementar cambios "profundos" en la gestión y administración de los recursos naturales, donde el Estado juega un papel importante. ¿Qué tan profundos son los cambios propuestos? ¿Cuáles son los límites autoimpuestos de la acción gubernamental? Para responder algunas de estas preguntas, he decidido recurrir al análisis histórico ya que muchas interrogantes encuentran su respuesta en el pasado. En el caso particular de la gestión y administración del agua, el estudio del pasado nos revela con mayor claridad la dirección de los cambios propuestos por los actuales administradores federales.

El ensayo pretende dar testimonio del proceso que siguió el gobierno nacional para transferir, a una agencia federal, el control de la gestión y administración del agua, que por más de 350 años había estado en manos de usuarios y poderes locales. Igual que el presente, el primer proceso de transferencia ocurrido durante el gobierno de Porfirio Díaz respondió a dos motivaciones principales: 1) La aplicación de un programa de modernización para resolver los problemas económicos del país, y 2) La definición del papel del gobierno federal en el desarrollo de México. En ambos aspectos, lo ocurrido en nuestro país puede verse como un ejemplo más de lo que estaba pasando en otras partes del planeta cuando no se hablaba de la globalización.<sup>2</sup>

### CONTROL Y ADMINISTRACIÓN LOCAL DEL AGUA

En la investigación he tratado de sintetizar algunas de las características comunes de la administración local del agua: por espacio de cuatrocientos años prevaleció un control y administración descentralizada de los recursos hidráulicos. Esto se reflejó en la ausencia de una

1. Profesor investigador del Centro de Estudios Históricos de El Colegio de Michoacán.
2. Una breve comparación sobre países de América Latina puede encontrarse en el estudio de la CEPAL, *La gestión de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe*, Santiago de Chile, Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 1989.

autoridad dependiente del gobierno nacional, que se encargará de: tramitar los derechos de agua; reglamentar y vigilar el acceso y uso del recurso; mediar en los conflictos, invertir en infraestructura hidráulica y participar en la organización social de los usuarios.

Fuera de la ciudad de México, la intervención de las autoridades centrales parece haberse circunscrito a una inicial concesión de derechos originales. Esta ausencia de control central permitió a usuarios y autoridades locales ejercer una amplia libertad para organizar a su conveniencia los procesos de gestión y administración de los recursos hidráulicos.

Con el advenimiento de la Independencia y las luchas intestinas de la primera mitad del siglo XIX, la prerrogativa del gobierno central de otorgar mercedes de agua, se fue diluyendo para dar paso a una mayor presencia de los gobiernos de los estados, fundamentalmente de los Ayuntamientos. Para mediados y fines del siglo XIX, la gestión terminó por convertirse en un acuerdo entre particulares o un proceso que difícilmente pasó las fronteras municipales.

Desde la época colonial, la compra-venta, arrendamiento, hipoteca, cesión y convenio para el acceso al agua, ha sido uno de los métodos de gestión más socorridos entre individuos que desean hacer uso del vital líquido. Mientras que las autoridades civiles locales, se encargaron de conceder las nuevas mercedes o derechos de agua en sus respectivas jurisdicciones.

Un contrato típico de compra-venta de derechos de agua fue el celebrado en Celaya entre Manuel Gómez de Linares y Manuel Zimavilla el 10 de junio de 1848, donde el primero vendió la mitad de sus derechos de agua a cambio de cierta cantidad de dinero con el compromiso de compartir los gastos de mantenimiento de los canales. El agua sería repartida equitativamente cada semana correspondiéndoles tres días y medio a cada propietario.<sup>3</sup>

En el siglo XIX cuando el usuario gestionaba una merced de agua ante las autoridades locales, se ponían ciertas condiciones. Por ejemplo, el ayuntamiento de Uruapan especificaba que nadie podía hacer uso ni construir tomas de agua sin el consentimiento expreso de las autoridades locales. Para tener el permiso, los interesados debían dirigir solicitudes por escrito acompañada de un plano donde se expresara el tipo de obras a practicar. Cumplido con este primer requerimiento, la solicitud pasaba a una comisión dictaminadora o perito en la materia quien emitía un dictamen técnico que servía de base para la discusión en el seno del Cabildo.<sup>4</sup> Procesos similares se seguían en Zamora, Michoacán y Alamos, Sonora.<sup>5</sup>

Durante el largo periodo colonial y decimonónico, la administración de los recursos hidráulicos también fue un proceso controlado por las instancias locales. En este caso, los sistemas hidráulicos fueron manejados por dos tipos de asociaciones de usuarios: la pública y la privada. En ambos, las labores de mantenimiento (limpia de las acequias, vallados, puentes

3. Archivo Histórico del Agua, *Aprovechamientos Superficiales*, Caja 4604, Exp. 61292, ff. 9-10. Este tipo de gestiones están registradas por los autores que han trabajado el tema y los archivos notariales guardan gran cantidad de información sobre lo mismo. Véase Michael C. Meyer, *El agua en el Suroeste hispánico. Una historia social y legal 1550-1850*, CIESAS/IMTA, México, 1997, pp. 96-97 y 146-147; Michael Murphy, *Irrigation in the Bajío Region of Colonial Mexico*, Boulder, Westview Press, 1986; Kjell I. Enge y Scott Whiteford, *The Keepers of Water and Earth. Mexican Rural Social Organization and Irrigation*, Austin, University of Texas Press, 1989; Luis Emilio Henaó, *Tehuacán. Campesinado e Irrigación*, México, Edicol, 1980, pp. 224-236.
4. *Reglamento para el uso de las aguas de regadío de la Municipalidad de Uruapan, aprobado por el Ayuntamiento en sesión del día 3 de Julio de 1880*, s.p.i., p. 1.
5. *Bando de Policía y Reglamento de Aguas y Caminos del Municipio de Zamora*, Zamora, Tip. de Teodoro Silva, 1873; "Título de una merced de agua sobre el Río Mayo, concedida por el Ayuntamiento de Alamo a favor del ciudadano Antonio Goycoolea, 1873", en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, año 4, núm. 11, septiembre-diciembre 1997.

y acueductos) se hacían entre todos los propietarios en razón de sus derechos de agua. De la misma manera, la distribución del líquido, la aplicación de sanciones, la atención y resolución de conflictos eran asumidos por aparatos que dependían de las autoridades locales o de la asociación de usuarios.

Situaciones como las descritas fueron cambiando a partir del año 1888 con la publicación de la Ley General de Vías de Comunicación. En esta fecha, se puede marcar el inicio legal de la intervención federal en la gestión y administración de los recursos hidráulicos del país y, por lo mismo, el comienzo del proceso de la primera y única transferencia que se puede hablar.

#### FEDERALIZACIÓN SINÓNIMO DE CENTRALIZACIÓN

En México, como lo señala Luis Aboites (1998), el término federalización ha sido entendido como sinónimo del proceso de concentración de facultades políticas y legales en el gobierno federal, es decir, la centralización.<sup>6</sup> Por lo mismo, la administración de los recursos hidráulicos, como la fiscal o la minera, ha sido uno más de los diversos ramos sujetos a la dinámica centralizadora. En este caso, el proceso tuvo su inicio formal con la polémica Ley del 5 de junio de 1888, que declaraba como vía general de comunicación los mares territoriales, los esteros y lagunas; los canales construidos por la federación o con auxilio del erario nacional; los lagos y los ríos flotables o navegables o que sirvieran de límites a la República o a dos o más estados de la unión.<sup>7</sup>

Si nos apegamos al texto legal, la Ley de 1888 sólo fijaba la jurisdicción del gobierno central sobre las vías generales de comunicación y en ningún momento establecía la propiedad de las mismas.<sup>8</sup> Sin embargo, desde esta primera ley, el gobierno federal dispuso los mecanismos para establecer las normas sobre la gestión de los recursos como si éstos hubieran sido siempre de su propiedad. Al disponer que, los títulos de concesión y las confirmaciones de los derechos particulares en los lagos, ríos y canales, objeto de la ley, sólo podían ser otorgados por la Secretaría de Fomento,<sup>9</sup> se inició en México la transferencia de los mecanismos de gestión para acceder a los recursos hidráulicos.

En cuanto a la administración, el Decreto de 1888 sólo se refería a que el ejecutivo federal haría tareas de vigilancia y policía, y que se le facultaba para reglamentar el uso público y privado del agua.<sup>10</sup> No obstante la vaguedad de las funciones a desempeñar, resulta evidente la injerencia federal en la operación de los sistemas hidráulicos construidos con fondos particulares o comunitarios.

6. Luis Aboites Aguilar, *El agua de la nación. Una historia política de México (1888-1946)*, México, CIESAS, 1998, p. 11.

7. Manuel Dublán y José María Lozano, *Legislación Mexicana*, t. XIX, México, varios años (1876-1904), p. 153. Algunos estudios contemporáneos resumen la polémica sobre esta ley. Al respecto, véase las obras de Clifton Kroeber, *El Hombre, la tierra y el agua. Las políticas en torno a la irrigación en la agricultura de México, 1885-1911*, CIESAS/IMTA, México 1998, *passim*; Martín Sánchez Rodríguez, "La herencia del pasado. La Centralización de los recursos acuíferos en México", en *Relaciones*, vol. XIV, núm. 54, pp. 26-29; Luis Aboites, *El agua*, pp. 82-89.

8. Luis Aboites, *El agua*, p. 83.

9. Manuel Dublán y José María Lozano, *Legislación Mexicana*, t. XIX, p. 153.

10. *Idem*.

Cubrir las grandes omisiones legales y administrativas que la Ley de 1888 había dejado, fue un proceso que duró algunos lustros. Lo interesante del caso es que el proceso traspasó el marco cronológico del antiguo régimen y, con variaciones importantes, fue asumido y perfeccionado por los gobiernos de la revolución. Ésta es sólo una de las posibles lecturas que pueden hacerse a las Leyes de 1894, 1896, 1902; la reforma constitucional de la fracción XXII del Artículo 72; la Ley de Aguas de Jurisdicción Federal de 1910; el Artículo 27 Constitucional; la Ley de Irrigación de 1926 y sucesivas. De acuerdo con esta lectura, la Ley del 6 de junio de 1894 que autorizaba al Ejecutivo a hacer concesiones para aprovechar las aguas de jurisdicción federal en riegos y en la industria, vino a ser otra limitante para avanzar sobre algunos aspectos que había dejado pendiente la anterior ley. En primer término, se autorizó expresamente al Ejecutivo para que pudiera conceder derechos en las aguas de jurisdicción federal; aspecto que había sido vagamente mencionado en la Ley de 1888.<sup>11</sup> En segundo lugar, se afinó el proceso de gestión estableciendo mecanismos más precisos para que individuos y empresas pudieran tener acceso a las aguas federales. Por ejemplo, se comenzó a solicitar la presentación de planos, perfiles y memorias descriptivas de las obras; se les obligó a admitir un ingeniero nombrado por el Ejecutivo y pagado por los empresarios, como inspector de los trabajos de trazo y construcción de todas las obras, y se impuso como requisito la publicación de la solicitud en el periódico oficial de la Federación y del estado respectivo.<sup>12</sup>

Algunos estados como Michoacán, Jalisco y Oaxaca acataron sin más las disposiciones federales. En los tres casos se giraron órdenes o se emitieron leyes dejando a salvo lo dispuesto por la Ley de Vías Generales de Comunicación.<sup>13</sup> Otros al parecer hicieron caso omiso y continuaron otorgando concesiones. Para que no hubiera dudas sobre el dominio que estaba imponiendo el gobierno federal, el 18 de diciembre de 1896, el Congreso de la Unión decretó que por única ocasión el Ejecutivo de la Unión revalidaría las concesiones. Es decir, aquellas que las autoridades de los estados hubieran hecho a particulares sobre aguas federales después del 5 de junio de 1888 y hasta la fecha de publicación del decreto.<sup>14</sup>

Un paso decisivo fue dado con las leyes del 18 de diciembre de 1902 y la reforma constitucional del 20 de junio de 1908. Esto es porque introdujeron el concepto de dominio público sobre las corrientes federales. En forma particular, la reforma a la fracción XXII del Artículo 72 Constitucional de junio de 1908, amplió las facultades del Congreso para definir y determinar cuáles eran las aguas de jurisdicción federal, y expedir leyes sobre su uso y aprovechamiento.<sup>15</sup> Con estas reformas, se trató de adecuar al marco constitucional que se había venido haciendo durante varios años: imponer el concepto de dominio público sobre las aguas, obligando su reconocimiento mediante la solicitud de una concesión.<sup>16</sup>

El siguiente cambio ocurrió en 1910, con la publicación de la primera Ley y Reglamento de Aguas de Jurisdicción Federal, que vino a derogar a las anteriores al concretar todo lo que hasta en ese momento concernía al dominio, gestión, y administración de las aguas

11. Dublán y Lozano, *Legislación Mexicana*, t. XXIV, p. 180.

12. *Idem*.

13. Sánchez Rodríguez, *La herencia*, pp. 29 y 31; *Ley sobre el uso y aprovechamiento de las aguas del estado expedida por la H. Legislatura del mismo, el 28 de enero de 1905*, Oaxaca, Imprenta del Estado, 1905.

14. Dublán y Lozano, *Legislación Mexicana*, t. XXVI, p. 563; Luis Aboites, *El agua*, p. 86.

15. Felipe Tena Ramírez, *Leyes fundamentales de México*, México, Porrúa, 1982, p. 716; Sánchez Rodríguez, *La herencia*, p. 30.

16. Luis Aboites, *El agua*, pp. 86-87.

federales en el país. En los dos últimos términos, el ordenamiento legal dispuso que correspondía al poder ejecutivo federal: la expedición de reglamentos sobre navegación, flotación, pesca y explotación de productos de las aguas; la concesión de usos y aprovechamientos determinados; la confirmación de derechos preexistentes, la celebración de contratos de colonización, la ejecución de obras y las labores de policía y vigilancia.<sup>17</sup>

Con esta ley, el gobierno federal no sólo obligó a los usuarios pasados y futuros a gestionar en sus oficinas la concesión o confirmación de derechos, dentro de este mismo proceso, se determinaron los tiempos en que se deberían realizar los trámites de acuerdo con las características de la concesión. De esta forma, la Secretaría de Fomento fijó los plazos para que el concesionario presentara los proyectos para su aprobación; también determinó el momento en que se podía iniciar y concluir los reconocimientos y trazos para la localización de las obras y para la formación de proyectos y, finalmente, para el inicio y conclusión de las obras autorizadas.<sup>18</sup>

En su afán por controlar el proceso de gestión, la ley prohibió el traspaso o gravamen de las concesiones sin previa autorización, amenazando con la pérdida del uso. Si la concesión había sido otorgada para riego y fuera enajenada juntamente con la tierra, entonces el concesionario estaría obligado a dar aviso del cambio a las autoridades.<sup>19</sup>

De manera discrecional, la Federación también determinó la vigencia de las concesiones según los usos del agua. Los permisos para riego fueron indefinidos, siempre y cuando no se dejaran de usar por cinco años consecutivos o se destinaran a un uso distinto del que amparaba la concesión; lo mismo ocurrió para la producción de energía y las industrias derivadas de las explotaciones agrícolas. Las concesiones para la producción de energía y servicios industriales o compañías para ministrar agua mediante el pago de cuotas, se otorgaron por un periodo de 20 a 99 años dependiendo de su "utilidad general", la importancia de las obras y el monto del capital invertido.<sup>20</sup>

En la Ley de Aguas de 1910 no sólo se buscó la dependencia del usuario frente al gobierno federal, saltándose las disposiciones locales; también se construyeron las bases para obligar a los antiguos usuarios y propietarios de las aguas a que reconocieran la autoridad del gobierno general en las aguas nacionales. En ese caso, la figura jurídica de la confirmación vino a ser el mecanismo idóneo para tales fines.

A la Ley de Aguas de 1910, le siguió la publicación del reglamento respectivo. En este documento se definieron cuestiones prácticas pero igualmente trascendentales que tenían que ver con la gestión y la administración. En el primer artículo, se especificó que el Poder Ejecutivo, por conducto de la Secretaría de Fomento, declarararía las aguas de jurisdicción federal, previa realización de un estudio técnico.<sup>21</sup>

En los artículos sucesivos, se fijó el resto de las reglas del juego. Por ejemplo: que las solicitudes deberían de hacerse por memorial dirigido a la Secretaría de Fomento y deberían de contener: el nombre del solicitante, domicilio y lugar para recibir notificaciones; el nombre

17. *Ley de aguas de jurisdicción federal y su reglamento*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1923, pp. 6-7.

18. *Ibid.*, p. 11.

19. *Ibid.*, p. 13.

20. *Ibid.*, pp. 14-15.

21. *Ibid.*, pp. 4-5.

de la corriente o depósito y las distintas denominaciones que tomara en su trayecto; la ubicación del proyecto, el objeto a que se pretendía destinar el agua, volumen que se pretendía tomar expresado en metros cúbicos o en litros por segundo.<sup>22</sup> También se dispuso que las solicitudes aparecerían publicadas tres veces consecutivas y con intervalos decenales en el Diario y los Periódicos Oficiales; que después de esta publicación el solicitante tenía un plazo de sesenta días para presentar un ejemplar del periódico donde hubiese salido publicado el aviso. En las solicitudes de agua para riego, los solicitantes tenían un plazo de sesenta días contados de la fecha en que hubiesen presentado la solicitud, para que comprobaran la legítima propiedad de las tierras y su capacidad legal para obtener la concesión.<sup>23</sup>

La continuidad entre el antiguo régimen y la revolución en los aspectos que he venido tratando, se hizo patente con la redacción del Artículo 27 Constitucional, cuya primera parte es una copia fiel de los artículos iniciales de la Ley de Aguas de 1910. Además de su vigencia hasta 1929, cuando se reformó en alguno de sus aspectos, las siguientes leyes de aguas federales poco modificaron la gestión del recurso. Sin embargo, la revolución también provocó rupturas importantes, no consideradas por el régimen porfirista, y aceleró otros procesos que apenas se venían esbozando.

La novedad más importante que representa el influjo de la participación popular en el movimiento armado, fue el reconocimiento de pueblos, corporaciones y ejidos como solicitantes y usuarios de aguas federales. Su incorporación en la Ley del 6 de enero de 1915 y en el Artículo 27 Constitucional "configuraba una vía de acceso al agua distinta a la prevista por la ley de aguas vigente, la de 1910".<sup>24</sup> Esta privilegiaba la participación individual y no colectiva o corporativa en la obtención de concesiones.<sup>25</sup>

Fueron dos los procesos que se aceleraron con la revolución: la intervención directa y creciente del Estado en la construcción de infraestructura hidráulica enfocada a la irrigación; y el mayor involucramiento de la administración federal en la organización de los usuarios para el manejo del agua, y, por lo mismo, el perfeccionamiento de la labor administrativa de la burocracia hidráulica. La vaga disposición de la Ley de 1910 que facultaba a la Secretaría la ejecución de obras de aprovechamiento de aguas, fue mejorada por la Ley de Irrigación de 1926 al crear un organismo gubernamental encargado de la construcción de grandes obras de irrigación: la Comisión Nacional de Irrigación.<sup>26</sup>

En cuanto a la administración, los cambios que paulatina y casuísticamente venía efectuando el personal de la Secretaría de Fomento, fueron acelerados a partir de la pro-

22. *Idem.*

23. *Ibid.*, pp. 6-7.

24. Para un desarrollo más preciso sobre el tema véase la obra de Luis Aboites, *El agua*, pp. 89-94.

25. Al respecto, leyes posteriores fijaron la jurisdicción de la Comisión Nacional Agraria y de la Secretaría de Agricultura y Fomento. Por ejemplo, en el artículo 12 del decreto que reglamentaba el funcionamiento de las autoridades agrarias en materia de restituciones y dotaciones de aguas del 30 de abril de 1926, se especificaba que: "Siempre que una solicitud de restitución o dotación de aguas, afecte a corrientes o depósitos de aguas de jurisdicción federal, se remitirá a la Secretaría de Agricultura y Fomento el estudio hecho sobre el volumen que debe otorgarse al pueblo peticionario, y, en su caso, sobre los volúmenes en que sea necesario reducir los aprovechamientos legales existentes. Juntamente con estos estudios se remitirán los datos y antecedentes relativos al caso. La Secretaría de Agricultura y Fomento, teniendo en cuenta la reglamentación de todos los usos y aprovechamientos de aguas de jurisdicción federal que es a su cargo, emitirá su opinión sobre el proyecto, dentro del plazo de treinta días." Fabila, Manuel, *Cinco Siglos de Legislación Agraria, 1493-1940*, México, SRA-CEHAM, 1981, p. 446.

26. Esta creación ha sido considerada por algunos autores como otro rompimiento con el antiguo régimen. Luis Aboites, *El agua*, p. 107; Adolfo Orive Alba, *La irrigación en México*, México, Editorial Grijalbo, 1970, pp. 67-74.

mulgación de la Ley de Aguas del 30 de agosto de 1934 durante el gobierno de Abelardo L. Rodríguez, y de su Reglamento publicado el 21 de abril de 1936 durante la administración del general Cárdenas. En ambos documentos, se especificó lo que el gobierno federal entendía por reglamentación, pero fue en el Reglamento donde mejor se expresaron estas ideas.

Dos son los capítulos que más nos interesan: el capítulo XIX, que se refiere a la reglamentación misma y el XX que tiene que ver con la formación de las juntas de aguas. En el primero, se dispuso sobre los derechos de los usuarios, y el desperdicio de aguas, la evaluación de los sobrantes o distribución del agua en forma más eficiente. La Secretaría, de oficio o a petición de parte, efectuaría la reglamentación de los depósitos o corrientes. En este reglamento, se fijarían los gastos (escurrimientos) por segundo y volúmenes anuales a que tuvieran derecho cada usuario, y el tiempo y forma como debían utilizar las aguas.<sup>27</sup>

Todos y cada uno de los reglamentos elaborados y autorizados por la Secretaría deberían de consignar el nombre de las corrientes o depósitos y su ubicación, y los gastos por distribuir. Igualmente, al nombre y ubicación de predios, plantas, industrias, poblaciones, etc. que aprovecharan las aguas, especificando la clase de uso; la ubicación de obras, padrón de usuarios y derechos reconocidos por la Secretaría; las disposiciones relativas a la forma y condiciones en que debería de efectuarse la distribución de las aguas; la obligación de todos los usuarios para cubrir los gastos que demandara la aplicación del reglamento, el mantenimiento y la conservación de las obras; la obligación de formar una junta de aguas y la manera de elegirla; las facultades, obligaciones, residencia y penas en que pudieran incurrir los usuarios si no cumplían con el reglamento, y autoridades que debían aplicarlas.<sup>28</sup>

Las juntas de agua eran organismos integrados por los representantes de cada uno de los grupos de usuarios autorizados por la Secretaría<sup>29</sup> y se les consideraba como agentes del Ejecutivo para ordenar la distribución de las aguas; ejercer labores de policía y vigilancia de la corriente o depósito; conservar y reparar las obras hidráulicas sujetas a uso común; nombrar y remover al personal de empleados de la junta; formular los presupuestos de ingresos y egresos; recaudar y manejar los fondos de administración e informar a la Secretaría de su elección e instalación.

Lo novedoso de la disposición sobre las juntas de agua no fue su formación. Con algunos matices y en mucho menor proporción, la juntas eran la representación social de los usuarios de agua que venían funcionando desde tiempos coloniales. La novedad radica en que el acelerado proceso de centralización postrevolucionario provocó la pérdida de su autonomía convirtiéndolas en "agentes del Ejecutivo". Otro cambio importante es el que se refiere a la fuente de legitimidad. Antaño, su legitimidad nacía directamente de los usuarios o de las autoridades locales; a partir de 1936 partiría obligadamente del gobierno federal quien en el

27. *Leyes y Reglamentos sobre Aguas, Bosques, Colonización, Minas y petróleo, Anotados y concordados por el Lic. Manuel Andrade*, tomo primero, México, Ediciones Andrade, 1962, pp. 98-99.

28. *Ibid*, pp. 101-102.

29. Un grupo de usuarios estaba compuesto por las personas que habían accedido a los derechos de aguas de manera similar. Por ejemplo, los ejidatarios, los miembros de los sistemas de riego, miembros de pueblos, rancherías y comunidades, sociedades de usuarios, aprovechamientos para servicios públicos y domésticos, propiedades privadas e industrias. Cada uno de estos grupos elegía a su representante para formar parte de la Junta. Los representantes de aprovechamientos colectivos serían nombrados por el comisario ejidal, las autoridades municipales o la empresa respectiva. *Ibid*, pp. 103-104.



Artículo 223 del Reglamento claramente especificó lo siguiente: "Para que las juntas de agua se tengan por legalmente constituidas, deben ser reconocidas por la Secretaría".<sup>30</sup>

#### BUROCRACIA Y RESISTENCIA

Muy ligada al proceso jurídico, estuvo la formación del aparato técnico-burocrático que se encargaría de vigilar o administrar directamente el agua. Centralizar significó tener conocimiento del recurso que se pensaba administrar. Sin embargo, cuando el gobierno federal inició su intervención en 1888, estaba muy lejos de tener tal conocimiento; por la falta de personal técnico capacitado; además, no tenía un plan de estudios sistemático sobre los recursos que controlaría. Antes bien, su intervención fue desordenada y respondió más a la necesidad de ir atendiendo y resolviendo problemas en distintas partes del país.

La aparición de conflictos por derechos de uso de agua a lo largo y ancho del país, aunado a la ausencia de registros sobre cada una de las cuencas e insuficiente personal técnico capacitado para elaborarlos, obligaron a la Secretaría a actuar sobre la marcha y en orden a las presiones de que era objeto. De hecho, es probable que los intentos de solución de estos problemas, fueran el campo donde el gobierno federal y la burocracia de la Secretaría de Fomento afinaría la forma en que administrarían el recurso durante el siglo XX.

Por ejemplo, en el mismo año que apareció publicada la Ley de Vías Generales de Comunicación (1888), el gobierno federal participó en los conflictos por derechos y usos de agua en la Comarca Lagunera donde estaban enfrentados los usuarios del río Nazas. Un par de años más tarde, y durante la década de 1890, el gobierno federal participó en conflictos similares sobre el río Atoyac en Puebla y el río Duero en Michoacán.<sup>31</sup> Tales conflictos obligaron a formar comisiones de estudio y reglamentación en la estructura burocrática de la Secretaría de Fomento.

La importancia de los conflictos y la necesidad de estudios en las corrientes hidráulicas del país se manifestó en la organización interna de la misma Secretaría. En el año de 1897, estaba dividida en seis secciones: por ejemplo, en la número cinco se concentró el personal que tenía que ver con el manejo de las concesiones y confirmaciones de agua.<sup>32</sup> En 1909, la quinta sección se había dividido en tres comisiones: la Comisión Inspectoras del Río Nazas, la de Estudio y Reglamentación de los Ríos y la Inspectoras de Ríos y Concesiones.<sup>33</sup> En 1918 la Dirección de Aguas había crecido en tamaño y ya contaba con dos departamentos: el de concesiones y el de irrigación, con sus respectivas subdivisiones; además de varias comisiones de estudios de ríos y cinco divisiones inspectoras de aguas.<sup>34</sup>

30. *Ibid.*, p. 105. La documentación producida por las juntas de agua es una rica fuente de información para muchos temas. Los casos brevemente analizados por Irene Márquez, Verónica Buitrón, María de Lourdes González, Ma. Del Carmen Nava y Mireya González para casos en los estados de Hidalgo, Durango, Zacatecas, Nuevo León y Estado de México son un buen ejemplo de la potencialidad del material. *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, año 3, núm. 7, mayo-agosto de 1996.

31. Clifton Kroeber, *El hombre*, pp. 109-143.

32. *Directorio de la Secretaría de Fomento, en Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Secretario de Estado del Despacho de Fomento, colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana, Ingeniero Manuel Fernández Leal 1892-1896*, México, Oficina Tip. De la Secretaría de Fomento, 1897.

33. *Memoria presentada al Congreso de la Unión por el Lic. Olegario Molina, Secretario de Estado y del Despacho de Fomento, Colonización, Industria y Comercio de la República Mexicana, 1908-1909*, México, Oficina Tip. De la Secretaría de Fomento, 1910.

34. *Boletín Oficial de la Secretaría de Agricultura y Fomento*, t. III, Época 4, agosto de 1918.

Con la publicación de la Ley de Aguas de 1910 y su Reglamento, se dieron los pasos más firmes para organizar la información que se generaba con el proceso de federalización. De esta manera, se integraron expedientes de todos y cada uno de los usuarios cuya información serviría para: hacer padrones de usuarios y de los usos de agua; determinar (formalmente) las cantidades de agua que aprovechaban; hacer un uso más racional del recurso; controlar el pago de impuestos y los cambios de uso. Esto aunado al estudio técnico de los flujos y necesidades, permitía determinar si se concedía o no nuevos derechos, o si podría servir para efectos de planeación de la infraestructura hidráulica.

Como consecuencia del acopio de información, el control sobre las personas se podía afinar y en teoría, administrar con mayor eficiencia el recurso. Pero el tiempo demostraría que no era totalmente cierto: los intereses personales se reflejaron en el aprovechamiento de un mayor flujo de agua de la concedida; los despojos y los conflictos suscitados por los usos del agua, marcaron la diferencia entre la ley y la práctica cotidiana.

Las pretensiones centralizadoras del gobierno federal no se desarrollaron automáticamente y de manera inmediata. De hecho, desde sus inicios hubo una fuerte resistencia de parte de individuos, empresas y gobiernos locales. Basta citar como ejemplo los alegatos jurídicos de Luis Cabrera donde trataba de argumentar la anticonstitucionalidad de la legislación federal;<sup>35</sup> o los de Ignacio L. Vallarta que por encargo oficial, había elaborado un estudio jurídico donde concluyó que la Federación se había sublevado “contra el código fundamental, dando a la federación facultades, que él reserva a los estados”.<sup>36</sup>

La resistencia se prolongó hasta la tercera década del siglo XX cuando la institucionalización de la revolución seguía un paso ascendente. En los términos tratados, hay evidencias de la intromisión de algunas autoridades locales en los procesos de gestión y administración del agua; algunos de los cuales provocaron el enojo de las autoridades federales. En otros casos, las mismas autoridades prefirieron dejar parte de la administración en el ámbito local, en reconocimiento de su debilidad e incapacidad para solucionar los conflictos.

En Gómez Palacio, Durango; Zitácuaro y Zamora, Michoacán; y San Juan Guelache, Oaxaca, la Secretaría de Agricultura y Fomento tuvo que obligar a las autoridades municipales para que dejaran de intervenir en la administración de las corrientes federales.<sup>37</sup> Pero en la comunidad de La Cruz, en el valle de Santa Rosalía, Chihuahua, la incapacidad federal permitió la continua participación de las autoridades municipales de Camargo.

En esta comunidad, la distribución del agua había estado dominada por los terratenientes quienes habían impuesto un reglamento interno sancionado por el gobierno estatal desde 1908. Sin embargo, las cosas comenzaron a cambiar a partir de los intentos federales por reglamentar los aprovechamientos del río Conchos por el año de 1927. Alentados por los comisionados de la Secretaría, los pequeños propietarios aliados con los ejidatarios, aprovecharon la presencia federal para cuestionar la distribución prevaleciente. De esta manera,

35. Luis Cabrera, “Alegato. Compañía Agrícola, Industrial, Colonizadora, Limitada del Tlahualilo, S. A., contra el Gobierno Federal de la República Mexicana”, en *Obras Completas*, Oasis, t. I, México, 1975.

36. Ignacio L. Vallarta, *Los afluentes de los ríos navegables*, Monterrey, Tipografía del Gobierno en Palacio, 1897, p. 11.

37. Los motivos de conflicto entre las instancias de gobierno fueron variados. Se podían tratar sobre cobro y pago de impuestos, permisos para construir obras de infraestructura o intervenciones en la administración de los sistemas hidráulicos. Luis Aboites, *El agua*, pp. 94-99; Irene Moreno Márquez, “El control de las aguas por parte de los ayuntamientos. El caso de Zamora, Mich, 1918-1922”, en *Boletín del Archivo Histórico del Agua*, año 2, núm. 5, septiembre-diciembre 1995, pp. 12-13.

lograron que se modificara el reglamento estableciendo que el agua se repartiría por persona y no por suerte de tierra. La respuesta terrateniente fue el desconocimiento de la junta de aguas y la suspensión de pagos de las cuotas de mantenimiento con el consecuente deterioro del sistema. La solución de este conflicto, en particular mediante la formulación de un reglamento reconocido por las partes involucradas, requirió la presencia de varios comisionados de la Secretaría. Sin embargo, frente a su incapacidad para resolverlo, el Ayuntamiento tomó un papel más protagónico funcionando como la única autoridad reconocida por las partes en conflicto.<sup>38</sup>

## RECAPITULACIÓN

Después de haber dado seguimiento al proceso legal de la centralización en la gestión y administración de los recursos hidráulicos a lo largo de poco más de medio siglo y frente a las actuales políticas neoliberales, quisiera volver a una de mis preguntas iniciales. ¿Qué tan profundos son los cambios propuestos por la nueva Ley de Aguas? ¿Cuáles son los límites que se ha autoimpuesto el gobierno federal?

En el campo de la gestión, casi en nada se han modificado las reglas. El gobierno federal a través de la Comisión Nacional del Agua, no ha transferido este proceso a otras instancias políticas, y mucho menos a las personas físicas o morales. Si bien es cierto, que la nueva ley permite a inversionistas privados la constitución y operación de obras de infraestructura hidráulica (unidades y distritos de riego); es necesario aclarar que se trata de una concesión federal y como tal, sujeta a las disposiciones del gobierno en la materia.

En lo que a la administración se refiere, la nueva legislación introduce cambios sustanciales, pero se concentran en la participación de personas físicas y morales y dejan de lado a las autoridades municipales y estatales. No obstante el papel protagónico que se les asigna en la operación, mantenimiento y administración de los módulos o distritos de riego, las autoridades federales se han reservado la capacidad para supervisar las actividades y forma de prestar el servicio de riego; e incluso la posibilidad de dictar medidas correctivas e intervenir en la administración. Además, la Comisión conserva el derecho de sancionar los reglamentos de operación, los montos de las cuotas y sus modificaciones.<sup>39</sup>

Para el Estado mexicano, la transferencia ha significado un buen plan de ahorro aunque tenga que renunciar parcialmente a sus pretensiones de control. Para los usuarios, los cambios han representado un incremento notable en los costos de operación que van del 45 al 180%, según datos del Banco Mundial.<sup>40</sup> A cambio, han recibido la operación, mantenimiento y administración de canales secundarios de riego y de drenaje, así como caminos y estructuras hidráulicas localizadas en sus respectivos módulos.

38. Rocío Castañeda González, *Irrigación y reforma agraria: las comunidades de riego del valle de Santa Rosalía, Chihuahua 1920-1945*, México, CIESAS/Comisión Nacional del Agua, 1995, pp. 109-118.

39. Artículos 59, 60 y 62 de la nueva Ley de Aguas en Farfás, Urbano, *Derecho Mexicano de Aguas Nacionales*, México, Editorial Porrúa, 1992, p. 130.

40. Cecilia M. Gorri, Ashok Subramanian y José Simas, *Irrigation Management Transfer in Mexico. Process and Progress*, Washington, World Bank Technical Paper Number 292, 1995, p. 13.

REGADÍO Y ORIGEN DEL ESTADO:  
LA INVESTIGACIÓN DE CASOS MEXICANOS DE ADMINISTRACIÓN  
AUTOGESTIVA DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Jacinta Palerm<sup>1</sup>

La propuesta básica del presente ensayo<sup>2</sup> es un recuento histórico y de casualidades de porqué tardamos tanto tiempo en México en darnos cuenta de que hay organizaciones autogestivas para el riego y, aunado a lo anterior, responder si se invalida la hipótesis de Wittfogel con los casos de autogestión en regadío.

El análisis y la visibilidad misma para los investigadores de organizaciones autogestivas para la administración de sistemas de riego en México ha sido lento. Voy a tratar algunos factores que en mi opinión han incidido.

I

La llamada “hipótesis hidráulica” de Karl Wittfogel, junto con las propuestas de Childe sobre la importancia crítica del regadío para la llamada por él “revolución urbana” tuvo un impacto considerable en la orientación de la investigación e interpretación de las dos regiones culturales con civilizaciones en el Nuevo Mundo.<sup>3</sup>

La llamada “hipótesis hidráulica” de Wittfogel ha sido muy polémica, y parece haber sido especialmente perturbador el vínculo causal que establece Wittfogel entre una base material (la infraestructura hidráulica) y una estructura social (el despotismo oriental).<sup>4</sup>

En los intentos de falsificar, en el sentido popperiano, a Wittfogel algunos investigadores parecen “tirar por la borda” no sólo su propuesta, sino también cualquier vínculo entre

1. Profesora Investigadora de Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados.
2. Quiero responsabilizar a dos personas del tema de esta ponencia, una de ellas es Patricia Ávila quien dijo que le parecía “mucho más interesante y sugerente” esta propuesta de tema, y a Luis Aboites quien luego de una plática dijo “eso deberías escribirlo”, y como yo he dicho lo mismo varias veces, sin resultado, trato aquí de poner el ejemplo.
3. No creo que esta afirmación necesite sustento, de todas maneras cualquiera de los siguientes ensayos servirá para ponerse al tanto: Price, 1971; Wittfogel, 1990; Palerm, 1972; Palerm Viqueira, 1995; y la tesis doctoral de Eling, 1987.
4. Sobre el amplio rango de polémica que suscitó Wittfogel véase, por ejemplo, Palerm, 1972; Palerm Viqueira, 1995.

lo material y la estructura social<sup>5</sup> como una aportación conceptual<sup>6</sup> que nos permita establecer regularidades en la respuesta social a la práctica de la agricultura de regadío. En general, hubo mayor preocupación por falsificar la “hipótesis hidráulica” que en analizar y tipificar la respuesta social a la práctica de la agricultura de regadío.

El debate con aquellos otros investigadores que habían encontrado en Childe y Wittfogel una herramienta conceptual y teórica que les permitió orientar la investigación e interpretación de las dos regiones culturales con civilizaciones en el Nuevo Mundo,<sup>7</sup> se volvió más bien un “diálogo de sordos”. Esto porque una buena parte de la energía de los refutadores de la “hipótesis hidráulica” se centró en la falsificación y no en el análisis de casos y la propuesta de tipologías de respuestas sociales.

También influyó en este “diálogo de sordos” que para los investigadores mesoamericanistas y andinos estaba claro que la propuesta de Wittfogel se refería a las grandes civilizaciones hidráulicas del pasado.<sup>8</sup> Su atención se centró en la investigación de ese periodo; y el presente para ellos, sólo tenía interés como apoyo etnográfico para entender el pasado.

Según el mismo Wittfogel, su propuesta no se aplica a la sociedad contemporánea,<sup>9</sup> lo que hace problemático falsificar a Wittfogel con casos contemporáneos; no obstante, hay

5. Por ejemplo en Millon (1997 [1962]), la única regularidad es la consecuencia integrativa: “...las respuestas sociales a la práctica de la agricultura de riego son tan variadas como las condiciones sociales y ecológicas de los pueblos que practican el riego [...] La práctica de la agricultura de riego tiene evidentemente consecuencias integrativas significativas en un amplio rango de contextos sociales y ecológicos.  
En este mismo tenor Leach (1959: 5), y así parece retomarlo Ghick (1979: 175) cuando afirma “La arqueología evidentemente nos indica que la mayoría de las civilizaciones arcaicas (en Egipto, Mesopotamia, el Valle del Indus, y demás) eran “sociedades hidráulicas”, en el sentido que existieron en áreas donde sólo podrían sostenerse grandes poblaciones y organizaciones urbanas por el mantenimiento sistemático de obras de riego de sofisticación considerable. La arqueología también nos dice bastante sobre la naturaleza de las obras de regadío en cuestión. Pero nos dice muy poco sobre la clase de sociedad con la que estaban asociadas.”  
“Si los miembros de una sociedad van a manejar exitosamente un sistema de riego, proveyendo de una cantidad limitada de agua a un cierto número de comunidades en un cuenca hidráulica, algunos medios positivos deben encontrarse para explotar las relaciones de interdependencia y de conflicto potencial implícitos en esta forma de agricultura. Los medios particulares pueden diferir ampliamente de una sociedad a otra, y cada situación debe ser examinada en el contexto del rango total de respuestas institucionales de las que tenemos noticia” (Millon, 1997 [1962]: 166).
6. Leach (1962), en un texto posterior al citado en la nota anterior, insiste en la importancia de explicar la estructura social con relación a lo material: “Claro que cada antropólogo social reconoce que las sociedades existen en un contexto material que es en parte natural (terreno, clima, recursos naturales) y parcialmente hecho por el ser humano (casas, caminos, campos, abasto de agua, bienes de capital) pero demasiados autores tratan tales cosas como si fuesen nada más que contexto, útiles únicamente para un capítulo introductorio antes de iniciar el trabajo serio de analizar la estructura social. Pero este contexto no es simplemente una pasiva tela de fondo de la vida social; el contexto mismo es un producto social y está él mismo ‘estructurado’; la gente que vive en él debe atenerse a un amplio rango de reglas y limitaciones simplemente para vivir ahí. “Cada antropólogo debe iniciar por considerar qué tanto de la cultura que enfrenta puede ser mejor comprendida como una adaptación directa al contexto ambiental, incluyendo aquella parte hecha por el ser humano. Sólo cuando ha agotado [esta] ... la posibilidad ... será necesario recurrir a las soluciones metafísicas ...” (Leach, 1962: 306). Otros autores que realizan esta propuesta, evidentemente Steward 1949, 1955 y toda su escuela.
7. Por ejemplo antes del inicio de la investigación, había dudas sobre la existencia misma de agricultura de riego Meyer (1997 [1984]: 34, nota 22).
8. A modo de ejemplo, si alguien tiene dudas, puede verse Price, 1971; y Palerm, 1972.
9. Citamos a Wittfogel “El potencial hidráulico de las regiones de la tierra con falta de agua se actualiza solamente bajo circunstancias históricas específicas. El hombre primitivo ha conocido regiones deficitarias de agua desde tiempo inmemorial; pero mientras dependía de la caza, recolección y pesca tenía pocas necesidades de un control planificado del agua. Sólo después que aprendió a utilizar los procesos reproductivos de la vida de las plantas empezó realmente a apreciar las posibilidades agrícolas de las zonas secas, que contenían fuentes de agua distintas a la lluvia. Solamente entonces empezó a manipular las cualidades recientemente descubiertas de los antiguos lugares mediante un cultivo con riego a pequeña escala (hidroagricultura) y, o a gran escala y dirigida por el gobierno (agricultura hidráulica). Sólo entonces surgió la oportunidad de que aparecieran patrones despóticos de gobierno y sociedad.

que reconocer que fue a partir de los intentos de falsificación de Wittfogel que se inició la investigación de la respuesta social a la práctica de la agricultura de riego, en casos contemporáneos.

La insistencia en falsificar a Wittfogel implicó tomar la posición de sustituir su interpretación<sup>10</sup> y no de complementarla o usarla como punto de partida.<sup>11</sup>

La polarización de posiciones teóricas en torno a Wittfogel<sup>12</sup> llevó a diversos investigadores a afirmar la falsificación de la "hipótesis hidráulica", citando el trabajo de tal o cual autor que la había demostrado contundentemente. Este entusiasmo en aceptar prematuramente la falsificación de la hipótesis de Wittfogel ha estado basado en una actitud poco científica.

A riesgo de aburrirlos (aunque posiblemente algunos lo encuentren divertido) quiero referir algunos ejemplos de intentos de falsificación y su refutación. Podemos señalar que entre los detractores de la hipótesis de Wittfogel encontramos una extraña discusión sobre en qué consiste una falsificación de la hipótesis, al refutar al que refuta a Wittfogel. De tal manera que en este recuento la refutación, de la supuesta falsificación de Wittfogel, no está tomada del campo teórico de los wittfogelianos

Por ejemplo, cuando se plantea la pregunta ¿Qué fue primero los grandes sistemas de riego o el Estado?

... la "hipótesis hidráulica", que subsecuentemente ha sido refutada por un cierto número de investigadores, siendo el más convincente Robert McC. Adams (1966) quien argumentó que fueron las burocracias de Estados existentes las que diseñaron y construyeron los grandes sistemas de riego para así poder enfrentar la necesidad de incrementar la productividad agrícola. Las burocracias que administraron la infraestructura hidráulica fueron por lo tanto subsecuentes y administrativamente subordinadas a un Estado previo más amplio (Enge y Whiteford, 1989: 9, mi traducción).

Sin embargo Mitchell (1973) señala que:

Un cierto número de estudiosos (por ejemplo Carneiro 1970; Adams 1960, 1966: 67-69) han asumido que la gran irrigación debe preceder al Estado centralizado para así poder verificar la hipótesis hidráulica; los hallazgos de pequeño riego antecedentes al Estado centralizado, y la gran irrigación sólo posterior a éste, se consideran evidencia negativa. Esta suposición implica un sustento falso. Según la hipótesis, uno esperaría que se desarrollen simultáneamente el riego y el control político, interactuando entre sí de una manera sinérgica ...[y citando textualmente a otro autor Murphy 1967: 29 se añade

"La oportunidad, no la necesidad. Las grandes empresas de control de agua no crearán un orden hidráulico si forman parte de un nexo no hidráulico más amplio. Las obras de regadío de la llanura del Po, de Venecia y de Holanda codificaron condiciones regionales; pero ni el norte de Italia ni Holanda desarrollaron un sistema hidráulico de gobierno y propiedad." (Wittfogel, 1966 [1957]: 30).

10. Maass, por ejemplo, sí indica que los estudios de caso que realiza, caen fuera de los límites indicados por Wittfogel (ver nota anterior), pero se limita a señalar que "Wittfogel es confuso y posiblemente contradictorio sobre el regadío en lo que llama 'civilizaciones industriales basadas en la propiedad'" (Maass y Anderson, 1976: 410, nota 6). En Palerm Viqueira (1997) hago una propuesta de porqué el contexto de la sociedad mayor juega un papel determinante, pero también en Palerm Viqueira (1998) señalo algunas dudas sobre la capacidad autogestiva para administrar grandes sistemas de riego (50,000 hectáreas de superficie de riego).
11. Hay dos autores, Vaidyanathan (1985) y Wade (1988 y 1995), estudiosos de la India, que hacen una recuperación muy interesante de Wittfogel para el análisis y propuestas sobre la construcción, organización social y administración de sistemas de riego contemporáneos: En la propuesta de modelo de investigación para el estudio de organizaciones autogestivas retomamos a Wittfogel, señalando la importancia de considerar el papel que juega el Estado, ver Palerm Viqueira (1996), Palerm Viqueira y Martínez Saldaña (1997), y algunos resultados de investigación en Palerm Viqueira (1997) y Palerm Viqueira (1998).
12. El debate en torno a Wittfogel incidió más sobre otros aspectos que sobre la relación entre regadío y despotismo.

al argumento] “La hipótesis de regadío nunca nos pidió creer que las comunidades iniciaron proyectos de riego más allá de sus medios políticos y luego hicieron el alcance institucional a sus logros. Claro que las obras de gran irrigación fueron construidas por comunidades políticas grandes, pero ambas tuvieron antecedentes en pequeñas comunidades y pequeños proyectos de riego (Mitchell, 1973: 533, mi traducción).<sup>13</sup>

Entre algunos equívocos están: el caso andino, tamaño de los sistemas de regadío serranos.

... las obras de Karl A. Wittfogel y Julian H. Steward ... extendieron el uso de la noción marxiana abarcadora de “despotismo oriental”. Fundado éste en poderosos sistemas hidráulicos, cuya cúspide la ocuparían complejos Estados controladores de las irrigaciones y en la base legiones de campesinos dependientes, el “despotismo oriental” circuló como moneda corriente entre los investigadores de los sistemas de regadío. Contra esta teoría omnicompreensiva tuvieron que mediar las armas los investigadores de campo que se acercaban a sistemas de regadío complejos como los andinos. Así por ejemplo algunos autores [específicamente citan únicamente a Mitchell 1976] tras trabajar sobre el terreno encontraron que las comunidades campesinas andinas procedían a distribuir y controlar el agua para regadío en base a criterios políticos comunitarios, que en última instancia estaban en contraposición con las teorías que concebían la existencia de modos de producción basados en la existencia de grandes estados despóticos (González Alcantud y Malpica Cuello, 1995: 11).

Ahora bien lo que dice específicamente Mitchell (1976) es:

... la evidencia de Quinua sugiere que la hipótesis hidráulica de Wittfogel y Steward no es aplicable a la sierra central del Perú. Es cierto que el sistema de riego de Quinua es muy significativo en la organización de la comunidad y que tales patrones están difundidos por toda la sierra del Perú. No obstante, estos sistemas de riego, si la evidencia contemporánea es una indicación, son demasiado pequeños y localizados para justificar el origen del estado y el despotismo político. (Mitchell, 1976: 40, mi traducción).

Por si alguien piensa que los andinistas wittfogelianos proponían gratuitamente que había grandes sistemas de riego en la sierra, les podemos informar que no, tenían claro que en la sierra había pequeños sistemas de riego<sup>14</sup> y posteriormente se fueron encontrando siste-

13. También, pero dicho por wittfogelianos, Price (1971: 45); y Carrasco (1981).

14. Para aquellos interesados véase, por ejemplo, Murra (1975) donde queda claro que en el área andina tuvo [y sigue teniendo] enorme relevancia la integración vertical de pisos ecológicos desde la costa hasta la puna. Los reinos andinos abarcaban de la sierra y puna a la costa (Price, 1971) y cito: “En Perú, las investigaciones hasta el momento apuntan a la costa, especialmente las costas del norte y del centro-norte, como el corazón del desarrollo temprano y la máxima expansión de la agricultura hidráulica. Sin embargo todos los estilos de horizontes pan-peruanos, son de origen serrano, y todos los imperios de los andes centrales tienen un núcleo en la sierra, fue siempre la sierra la que a través de conquista incorporó a la costa regada. [...] La ausencia de ... información hace virtualmente imposible de explicar el hecho de que esta área [la sierra] fue consistentemente la sede del imperio. Las repetidas conquistas de la costa por la sierra ... [el mantenimiento del] acceso sistemático a los recursos de la costa (probablemente la principal razón de los ciclos de conquista). [...] El problema principal de la mayor parte de las áreas de la sierra es una escasez de tierra de labor más que una escasez de agua ...” (Price, 1971: 53).

También indican la mayor necesidad de investigación, ubican como problema la ausencia de sistemas hidráulicos complejos en la sierra, y sugieren algunas líneas de investigación potenciales. Palerm (1972: 143-144).

mas complejos.<sup>15</sup> Los primeros sistemas de regadío complejos prehispánicos encontrados se ubican en la costa, donde sin riego no había agricultura,<sup>16</sup> no así en la sierra.

De ahí nos preguntamos: ¿Es posible una distribución informal del agua del riego?

La distribución informal de agua hace innecesaria una administración centralizada, un punto muy relevante en la "hipótesis hidráulica" de Wittfogel. (1973: 533) sugiere la posibilidad de una distribución informal del agua en grandes sistemas de riego. También Mitchell (1976: 40) plantea esta sugerencia con la evidencia de una comunidad del Perú:

La distribución del agua para Lurin Sayoc [uno de los dos barrios de Quinua] se realizaba tradicionalmente por personas con cargo a nivel de barrio conocidas como Lahla Varayoc. [...] Con la finalización del sistema político rural en 1970, las autoridades municipales asumieron el mantenimiento del sistema, pero la distribución del agua se realiza por los usuarios reunidos en los puntos de distribución. Este método acéfalo de distribución ha resultado en un aumento considerable de peleas. Hay muchas discusiones y a veces hay peleas físicas (Mitchell, 1976: 35, mi traducción; véase también p. 36).

El sustento empírico para cuestionar la viabilidad de una distribución informal del agua es muy endeble ya que no toman en cuenta que para otras tareas, como el mantenimiento, no hay métodos acéfalos en esa comunidad. La desaparición de las autoridades tradicionales encargadas de la distribución ocurrió en 1970, el trabajo de investigación de campo de Mitchell se realizó entre 1966-1967 y los veranos de 1972 y 1973; por lo tanto el método acéfalo tenía sólo tres años en operación, un tiempo insuficiente para afirmar su viabilidad.<sup>17</sup>

Otros críticos de Wittfogel, como Maass (Maass y Anderson, 1976) no obstante su desacuerdo con la "hipótesis hidráulica" han indicado la peculiaridad organizativa para la administración de sistemas de riego: es decir, donde el individuo está sujeto a la colectividad, y consideran la capacidad de los regantes de dirimir el conflicto como esencial.

Tal control [de los agricultores sobre sus propios destinos como agricultores] requiere de una comunidad de regantes fuerte y cohesionada que limita la libertad de sus miembros para proceder con intereses personales y parciales que son inconsistentes con el interés comunitario, y que tiene la capacidad de solucionar conflictos entre sus miembros. Una comunidad que es fuerte en estos sentidos limita los peligros a la autonomía e intereses de la comunidad que son inherentes ante apelaciones a autoridades mayores para resolver conflictos y desórdenes resultado de la incapacidad de solucionarlos (Maass y Anderson, 1976: 134-136, mi traducción).

Otro crítico de Wittfogel, Hunt (1997 [1988]: 202), indica que son acéfalos sólo los sistemas muy pequeños "en tamaño (menos de 20 hectáreas) y en el número de agricultores (menos de 30 agricultores)".

15. En el proceso de escribir este pequeño ensayo, le solicité a Herb Eling (quien realizó investigación de larga duración en el Perú con orientación principalmente arqueológica y que culminaría en su tesis doctoral en la Universidad de Texas en Austin, bajo la dirección de Schaedel y Palerm) una orientación sobre la evidencia andina. Es claro que los investigadores andinistas wittfogelianos tuvieron y tienen una preocupación en entender el desarrollo de la civilización andina, los huecos de información, las propuestas alternativas, nueva investigación. Contrasta este esfuerzo de manera brutal con trabajos que hacen caso omiso de la complejidad y riqueza de la investigación y pretenden con una evidencia muy endeble de un área muy localizada afirmar la falsificación de la aplicación de la hipótesis de Wittfogel al área andina.
16. Price (1971: 35).
17. Sobre los enlaces entre tradicionalización e institucionalización, conflicto, centralización de la autoridad, intervención del Estado ver Palerm Viqueira y Martínez Saldaña (1997: 7 y 8).



Es ampliamente afirmado que todos los sistemas de riego por canales deben estar unificados, y como hemos visto, esto no es estrictamente cierto. Pero la probabilidad de que cualquier sistema de riego, por arriba de, digamos, 100 hectáreas, sea unificado es muy alta. Si el tamaño de un sistema de riego por canales descrito arqueológica o etnográficamente es mayor que 100 hectáreas, parece bastante seguro que tiene o tuvo un sistema unificado de estructura de autoridad. Para cualquier tamaño por debajo de las 50 hectáreas, esto parece problemático (Hunt, 1997 [1988]: 203-204).<sup>18</sup>

Igualmente, se plantea el estudio de caso para refutar a Wittfogel y el problema de lo que se entiende por descentralización, es decir: "Una de las críticas más agudas al sistema despótico de funcionamiento hidráulico ha partido de un caso tomado por Marx para aventurar el sistema que luego desarrollaría Wittfogel: Bali. Stephan Lansing, su principal analista, considera que los regadíos balineses no sólo no están centralizados, sino que constituyen un ejemplo de descentralización" (González Alcantud y Malpica Cuello, 1995: 11).

Sin embargo, el autor del postfacio al libro de Lansing, Valeri (1991), apunta que

La contribución revolucionaria del trabajo de Lansing consiste en haber trascendido el debate sobre el regadío balinés al proveer un nuevo punto de vista que incorpora perspectivas de ambos lados. Como Marx y Wittfogel, argumenta el requerimiento de un nivel más alto de coordinación y un centro último; pero a diferencia de ellos, y yendo mucho más allá que Geertz en este respecto, muestra que este sistema de coordinación centrado (pero no centralizado), es independiente del Estado y, de hecho, bastante en conflicto con él (Valeri, 1999: 136).

Siguiendo a Leach en la refutación a Wittfogel se plantea la siguiente pregunta: ¿Es posible la construcción de un sistema complejo a partir de pequeñas agregaciones? Es común citar un ensayo sobre Ceilán (ahora Sri Lanka) de Leach. Retomamos una de las citas, realizada por Glick (1979: 174).<sup>19</sup>

Parece efectivamente resultado de una planificación burocrática colosal y centralizada, el trabajo de uno de los Déspotas Orientales de Wittfogel. Pero, en tal caso, la planificación debió realizarse por una especie de mente grupal Durkheimiana. El sistema tardó 1 400 años en construirse. El reservorio original Tissawewa a la cola del sistema se construyó por 300 A. de C. El reservorio Kalawewa a la cabeza del sistema se construyó unos 800 años después y elaboraciones y modificaciones al sistema se siguieron realizando por otros 600 años (Leach, 1959: 13).

La cita de Leach parece indicar un gran sistema construido a partir de pequeñas agregaciones a través del tiempo con el resultado (1 400 años después), de un sistema que parece planificado.

18. "La existencia de sistemas acéfalos cuestiona la teoría de la organización para el riego, que refiere que los problemas inherentes en compartir el agua y llevar a cabo el trabajo exigen una autoridad constituida. La pregunta que se debe contestar con respecto a estos sistemas acéfalos pequeños, entonces, es cómo enfrentan las tareas que deben ser llevadas a cabo. Debe efectuarse el reparto, el mantenimiento, la contabilidad y la solución de conflicto. Los problemas más difíciles que enfrentan son probablemente el compartir agua en tiempos de escasez y tratar con aquellos que se benefician del agua de riego sin participar en las tareas [*free riders*]. Si en efecto estos problemas no existen, entonces la pregunta que debe contestarse es porqué están ausentes, cuando mucha experiencia nos lleva a esperar su presencia universal. El trabajo de campo en estos sistemas debería ser una alta prioridad para los antropólogos sociales del riego por canales." (Hunt, 1997: 204).

19. La cita de Glick es un poco más breve.

La cita es equívoca. La gran obra hidráulica, según el mismo Leach, es planificada y está en manos de ingenieros profesionales.<sup>20</sup> Nos dice Leach (1959: 9) que los sistemas de regadío de Ceilán se componen por un lado de pequeños reservorios de aldeas y por otro de grandes obras de ingeniería: "No necesito elaborar. Obras de este tipo no son del tipo de plomería artesanal. Los ingenieros originales fueron profesionales muy sofisticados con grandes recursos económicos a su disposición". Igualmente señala que: "El nivel extremadamente alto de capacidad ingenieril que muestra el diseño y construcción de estas obras claramente implica la existencia de ingenieros profesionales ..." (Leach, 1959: 14).

Complementando la presentación de Leach (combinación de pequeños reservorios y grandes obras), otro autor (Gunawardana, 1971) indica que el regadío en Ceilán inicia con los primeros inmigrantes arios. Esto es: "Crearon una sociedad basada en un patrón ecológico de un reservorio- una aldea [...] Este patrón ecológico, aunque modificado subsecuentemente por la construcción de grandes obras hidráulicas, se reestableció después de su colapso en el siglo XIII y persistió hasta tiempos modernos" (Gunawardana, 1971: 4-5).

El mismo autor indica que: "... la acción del Estado fue responsable de la construcción de las grandes obras de riego, [aunque] la iniciativa no gubernamental fue importante en la construcción de pequeños reservorios" (Gunawardana, 1971:16).<sup>21</sup>

Creo que estos ejemplos son suficientes para mostrar no sólo el poco éxito en la falsificación a la hipótesis de Wittfogel, sino también los excesos en el manejo de información para concluir que se había falsificado.

## II

He señalado, más arriba, que el problema de investigación para los mesoamericanistas y andinistas wittfogelianos se centraba en el estudio de las civilizaciones arcaicas de regadío en el Nuevo Mundo, de tal manera que la situación contemporánea de regadío no revestía interés teórico.

No obstante, hubo cuando menos dos acercamientos de mesoamericanistas<sup>22</sup> a la situación de la organización para el manejo de sistemas de riego en funcionamiento. Sin

20. Sobre las dificultades ingenieriles para la construcción de sistemas de riego, es interesante la descripción Meyer (1997 [1984]) del norte de México en el largo periodo de expansión de la frontera agrícola novohispana.

21. Gunawardana (1971), un crítico de Wittfogel, refuta una de las críticas de Leach a ese autor. Leach afirma: "Los datos de Ceilán nos recuerdan que hay cuando menos otro tipo de factor social que es común a un gran número de sociedades hidráulicas esto es que son, desde un punto de vista estructural, peculiarmente estáticas. Wittfogel mismo lo reconoce, y efectivamente lo enfatiza, pero lo atribuye al conservadurismo implícito en la 'burocracia monopólica'. La verdadera explicación es más simple.

"Bajo las condiciones de la Zona Seca de Ceilán, una vez que una aldea y su reservorio para el regadío se construyen, está ahí para siempre y como la zona de riego debe siempre permanecer del mismo tamaño, la población de la aldea sólo puede variar en un pequeño rango.

"Tal situación de inmovilidad física se presta al desarrollo de arreglos sociales por los cuales las poblaciones de aldeas vecinas mantienen entre ellas relaciones socio-económicas fijas." (Leach, 1959: 23-24).

Gunawardana (1971) indica que: "Estos comentarios posiblemente se aplican a la Zona Seca después del colapso de los complejos principales de obras hidráulicas, pero, que en período que va hasta el siglo XIII, el desarrollo del regadío se llevo a cabo durante un largo período de tiempo que debió ampliar progresivamente el área bajo cultivo y también debió haber contribuido a su mayor explotación" (Gunawardana, 1971: 17).

22. Tengo la impresión que en Perú hay más estudios de sistemas de riego contemporáneos en funcionamiento y su organización. Véase Gelles (1984).

embargo, ambos casos parecían señalar la incapacidad de los regantes para administrar los sistemas de riego.

El primero, es el caso del Acolhuacan septentrional, aquí los investigadores encontraron que había una disminución de la complejidad de los sistemas de riego. Por un lado, corrían más abajo que los sistemas prehispánicos; por otro lado, en los últimos años (la fecha de referencia es 1954), los sistemas habían dejado de regar las comunidades en los extremos terminales de los sistemas (Palerm y Wolf, 1980 [1972]).

El segundo es el caso de San Juan Teotihuacán, los investigadores reportan una incapacidad organizativa de los regantes, y asemejan las comunidades a "islas sociales":

*Por arriba del nivel de la comunidad local las fuerzas cohesivas parecen ser difusas, sutiles y limitadas en amplitud. Como muchas comunidades mexicanas, los pueblos en el Valle son, en gran medida, unidades autocontenidas. En un sentido, las bardas que monótonamente rodean a cada casa son una expresión del sistema social del pueblo que mira hacia adentro. Nuestro informante más articulado y sofisticado, un miembro de la Junta de la parte sur del Valle, educado brevemente en la Universidad en la Ciudad de México y bien informado de asuntos nacionales e internacionales, no sabía de eventos importantes en pueblos cercanos. Explicó que nunca ponía mucha atención en lo que ocurría en los pueblos vecinos; ni estaba solo en este respecto. (Millon, Hall y Díaz, 1997 [1962]: 94).*

Este reporte es retomado por otro investigador para afirmar:

*Algunos colegas, recuerdo entre ellos a Rene Millon, han indicado que la construcción y el uso de estos sistemas menores de riego, como son, por ejemplo, los de los valles de Teotihuacán y Texcoco, en el centro de México y al lado de la zona lacustre, generan más conflictos que cooperación entre los pueblos. Esto parece ser cierto en la actualidad, pero desde luego es la razón por la cual el sistema difícilmente puede mantenerse en funcionamiento sin la existencia de una vigorosa autoridad central" (Palerm, 1972: 145).<sup>23</sup>*

El primer caso presenta la peculiaridad de ser una red hidráulica y no un sistema.<sup>24</sup> Actualmente la infraestructura hidráulica<sup>25</sup> para el acceso al riego no se comparte más que muy limitadamente, además, las comunidades se han esforzado por tener su propia infraestructura.<sup>26</sup> Para la red hidráulica del Acolhuacan septentrional, las comunidades campesinas no han mantenido una unidad de manejo, y por supuesto tampoco una unidad organizativa.

23. A continuación indica "... la presencia de grandes obras hidráulicas no implica necesariamente la aparición de formas despóticas de poder, aunque supone, en todos los casos, una organización tan disciplinada y eficaz como es la de los campesinos de la huerta de valencia" (Palerm, 1972: 146).

24. Sobre la diferencia entre red y sistema véase Cressier (1995) o Cressier en Palerm Viqueira y Martínez Saldaña (1997).

25. Sobre la importancia organizativa de compartir infraestructura ver Palerm Viqueira (1998).

26. Propongo en Palerm Viqueira (1995) y Palerm Viqueira (1997-b) que el sistema o más bien red hidráulica se ha venido segmentando, y esa descripción quiero añadir un fenómeno que en aquel momento por alguna razón no mencioné. Los pueblos alejados de la fuente de agua, caso de Tlaixpan y de Huexotla entubaron su agua, de tal manera que evitaron compartir una infraestructura hidráulica; este dato refuerza la imagen de segmentación de la red. A diferencia de lo que presento en esos dos ensayos, ahora más bien sospecho que el caso del Acolhuacan, al carecer de una infraestructura hidráulica en común y al contar con una diversidad de fuentes tanto de manantiales como de escurrimientos, no representa un caso de fácil estudio, y por lo tanto extremadamente difícil como para poner a prueba los planteamientos de Maass. Hay otros que han resultado mucho más sencillos, véase resumen de estudios de casos en Palerm Viqueira (1998), y el estudio de caso realizado por J. Guadalupe Rodríguez Meza (1998).

El segundo caso de San Juan Teotihuacán es de un sistema que actualmente ya no está en funcionamiento: los manantiales se secaron en la década del sesenta, y sospecho que la conclusión desfavorable de los investigadores obedeció más a mala etnografía que a una situación real de falta de organización. La investigación en curso de Margarita González Huerta basada en historia oral y archivo, reporta un conocimiento por la población de los que fueron autoridades del agua a nivel de sistema, la población puede indicar, hoy en día, de un pueblo a otro, quiénes fueron autoridad y dónde viven actualmente. La evidencia apunta a que había conflicto,<sup>27</sup> tal y como reportan los investigadores, pero al parecer éste nunca fue lo suficientemente severo como para provocar un deterioro del sistema. Había mantenimiento y distribución rutinaria del agua por los regantes,<sup>28</sup> la distribución, al parecer, no demasiado apegada a la letra del Reglamento(s) de la junta de aguas puesto por la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH).

### III

Podemos decir que se corrió con muy mala suerte en los dos intentos de exploración de organizaciones para la administración de sistemas de riego contemporáneos. Como factores adicionales, podemos señalar que México presenta problemas específicos para la detección de organizaciones autogestivas.<sup>29</sup>

El primero de ellos es que probablemente hay muy pocas organizaciones tradicionales de alcurnia,<sup>30</sup> debido al despojo de tierra y agua, la concentración en manos de las haciendas.<sup>31</sup> Sólo a partir de los años veinte de este siglo y, masivamente, en la década del treinta con el General Cárdenas, la tierra y agua regresa a las comunidades campesinas y éstas tienen que organizarse. La continuidad de los sistemas físicos no significó en el México mesoamericano una continuidad de organizaciones.<sup>32</sup>

27. No resulta fácil definir qué es lo que quiere decir "mucho" o "poco" conflicto; cuantificar el conflicto es complicado: peleas físicas, recurso continuo a litigios, robo de agua, deterioro del sistema. Probablemente podemos señalar deterioro del sistema como medida de demasiado conflicto, de tal manera que mientras el sistema tenga continuidad a partir de mantenimiento rutinario, el conflicto no está afectando la continuidad del sistema. Cabe señalar que las comunidades en los extremos terminales del sistemas en algún momento dejan de recibir agua, pero todavía no se determina si esto está vinculado al desecamiento de los manantiales, a "robos de agua" por las comunidades a la cabeza del sistema, a que de hecho se repartió más superficie con derecho a riego que la que se podía regar (para el reparto agrario se tomó la cifra de superficie que las haciendas regaban, pero esta superficie correspondía al área que podía regarse, pero que no se regaba toda todos los años). Las comunidades a la cola del sistema siguieron realizando las tareas de mantenimiento para, como ellos dicen, no perder sus derechos, y posteriormente cedieron a comunidades de aguas arriba "su agua" a cambio de que aquellos se responsabilizaran del mantenimiento de infraestructura común, pero dejando a salvo su "derecho".
28. La SRH dragaba el río, este servicio se hacía, según Margarita González Huerta (1997/1998), a petición de las autoridades de la junta de aguas, es decir parece asemejarse más a la situación descrita para el Nexapa (véase Rodríguez Meza, 1998), donde los regantes, que tienen una eficaz organización autogestiva, solicitan a la Comisión Nacional del Agua (CNA) el servicio de aforos.
29. Los primeros que apuntan el problema de la organización son los ingenieros de la burocracia hidráulica del Estado, y señalan que hay un problema de falta de organización. Una discusión al respecto por Escobedo (1997-a) y González Luna (1997).
30. Un caso probablemente atípico es Santa María del Río en San Luis Potosí, véase Fortanelli (1997).
31. Que también contaron con organizaciones, por ejemplo Prem (1974 y 1988), pero seguramente más sencillas al intervenir dos, tres o pocas más haciendas.
32. Excepto aquella organización a nivel de comunidad cuando conservaron algún acceso al agua de sistemas en manos de las haciendas. Sobre la implicación de falta de continuidad en la organización social y la importancia para la organización de un "conocimiento previo" véase Palerm Viqueira y Martínez Saldaña (1997) y Escobedo (1997a) y (1997b).

El segundo de ellos se refiere a que no se tenía idea de la extensión en superficie del llamado pequeño riego en México, la importancia agregada de pequeñas superficies sólo se constató cuando el Estado mexicano hizo la estadística al respecto.<sup>33</sup>

El tercero es que no existía una preocupación teórica,<sup>34</sup> lo que aunado a los factores anteriores llevaba a un desconocimiento de la importancia de la superficie del llamado pequeño riego; y la ausencia de una presencia evidente de organizaciones autogestivas (edificios, festividades, rituales, u otras presencias visuales, como la de los jueces en los portales de Valencia).

Tengo la sospecha, pero todavía no la certidumbre, que la "invisibilidad" de organizaciones autogestivas campesinas es un fenómeno más generalizado que una ceguera mexicana. Por ejemplo en el caso de Bali, Geertz realizó una investigación de larga duración, y no parece haber aterrizado en la organización para el riego en el nivel multicomunitario (según indica brevemente Valeri, 1991). Lansing (1991) relata que los ingenieros de la burocracia hidráulica desconocían la organización multicomunitaria en Bali, específicamente el papel de los templos.

Posiblemente el solemne reconocimiento (como ocurre en el caso de Valencia) por el Estado de la organización autogestiva, como administradora e interlocutora válida para dialogar con él mismo y su burocracia hidráulica, ha jugado un papel vital en la visibilidad para los ingenieros y científicos sociales de las organizaciones autogestivas. Es decir, es posible que exista un problema de acercamiento metodológico al estudio de las organizaciones autogestivas campesinas.<sup>35</sup> Convendría reflexionar un poco más sobre ese aspecto.

Y no dudo que en la ceguera a este tipo de organizaciones, también ha influido el sesgo social y teórico de ver a las comunidades organizadas, los bienes comunales, como algo arcaico y retardatario (como ejemplo basta la Ley Lerdo y los famosos sacos de papas).<sup>36</sup>

#### IV

Como señalamos más arriba para los wittfogelianos estaba claro que la propuesta de Wittfogel no se aplicaba a situaciones contemporáneas. La lectura de los textos se hizo en todo caso para ver el alcance de falsificación y, como hemos visto, este alcance fue más bien limitado. No obstante, hay otra lectura de estos mismos textos, desde la perspectiva de evidencia empírica y análisis o teorización de la respuesta social a la práctica de la agricultura en situaciones contemporáneas.

Muchos de los estudios de caso estuvieron más centrados en falsificar a Wittfogel que en una descripción y análisis en profundidad de la organización social, lo que resultó contraproducente para enfocar el estudio de las regularidades sociales en la práctica de la agricultura de riego. La gran excepción es Arthur Maass, crítico de Wittfogel, que además de entrar en

33. Escobedo (1997a), González Luna (1997).

34. Podría ser el ejemplo perfecto de la afirmación de Kula (1991), de que sin teoría no hay datos.

35. Hay que decir que simplemente no se vio, pero la 'estrategia operativa' de preguntar por las autoridades del agua ha dado de inmediato información, como muestran los avances de estudios de caso (Palerm Viqueira, 1998).

36. Al respecto Palerm Viqueira (1998-b).

controversia con Wittfogel, hace una propuesta conceptual basada en estudios de caso a profundidad. Otro autor que hay que mencionar es Hunt (1997 [1988])<sup>37</sup> al proponer una metodología rigurosa para la investigación de caso.<sup>38</sup>

Por alguna razón en el campo de la antropología social parece haber tenido poco eco el trabajo de Maass; esperemos que esto se modifique. Curiosamente es más citada la investigación (excelente por cierto) de Glick, un alumno suyo, pero cuyo trabajo tiene un corte más empírico que de desarrollo de conceptos y discusión teórica.

Para finalizar, quiero mencionar que en algunos investigadores encontramos una nueva vertiente, que consiste en integrar o considerar las propuestas de Wittfogel ante la problemática de la capacidad autogestiva de los regantes para construir, rehabilitar y administrar sistemas de riego, así como en el análisis de existencia de organizaciones autogestivas.<sup>39</sup> Entre ellos también quiero mencionar a un ingeniero mexicano, involucrado en la transferencia de los distritos de riego en México, que me sorprendió iniciando una pregunta con “¿Tú crees que Wittfogel tenga razón...?”.

#### BIBLIOGRAFÍA

- CARRASCO, Pedro, “Reply to Offner”, en *American Antiquity*, 46, núm. 1, 1981, pp. 62-68.
- CRESSIER, Patrice, “Hidráulica rural tradicional de origen medieval en Anadalucía y Marruecos. Elementos de Análisis Práctico”, en González Alcantud y A. Malpica Cuello (coords.), *El agua. Mitos, ritos y realidades*, España, Anthropos/ Diputación Provincial de Granada/ Centro de Investigaciones Etnológicas “Ángel Ganivet”, 1995, pp. 255-282.
- ELING, Herbert, *The Role of Irrigation Networks in Emerging Societal Complexity during Late Pre Hispanic Times, Jequetepeque Valley, North Coast, Peru*, Disertación de doctorado, Austin, University of Texas en Austin, 1987.
- ENGE, Kjell y Scott WHITEFORD, *The keepers of water and earth. Mexican rural social organization and irrigation*, Austin, University of Texas Press, Austin, 1989.
- ESCOBEDO, Francisco, “El pequeño riego en México”, en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997a.
- \_\_\_\_\_ “Una zona de riego tradicional. El caso de San Buenaventura Tecalcingo, Puebla”, en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, México, 1997b.

37. Nótese que Hunt ya está hablando de una “teoría de la organización para el riego, que refiere que los problemas inherentes en compartir el agua y llevar a cabo el trabajo exigen una autoridad constituida” (Hunt 1997 [1988]: 204.

38. El enfoque de Wittfogel, útil para el estudio de civilizaciones arcaicas basadas en el regadío, es poco útil para el estudio de la organización de sistemas en funcionamiento. Para el desarrollo de una metodología basada, principalmente en Hunt ver: Palerm Viqueira y Martínez Saldaña (1997); para un primer resultado ya escrito J. Guadalupe Rodríguez Meza (1998), y para avances sobre esta metodología Palerm Viqueira (1998).

39. Wade (1988 y 1995) y Vaidyanathan (1985).

- FORTANELLI, Javier, "Pequeña agricultura de regadío", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- GELLES, Paul, *Agua, faenas y organización comunal en los Andes: El caso de San Pedro de Casta*, tesis de maestría en Antropología, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú, 1984.
- GLICK, Thomas, *Irrigation and society in Medieval Valencia*, Harvard University Press, Cambridge, Mass, 1979.
- GONZÁLEZ ALCANTUD, José y Antonio MALPICA CUELLO, "Introducción", en José González Alcantud y Antonio Malpica Cuello (coords.), *El agua. Mitos, ritos y realidades*, España, Anthropos/Diputación Provincial de Granada/Centro de Investigaciones Etnológicas "Ángel Ganivet", 1995, pp. 7-22.
- GONZÁLEZ LUNA, Ángel, "El pequeño riego en México, la versión oficial y la realidad campesina", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- GONZÁLEZ HUERTA, Margarita, *Avances de investigación*, manuscrito, 1997/1998.
- GUNAWARDANA, R. A. L. H., "Irrigation and hydraulic society in medieval Ceylon", en *Past and Present*, núm. 53, 1971, pp. 3-27.
- HUNT, Robert, "Sistemas de riego por canales: tamaño del sistema y estructura de la autoridad", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds), *Antología sobre pequeño riego*, Colegio de Postgraduados, México, 1997 [1988].
- KULA, Witold, "Algunos aspectos de la colaboración entre historiadores y economistas", en *Auriga*, núm. 6, 1991, pp. 65-79.
- LANSING, Stephen, *Priests and programmers. Technologies of power in the engineered landscape of Bali*, Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey, 1991.
- LEACH, E. R., "Hydraulic society in Ceylon", en *Past and Present*, núm. 15, 1959, pp 2-26.  
 ——— *Pul Eliya, a village in Ceylon*, Cambridge, Cambridge University Press, 1962.
- MAASS, Arthur y Raymund ANDERSON, *...and the desert shall rejoice. Conflict, growth and justice in arid environments*, The MIT Press, Cambridge, 1976.
- MEYER, Michael, *El agua en el suroeste hispánico. Una historia social y legal 1550-1850*, IMTA/CIESAS, México, 1997 [1984].
- MILLON, René, "Variaciones en la respuesta social a la práctica de la agricultura de riego", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira(eds), *Antología sobre pequeño riego*, Colegio de Postgraduados, México, 1997 [1962].  
 ——— Clara HALL, y May DÍAZ, "El conflicto en el sistema de riego del Teotihuacán moderno", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997 [1962].
- MITCHELL, William, "The hydraulic hypothesis: reappraisal", en *Current Anthropology*, vol. 14, núm. 5, diciembre 1973, pp. 532-534.  
 ——— "Irrigation and community in the Central Peruvian Highlands", en *American Anthropologist*, 78(1), 1976, pp. 25-44.
- MURRA, John, *Formaciones económicas y políticas del mundo andino*, Perú, Instituto de Estudios Peruanos, 1975.

- PALERM, Ángel, *Agricultura y Sociedad en Mesoamérica*, SepSetentas, México, 1972.
- \_\_\_\_\_ y Eric Wolf, *Agricultura y Civilización en Mesoamérica*, México, SEP/ Diana, 1980 [1972].
- PALERM VIQUEIRA, Jacinta, "Sistemas hidráulicos y organización social: la polémica y los sistemas de riego del Acolhuacan septentrional", en *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, vol. 11, núm. 2, 1995, pp. 163-178.
- \_\_\_\_\_ *et al.*, "Organización social y riego en México", proyecto presentado a CONACYT, y aceptado para financiamiento con el número de referencia 3242-P, 1996.
- \_\_\_\_\_ *et al.*, "El pequeño riego en México: ¿manejo sustentable?: Regadío, origen del Estado y la administración de sistemas hidráulicos", en *Simposio Internacional y IV Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible*, sede en Hotel Villa Primavera de la Universidad de Guadalajara, 1997.
- \_\_\_\_\_ "Sistemas hidráulicos y organización social: debate teórico y el caso del Acolhuacan septentrional", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997b.
- \_\_\_\_\_ *et al.*, "Organización autogestiva de regantes", ponencia aceptada para publicación (corregida y aumentada), en *Segundo Seminario Preparatorio: El agua y su problemática socioambiental en México: uso, abuso y control de un recurso limitado*, Zamora, El Colegio de Michoacán, 1998.
- \_\_\_\_\_ "Del individuo a la unidad doméstica y de la propiedad privada al uso comunal de los recursos", en *Simposio Familia y Parentesco en México y Mesoamérica: Unas miradas antropológicas*, con sede Universidad Iberoamericana, Sesión III Familia, parentesco y comunidad, 1998b.
- \_\_\_\_\_ y Tomás MARTÍNEZ SALDAÑA, "Introducción: la investigación sobre pequeño riego en México", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- PREM, Hanns, "El río Cotzala. Estudio histórico de un sistema de riego", en *Comunicaciones*, núm. 11, Fundación Alemana para la Investigación Científica, 1974.
- \_\_\_\_\_ *Milpa y hacienda. Tenencia de la tierra indígena y española en la cuenca del alto Atoyac, Puebla, México (1520-1650)*, México, Fondo de Cultura Económica, 1988.
- PRICE, Bárbara, "Prehispanic irrigation agriculture in nuclear America", en *Latin American Research Review*, vol. 6, núm. 3, 1971, pp 3-60.
- RODRÍGUEZ MEZA, J. Guadalupe, *La organización social de los regantes del Nexapa, Puebla*, tesis de maestría en Ciencias, México, Colegio de Postgraduados, Estudios del Desarrollo Rural, 1998.
- STEWART, Julian, "Cultural causality and law: a trial formulation of the development of early civilizations", en *American Anthropologist*, vol. 51, núm. 1, 1949, pp 1-27.
- \_\_\_\_\_ *Theory of culture change*, Urbana, 1955.
- VAIDYANATHAN, A., "Water control institutions and agriculture: a comparative perspective", en *Indian Economic Review*, vol. XX, núm. 1, 1985, pp. 25-83.
- VALERI, Valerio, "Afterword" al libro de Stephen Lansing *Priests and programmers. Technologies of power in the engineered landscape of Bali*, Princeton, Princeton University Press, 1991, pp. 134-143.



WADE, Robert, *Village Republics: economic conditions for collective action in south India*, Cambridge University Press, 1988.

——— “The ecological basis of irrigation institutions: east and south Asia” en *World Development*, vol. 23, núm. 12, 1995, pp. 2041-2049.

WITTFOGEL, Karl, *Despotismo oriental*, Ediciones Guadarrama, Madrid, 1966 [1957] (La edición de 1957, corresponde a primera edición, la edición de 1963, en la que se basa la traducción al español [1966], incorpora adiciones y correcciones]

——— “El papel de Ángel Palerm en la difusión del evolucionismo en Mesoamérica y el mundo”, en Universidad Iberoamericana y Modesto Suárez (comps.), *Historia, antropología y política. Homenaje a Ángel Palerm*, México, Alianza Editorial Mexicana, 1990, pp. 113-161.

## EL PEQUEÑO RIEGO EN MÉXICO: METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Tomás Martínez<sup>1</sup>

### PRESENTACIÓN

Una pregunta rectora con relación al pequeño riego en México es: ¿Qué sabemos de la pequeña irrigación en el caso mexicano? La pregunta no es fortuita ya que existen desde la época prehispánica un sinnúmero de sistemas de riego, así como en la época colonial y en el siglo XIX. La misma pregunta lleva además, otros elementos de carácter teórico y pragmático que conduce a un debate internacional sobre el impacto de la construcción, mantenimiento y administración de los sistemas de riego en la organización de la sociedad. A pesar de su importancia, el conocimiento del devenir y situación actual de los sistemas de riego es mínimo.

A su vez, ello conduce a la discusión de la transferencia a los usuarios de los sistemas de riego, construidos y administrados por el Estado; con la cual se busca asegurar una organización que administre y mantenga los sistemas de una manera más eficaz. La transferencia conlleva a un complejo nudo conceptual donde se ubica la "voluntad política" y la configuración estatal; y no sólo a una experiencia de entrega y búsqueda de eficiencia y rentabilidad. Voluntad enmarcada en la organización social que, en el caso de la gran irrigación, es una estructura conformada por el Estado; y en el caso de la pequeña irrigación, es una estructura basada en la organización social de la comunidad.

La pregunta encierra también la noción de polarización del agro, donde se opone la gran irrigación y la agricultura tipo empresarial a la agricultura llamada temporalera y campesina. Cabe señalar que la polarización ha sido resultado de la política del Estado mexicano, que se encuadra en una relación diádica entre campesinado o minifundismo temporalero, desvinculado del mercado; y entre la tecnología tradicional y empresariado comercial agrícola, surgido de la dinámica del mercado y de la rentabilidad financiera.

El estudio del riego implica el análisis de la organización social necesaria para construir, administrar y mantener sistemas de riego; supone una política agrícola distributiva y la promoción del mercado agropecuario. Desde la perspectiva de la política agrícola, la transferencia de sistemas de riego encaja en el análisis del riego.

1. Investigador del Colegio de Postgraduados, Instituto de Socioeconomía Estadística e Informática Especialidad de Estudios de Desarrollo Rural.

El pequeño riego en México, desde el pasado prehispánico hasta el periodo contemporáneo, no ha sido suficientemente estudiado para reconocer su importancia y trascendencia. Es decir, son pocos estudios sobre la organización social de sistemas de riego, que han generado información válida para el análisis y propuestas de modelos de desarrollo, con base en la pequeña irrigación. Sin embargo, con el desarrollo de la agricultura sustentable (basada en el ahorro energético y el cuidado de la rentabilidad), se revaloró la capacidad de regeneración, rendimiento sostenible, ubicuidad y eficiencia de la pequeña irrigación. Su estudio ha incluido la recopilación etnográfica del riego en áreas de comunidades campesinas, así como tipologías de usuarios como los pequeños empresarios.

#### EL PEQUEÑO RIEGO EN MÉXICO

La pequeña irrigación contribuye a la producción de autoabasto de alimentos, la generación de estructuras comunales y la vinculación de regiones enteras. Su misma estructura la hace diferir de la gran irrigación debido a que la pequeña irrigación maximiza: la utilización de diversas fuentes de aguas; el cuidado y respeto de derechos de terceros; la conducción del agua por tierras sin riego y por propiedades que no tienen derechos. La reglamentación es compleja, y se sustenta en derechos históricos, como son los usos y costumbres que tienen valor legal consuetudinario.

Al estudiar la pequeña irrigación se entra en una doble perspectiva tanto técnica como social, que van intrínsecamente unidas. Así la pequeña irrigación se apoya en la infraestructura hidráulica (presas, bordos, jagüeyes, canales, acequias) y en las comunidades rurales, con sus autoridades tradicionales, usos y costumbres, organización y aprovechamiento.

#### *La importancia del conocimiento del pequeño riego*

La importancia del pequeño riego aparece en el momento en que se reconoce su existencia, ya que se observa su capacidad productiva y eficiencia. Los diversos recursos así producidos se constituyen en una fuente básica para la subsistencia alimentaria de comunidades rurales, de allí que los productos no entran al mercado ni son tasados por las estadísticas oficiales. Los usuarios del pequeño riego producen animales, lácteos, cereales, hortalizas, flores, plantas de ornato, medicinales, aromáticas, alimenticias y enervantes, que son elementos básicos en la dieta y en la cultura de los mexicanos.

El uso del agua de riego de calidad ha entrado en un dilema: el agua es un bien económico deseado, competido, costoso; además el crecimiento industrial y la aglomeración urbana han generado un deterioro creciente en los acuíferos, lo que ha obligado a implementar programas de protección y conservación del agua. Éstos conllevan restricciones que afectan el funcionamiento de las zonas de pequeño riego en México; miles de familias dependen social y económicamente de tales aprovechamientos. Como el agua está relacionada con la producción agrícola, la lucha por su aprovechamiento existe desde la época prehispánica y en particular nos ha quedado manifiesto desde la época colonial. Por estas razones desde los

aztecas hasta nuestros días, el Estado y la Sociedad se han preocupado por hacer del agua un sujeto de derecho, de obligaciones y restricciones para hacer un uso más racional.

Dicho recurso es un elemento que transforma el uso del suelo y genera la cultura del riego, es decir: al introducirla en un campo de cultivo se origina una estructura social, valores, exigencias y demandas de trabajo comunal, de organización y de confluencia política. Los sistemas de riego implican bajos costos de mantenimiento y grandes beneficios a los productores; la inmensa mayoría de sus demandas y problemas pueden ser superados a nivel comunal, mediante el derecho consuetudinario que deslinda la mayoría de las querellas (Palerm, 1992; Rojas, 1990).

### *El papel del pequeño riego*

Los sistemas de riego en pequeña escala, por su tamaño, no auspician la conformación de burocracias administrativas, ya que no generan estructuras de dominio político administrativo. Así la pequeña irrigación ofrece ventajas en la construcción y aprovechamiento de nuevos sistemas, por sus bajos costos de construcción y manejo.

Con el fin de esclarecer el papel de la pequeña irrigación en la política agrícola del Estado mexicano, nos apoyaremos en la información técnica y etnográfica disponible hasta el momento. Tal interés se basa en la hipótesis de que: los sistemas de pequeño riego existentes son susceptibles de mejora, apoyo y, sobre todo, que pueden convertirse en focos de desarrollo sustentable en el medio rural, así como sostén para los mercados locales y regionales.

El trabajo se presenta mediante el despliegue de la información sobre el riego, su definición, su ubicación y uso, seguida ésta de un análisis detallado de la problemática y se plantea una propuesta de políticas y recomendaciones para el uso y aprovechamiento del riego en programas de desarrollo regional y nacional.

## LOS PEQUEÑOS SISTEMAS DE RIEGO

### *La superficie cultivada en México*

México es un territorio desértico: apenas 10% de su territorio es cultivable (25 millones de hectáreas); y 2% del territorio cuenta con irrigación (cinco millones de hectáreas), donde la mitad de ellas constituye la pequeña irrigación. El valor de la irrigación se observa al señalar que 53% de la tierra arable se localiza en las zonas áridas, donde apenas existe 7% de la disponibilidad del agua; por el contrario en las zonas en donde existe 69% del agua sólo se tiene 31% de la tierra. Esta carencia de agua ha llevado a desarrollar áreas de agricultura de riego, donde la frontera hidráulica o área de riego factible en México, se ubica en ocho millones de hectáreas. Esto indica que restan dos millones de hectáreas por desarrollar, sin embargo, por las limitaciones físicas y financieras actuales del país, la solución no es sencilla y sí muy costosa (Tijerina, 1993: 19-21).

### *La estadística del riego*

Hay un problema inicial en el manejo del pequeño riego: no existen datos confiables en la cantidad de superficie bajo riego en pequeña escala. Hay una variabilidad de información manejada por las instituciones y autores, que su número no está definido ni su cantidad y calidad. Tal carencia se ha vuelto crucial: se usa tanto para generar una política y un programa de inversión, como para atacar la misma política. De allí que la determinación de la cantidad real de hectáreas bajo pequeño riego y bajo control de los productores, se haya vuelto una información si no confidencial al menos imposible de constatar con la información disponible.

Este problema se refleja en la poca claridad de las cifras de tierra bajo cultivo y bajo riego: por ejemplo, en 1990 se señalaba que había unas 26 860 564 hectáreas de las cuales 21 057 452 eran de temporal y 5 803 112 hectáreas de riego. Otra fuente coincidía dando una suma de 5 715 915 hectáreas. Sin embargo, la Comisión Nacional del Agua reportaba para 1991 la existencia de 22 millones de hectáreas abiertas al cultivo, poco más de 16 millones de temporal y unas 6 millones de hectáreas de riego. Un año después en 1992, otra fuente oficial daba una superficie agrícola de 27 160 565 hectáreas. Y otro autor indicaba que la superficie en uso agrícola era de 26 860 564 hectáreas de las cuales 21 057 452 eran de temporal y 5 803 112 hectáreas de riego; otro dato era de 5 715 915 hectáreas bajo riego. Finalmente INEGI hizo referencia a una superficie de riego de 5.2 millones de hectáreas, de las cuales 3.2 millones correspondían a la gran irrigación, y 2.0 millones a la pequeña irrigación (Salinas, 1991; Escobedo, 1991; Tijerina, 1993: 37).

El territorio bajo riego suma seis millones de hectáreas (ha) de las cuales 3.2 millones de ha corresponden a los distritos de riego (la gran irrigación); y los 2.8 millones de ha restantes, se organizan en unidades de riego (la pequeña irrigación). La división enuncia la política de irrigación nacional: se centra en el apoyo irrestricto a la gran irrigación, ya que 50% de las zonas irrigadas han quedado al margen de los beneficios de dicha política.

### *La gran irrigación*

La bibliografía existente y el material estadístico conducen a un manejo detallado de la información sobre la gran irrigación y sus usuarios. Esta información incluye la superficie bajo riego, los cultivos y los productores. En cuanto al número de distritos, su magnitud y tamaño permite identificarlos con facilidad, existiendo en el país un total de 78 que benefician a más de 514 mil usuarios. En cuanto a su distribución geográfica, 54% de la superficie de riego se concentra en 18 distritos, ubicados en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California y Michoacán; 17% de la superficie se ubica en 10 distritos del centro-norte del país como La Laguna; en tanto que el resto de la superficie (29%) se distribuye en 50 distritos ubicados en 24 estados de la República (SARH-CNA, 1994).

### *La pequeña irrigación*

A pesar de su cobertura amplia, la pequeña irrigación o las denominadas unidades de riego han generado poca información, en comparación con la gran irrigación en México. Las cifras

que se tienen mencionan que hay 2.8 millones de hectáreas de pequeña irrigación, y cuentan con unas 29 000 unidades o pequeñas obras que son operadas por los agricultores. De estos microsistemas de riego, SAGAR ha creado 18 800 como Unidades de Riego para el Desarrollo Rural (URDERAL). Estas cubren una superficie aproximada de 1.8 millones de hectáreas, donde hay 493 600 productores.

En lo que respecta al millón de hectáreas restante, se estima que están estructuradas en unas 32 400 pequeñas obras, cuya construcción, infraestructura y operación dependen de los productores. No están registradas como URDERALES y están fuera de toda estadística oficial. Sus beneficiarios directos son unos 300 000 productores. En suma se habla de unas 61 800 obras que irrigan los citados 2.8 millones de hectáreas; y de 523 600 productores de pequeña irrigación, que sumados a los usuarios de la gran irrigación, da un total nacional de un millón de productores con acceso al agua para riego.

Tal extensión, ubica a México como el país con mayor superficie de riego en Latinoamérica y séptima en el mundo, aportando el área cosechada de estas zonas 50% de la producción agrícola nacional. Esta producción se ha convertido en generación de ingresos y de empleos, así como de divisas para el país.

Cabe señalar que el registro de una URDERAL es sólo un acto estadístico, ya que no existe apoyo por parte del Estado en el momento en que las unidades de riego quedan registradas; además no hay diferencia entre las unidades que están registradas y aquellas que no lo están. Las URDERALES son tan sólo un registro útil para el conocimiento del Estado y para generar un instrumento jurídico de intervención en áreas donde le conviene manejar el suelo o el agua (SARH-CNA, 1994).

#### APORTE PARA EL ESTUDIO DEL PEQUEÑO RIEGO

La metodología para el estudio del riego, requiere de un marco socioeconómico definido que impacte el desarrollo de las comunidades rurales. Tanto las que se desarrollan de una manera equilibrada como aquellas ubicadas en áreas críticas del país, que presentan un proceso de deterioro de sus recursos naturales. Las zonas de riego en peligro, ofrecen un potencial conflictivo que pueden llevar a la destrucción de los recursos y convertir en invariables los sistemas de producción existentes.

También pueden ser un potencial de mejoramiento, al revertir el deterioro de los recursos naturales; garantizar el acceso al agua tanto en pequeños escurrimientos, en jagüeyes, en bordos y en pequeñas presas; y propiciar la participación de los productores en planes de mejoramiento mediante sus organizaciones tradicionales u oficiales existentes. El proceso metodológico implica conformar un marco socioeconómico que desemboque en una tipología de productores y tecnologías utilizadas, sustentada en un marco de referencia regional e histórico económico. Con la idea de conducir a un diagnóstico que proyecte alternativas de acción, que visto en estudios de caso, puedan servir como piloto o ejemplos en el país.

*Estudio de áreas críticas*

La metodología que se busca está dirigida a las áreas críticas irrigadas del país, que cuentan con recursos viables para regenerar su autodesarrollo; que producen para el autoconsumo, aunque algunos se encuentran en los límites de las posibilidades de su sobrevivencia. La idea de hacer una clasificación de unidades de producción rural busca conformar una tipología mediante criterios sencillos de muestreo o sondeo.

Para ello, identificamos los principales cultivos y sus indicadores económicos como son los costos de producción y precios; así como el registro de las técnicas de cultivo y manejo agrícola prevaleciente. Igualmente se mide el uso de mano de obra en la agricultura, la ganadería, la caza y la recolección; y se registra la venta de la mano de obra o de productos en la zona o fuera de ella. La tipología se encuadra dentro de la estructura social de una unidad de producción rural, es decir, la estructura doméstica familiar que tiene una cabeza y miembros individuales o familias subordinadas, explotando un recurso de suelo y agua conjuntamente.

*De la clasificación de productores a su tipología<sup>2</sup>*

La clasificación de productores y usuarios del pequeño riego se inicia con el estudio realizado en un contexto familiar o grupal, donde el ingreso se recibe una vez al año o en pequeñas porciones cada día y no cubre el trabajo de un individuo sino de la familia entera.

Además, el trabajo de un individuo en el campo, oculta el trabajo de otros: como el trabajo de los niños y de las mujeres en las cosechas, en las siembras y en el cuidado de árboles frutales, y cultivo de hortalizas y legumbres. Igualmente, oculta el trabajo de las unidades complejas como familias extensas, cooperativas de servicios, mayordomías de trabajo o cofradías organizadas para la producción, cuya presencia organizativa no es evaluada por las formas tradicionales de la organización del trabajo vía salario.

El manejo de las unidades familiares de producción rural implica la organización del espacio de la vivienda y las zonas irrigadas y periféricas. Estos espacios son utilizados para la producción y el manejo de los sistemas agrícolas (tierras en descanso, áreas liberadas y protegidas para la conservación y el requerimiento de germoplasma, bosques, matorrales, las orillas de los canales, etcétera).

El uso del mercado por la unidad familiar de producción rural es una variable para clasificar a las unidades de riego en pequeña escala. Es decir, interesa conocer cómo se integran al mercado con uno o varios productos, una o dos temporadas al año, o permanentemente; cómo participan en los mercados regionales o nacionales establecidos, a través de intermediarios o directamente.

La diversificación y el manejo del riesgo (técnico, monetario, climático) es la característica de mayor trascendencia en las unidades familiares de producción rural. Este riesgo es inherente y los puede llevar a jugar con la innovación o a cerrarse. Cuando se logra una verdadera autarquía o autoabasto se puede pensar en jugar con el riesgo, pero cuando se enfrentan a situaciones límite, lo único que importa es la subsistencia y sobrevivencia de la unidad fami-

2. Véase cuadro 1.

liar de producción rural. Además el potencial técnico que existe en las unidades domésticas de producción rural como: las tradiciones en el uso del suelo, el manejo del germoplasma, el conocimiento tradicional de la biota (en particular el manejo de la herbolaria), debe orientarse al aprovechamiento sustentable del medio ambiente.

La clasificación se apoya en un proceso binario donde se juega con dos polos, los cuales tienen un gradiente contenido en ambos. Éstos surgen del conocimiento de la estructura productiva campesina y de los sistemas hidráulicos tradicionales. Hay además un sinnúmero de relaciones binarias donde, las más importantes y relevantes son aquellas que hacen referencia al sistema de producción, el manejo del agua y el uso tradicional de los recursos sociales y naturales.

La clasificación inicia con la contraposición de las unidades rurales domésticas de producción con las unidades de producción capitalista en términos del destino y manejo de la producción. De allí que se tengan: unidades rurales de producción bajo riego y temporal. En este binomio, el factor clave es la infraestructura de riego.

Otro elemento clasificatorio lo constituye la tecnología utilizada en las unidades de producción: es decir, la tecnología tradicional (acumulación de conocimientos derivados del uso de los sistemas agrícolas al alcance de la energía de la unidad doméstica) y la tecnología moderna (conocimiento utilizado y derivado del uso y aprovechamiento de la energía fósil y fuera de la capacidad de producción campesina como los agroquímicos, fertilizantes, etcétera).

Estas unidades tienen una relación de producción relevante o insignificante con el mercado: hay unidades rurales destinadas para el mercado y otras unidades para el autoconsumo. Lo que se busca es definir cuál es la producción dominante, sin excluir al resto. Las unidades rurales de producción con pequeño riego, cuentan con formas de producción agrícola integrada a otros sistemas hidráulicos; otras con recursos más escasos, sólo tienen una fuente de agua. El aprovisionamiento es muy importante con relación a la conformación de grupos y asociaciones, ya que trascienden los niveles de integración de la comunidad o familia.

El primer sistema de aprovechamiento genera o facilita la estructura comunal o socializada del manejo del recurso a nivel regional. Además puede encontrarse una forma dual de aprovechamiento, mediante derivación o usufructo directo, lo que genera sistemas con formas de aprovechamiento de recursos intra e intercomunales (usufructo a través de acuerdos comunales o individuales).

Un criterio clasificatorio se deriva del manejo que tienen las unidades rurales de producción de pequeño riego: un ciclo anual intensivo contrapuesto a un ciclo intensivo estacional. El primero ubica a los productores con potencialidad para ingresar al mercado mediante la producción de flores, hortalizas, básicos y forrajes para leche y alimento de engorda de ganado; lo que logra un sistema de pluricultivos comerciales de alto rendimiento. Por el contrario, el ciclo anual intensivo estacional apoya la producción de básicos y forrajes, casi siempre en busca de autoabasto y pocas veces alcanza el mercado; cuando logran integrarse es con insumos no terminados, como pasturas, rastrojos. Además canaliza a un patrón específico de cultivos según la tradición y las demandas del mercado.

Una división que conduce a un conocimiento más detallado de las unidades rurales de producción es el uso de riego. Este es indispensable en zonas donde el agua es básica para



el cultivo (zonas de desierto, zonas con precipitación irregular). También hay unidades que tienen riego complementario de otras fuentes de agua y cuentan con precipitación regular y estacionalidad predecible. La clasificación de comunidades difiere de aquellas donde no existe el riego y una tecnología adecuada para estos sistemas.

Otro elemento es el de origen de las unidades de producción rural con uso del pequeño riego: algunos son de origen prehispánico y colonial; otros son del porfiriato y contemporáneos. El hecho de que haya derechos de agua consuetudinarios, incluye el que los valores comunales sean respetados: y exista una predisposición a la organización comunal, al contar con derechos coloniales e inclusive porfirianos mediante títulos y escrituras. El agua otorgada por el Estado mediante concesiones, decretos o actos políticos también genera obligaciones y derechos.

### *La tipología heurística de la pequeña irrigación<sup>3</sup>*

El ejercicio y operación de la pequeña irrigación, genera usufructo y organización que no por pequeño implica simplicidad o sencillez en su manejo y estructura. Los sistemas de pequeño riego pueden ser una madeja de derechos y obligaciones; de lealtades primordiales y respetos mutuos; de usufructos consuetudinarios que difícilmente pueden ser entendidos en un primer análisis. Así, las tradiciones del manejo del agua a través del tandeo y construcción de sistemas (presas, represas, canales y derivaciones) son elementos clave. Es decir, un productor con conocimientos de riego genera un potencial para la diversificación de la producción; por el contrario, un productor sin tradición requiere de un proceso de extensión agrícola básico.

En este conteo se registra el contexto donde vive la unidad doméstica y se determinan los límites de su acción en la comunidad. Así cobra importancia conocer la calidad de organización existente en la comunidad como son: los festejos, las tandas, las faenas comunales, las mayordomías, las cofradías, los partidos y las organizaciones religiosas. Esta organización genera estructuras que obligan a acciones y otorgan derechos de uso y usufructo; y se contraponen con sistemas donde el agua se maneja como una mercancía, sin ningún compromiso social o comunitario.

### *Primera característica: la organización en el manejo del riego*

La forma en que usa el agua es una expresión de la tradición, costumbre, fuerza o concesión. La propiedad del agua en un momento dado, se vuelve intrascendente, ya que hay derechos que son intangibles y sólo se ejercen cuando existe confrontación de intereses en su manejo. La tipología es la siguiente:

- a) **Sistemas multicomunales:** Sistemas de riego de gravedad que aprovechan corrientes de agua superficial, tanto permanente como temporal (ríos, riachuelos, corrientes de deshielo, manantiales) y se sustentan en organizaciones multicomunales.
- b) **Sistemas comunitarios:** Sistemas de riego localizados en comunidades donde el recurso, es aprovechado sin tener que hacer arreglos con otros núcleos de población o autoridades específicas. También incluye comunidades cuyo sistema de riego forma

3. Véase cuadros 2 y 3.

- parte de un sistema mayor, es decir, reciben una dotación específica del líquido con periodicidad.
- c) **Sistemas parciales:** Se constituyen por los usuarios que aprovechan el agua de extracción de pozos profundos operados por energía eléctrica y motores de combustión interna, sólo irrigan fracciones de comunidades en función de los recursos acuíferos disponibles. No se requieren arreglos con otros núcleos de población para su aprovechamiento. En tales casos, el grupo de irrigadores puede hacer uso del recurso sin tener que recurrir a acuerdos comunitarios.
  - d) **Sistemas individuales:** Se sustentan en el uso de acuíferos obtenidos de norias y pozos o almeyales; no requieren ni fomentan algún tipo de organización para su utilización. Se puede generar una tipología con base en la organización de productores usufructuarios del riego en pequeña escala (cuadro 1).

*Segunda característica: antigüedad del sistema*

Dada la naturaleza de los aprovechamientos en cada sistema de riego, hay otro tipo de clasificación, según la función del mismo, la tecnología que utiliza, las obras hidráulicas existentes (canales, presas, represas). La primera diferenciación surge de la dependencia generada de los insumos externos para la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas. La antigüedad de los mismos es otra diferenciación que implica reconocer usos y tradiciones basadas en la cultura, la lengua y el derecho consuetudinario. Igualmente se considera la disponibilidad de agua de acuerdo a los derechos de uso y usufructo, que nacen de la estructura agraria (intervención estatal vía el reparto agrario) o que es impuesta por la dinámica de la demanda comercial vía la inversión de capital. El control del agua marca diferencias en los sistemas existentes y explica los efectos sociales en las comunidades; de allí que las zonas de reparto agrario pueden diferenciarse de las zonas de tradición hidráulica colonial o prehispánica. La dependencia del exterior y los sistemas de propiedad de agua y suelo, tienen implicaciones diferentes para la organización de los sistemas. Por ejemplo, el sistema agrícola constituido por el riego es condicionado por la estructura agraria surgida de la tenencia de la tierra, la demanda del mercado y la organización de los productores (cuadro 2).

*Tercera característica: la necesidad del riego*

La tercera característica es el papel que el riego desempeña en el contexto agrícola; es decir, su necesidad real o contingencia que hace del agua un elemento prescindible o no en el sistema de producción. Esta diferenciación es característica sustantiva para la existencia del proceso productivo; e incluye al tipo de organización que opera el sistema. Es decir, provoca la duración y supervivencia de organizaciones de usuarios permanentes, activas o estacionales (caso del aprovechamiento de aguas broncas en tiempos de lluvias que generan avenidas torrenciales una vez cada decenio). Por el contrario, aquellos sistemas con una sola fuente de agua, o escasa no favorecen o limitan los vínculos externos y los compromisos comunales y las estructuras sociales regionales (cuadro 3).

*Cuarta característica: número de usuarios y área de cultivo*

El número de usuarios y la superficie promedio bajo control conlleva a establecer parámetros para clasificar desde una visión productiva y de uso racional del agua, lo que se considera como minifundio o latifundio. Es decir, un área bajo cultivo cambia si se le irriga con una fuente natural de agua (que no genera costos) o se bombea el agua a elevados costos. Por ejemplo, una hectárea bajo riego puede significar casi cuatro hectáreas de zona de buen temporal; y una hectárea bajo un sistema intensivo de riego, con estructura hidráulica permanente, significa la producción de 11 hectáreas bajo régimen de barbecho. A estas variables hay que asociar la antigüedad del sistema, así como su complejidad y dependencia del riego. Sin embargo, la agricultura moderna no ha logrado montar sistemas hidráulicos intensivos, a bajo costo financiero, como los que se lograron con la chinampería, o los campos drenados hace miles de años. Los costos de construcción y mantenimiento hacen inviable la hidroponía en una economía de mercado, no así la agricultura intensiva tradicional.

*Quinta característica: la intervención estatal*

La intervención estatal es un elemento definitorio en los sistemas de riego, en especial los organizados por los productores, ya que su presencia va a definir en parte si son unidades de riego o distritos de riego. En algunos casos, el tamaño favorece la presencia de la estructura burocrática estatal, pero por interés de los mismos productores se procura que la presencia estatal sea lo menos relevante posible. La intervención se puede medir por su existencia e intensidad tanto en el manejo de recursos derivados del Estado como la presencia de burocracias y técnicos pagados por él.

## CONCLUSIONES

Las zonas de riego en pequeña escala tienen problemas de diversa índole, algunos tan graves que se ha generado un proceso irreversible de destrucción de sistemas y otros no tanto pero que obstaculizan sus rendimientos y eficiencia (obsolescencia de sistemas, deterioro de canales, pérdida de eficiencia en conducción de agua). Muchas veces las formas de solucionar estos problemas no son simplemente de escala, hay variables que pasan desapercibidas y no entran en las decisiones y en los correctivos técnicos.

El estudio del pequeño riego tiene una doble perspectiva: en primer lugar, reconocer su importancia y apoyar su sobrevivencia y, en segundo lugar, aprender de su experiencia el uso del agua de una manera racional, lógica y ecológica. Una parte importante de los alimentos tradicionales son cultivados bajo riego por los pueblos campesinos que conservan sus sistemas bajo control comunal; pero también han incluido la producción de hortalizas, hierbas aromáticas y medicinales en gran escala.

Es interesante explicar cómo ha logrado sobrevivir la tecnología agrícola, en un contexto donde los campesinos cuiden de sus recursos acuícolas y las aprovechan racionalmente. La tecnología comercial no tiene normas para esto, por ello si este proceso existe habrá que

buscarlo entre los mismos agricultores. Pocas veces se analiza la pequeña irrigación porque se da como un hecho histórico y social; pero al igual que cualquier sistema agrícola ha sufrido los embates de los cambios, se ha vuelto obsoleta en sus instalaciones y muchas veces se le abandona por incosteable.

La pequeña irrigación representa un desafío para miles de campesinos y pequeños productores, ya que es una herencia técnica milenaria de sistemas prehispánicos y coloniales. De allí la conveniencia de su estudio y promoción, con el fin de que la tecnología sea aprovechada y modernizada para que el pequeño riego sobreviva compitiendo en el mercado nacional e internacional y de esta manera provocar su protección, conservación y mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ESCOBEDO, J. Francisco, *Análisis de funcionamiento de organizaciones de usuarios de obras de pequeña irrigación. (El caso de San Buenaventura Tecalcingo, Pue.)*, tesis de maestría, México, Colegio de Postgraduados, Centro de Estudios de Desarrollo Rural, 1991.
- PALERM, Ángel, *Obras Ángel Palerm: Ángel Palerm y Eric Wolf. Agricultura y civilización en Mesoamérica*, México, Ediciones Gernika, 1992.
- ROJAS, Teresa (coord.), *La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días*, México, CNCA-Editorial Grijalbo, 1990.
- SALINAS, Carlos, "En marcha la reforma que necesita el campo mexicano", en Suplemento especial de *La Jornada*, México, 10 de noviembre de 1991.
- SARH-CNA, *Programa Nacional de Aprovechamiento del Agua (PRONAGUA) 1990-1994*, México, 1994.
- TIJERINA, L., "Investigación aplicada, la ingeniería de riego", en *Ciencias especial*, México, Colegio de Postgraduados, 1993, pp 37-50.

Cuadro 1  
Tipología de sistemas de riego, según su organización

Tipo de sistema	Componentes
a) Sistemas multicomunales:	Corrientes y/o manantiales. Pequeños almacenamientos.
b) Sistemas comunitarios:	Manantiales, plantas de bombeo.
c) Sistemas parciales:	Pozos profundos, galerías filtrantes.
d) Sistemas individuales:	Norías, almeyales.
e) Sistemas mixtos:	Combinaciones de lo anterior.

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a los trabajos realizados en el Colegio de Postgraduados.

Cuadro 2  
Sistemas de riego, según tecnología y tenencia de la tierra

Tipo de sistema	Tecnología	Tenencia
Sistemas antiguos (no demandan insumos externos)	Derivaciones Manantiales Galerías filtrantes Pozos profundos	La tenencia de la tierra y el agua se establecieron simultáneamente
Sistemas modernos (demandan insumos externos)	Norias Algunos almacenamientos Plantas de bombeo	La tenencia de la tierra precede a la tenencia de derechos de agua.

Fuente: Modelos conceptuales del trabajo.

Cuadro 3

Necesidad del riego	
Tipo de sistema	Organización
Sistema con riego <i>imprescindible</i> Sistemas hidráulicos Sistemas de riego moderno	Permanente Muchos usuarios Muchos usuarios latifundios con empleados
Sistema con riego <i>necesario</i>	Permanente
Sistema con riego <i>complementario</i>	Estacional

Fuente : Elaboración propia.

## ORGANIZACIÓN AUTOGESTIVA DE REGANTES

Jacinta Palerm<sup>1</sup>

### SITUACIÓN DEL REGADÍO Y PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA NACIONAL

La agricultura de riego tiene gran importancia en México y otras partes del mundo donde hay restricciones por aridez. A nivel mundial, en fechas recientes, la atención de políticas públicas nacionales se ha centrado en la transferencia a los usuarios de la infraestructura para el regadío, administrada por una burocracia hidráulica del Estado. Además se ha revalorizado el papel de la superficie del pequeño riego por su eficacia y sostenibilidad autogestiva.

México cuenta con un total de cinco millones de hectáreas de riego, donde la distribución en superficie entre grande y pequeña irrigación es casi igual. De hecho, para nuestro país fue un descubrimiento la importancia de la superficie de pequeño riego. La imagen del México agropecuario postrevolucionario era de una polarización entre gran irrigación y agricultura campesina de temporal; ello a pesar del reconocimiento, basado en investigación de las décadas de 1940 y 1950, de la importancia de la obra hidráulica y de la agricultura de regadío prehispánica.

Desde la perspectiva de la política pública nacional, se pueden hacer las siguientes preguntas en torno a la administración de sistemas de riego:

- a) ¿Es posible la transferencia exitosa de los distritos de riego?, o dicho en otras palabras ¿es posible una autogestión exitosa? Al respecto Vermillion (1991), funcionario del Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación (IIMI), dice:

... la transferencia del manejo de los sistemas de riego y las políticas de privatización son normalmente manejadas en base a dos ideas que se asumen: (1) que los regantes están financieramente preparados para asumir la propiedad o el manejo y (2) que la transferencia incrementará la capacidad y la sostenibilidad de los sistemas de riego. Ambas ideas son cruciales, pero sobre esto no hay suficiente documentación...

1. Profesora Investigadora Adjunta, Estudios del Desarrollo Rural, Colegio de Postgraduados, Director del proyecto "Organización Social de Sistemas de Riego en México" (financiado por CONACYT), con la colaboración de Tomás Martínez Saldaña y Francisco Escobedo (como asesores); y de J. Guadalupe Rodríguez Meza, Pablo Zaldívar, María Elena Serrano, Irma Salcedo Baca, Adoniram Sánchez, Luz del Carmen Morán, Ricardo Osorio, Margarita González Huerta y José Luis Pimentel Equihua (como investigadores).

- b) ¿Hay una situación de autogestión exitosa en el llamado pequeño riego? Al respecto, Palacios Vélez (1997: 425) nos dice que, para el caso de México, se ha detectado:

Una falta de organización para la operación, conservación y administración de la mayoría de las unidades de riego; lo cual propicia conflictos entre los usuarios del agua, así como el deterioro de la infraestructura ... [y también indica que:] en la mayoría de las unidades la infraestructura de riego y drenaje se encuentra en muy mal estado; sobre todo donde muchos de los usuarios son minifundistas ...

## LA TEORÍA

El regadío tiene dos implicaciones, una parte técnica, referida a la infraestructura; y otra social, referida a la organización para la administración de la infraestructura y la construcción misma. La existencia de infraestructura hidráulica no es una condición suficiente para que pueda haber regadío, ya que falta la componente social y la capacidad de organizarse para el regadío. El regadío tiene entonces implicaciones en la organización social; su alcance es motivo de debate teórico, no así las peculiaridades organizativas que diferencian la agricultura de secano de la agricultura de riego.

La discusión teórica y por lo tanto la evidencia empírica existente, se centra en la llamada "hipótesis hidráulica" de Wittfogel (1966), que cuestiona si un sistema de riego implica necesariamente una administración centralizada del Estado. Los estudios empíricos para poner a prueba dicha "hipótesis", analizan organizaciones autogestivas para la administración de sistemas de riego; y demuestran la capacidad autogestiva de los regantes para administrar sistemas de riego con ciertas restricciones.

## LAS VARIABLES PLANTEADAS EN EL PROYECTO

La delimitación de las "restricciones" (o dicho de otra manera, los límites a la capacidad autogestiva de los regantes) como las variables que afectan la capacidad autogestiva, es un objetivo central del proyecto. Las "restricciones" las retomamos de la bibliografía sobre el tema, de la validación en campo a través de estudios de caso y del análisis de la información de campo.

*Los límites de la autogestión se refieren, en primera instancia, a la capacidad para construir obra hidráulica*

En México, la obra de gran irrigación fue construida por el Estado luego de un intenso debate a principios de siglo sobre la capacidad de la iniciativa privada para construir obras de gran irrigación (Gayol 1994, [1906]; Palacios, 1994 [1909]; Herrera y Lasso, 1994 [1919]).

A nivel mundial y a través de la historia, las obras hidráulicas monumentales han sido construidas por el Estado (Vaidyanathan, 1985; Reisner, 1986; Price, 1994). Las organizaciones autogestivas tienen mayores dificultades organizativas para la construcción en comparación con la administración de las obras (Maass y Anderson, 1976; Herrera y Lasso, 1994

[1919]). Varias fuentes refieren que en México, en este siglo, hay un importante incremento de la superficie de pequeño riego a partir de inversiones del Estado (Escobedo, 1997a; González Luna, 1997; Palacios Vélez, 1997).

De allí que suponemos que la mayor parte (si no toda) de la infraestructura hidráulica es "histórica" y/o corresponde a una construcción por parte del Estado. Los casos de construcción/rehabilitación seguramente reflejan una organización autogestiva muy eficaz.

*Los límites de la autogestión se refieren, en segunda instancia, a la capacidad administrativa. Allí se priorizan los siguientes factores*

- 1) El tamaño del sistema involucrado y el número de usuarios (Wittfogel, 1957; Hunt, 1997 [1988]; Millon, Hall y Díaz, 1997 [1962]; Vaidyanathan, 1985). Donde a mayor tamaño y número de usuarios, mayor dificultad autogestiva.
- 2) El conocimiento previo y la tradicionalización del manejo (la tradición considerada como un conocimiento validado por experiencias empíricas previas) (Palerm y Martínez, 1997; Millon, 1997 [1962]; Millon, Hall y Díaz, 1997 [1962]; Escobedo, 1997a y 1997b). Donde a mayor conocimiento previo, mayor capacidad autogestiva.
- 3) La estructura de la organización para la administración: la existencia de niveles organizativos u organizaciones "anidadas" (Palerm y Martínez, 1997; Ocampo Fletes, 1997; Ostrom, 1990). Donde la existencia de niveles organizativos organizaciones "anidadas" son necesarios o facilitan una organización autogestiva eficaz y democrática.
- 4) La disposición del Estado de aceptar y legitimar la existencia de organizaciones autogestivas, particularmente cuando son "grandes" (Ostrom, 1990).
- 5) La existencia de sistemas técnicamente centralizados, que obligan a una centralización administrativa (Vaidyanathan, 1985).<sup>2</sup>

El objetivo central es explorar la validez de estas variables, en estudios de caso comparativos; que podrán a su vez ser contrastados con otros en el mundo.

2. El caso del distrito de riego de La Laguna parece corresponder a un sistema técnicamente centralizado, sin embargo, hay que explorar si la centralización obedece genuinamente a razones técnicas (concepto que desarrolla Vaidyanathan) o son más bien razones "organizativas" (en particular, la debilidad de los derechos de agua de los regantes). Basado en J. Palerm Viqueira 1998, notas de campo. Dice Vaidyanathan (1985: 54, mi traducción) "Para mayor claridad parece útil hacer una distinción entre dos aspectos de la centralización de la administración del regadío: un aspecto podría llamarse "funcional" y el otro "político". El primero refleja las características técnicas del sistema, que indican el *locus* de decisión y la distribución de la toma de decisiones entre distintos niveles. Por ejemplo, un sistema que está basado en canales que se abastecen de una sola fuente (digamos una obra de derivación o un reservorio) requiere de una coordinación centralizada para la operación de los canales y alimentación de los ramales. Una vez que se determina el calendario de operación de los canales, la cantidad y los tiempos (periodicidad) en que hay agua, en cada ramal de alimentación, está más o menos fijo. El órgano de administración al nivel de un ramal de alimentación puede protestar que los de aguas arriba toman demasiada agua. Pero, en cualquier caso, el rango en que pueden manipular los tiempos (periodicidad) o cantidad de abasto está limitada. Su función principal será distribuir el abasto existente en la toma de alimentación entre las distintas partes del área cubierta por ese ramal. En contraste, un tracto regado por canal que combina, el reservorio principal con reservorios más pequeños/pozos diseminados en el área de comando, ofrece mayores posibilidades de manipular la cantidad, los tiempos y la entrega de agua en un nivel intermedio. Esto también implica que potencialmente el nivel intermedio de administración tiene un mayor rango de decisiones. La realización de hecho de este potencial, sin embargo, depende de varios factores, entre ellos de grado de suficiencia de agua de riego con relación a los requerimientos del área de comando. "Los aspectos 'políticos' se refieren a la cuestión de quiénes, entre los varios grupos interesados en el sistema, toman las decisiones de reparto del agua, sobre qué bases y en beneficio de quién."



EL ESTUDIO DE LA ORGANIZACIÓN Y SU EFECTIVIDAD

Lo que estamos tratando de abordar es el vínculo entre una componente material (técnica), como lo es una infraestructura hidráulica para regadío y una componente social, específicamente la organización para realizar las tareas necesarias en el uso y continuidad (sostenibilidad) de la infraestructura hidráulica de una manera pacífica.

Las tareas necesarias o "siempre presentes" las retomamos de la literatura sobre el tema, ponderadas por su validación en campo: distribución del agua, mantenimiento, tratamiento del conflicto, construcción y rehabilitación, y posiblemente también monitoreo o vigilancia. A través de la realización de estas actividades (tareas) vamos a describir y analizar la organización; y a poder indicar ("medir") dónde hay aspectos problemáticos. La propuesta es tratar en cada nivel organizativo el desempeño de las tareas. También proponemos evitar una disyuntiva de administración autogestiva o administración por el Estado, abordando las formas de presencia e intervención del Estado en cada nivel (y obviamente como un nivel organizativo más inclusivo) y en las distintas tareas.

AVANCES DE INVESTIGACIÓN Y NUEVAS CONSIDERACIONES

1. Hemos encontrado organizaciones autogestivas eficaces, que abarcan desde menos de 100 hectáreas hasta 5 500 hectáreas de superficie de regadío; y organizaciones autogestivas ineficaces de menos de 5 hectáreas<sup>3</sup> (véase cuadro 1). La eficacia/ineficacia en los casos que tenemos están vinculadas al conocimiento previo. Estos avances concuerdan con análisis de casos a nivel mundial, el tamaño no parece ser la variable determinante en la capacidad autogestiva (véase cuadro 2).
2. Hemos encontrado casos de administración por una burocracia hidráulica contratada por los regantes para superficies de regadío menores a 10 000 hectáreas<sup>4</sup> (véase cuadro 3). Una situación que posiblemente no se deba caracterizar como autogestiva (Vaidyanathan, 1985). Los casos corresponden a distritos de riego transferidos. De allí que habrá de evaluar la eficacia de gestión, en estos casos.
3. Hemos validado el modelo de investigación para los estudios de caso, ya que ha sido adecuado estudiar y analizar la organización y su eficacia a través de las tareas siempre presentes; y particularmente es exitoso el enfoque de niveles organizativos. Este punto conviene enfatizarlo dado que las organizaciones multicomunitarias no son "visibles" a nivel de estudios de comunidad, aún en aquellos de larga duración.<sup>5</sup> Ha tenido también mucho éxito evitar en el análisis la disyuntiva de una administración autogestiva o una administración por el Estado.<sup>6</sup>

3. Casos J. Guadalupe Rodríguez Meza (1998a); y de avances de investigación Luz del Carmen Morán y Ricardo Osorio; Margarita González Huerta; María Elena Serrano, Adoniram Sanchez. Otros casos Cabrera y Martínez Saldaña (1997), Escobedo (1997b). Posiblemente el caso descrito en Cabrera y Martínez deba tipificarse como administrado por una burocracia hidráulica.

4. América Rodríguez, 1997/1998 y comunicación personal, diciembre 1997; Irma Salcedo Baca, 1998, avances de investigación; José Luis Pimentel Equihua, 1998, avances de investigación; Jacinta Palerm Viqueira, 1998, notas de campo.

5. Ocampo Fletes (1997), en contraste con J. Guadalupe Rodríguez Meza (1998a).

6. Véanse resultados conceptuales en Palerm Viqueira (1997).

4. Dos objetivos no explicitados al inicio del proyecto, que están cobrando fuerza, son:
  - a) el diseño de una metodología de “apreciación rápida” para poder “medir” si una organización está funcionando eficazmente y cuáles son los aspectos problemáticos; y
  - b) qué diseños de la estructura organizativa son exitosos y pueden proponerse como modelos.
5. Estamos en proceso de discutir algunos problemas conceptuales; destaca aquel referido al “tamaño”. La referente propuesta considera un sistema de riego que abarca desde la toma de una fuente natural de agua y su conducción por canales hasta las parcelas. Una organización debería corresponder al manejo de este sistema.

De manera más específica consideramos que los niveles organizativos deberían relacionarse con la infraestructura<sup>7</sup> (y este enfoque ha tenido éxito). Por ejemplo, las comunidades A, B y C tienen cada una de ellas una organización a nivel de comunidad. Las comunidades A y B deben cooperar en el mantenimiento del canal AB y de la presa de derivación AB; y deben organizarse también para distribuir (repartir) el agua entre ambas. La localidad C tiene su propia presa derivadora en el mismo río. En tanto la infraestructura hidráulica, no hay vínculo entre la organización AB y la organización C (véase croquis 1).

Sin embargo, la infraestructura hidráulica incluye diversas situaciones que complican la delimitación de la unidad de estudio (un sistema de riego) y por lo tanto medir el tamaño. Estas complicaciones son, por ejemplo: a) obras de trasvase de un río a otro (trasvase del río Atoyac al Nexapa)<sup>8</sup> (véase croquis 2); b) el agua de una galería filtrante que pueda conducirse por una diversidad de canales, de tal manera que la compra/venta de agua o la renta de tierra por el propietario del agua, implica un área de riego de la misma galería muy variable de un año a otro. Dos fuentes de agua pueden compartir el mismo canal, pero la conducción de agua de una y otra fuente se realiza en horas distintas y tiene áreas de riego distintas.<sup>9</sup>

También encontramos que la organización puede estar relacionada no con la gestión de una infraestructura, sino con la distribución del recurso agua. Así, la organización a nivel de usuarios de un río, les permite prorratear el agua. Esto es, si cada usuario —el caso del Nexapa— de aguas arriba tomase su dotación o derecho de agua legal no abastecería a los usuarios de aguas abajo.<sup>10</sup> Todas estas situaciones empíricas implican que es problemática la delimitación de la unidad de análisis (infraestructura de regadío) y por lo tanto del tamaño y número de usuarios.

7. Mi agradecimiento a Pimentel Equihua por ayudarme a clarificar y ampliar esta idea de vínculo entre nivel organizativo e infraestructura hidráulica, y a diferenciar situaciones donde se comparte infraestructura hidráulica, de aquellas donde el problema es de distribución de una fuente natural de agua.
8. J. Guadalupe Rodríguez Meza (1998a).
9. Campos González (1997), comunicación personal, Escobedo, julio 1997.
10. Caso río Nexapa estudiado por J. Guadalupe Rodríguez Meza (1998a) y caso río King reseñado en Hunt (1997): aunque en ambos casos existe una obra hidráulica común, en el primero un trasvase, en el segundo una presa de almacenamiento. En el caso del río Cuautla (Salcedo, 1998, avances de investigación; y Pimentel Equihua, 1998, avances de investigación) la organización abarca un tramo del río Cuautla y además el manejo de varios manantiales. En investigaciones recientes para México, que se enfocan en cuencas hidráulicas, es evidente la ausencia de organizaciones autogestivas para el nivel de cuenca y problemas en la capacidad reguladora del Estado, a través de la Comisión Nacional del Agua (antes SARH y SRH). Al respecto, es interesante el contexto de cuenca del caso del río Nexapa (J. Guadalupe Rodríguez, 1998a y 1998b), y el río Amatzinac, Morelos (Vargas, 1998 y Martínez Lacy, 1998). Sobre la importancia de los derechos de aguas y la regulación del Estado en el manejo de cuencas (o ríos) véase Palerm (1997); como contraste el caso de conflicto permanente descrito por Fernea (1997).

Por otra parte, delimitar a la organización como unidad de análisis (en lugar de la infraestructura hidráulica) implica que no se podrá medir la sostenibilidad a largo plazo de sus acciones. Por ejemplo, hay situaciones donde existen organizaciones sólidas para el manejo del agua, pero carecen de un nivel organizativo para dar mantenimiento a la obra de cabecera, ello implica que el sistema en su conjunto no es sostenible.<sup>11</sup>

Esta discusión conceptual nos lleva a distinguir entre las demandas de la administración de una infraestructura hidráulica, y las demandas de administración de la distribución de agua de un río; donde es evidente que las demandas administrativas en el primer caso son mayores y se asume que hay una cobertura del Estado en lo referente a derechos de agua. Su importancia radica en que posiblemente los reportes de sistemas autogestivos grandes (50 000; 100 000 hectáreas y más) esté exagerado.<sup>12</sup>

El segundo problema conceptual es aquel referido a la definición de autogestión, ya que es posible que los sistemas autogestivos más grandes estén administrados por una burocracia hidráulica contratada por los regantes. Su importancia radica en que, nuevamente, los reportes de sistemas autogestivos grandes esté exagerado.

6. Como último punto vamos a tratar dos mecanismos que imprimen flexibilidad al manejo del agua de riego. Para ello nos apoyamos en la reflexión en torno a la propuesta de Vaidyanathan, y también consideramos como ejemplo la potencialidad del método comparativo y del enfoque interdisciplinario.

La perspectiva de flexibilidad interesa para el análisis de la operación de algunos distritos de riego en México, donde técnicamente parece haber limitadas o nulas posibilidades de imprimir flexibilidad al "plan de riego".<sup>13</sup> Se ubica en la discusión, la posibilidad de un manejo autogestivo de grandes sistemas de riego (alrededor o más de 100 000 hectáreas).<sup>14</sup> Esta perspectiva –los mecanismos para imprimir flexibilidad– también da idea del conocimiento técnico y social con el que cuenta el agricultor de riego en sistemas de riego autogestivos.

El primer mecanismo que abordamos, consiste en los intercambios informales de agua o modificaciones en la tanda prevista. Dicha modificación ha sido vista como estrategia de los

11 Caso Hadhramaut, reseñado en Millon (1962)

12 En el caso de la organización de usuarios del río Cuautla, la organización no corresponde a un sistema hidráulico, ni siquiera al manejo coordinado de un río, al incluirse manantiales ubicados en las cercanías (Salcedo y Pimentel Equihua, avances de investigación)

13 Palerm Viqueira, 1998, notas de campo, Vaidyanathan (1985: 54)

14 Vaidyanathan (1985) y Wade (1995) Para Vaidyanathan véase nota 2 La argumentación de Wade es paralela a la de Vaidyanathan, como podemos ver con la siguiente cita de Wade. Del texto citado de Wade, hay que señalar en relación a su crítica a los antropólogos, que el contexto mexicano dada la influencia mesoamericanista (que incluye evidentemente a Wittfogel), más bien ha hecho a los antropólogos mexicanos escépticos de las posibilidades autogestivas de grandes sistemas. Y específicamente el texto dice "La mayor parte de la bibliografía sociológica y antropológica sobre regadío, por lo menos en Asia, es sobre pequeños sistemas en el trópico semi-húmedo. No se examinan las consecuencias de un medio semi-húmedo y de las densidades de población existentes en la forma y operación de las instituciones de regadío. Cuando confrontan los antropólogos y sociólogos (a los que se añaden hoy en día por los ecólogos "lo verde es pequeño") las deficiencias organizativas de grandes sistemas de riego por canales en los trópicos semi-áridos y áridos donde prevalecen bajas densidades de población es probable que reaccionen diciendo: a) que la expansión futura de superficie de regadío debe ser pequeña (debido a las virtudes aclimáticas y apoblacionales organizativas de la pequeña escala) –aún cuando la ecología limita severamente el potencial de los sistemas a pequeña escala, y b) que lo que funciona bien en pequeños sistemas (grupos de regantes basados en tomas de alimentación y similares) debe ser implantado en grandes sistemas. Al efectuar este argumento, no toman en cuenta las diferencias cualitativas en el contexto de la conducta diferencial de los agricultores de pequeños sistemas comunales en los trópicos semi-húmedos, y los grandes sistemas operados por el gobierno en los trópicos semi-áridos –una diferencia que probablemente hace que la aplicación de los principios organizativos derivados del primer contexto difícilmente se aplique al segundo" (Wade, 1995: 2047, mi traducción)

encargados del agua para favorecer a compadres, parientes y amigos.<sup>15</sup> Sin negar la existencia de esta dinámica, nosotros hemos encontrado en varios sistemas de riego (Tochimilco, Puebla; río Nexapa, Puebla; río Cuautla, Morelos)<sup>16</sup> intercambios informales de agua basados en el requerimiento urgente del líquido para un cultivo evaluado por los mismos productores. La descripción anexa (a cargo de Pimentel Equihua), corresponde al canal San Esteban, uno de los canales que toma agua del río Cuautla en Morelos, donde el intercambio de agua está basado en criterios objetivos de *stress* o estrés hídrico de la planta evaluados por los mismos productores. La negociación se da entre el agricultor que tiene la tanda de agua; el agricultor cuyo cultivo requiere urgentemente de riego y una autoridad encargada de la administración del recurso. La informalidad es, entonces, en estos casos, una estrategia que busca un aprovechamiento más eficiente del agua para el conjunto<sup>17</sup> de los regantes; es también la expresión de un mecanismo social que evita la violencia física para apropiarse del agua en situaciones críticas.

La perspectiva de uso más eficiente del agua para el conjunto de los regantes de un sistema, se presenta también cuando hay restricciones y sanciones al riego excesivo, aun cuando el regante tiene derecho al agua (es decir cuando está dentro de los límites de su cantidad y tanda de agua). Este caso lo encontramos en Tochimilco<sup>18</sup> y posiblemente esté presente en otros sistemas.

El segundo mecanismo que abordamos consiste en la existencia y uso de depósitos (conocidos, según la región, como jagüeyes, estanques, presas, bordos, reservorios, etc.) que tienen el papel, en los casos que tratamos, de almacenar el agua recibida en la tanda de riego: a) permite “jugar con el temporal”, es decir, si se riega más o menos, o si se almacena el agua para posteriormente aprovecharla en otros cultivos,<sup>19</sup> y b) permite riegos puntuales para los requerimientos de cultivos diversificados y/o riegos más seguidos que la tanda de agua.<sup>20</sup> Aquí hay que insistir en que la frecuencia de riegos y la cantidad total de agua necesaria son dos aspectos de requerimiento de las plantas que no están correlacionados (véase cuadro 4).

#### ANEXO. EVALUACIÓN DE NECESIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO, SEGÚN CRITERIOS OBJETIVOS (INDICADORES DE *STRESS* HÍDRICO), PARA EL INTERCAMBIO INFORMAL DE AGUA DE RIEGO<sup>21</sup>

La evaluación de la necesidad urgente de agua para un cultivo por parte de los productores, se basa en manifestaciones externas del cultivo que indican *stress* hídrico, donde se considera

15 Ingeniero de Recursos Hidráulicos citado por Millon, Hall y Díaz, 1997 [1962]

16 Tochimilco, Puebla Morán y Osorio (1997/1998), río Nexapa, Puebla Rodríguez Meza (1998), río Cuautla, Morelos Salcedo (1998) y Pimentel Equihua (1998)

17 Encontré iluminador el argumento en Gelles (1994: 256 y 266) de distinguir entre manejos supuestamente “más eficientes”, y manejos que benefician al conjunto de los usuarios. Gelles está argumentando que la distribución tradicional al estar institucionalizada evita que se modifique el padrón de usuarios, a diferencia de sistemas de distribución potencialmente más eficientes, pero no institucionalizados.

18 Morán y Osorio (1997/1998)

19 Descripción de su manejo en Rodríguez Meza (1998a: 192-195)

20 Ejemplo de manejo de un “estanque” que se llena a partir de bombeo y de agua rodada en La Laguna (Palerm Viqueira, 1998), ejemplo de manejo de pequeños depósitos a nivel de parcela en Fortanelli (1997)

21 Elaborado por José Luis Equihua e Ignacio Aguirre

también la fecha del último riego. Por ejemplo, se tienen indicadores con los siguientes cultivos:

- a) Cuando con la caña de azúcar han transcurrido dos meses después del corte (zafra), momento en que se da un riego de nacencia (y no ha llovido), las manifestaciones externas que reconocen los productores, en orden de menor a mayor daño, se refieren a “la planta tiene color verde cenizo”, “la planta no crece”, “las puntas empiezan a secarse” (observación en campo con los productores del ejido Anenecuilco, Morelos, 16-05-98).
- b) Cuando el maíz de edad aproximada de 45 días, no ha recibido riego en treinta días (sólo un primer riego de nacencia) ni precipitación pluvial, las manifestaciones externas que reconocen los productores se refieren a “la planta está triste”, “la planta tiene color verde cenizo”, “sus hojas se enrollan”, “está chaparro”.
- c) Cuando el maíz está jiloteando, en caso de un mes sin regar; en otro caso mes y medio sin regar (ambos con tres riegos, pero el segundo y tercero con riegos ligeros por la escasez de agua: “casi nomás me dejaron refrescar la tierra, entonces ya me urge el agua”, normalmente hay tres riegos, espaciados unos 20 días); y finalmente sin precipitación pluvial, las manifestaciones externas que reconocen los productores, se refieren a “las hojas de abajo se clasolean”. Y más grave “el jilote se aloca”, ya que cuando esto ocurre, según los productores, “no llena el grano y no crece la mazorca” (observación directa en campo con los productores del ejido Anenecuilco, 16-05-98).

Estos referentes empíricos son el conocimiento socialmente validado por años de observación directa y trato con las plantas. Cabe mencionar que el conocimiento referido es preciso y concuerda con lo que la fisiología vegetal reporta con relación al *stress* hídrico: se refiere por ejemplo a la reducción en el ritmo de crecimiento y elongación celular (caña: “la planta no crece”, “el maíz está chaparro”), así como en la tasa de fotosíntesis (caña y maíz: “la planta tiene color verde cenizo”); reducción de área foliar para reducir evapotranspiración como respuesta al *stress* hídrico (maíz: “sus hojas se enrollan”); la interrupción de los procesos de fotosíntesis y de respiración celular (en caña: “las puntas empiezan a secarse” y en maíz: “las hojas de abajo se clasolean”). Es decir, se interrumpe el proceso de transporte de nutrientes para llenar el grano (maíz “el jilote se aloca”).

Para fines del análisis presente, lo más importante es que el conocimiento empírico social sea un medio objetivo para consensar acuerdos sociales referentes a la distribución del agua en un territorio o campo de cultivo. Los diferentes productores comparten una misma fuente de agua de riego, para “tandearse” (distribuir) el agua en condiciones de escasez y evitar la violencia física. En este proceso, los productores toman acuerdos con la intermediación de las autoridades ejidales, y con base en visitas a los campos referidos para observar directamente los cultivos y sus necesidades de agua (Observación en campo ejido de Anenecuilco, Morelos 16-05-98).

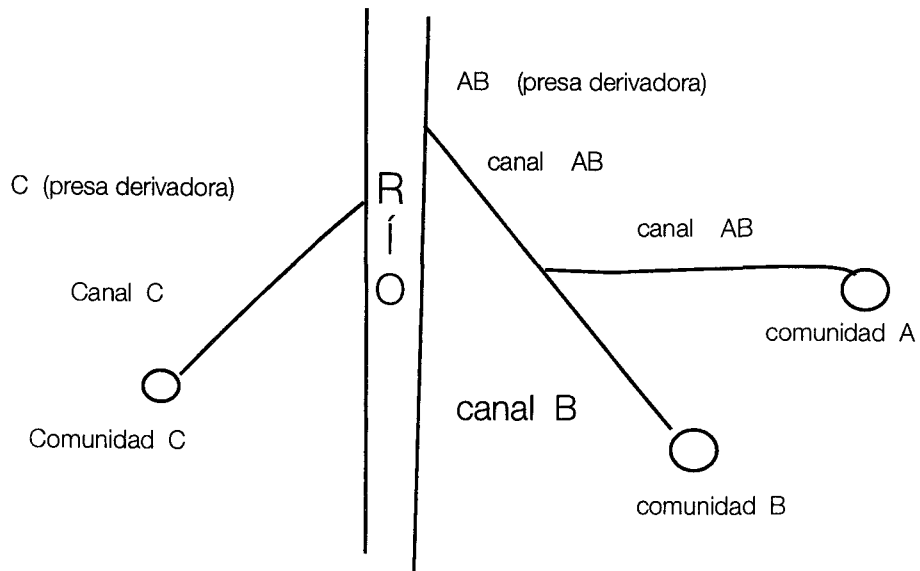
## BIBLIOGRAFÍA

- CABRERA ARIAS, Alejandrina y Tomás MARTÍNEZ SALDAÑA, "El riego en Arandas: viejos y nuevos aprovechamientos hidráulicos", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- CAMPOS GONZÁLEZ, Fortino, *La actividad agrícola en sistemas de pequeña irrigación con galerías filtrantes en la cañada poblana, México*, tesis de maestría en Ciencias: Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Campus Puebla, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- ESCOBEDO, Francisco, "El pequeño riego en México", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997a.
- ESCOBEDO, Francisco, "Una zona de riego tradicional. El caso de San Buenaventura Tecalcingo, Puebla", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, México, 1997b.
- FERNEA, Robert, "El conflicto en el regadío", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, Colegio de Postgraduados, México, 1997 [1963].
- FORTANELLI, Javier, "Pequeña agricultura de regadío", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- GAYOL, Roberto, *Dos problemas de vital importancia para México, la colonización y el desarrollo de la irrigación*, México, Biblioteca del Agua/IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua)/CIESAS (Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, 1994 [1906].
- GELLES, Paul, "Channels of power, fields of contention: the politics of irrigation and land recovery in an andean peasant community", en William P. Mitchell and David Guillet (eds.), *Irrigation at high altitudes: the social organization of water control systems in the Andes*, vol. 12, Society for Latin American Anthropology Publication Series, 1994, pp. 233-273.
- GONZÁLEZ HUERTA, Margarita, *Avances de Investigación Sistema de riego de San Juan Teotihuacán*, Estado de México, 1997-1998.
- GONZÁLEZ LUNA, Ángel, "El pequeño riego en México, la versión oficial y la realidad campesina", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, México, 1997.
- HERRERA Y LASSO, José, *Apuntes sobre irrigación, Notas sobre su organización económica en el extranjero y en el país*, Biblioteca del Agua/IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua)/CIESAS (Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México, 1994 [1919].
- HUNT, Robert, "Sistemas de riego por canales: tamaño del sistema y estructura de la autoridad", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997 [1988].

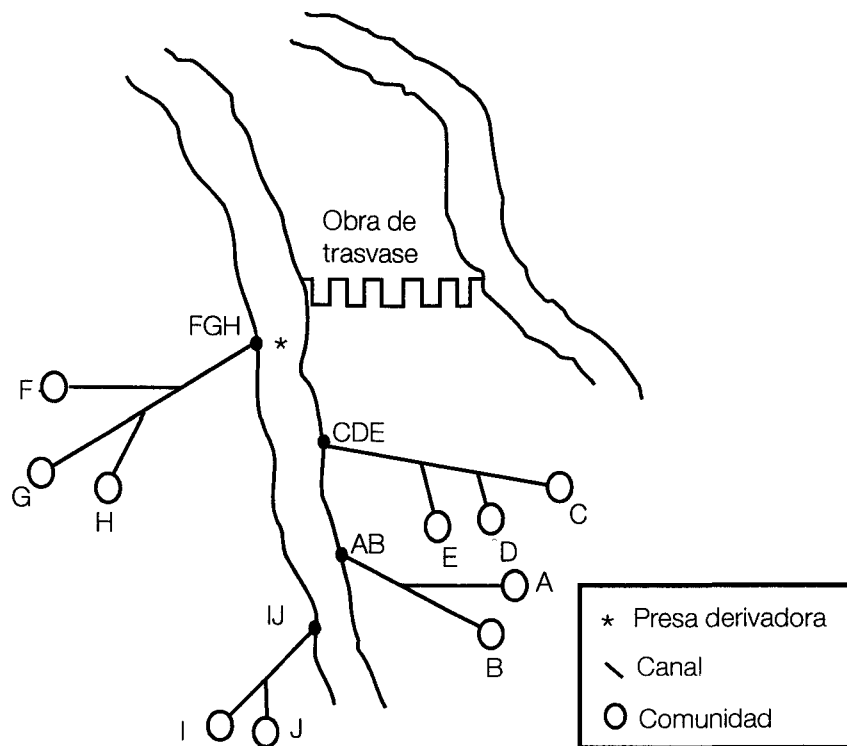
- MAASS, Arthur y Raymund ANDERSON, "... and the desert shall rejoice. Conflict, growth and justice in arid environments", The MIT Press, Cambridge; traducción de la "introducción", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997 [1996].
- MARTÍNEZ LACY, Pablo, *Comunicación personal sobre Río Amatzinac*, Morelos, 1998.
- MILLON, René, "Variaciones en la respuesta social a la práctica de la agricultura" en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997 [1962].
- Clara HALL y May DÍAZ, "El conflicto en el sistema de riego del Teotihuacán moderno", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997 [1962].
- MORÁN, Luz del Carmen y Ricardo OSORIO, *Avances de investigación Sistemas de riego de Tochimilco*, Puebla, 1997-1998.
- OCAMPO FLETES, Ignacio, "Niveles organizativos para el manejo de aguas en el valle de Atlixco" en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- OSTROM, Elinor, *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*, Mesa de trabajo en teoría política y análisis de políticas, Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- PALACIOS, Leopoldo, *El problema de la irrigación*, Biblioteca del Agua/IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua)/CIESAS (Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México, 1994 [1909].
- PALACIOS VÉLEZ, Enrique, "Las unidades de riego o pequeña irrigación", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- PALERM VIQUEIRA, Jacinta, "Regadío, origen del Estado y la administración de sistemas hidráulicos", ponencia presentada en el *Simposio Internacional y IV Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible*, sede en Hotel Villa Primavera de la Universidad de Guadalajara, 1997.
- y Tomás MARTÍNEZ SALDAÑA, "Introducción: la investigación sobre pequeño riego en México", en Tomás Martínez Saldaña y Jacinta Palerm Viqueira (eds.), *Antología sobre pequeño riego*, México, Colegio de Postgraduados, 1997.
- PALERM VIQUEIRA, Jacinta, *Notas de Campo La Laguna*, recorrido 15, 16 y 17 de abril de 1998.
- PIMENTEL EQUIHUA, José Luis e Irma SALCEDO, *Avances de Investigación Asociación de Usuarios del río Cuautla*, Morelos, 1998.
- PRICE, David, "Wittfogel's neglected hydraulic/hydroagricultural distinction", en *Journal of Anthropological Research*, vol. 50, núm. 3, 1994, pp. 187-204.
- REISNER, Marc, *Cadillac desert*, EUA, Penguin Books, 1986.
- RODRÍGUEZ, América, *Sistemas de riego sobre el Río Lempa, El Salvador*, manuscrito, 1997-1998.

- RODRÍGUEZ MEZA, J. Guadalupe, *La organización social de los regantes en el Río Nexapa, Estado de Puebla*, tesis de maestría del Desarrollo Rural, México, Colegio de Postgraduados, 1998a.
- *Comunicación personal* (proceso documental audiovisual sobre la organización social de los regantes del río Nexapa), 1998b.
- *La organización social de los regantes de Nexapa, Puebla*, tesis de maestría, Estudios del Desarrollo Rural, México, Colegio de Postgraduados, 1998.
- SÁNCHEZ PERACI, Adoniram, *Avances de Investigación sistemas de riego en San Juan Tabaa, Sierra de Juárez, Oaxaca*, 1997-1998.
- SALCEDO, Irma, *Avances de Investigación Asociación de Usuarios del Río Cuautla, Morelos*, 1998.
- SERRANO, María Elena, *Avances de Investigación. Riego a partir de pozos en los límites entre Jalisco y Guanajuato*, 1997-1998.
- VAIDYANATHAN, A., "Water control institutions and agriculture: a comparative perspective", en *Indian Economic Review*, vol. XX, núm 1, 1985, pp. 25-83.
- VARGAS VELÁSQUEZ, Sergio, "Conflictos sociales por el agua: el caso del oriente de Morelos", ponencia presentada en el Simposio Antropología del agua: nuevas líneas de investigación, XXV Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología "La antropología mexicana frente al siglo XXI: reflexiones y propuestas", 15 al 17 de julio 1998.
- VERMILLION, Douglas, *The turnover and self management of irrigation institutions in developing countries*, A discussion paper for a new program of the International Irrigation Management Institute, Colombo, IIMI, 1991.
- WADE, Robert, "The ecological basis of irrigation institutions: east and south Asia", en *World Development*, vol. 23, núm 12, 1995, pp. 2041-2049.
- WITTFOGEL, Karl, *Despotismo oriental*, Madrid, Ediciones Guadarrama, 1966 [1957] (la edición de 1957, corresponde a primera edición, la edición de 1963, en la que se basa la traducción al español [1966], incorpora adiciones y correcciones).





Croquis caso núm. 1



Croquis caso núm. 2

Cuadro 1  
Sistemas de riego autogestivos eficaces

Organización	Fuente de agua e infraestructura hidráulica	Área regada (ha)	Núm. de usuarios	Núm. de comunidades	Fuente
Río Nexapa, Puebla	1 trasvase del río Atoyac al Nexapa (infraestructura común). 12 presas derivadoras, conducción por canales.	9,145	5,411	53	Rodríguez Meza 1998a pp. 42-63
Tochimilco, Puebla	7 manantiales, cada manantial un sistema, conducción por canales.	790	943 (?)	1	Morán y Osorio 1997/1998 Avances de investigación
Pilantitla, Puebla	1 manantial, conducción por canales	720/746	-	4-6	Escobedo 1997b pp. 281-282
San Juan Tabaa, Oaxaca	1 manantial, conducción por canales.	89	44	1	Sanchez Peraci 1997/1998 Avances de investigación
San Juan Teotihuacan, Edo. México	Multitud de pequeños manantiales, conducción por mangueras.	3,805	-	18 y 6 peq. prop.	Millón, Hall y Díaz 1997 [1962] González 1997/1998 Avances de investigación

Sistemas de riego autogestivos ineficaces

Organización	Fuente de agua e infraestructura hidráulica	Área regada (ha)	Núm. de usuarios	Núm. de comunidades	Fuente
Río Tule, Arandas, Jalisco	Presas de almacenamiento, sobre un río, conducción por canales	350 (2,100 proyectadas)	45 (318 derechohabientes)	-	Cabrera Arias y Martínez Saldaña 1997 pp. 306-311
La Noria, (socios del pozo) y San José de las Palmas, (familia extensa)	1 pozo 2 pozos	20 10 y 5	25 5	1 1	Serrano 1997/1998 Avances de investigación

Cuadro 2

Nombre y ubicación del sistema	Tamaño (hectáreas)	Tipo de cédula	Fecha de observación	Fuente del tamaño y cédula	
San Juan, México	600	comunidad regantes	1963-1964	notas trabajo de campo del autor	notas trabajo de campo del autor E. Hunt y R. Hunt, 1974; E. Hunt y R. Hunt, 1976
Tayuban, Java	700	gobierno nacional	1983	Duewel, 1983: 19	<i>ibid.</i> 19 n 47
Zanjera Danum, Filipinas	1,500	comunidad regantes	1970's	Coward, 1979: 29	<i>ibid.</i> : 31, 32
Vicente Guerrero (Durango) (Unidad de Riego) México	1,575	comunidad regantes	1982	notas trabajo de campo del autor, Banco Mundial	notas trabajo de campo del autor, Banco Mundial
12-Go Japón	5,500	comunidad regantes	1950-1954	Beardsley, Hall y Ward, 1959: 133	<i>ibid.</i> : 135, 277-279
Moncada (Valencia) España	7,000	comunidad regantes	1968	Maass y Anderson, 1978: 20	<i>ibid.</i> 22-23
Morelia # 2 (Distrito de Riego núm. 20) México	8,000	gobierno nacional	1982	DGDUR, 1982, núm. 020: 28	notas de trabajo de campo del autor, Banco Mundial
New Cache La Poudre Estados Unidos	15,400	comunidad regantes	1969	Maass y Anderson, 1978: 298, cuadro 7.6	<i>ibid.</i> : 289, 313
río Angat Filipinas	26,890	gobierno nacional	1963-1964	Takahashi, 1970: 49	<i>ibid.</i> : 49, 51, 120
río Mayo (Sinaloa) (Distrito de Riego núm. 38) México	95,973	gobierno nacional	1982	DGDUR, 1982 núm 038: 5	notas trabajo de campo del autor, Banco Mundial
Fresno Estados Unidos	97,000	comunidad regantes	1969	Maass y Anderson, 1978: 175	<i>ibid.</i> : 175, 179-182
Chia-nan Taiwan	150,000	comunidad regantes	1968-1969	Pasternak, 1972: 39	<i>ibid.</i> : 27 n. 8, 41
Hindiyah, Canal de la presa Irak	209,000	gobierno nacional	1956-1958	Ferneu, 1970: 163	<i>ibid.</i> : 122-123
río King (California) Estados Unidos	458,000	comunidad regantes	1969	Maass y Anderson, 1978: 147	<i>ibid.</i> : 255-256
Esquema del Gezira Sudán	730,300	gobierno nacional	1963-1964	Dishoni, 1966: 90	notas de trabajo de campo del autor 1987
					<i>ibid.</i> : 90

Fuente: Hunt, 1997 [1988]: 219.

Cuadro 3

## a) Sistemas de riego "autogestivos" con burocracia hidráulica contratada por los regantes

Organización	Fuente de agua e infraestructura hidráulica	Área regada (ha)	Núm. de usuarios	Núm. de comunidades	Fuente
Río Tule, Arandas, Jalisco	Presa de almacenamiento sobre un río, conducción por canales.	350 (2,100 proyectadas)	45 (318 derechohabientes)	-	Cabrera Arias y Martínez Saldaña, 1997: 306-311
Río Cuautla, Morelos	Manantiales y presas derivadoras sobre un río, conducción por canales.	8,500	4,750	30	Pimentel Equihua y Salcedo, 1998, Avances de investigación.
Río Lempa, El Salvador	Varios sistemas, Distrito Zapotitán, Distrito de Atiococho.	3,000-3,500	-	-	Rodríguez, América, 1997/1998.
Módulo de riego (La Laguna)	Parte de un Distrito de riego.	<3,000	-	-	Palerm Viqueira, 1998, Notas de campo.

## b) Sistemas de riego autogestivos administrados por los mismos regantes

Organización	Fuente de agua e infraestructura hidráulica	Área regada (ha)	Núm. de usuarios	Núm. de comunidades	Fuente
Río Nexapa, Puebla	1 trasvase del río Atoyac al Nexapa (infraestructura común), 12 presas derivadoras, conducción por canales.	5,564	5,411	53	Rodríguez Meza 1998a: 42-63.
Tochimilco, Puebla	7 manantiales, cada manantial un sistema, conducción por canales.	790	943 (?)	1	Morán y Osorio, 1997/1998, Avances de investigación.
Pilantitla, Puebla	1 manantial, conducción por canales	720/746	-	4-6	Escobedo, 1997b: 281-282.
San Juan Tabaa, Oaxaca	1 manantial, conducción por canales.	89	44	1	Sánchez Peraci, 1997/1998, Avances de investigación.
La Noria, (socios del pozo) y San José de las Palmas, (familia extensa)	1 pozo 2 pozos	20 10 y 5			Serrano, 1997/1998, Avances de investigación.

Cuadro 4  
Láminas y frecuencias de riego

Cultivo	Lamina de riego total (mm)	Frecuencias de riegos (días)	Ciclo de cultivo (meses)
Algodón	1,250	20	9
Alfalfa	770	12	6 (48)*
Maíz	750	20	4-5
Zanahoria	400	7	3

\*Primer corte, seis meses. Ciclo completo cuatro años.

## LA ORGANIZACIÓN SOCIAL DE LOS REGANTES EN EL RÍO NEXAPA, ESTADO DE PUEBLA

José Guadalupe Rodríguez  
Jacinta Palerm<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

Al igual que otros países del mundo que cuentan con gran irrigación, actualmente se desarrolla en México un proceso importante de transferencia de segmentos de la gran obra hidráulica al conjunto de usuarios (que se encuentran ubicados dentro del área de comando o de beneficio de riego de las presas hidráulicas). De acuerdo a las modificaciones llevadas a cabo en la Ley de Aguas Nacionales (diciembre 1992) y su Reglamento que de ella se deriva (enero 1994), existe la necesidad de constituir a los regantes en la figura jurídica de asociación de usuarios asociación civil. Esto con el fin de que puedan encargarse, en lo sucesivo, de las actividades relacionadas con la administración, mantenimiento y construcción de la infraestructura hidráulica del distrito de riego al que pertenezcan.

Varios problemas surgen: el primero de ellos es que la institución responsable de operar la estrategia es la Comisión Nacional del Agua (CNA), que considera que la creación de asociaciones de usuarios *per se* generará la organización social necesaria para garantizar, no sólo la conservación de la obra hidráulica, sino también para incrementar la eficiencia en el manejo del recurso agua. Sin embargo, en nuestro país existen dos sectores: la gran irrigación, donde la presencia de los especialistas a través de los planes y programas de riego ha centralizado la toma de decisiones en el manejo de la administración del agua; y la pequeña irrigación, donde los productores determinan el manejo, control y toma de decisiones sobre sus propios sistemas de riego.

Dentro del sector de la gran irrigación, algunos módulos de riego han sido ya constituidos y desconcentrados, y se encuentran en manos de los regantes. Además, presentan contradicciones de diversa índole, como es el caso del Distrito de Riego núm. 017, en la Región Lagunera. De acuerdo con las declaraciones del Secretario de Organización de la Confederación Nacional Campesina (CNC) del municipio de San Pedro Coahuila: "el agua del módulo de riego número 17, se vendió al mejor postor y los pequeños propietarios fueron los únicos beneficiados [...ya que] los delegados de los módulos se venden".

1. José Guadalupe Rodríguez es Egresado de la Maestría en Estudios del Desarrollo Rural y Jacinta Palerm es Investigadora de El Colegio de Postgraduados, respectivamente.

Igualmente, en el Distrito de Riego 085 de La Begoña, Guanajuato, existen conflictos entre los usuarios por la existencia de dos comités directivos en el módulo de riego que pretenden ser reconocidos por la CNA (trabajo de campo por la zona, 1996); y en el Distrito de Riego de Tehuantepec, Oaxaca, el proceso de integración de módulos para la transferencia de segmentos de la obra hidráulica, presentaba serias dificultades debido a la diversidad de la militancia política de los productores (trabajo de campo por la zona, 1997).

A diferencia de lo que sucede con el manejo del agua en la denominada gran irrigación, en otras regiones del país tales como el Valle de Atlixco, Puebla, existen dentro del sector denominado pequeña irrigación, organizaciones sociales de regantes que desarrollan sus actividades en tres niveles organizativos: el primer nivel, el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa; el segundo nivel, la Junta de Aguas de cada una de las doce presas derivadoras que existen en el río Nexapa; y el tercer nivel, las comunidades que pertenecen a la Junta de Aguas.

#### JUSTIFICACIÓN

En la agricultura de riego, podemos encontrar dos estrategias implementadas por el Estado mexicano desde el reparto agrario: por un lado, la creación y apoyo pleno a la gran irrigación con un esquema de administración centralizada en la construcción y administración de presas hidráulicas. Algunas de las características básicas de la gran irrigación están dadas por la formación de una burocracia especializada en la construcción, administración, mantenimiento y distribución del agua. La asignación de volúmenes de inversión de hasta 15% del presupuesto total de egresos de la Federación y la ejecución desde la administración central de planes de riego para los beneficiarios del área de comando de cada presa.

Por otro lado, encontramos sistemas de riego no administrados por el Estado, que son parte de la pequeña irrigación —ocupan 2.5 millones de ha, es decir, 50% de la superficie total de riego en nuestro país—; la organización social y autoridad interna son controladas por la comunidad de regantes. Es decir, participan en las tareas de los sistemas y/o redes hidráulicas tales como: distribución y monitoreo del agua, solución de conflictos, construcción y mantenimiento de la infraestructura hidráulica, y aplicación de sanciones. Este proceso les ha permitido generar niveles de cohesión social que no se manifiestan en los productores de la gran obra hidráulica.

Desde principios de 1990, en nuestro país se impulsó, desde el seno de la administración pública federal, un proceso de transferencia de los distritos de riego a la comunidad nacional de regantes, constituidos en módulos de asociaciones de usuarios. Este planteamiento se sustentó básicamente en función de dos supuestos. El primero, relacionado con la racionalidad del modelo de desarrollo económico implementado en nuestro país a partir de 1982, replanteó la relación del Estado con los sectores de la economía, en general, y limitó la participación en las actividades relacionadas con el campo mexicano, en particular. Desde esta perspectiva, el conjunto de subsidios otorgados para el manejo, administración, mantenimiento y construcción de la infraestructura de riego, eran muy elevados para cubrir por el

Estado. En este contexto, desarrolló e impulsó un proceso que generaría las condiciones necesarias para transferir el costo al conjunto de los usuarios de los distritos de riego.

El segundo supuesto señala que la transferencia de los distritos de riego a los usuarios generaría las condiciones para un manejo más eficiente del agua y mantenimiento de los sistemas de riego. La comunidad de regantes estaría obligada a desarrollar e implementar un manejo eficiente en la administración, mantenimiento y construcción de la gran obra hidráulica; y estaría obligada a renovar la infraestructura dentro de sus propios predios agrícolas con la finalidad de mejorar la conducción. Todo este proceso, se asume, generaría a la comunidad de usuarios beneficios económicos; y al Estado le permitiría ahorrar las partidas presupuestales que otorgaba a los distritos de riego.

Para la implementación de esta estrategia, el Estado mexicano envió al Congreso la iniciativa de modificación de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento que se deriva de la misma. En la iniciativa, se eliminaba el sector de la pequeña irrigación o los sistemas no administrados por el Estado, así como la estructura de las Juntas de Aguas y los mecanismos de participación social que de ellas generaban. También se contemplaron las especificaciones para la desincorporación de los distritos de riego a través de una red de estructura piramidal: en la base estarían las Asociaciones Civiles a nivel de módulo; en el segundo nivel estarían los diversos módulos de un distrito de riego; y en la cúpula, una asociación nacional de usuarios de riego con sede en la ciudad de México. Sin embargo, uno de los aspectos limitantes es que la organización de los regantes se constituía a partir del reglamento en vigor; hecho que, desde nuestro punto de vista, encierra cuatro limitaciones.

La primera limitación es que no toma en cuenta la organización social tradicionalmente presente en las zonas irrigadas. La segunda es que trata nuevamente de "organizar" usuarios de arriba para abajo, es decir, verticalmente. La tercera es que la creación y operación de una organización a partir de un reglamento es insuficiente para generar *per se* una organización social. Finalmente, está la intervención de las autoridades de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en la formación y seguimiento de los módulos de las asociaciones de usuarios. Otra de las limitantes de la estrategia es que no toma en cuenta las prácticas de autogestión existentes en las organizaciones sociales de los regantes en diversas zonas del país. Es decir, el proceso de evolución histórica del manejo del agua que ha desarrollado niveles de organización específicos para el mantenimiento, manejo y distribución del recurso, cuestión que les ha permitido adquirir niveles de experiencia importante en su administración.

#### LA ORGANIZACIÓN SOCIAL EN EL RÍO NEXAPA, ESTADO DE PUEBLA

A diferencia de los sistemas de riego administrados por el Estado (gran irrigación), en Puebla, entre los municipios de Atlixco e Izúcar de Matamoros, existe una organización de regantes que desde 1961 desarrolla prácticas propias de distribución y monitoreo del agua; soluciona conflictos y aplica sanciones; construye y mantiene la infraestructura hidráulica. Esta organización social denominada "Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa", que ha existido *de facto*, ya que la legislación anterior y la vigente no contempla organizaciones intercomunitarias, controla doce presas derivadoras que se encuentran a lo largo del río



Nexapa y administra más de 6 000 litros por segundo de las aguas del río Atoyac y Nexapa. Con ello riegan 8 100 ha de diversos cultivos alrededor de 5 000 productores ejidales, comunales y privados.

La participación de los productores en el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, se explica a partir del concepto de niveles organizativos, los cuales interactúan permanentemente entre sí. En el primer nivel encontramos el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, en el cual están representados los productores y las comunidades que se benefician con las aguas de las doce presas derivadoras que existen a lo largo del tramo. Allí se discute entre los representantes las acciones permanentes de distribución del agua, en cada una de las derivaciones, de acuerdo a: el cuadro de distribución, las fechas de llevar a cabo en coordinación con la CNA, los aforos en cada una de las tomas, las cuotas y las fechas de la implementación de las tareas permanentes (distribución y vigilancia del agua, mantenimiento de la infraestructura hidráulica) y la solución a los conflictos que se presentan. Es importante señalar que, en la estructura de la directiva de este nivel, están la parte alta, media y baja del río Nexapa.

El segundo nivel organizativo está constituido por la Junta de Aguas, en nuestro caso la de Chilhuacán. En reuniones mensuales, se discute la agenda de las actividades permanentes relacionadas con la distribución y vigilancia del agua; el mantenimiento de la infraestructura hidráulica y la solución a conflictos. La administración del agua comprende la presa derivadora de Chilhuacán y el canal General Chilhuacán; a partir del cuadro de distribución se otorga la cantidad de agua que le corresponde a cada uno de los ocho usuarios. En este nivel, se reparten las cuotas de limpieza del canal general y los problemas que se pudiesen generar en cada una de las tomas que existen a lo largo de él. La figura de *atopile* es responsable de vigilar y repartir, en la tomas existentes a lo largo del canal general, la cantidad de agua que le corresponde a cada usuario, sea este ejido, comunidad o propiedades privadas.

Finalmente en el nivel de comunidad, en nuestro caso el ejido Revolución, las figuras honorarias del juez de aguas y de los comisionados se encargan de repartir el agua entre todos los miembros de la comunidad de acuerdo al cuadro de distribución de aguas. Estas dos figuras y la del Comisariado Ejidal representa al ejido ante la Junta de Aguas y se encargan de implementar, a nivel comunidad, los acuerdos que fueron tomados en el primer y segundo nivel de la organización. Este hecho, les permite constituir una organización más amplia.

### *La distribución del agua*

Para la distribución de las aguas del río Atoyac y Nexapa, la Comisión de Vigilancia y los aforadores comisionados por la CNA, parten del cuadro de distribución que existe para regular el río Nexapa. Este cuadro fue estructurado en su mayor parte a partir de las dotaciones que, por resolución presidencial, han sido entregadas a lo largo del tiempo en la zona de estudio. Puntualizamos este hecho porque la Comisión de Vigilancia en asamblea general celebrada en 1987, otorgó por consenso diferentes niveles de dotación de agua a siete ejidos de la parte alta del río Nexapa, que pertenecen a los llamados "diez pueblos". Cada año, la Comisión solicita por escrito a las autoridades de la CNA en Puebla, el apoyo de un profesional para

que se encargue del aforo en cada una de las doce presas derivadoras del río Nexapa y de las tomas que existen a lo largo de los canales generales que nacen de ellas.

El primer aforo general lo efectúan a partir del 10 de octubre de cada año. Cuando se hace el repartimiento de las aguas del río Nexapa en las doce presas derivadoras, el comisionado por la CNA se acompaña por la directiva del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, los representantes de las juntas de agua que operan en cada presa derivadora y los voluntarios que deseen observar el proceso. Dentro de este primer aforo general, después de aplicarlo en cada una de las presas derivadoras, se hace otro aforo en cada una de las puertas o partidores que se encuentran localizados a lo largo del canal general. En este recorrido, el aforador de la CNA se acompaña únicamente de la directiva de la Junta de Aguas que corresponde a cada canal, los comisariados ejidales de los pueblos beneficiados, los jueces de agua y el "atopile".

Para evitar que los usuarios de aguas arriba tomen más agua de la que les corresponde en el cuadro de distribución y les falte parte de la dotación correspondiente a los usuarios de las presas derivadoras localizadas aguas abajo, "llevamos pintura y pintamos señas en el nivel del agua que a cada presa le toca, así, los compañeros de las presas de abajo dan sus vueltas en la tarde, en la noche o a la hora que sea. Entonces, si baja el nivel, de la marca de pintura que dejamos, es que alguien está agarrando agua de más y allí mero lo agarramos. Entonces como los de abajo son más interesados en que les llegue el agua, son los que más revisan que no haya fugas y que los de aguas arriba respeten los acuerdos de la asamblea" (De León H. Porfirio, Mayo 1997).

Sin embargo, después de este aforo, dependiendo de las fluctuaciones que mantenga el caudal de las aguas del río Nexapa, es posible aplicar nuevos aforos del río Nexapa y de los canales generales.

Por decir algo, en el aforo general del 18 de octubre de 1996 a la presa derivadora Chilhuacán le entran nomás los 601 litros por segundo que tiene el cuadro de distribución. Pero si en enero de 1997 el río lleva menos agua de la que llevaba en octubre del 1996, entonces se hace otro aforo general de todo el río Nexapa con las mismas gentes que hicieron el otro. Este nuevo aforo es para repartirnos en proporción el agua que lleva el río. Entonces si en este segundo aforo general el agua del río Nexapa lleva la mitad del agua, a la presa derivadora de Chilhuacán le van a tocar en lugar de los 601 litros por segundo, nomás 300.5 litros por segundo y así para cada una de las presas. Y así para cada una de las tomas de los canales generales. Y así, según baje o suba el agua del río, se vuelven a hacer más aforos (De León H. Porfirio, Marzo 1997).

El Archivo Histórico del Agua se encontró un cuadro de distribución (aforo-ajuste); en el año de 1971. Este comparado con la información proporcionada por la directiva del Comité de Vigilancia, nos permitió construir el siguiente cuadro:

Presa derivadora	Cuadro de distribución (litros por segundo)	Aforo 2-III-1971 (litros por segundo)	Ajuste al 98.6%	Aforo 2-II-1997 (litros por segundo)	Ajuste al 40%
1. Chilhuacán	600.8	500	592.3	243.0	243.0
2. Champusco	513.8	582	508.6	206.0	208.0
3. Teruel	640.0	787	631.0	263.0	258.0
4. Teyuca	569.0	569	561.0	197.0	228.0
5. Tepeojuma	216.0	216	213.9	125.0	92.0
6. La Galarza	518.0	729	511.7	317.0	209.0
7. Tatetla	194.0	96	191.3	158.0	82.0
8. Raboso	549.2	951	541.5	273.0	219.0
9. B. Occidentales	363.0	363	358.9	210.0	148.0
10. Sn. Nicolás T.	927.0	1 100	914.0	240.0	376.0
11. Coyula	356.7	70	351.7	96.0	108.0
12. Ayutla	798.2	200	787.0	170.0	327.0
Total	6 245.7	5 713	6 162.9	2 498.0	2 498.0

Fuente: 1).- Archivo Histórico del Agua, Caja: 548, Expediente: 8,141, F.102-104. 2).- Camilo de León y Sebastián Silva, Febrero, 1997.

En este cuadro comparativo, es necesario explicar que la diferencia del volumen de agua (en plena temporada de estiaje), entre 1975 y 1997, se debe a que: en 1997, por las obras de revestimiento del canal Portezuelo que conduce las aguas del río Atoyac al Nexapa, no permitieron el trasvase. Sin embargo, es interesante reflexionar sobre la estrategia de redistribución de las aguas en cuanto se manifiestan fluctuaciones en el caudal del río Nexapa. En el primer caso, el ajuste se efectuó al 98.6 % del caudal, mientras que en el segundo fue al 40%.

### *Monitoreo del agua*

Las doce presas derivadoras del río Nexapa tienen su dotación de agua de acuerdo a la resolución presidencial correspondiente y se expresa en el cuadro de distribución de agua para la zona. Sin embargo, los *achololes*, las lluvias, los manantiales y escurrimientos que existen a lo largo del río Nexapa, de acuerdo a la temporada del año, influyen en que el caudal del río se incremente o decrezca, alterando la dotación que le corresponde a cada una de las presas derivadoras. Como resultado la Comisión de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa solicita un aforador en las oficinas de CNA en la ciudad de Puebla, quien de inmediato recorre las doce presas derivadoras junto con la Comisión de Vigilancia y ambos se dedican a efectuar el aforo en cada una de las presas derivadoras. Si el caudal del río es mayor o menor a la asignación que cada presa derivadora tiene, en el cuadro de distribución se prorratea entre las doce presas derivadoras, se dejan marcas o señas a la entrada de las derivaciones; las cuales permiten más tarde que cualquier usuario del río Nexapa a la hora que lo desee pueda revisar y supervisar el nivel del agua en cada derivación.

A pesar de que los usuarios o los representantes de las juntas de agua de las 12 presas derivadoras revisan cada una de las derivaciones, los usuarios de las presas que se encuentran aguas abajo tales como: Ayutla, Coyula, San Nicolás Tolentino, Barrios Occidentales y

Raboso (principalmente los usuarios de la zona cañera), son los que con frecuencia llevan a cabo las revisiones. A estos vigilantes del agua "nadie les paga, el que está en la parte baja del río tiene que ir a cuidar arriba para que nadie agarre agua de más, y es cosa del comisariado o de su comunidad que le den o no algo de centavos. Cada quien sabe cómo se acomoda" (De León A. Camilo, Abril 1997).

La revisión de las presas derivadoras la llevan a cabo en especial en los meses más difíciles del periodo de estiaje en la zona: marzo, abril, mayo y junio. Para efectuar esta revisión, cuentan con un rol, para evitar que las tomas de las presas derivadoras que se encuentran aguas arriba, no utilicen más agua de la que les corresponde. Quienes efectúan la revisión de las derivaciones aguas arriba (desde la presa Echeverría hasta Ayutla) son el Juez de Aguas, el Comisariado Ejidal, los Ejidatarios o los Comisionados por la Asamblea General del Ejido. En sus recorridos, que pueden ser de día o de noche (no existe hora para efectuarlos), se trasladan en vehículos de su propiedad y se dedican a revisar las tomas de cada una de las presas derivadoras que se encuentran aguas arriba de donde son originarios. Las actividades más importantes son verificar que cada presa derivadora tome únicamente el agua que le corresponde, de acuerdo al cuadro de distribución; y vigilar que el agua circule normalmente aguas abajo y no existan piedras, troncos o ramas que generen obstrucción a la circulación del río Nexapa.

Si en estos recorridos de supervisión, los ejidatarios encuentran en las derivaciones tomas de agua alteradas, inmediatamente las reportan a las autoridades del ejido y a su representante (parte alta, media o baja) del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa. Tales anomalías encontradas son expuestas en la asamblea del Comité de Vigilancia, y los comisariados perjudicados llevan a cabo la argumentación: "lo primero que dicen en asuntos generales es 'pido la palabra para denunciar que en la presa fulana encontramos a don fulano con alteraciones o agarrando agua de más: ¿Qué le vamos a hacer?' y el Comité de Vigilancia le impone la sanción" (De León A. Camilo, Abril 1997).

### *Las sanciones*

Si los ejidos, comunidades y productores privados, que pertenecen al Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, no cumplen con cuatro requisitos fundamentales: respetar los niveles de distribución del agua en cada derivación, mantener tanto al canal Portezuelo como al túnel de Portezuelo; y otorgar las cooperaciones correspondientes, corren el riesgo de ser acreedores de una sanción por parte del pleno de la Asamblea. La naturaleza de esta sanción, no se encuentra en la legislación vigente, sino que son acuerdos a los que han llegado en el proceso mismo de consolidación del propio Comité de Vigilancia y cuentan con la aprobación de todos los integrantes del Comité de Vigilancia. El tipo de sanción (hasta antes de 1994 era de tipo económico) es un castigo en horas/agua. Pero hasta la fecha, no existe un solo caso donde un individuo siendo sancionado evite pagar la sanción económica o que le sea retirada el agua. "Si alguien quisiera hechar pleito para evitar el castigo, iríamos toda la gente a hecharle pleito" (De León A. Camilo, Abril 1997).

La dinámica de organización del Comité de Vigilancia, está determinada por niveles. En este sentido, al Comité de Vigilancia le corresponde discutir y tratar los asuntos relaciona-

dos con las doce presas derivadoras del río Nexapa, pero no discute problemas relacionados con la distribución del agua, ni las sanciones que son susceptibles de tomar entre ejidos al nivel de las Juntas de Aguas. Sin embargo, sí han existido casos donde a nivel Junta de Aguas no se resuelve el problema entre ejidos y la Comisión de Vigilancia se ve obligada a intervenir.

Hasta antes de 1994, las sanciones a las que eran sujetos los usuarios del río Nexapa pertenecientes a la Comisión de Vigilancia, eran del tipo económico. Se sancionaba a los usuarios con \$50, si llegaban tarde o faltaban a las reuniones, “y a veces los compañeros sufrían para pagar. Para el aforamiento también había que cooperar \$50 por cada toma. Entonces desde que llegamos nosotros en 1994, dijimos que eso no. Vamos a respetarnos. Vamos a eliminar esas multas porque muchas veces no hay dinero y estamos sacrificando las personas” (Silva Sebastián, Marzo 1997). Así en los años en que Roberto Lozada y Pablo Caballero fueron presidentes del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, la sanción era totalmente de tipo económico “y ahora que la sanción ya no es en billetes, la gente le saca más a cometer una infracción. Si yo robo agua del canal general y me dan a escoger de castigo entre quitarme 24 horas el agua o medio millón (\$500), entonces escojo lo segundo ya usé el agua en una siembra que “valoricé” (De León H. Porfirio, Mayo 1997).

A partir del acuerdo de la asamblea del Comité de Vigilancia en pleno, donde las sanciones dejaron de ser económicas y se adoptaba suspender el beneficio del agua a los usuarios que cometían alguna infracción, el número de sanciones aplicadas por el Comité de Vigilancia, tendió a bajar considerablemente. En esta asamblea celebrada a principios de 1994, entre todos los usuarios del río Nexapa, se levantó un acta donde se señalaba que los usuarios que dispusieron para su uso más agua de la que legalmente les correspondía, la primera vez recibirían por castigo la suspensión del uso del agua por 120 horas. La segunda por 240 horas y la tercera por 360 horas y así sucesivamente. “¿Por andar de *maloras* quién va a querer en la temporada de estiaje lo castiguen nomás con 120 horas? pues nadie. Lloran. Si nada más ahorita ya lloran por el revestimiento del canal que no se ha acabado” (De León A. Camilo, Mayo 1997).

Si nosotros metemos agua de más a la presa Chilhuacán y ésta se viene por todo el canal general para regar mas tierra y pasan supervisando otros compañeros campesinos de las presas derivadoras que se encuentran aguas abajo y que participan en el Comité de Vigilancia y ven lo que estoy haciendo, que no respetamos las marcas de los aforos. La primera vez, el Comité de Vigilancia nos castiga con cerrar la compuerta de entrada del agua 120 horas. Si por “caprichudo” o porque me sienta don fulano, digo: ya me fregaron, me voy a ir parejo, voy y pongo otra vez mas agua. Y la segunda vez también me vuelven a encontrar, me cierran la compuerta de entrada a la presa Chilhuacán durante 240 horas y así se van acumulando. Pero “nomás” con eso ¿Quién va a querer que le quiten el agua? imagínese que a nosotros los usuarios del canal del Chilhuacán nos quitaran el agua nomás 120 horas, toda la dotación de 601 litros por segundo y esta agua se fuera para beneficio de los compañeros de más abajo del río Nexapa, “nombre” pegamos de gritos. ¿Entonces qué es lo que hacemos? nos tenemos que sujetar a lo que dice el acta. Y esa misma acta es para todas las presas, hasta la de Ayutla que está mas allá de Izúcar de Matamoros sobre el río Nexapa (De León A. Camilo, Mayo 1997).

Y a partir de la asamblea donde todos aceptaron este tipo de sanción, en las asambleas del Comité de Vigilancia se denuncia a los usuarios que cometieron una violación

respecto a la distribución del agua. Entre todos toman el acuerdo de suspensión del agua y en ese momento designan los delegados encargados de ejecutar la suspensión. Una vez que se nombran los delegados, se trasladan a las presas derivadoras o a los ejidos donde van a aplicar la sanción y ahí suspenden el beneficio del agua a los infractores. La entregan prorrateada a las presas derivadoras o a las comunidades más próximas que se encuentran inmediatamente aguas abajo. “Y así, se ha venido controlando la cosa. Quitamos las multas económicas para no estarnos amolando con dinero y estarse preguntando que quién es el que maneja los centavos. Mejor quedamos en el castigo de tumbar el agua” (Silva Sebastián, Marzo 1997).

A diferencia de los casos anteriores, donde disponer más agua de la que le corresponde a un ejido o a una comunidad, los hace acreedores de una sanción sin tolerancia de tiempo para ejecutarla, cuando se trata de incumplimiento de los usuarios para: aportar cuotas para las actividades del Comité; o dar cooperaciones para resolver problemas diversos (derrumbes en el túnel de Portezuelo), el revestimiento del canal Portezuelo, el mantenimiento y la limpieza de los tramos que les corresponde en túnel y canal de Portezuelo, el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa les envía por escrito tres notas de extrañamiento. Si a pesar de haber recibido dos notas, no cumplen con los compromisos contraídos, al tercer extrañamiento son acreedores de la suspensión del derecho del uso del agua durante 120 horas, y así sucesivamente hasta que los usuarios cumplen con los compromisos contraídos.

#### *El mantenimiento de la infraestructura hidráulica*

A pesar de que en el río Nexapa, la mayoría de los ejidos fueron constituidos y dotados de las aguas del mismo para regar la superficie agrícola entre los años de 1923 y 1940, antes de 1963 nunca le proporcionaron mantenimiento ni al canal ni al túnel de Portezuelo (conducto por donde se derivan las aguas del río Atoyac al Nexapa).

Esta situación se explica en función de la hegemonía ejercida en la región por dos actores fundamentales que se beneficiaban con las aguas del trasvase Atoyac-Nexapa: por un lado, el papel de William Jenkins (ex cónsul de Estados Unidos de América en Puebla) en la zona de Atencingo y Anexas hasta mediados de la década de los cincuenta; y Sebastián B. Mier (o descendientes) como propietario hasta 1962 de las plantas generadoras de energía eléctrica Portezuelo I y Portezuelo II (por la caída de las aguas del río Atoyac en su paso al Nexapa). Jenkins y Mier al beneficiarse con la siembra de grandes extensiones del cultivo de la caña de azúcar y la generación y venta de energía eléctrica, fueron quienes se ocuparon del mantenimiento de la infraestructura del trasvase Atoyac-Nexapa, sin tomar en cuenta al resto de los ejidatarios del río Nexapa.

Sabíamos que regábamos 210 días al año, pero no sabíamos que teníamos que ir a la presa Echeverría, al canal que era de tierra a limpiarlo y ahora se está revistiendo. El que se encargaba de eso era Jenkins, que fue el dueño de Atencingo. Estaba unido a Sebastián B. De Mier (*sic*) que fue el de las plantas de Portezuelo. Y antes de hacer el Comité de Vigilancia, todos nosotros no sabíamos nada del río, porque todo eso lo manejó Jenkins desde Atencingo hasta 1960. Pero antes de 1960 Jenkins era el rey en todo esto. Antes del “borlote” de los de Atencingo, Jenkins se ponía de acuerdo con Maurer que era el dueño de la hacienda Chilhuacán y con otros grandes propietarios para manejar el río Nexapa. Jenkins subía hasta donde se venían las aguas del río Atoyac y él y sus mayordomos sabían de limpias y todo lo del

mantenimiento al río Nexapa. Entonces es por los sesenta cuando se da el bajón el agua del río, cuando recorremos todo el río arriba, cruzamos el túnel y seguimos avanzando siguiendo el río por Tlaxcala, pero antes de eso ni por curiosidad habíamos seguido el río arriba. Por eso hasta 1964 es cuando se empezó a hacer tramos de acá arriba de Malacatepec y todo eso e incluso por esas fechas se le dio el primer mantenimiento al túnel (De León A. Camilo, Junio 1997).

A un año de la muerte de Jenkins, a dos años de la adquisición de los bienes y derechos de la sucesión Sebastián B. Mier por Nacional Financiera y a tres años de la constitución del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, fue que los productores del río Nexapa dieron por primera vez el mantenimiento a los 6 398 metros del canal y a los 4 724 metros de túnel de Portezuelo (donde se da el trasvase de las aguas del río Atoyac al Nexapa). Eso ocurrió en 1964.

A partir de esa fecha, cada año, cuando se da mantenimiento al canal y túnel de Portezuelo. En algunas de las reuniones que existen en forma obligatoria (primer domingo de cada mes en la sede del Comité de Vigilancia), se toman acuerdos sobre la fecha de realización del mantenimiento y refrendan la longitud de canal y túnel que le corresponde a cada presa derivadora. Una vez hecho eso, las juntas de aguas de las doce presas derivadoras convocan a los ejidatarios y productores privados para definir la movilización de los usuarios en las tareas de mantenimiento. Sin embargo, en las reuniones del Comité de Vigilancia se define el calendario del mantenimiento

en esa junta que es por octubre de cada año, el Presidente del Comité de Vigilancia dice que ya llegó la fecha de darle mantenimiento al canal y al túnel y entre todos se ponen de acuerdo del día en que hay que darle ese mantenimiento, lo cual puede ser a los dos o tres días o a la semana siguiente. Si meses más adelante vemos que el canal y el túnel están muy azolvados, nos ponemos de acuerdo para darle otra limpieza. Pero por lo regular le damos de dos a tres al año (De León H. Porfirio, Mayo 1997).

El Comité de Vigilancia tiene dos criterios para asignar los tramos del mantenimiento al canal y túnel de Portezuelo: Para el Canal de Portezuelo, el compromiso es que cada una de las doce presas derivadoras que existen en el río Nexapa dé el mantenimiento, en función de la cantidad de litros por segundo de que dispone según el cuadro de distribución. De tal manera que si en el cuadro de distribución, la presa derivadora Chilhuacán se beneficia con 601 litros por segundo, su compromiso es dar mantenimiento a los primeros 601 metros del canal Portezuelo y así sucesivamente para las demás presas derivadoras. En cambio, a diferencia del criterio anterior, en el mantenimiento al túnel que tiene una longitud de 4 724 metros y nueve lumbreras o respiraderos, el criterio de mantenimiento es la lumbrera. De esta manera, entre la entrada del túnel y la primer lumbrera le corresponde a los denominados "diez pueblos"; de la primera a la segunda lumbrera, a la presa derivadora Chilhuacán y Champusco; y así respectivamente.

#### El mantenimiento del canal Portezuelo

En el sistema del trasvase de las aguas del río Atoyac al Nexapa, desde la presa derivadora Echeverría hasta el tanque de carga (lugar donde se incorporan las aguas del río Atoyac en la

tubería de presión para caer en Portezuelo I), trabajan durante todo el año cuatro "rejeros". Por ejemplo, dos de ellos desempeñan su labor en el tanque de carga, y son pagados por la Comisión Federal de Electricidad; mientras que para los otros dos, el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa cubre su salario anual con las cuotas que proporcionan los usuarios. Uno de los rejeros que es pagado por el Comité de Vigilancia, se encuentra en la presa derivadora Echeverría (lugar del trasvase de las aguas del río Atoyac al Nexapa); mientras que el segundo desempeña su tarea permanente justo en la entrada del túnel de Portezuelo (o como le llaman los campesinos, entrada San Francisco).

A ese rejero se le paga todo el año para que le esté dando manutención a la entrada del agua del Atoyac en la Echeverría y en el túnel. Le decimos rejero porque a la entrada de las aguas del río Atoyac en la Echeverría y en el túnel, hay una reja de fierro y él tiene que estar allí todo el tiempo quitando el plástico, las ramas, los perros muertos y toda la cochinateda que echan los de Puebla al paso del río por la ciudad y que puede tapar el paso del agua.

Para pagarle al rejero nos cooperamos entre todos los usuarios del río Nexapa y se le pagan cincuenta pesos diarios durante todo el año. En nuestro ejido, la verdad es que se coopera poquito, a mí por decir algo, me tocó cooperar nomás veinte pesos en 1996. Aunque hubo otros que pagaron unos pesos de más y otros unos pesos menos porque la cooperación se basó en la dotación de agua que cada presa derivadora y cada ejido tienen en el cuadro de distribución. Pero en realidad fue poco lo que se pagó de cooperación para el rejero, pagamos tres pesos por litro de agua que cada ejido, cada propietario privado, cada presa derivadora recibe y así se saca la cantidad de dinero que cada quien tiene que cooperar (De León H. Porfirio, Mayo 1997).

La primera parte del canal Portezuelo comprende una distancia de 3 938 metros que va desde la presa derivadora Echeverría hasta la entrada del túnel de Portezuelo. Para darle mantenimiento al canal Portezuelo, los integrantes del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, tomaron la decisión de distribuir el mantenimiento (a excepción de los llamados "diez pueblos"), de acuerdo a la cantidad de litros por segundo que se encuentran definidos en el cuadro de distribución, para cada una de las doce presas derivadoras del río Nexapa.

A pesar de que siete de los llamados "diez pueblos" se beneficiaban con 150 litros por segundo de las aguas del río Atoyac, el Comité de Vigilancia consideró que eran responsables únicamente de dar mantenimiento a los primeros 92.3 metros del canal de Portezuelo. Sin embargo, para las doce presas derivadoras, el criterio de mantenimiento es diferente. Por ejemplo, en el cuadro de distribución a la primera y segunda presa derivadora del río Nexapa (Chilhuacán y Champusco) les corresponden por derecho 601 y 513.8 l/s respectivamente. A la primera corresponderá darle mantenimiento a 601 metros del canal de Portezuelo; y a la segunda 513.8 metros. Y así sucesivamente para el resto de las presas derivadoras.

El procedimiento de la operación de la organización por niveles está determinada de la siguiente manera en el primer nivel, el Comité de Vigilancia, se define la fecha de realización de las actividades de mantenimiento del canal Portezuelo, así como la longitud que corresponde a cada presa derivadora. En el segundo nivel, la Junta de Aguas de cada presa derivadora, comunica a los usuarios de cada presa derivadora la fecha de realización de las actividades de mantenimiento y refrenda la longitud que corresponde a cada usuario, sea este propietario privado o ejido. En el tercer nivel, el ejido, se convoca a una reunión general para comunicar la fecha de realización de las actividades de mantenimiento del canal de Porte-



zuelo, así como el operativo de movilización de los ejidatarios. Una de las características importantes a señalar en este tercer nivel, es que si un ejidatario no se presenta en la movilización para dar mantenimiento al canal de Portezuelo, está obligado a cubrir su ausencia con \$50.00; con estos recursos se cubre el salario de un jornal para quien lo sustituya en las tareas del mantenimiento.

En el año de 1996, el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, convocó a todos los beneficiarios de las doce presas derivadoras del río Nexapa para participar en la tarea monumental del revestimiento de 6 138 metros del canal Portezuelo. Después de un proceso de discusión en cada uno de los tres niveles, la propuesta fue aprobada por unanimidad y lograron un esquema de co-financiamiento con el Gobierno Federal (a través de la CNA). En este contrato, donde se especificaba que el costo total de la obra de revestimiento del canal Portezuelo, en los 3 metros de base y 1.60 metros de altura, sería de \$4 529 709.90. Los integrantes del Comité de Vigilancia, antes que el mismo Gobierno Federal, hicieron la aportación de \$2 264 854.95, es decir, 50% del costo total de la obra hidráulica. La estrategia que aplicaron para cubrir el capital fue la misma que utilizan para el mantenimiento: los miembros del Comité de Vigilancia asignaron una cuota de \$362.65 por cada litro por segundo de agua que se deriva en cada una de las doce presas derivadoras del río Nexapa.

En estos momentos estamos revistiendo el canal, los del comité de vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, estamos pagando un 50% nosotros y otro 50% el gobierno. Y el costo total de la obra fue tratado en más de \$4,500 millones de viejos pesos. Para pagar la mitad, todos los beneficiarios de río Nexapa, nos repartimos según los litros de agua que goza cada uno. Y todos le entramos. Todos los pequeños propietarios y todos los ejidatarios porque sino no tienen agua. Esta obra nos va a beneficiar en primer lugar, en que el agua va a llegar más rápido y en segundo lugar en que por todo el tramo ya no va a ver fugas. Fugas le llamamos al agua que se traga la tierra. En tercer lugar, desazolvará el canal para que sea más rápido y menos friega (Silva Sebastián, Febrero 1997).

### El mantenimiento del túnel Portezuelo

En 1964 fue la primera vez que los integrantes del Comité de Vigilancia le dieron mantenimiento al túnel, y resultó ser una tarea difícil. A pesar de que los usuarios de la parte alta del río Nexapa ya habían efectuado el recorrido con anterioridad, integrar al resto de los usuarios en las tareas del mantenimiento, fue un proceso complejo donde lentamente se fueron incorporando a las tareas del túnel.

Cuando se trató de recorrer el túnel la primera vez, la gente no quería. Entonces otro muchacho que se llama Carlos Luna, que me dice: si quieres entramos. Si ya hemos entrado con velas, ahora que tenemos lámparas, pues vamos a recorrerlo. Nosotros sin tener obligación, entrábamos para recorrer el túnel y ver como estaba enzolvado, entrábamos como quien dice, solo a ver. Entonces que nos dice el presidente del Comité de Vigilancia en ese entonces: si entran ustedes me comprometo a pagarles dos salarios. Nos mandaba como caballos de batalla a ese muchacho y a mí. Y una vez que entramos al túnel, el resto de la gente nos fue siguiendo. De a dos, de a tres, se metían con nosotros al túnel, hasta que ya definitivamente entraron todos y perdieron el miedo (De León H. Porfirio, Marzo 1997).

Este hecho, que fue el inicio del proceso de dar mantenimiento al túnel por los usuarios del río Nexapa, permitió la colaboración colectiva en las tareas de demolición, acarreo y arrastre de la piedra por las lumbreras hacia la superficie. Además resolvió los pequeños derrumbes que se originaron en su interior.

Por otra parte, cuando el Comité de Vigilancia convoca (hasta tres veces al año) a los usuarios para dar mantenimiento al túnel, ya conocen la parte que les corresponde. Saben que el criterio es la lumbrera. En este sentido, los llamados "diez pueblos" (se encuentran en la parte alta del río Nexapa), son los responsables del tramo que comprende desde la entrada del túnel (o entrada San Francisco) hasta la primera lumbrera. De la primera a la segunda lumbrera, le corresponde el mantenimiento a las presas derivadoras Chilhuacán y Champusco. De la segunda a la tercera lumbrera, son las derivadoras de Teruel y Teyuca. De la tercera a la cuarta lumbrera, Tepeojuma y La Galarza. Desde la cuarta hasta la quinta, Tatetla y Raboso. De la quinta a la sexta a Barrios Occidentales y San Nicolás Tolentino y finalmente desde la sexta a la séptima lumbrera le corresponde a Coyula y Ayutla. Los integrantes del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, sólo consideran en el mantenimiento del túnel a siete de las nueve lumbreras. No toman en cuenta las últimas dos, ni el tramo que corresponde a la salida del túnel, porque en esta parte el piso del túnel es completamente de piedra y la corriente de agua del río Atoyac cae en pendiente. Estas condiciones evitan que en esta zona el túnel se encuentre azolvado.

El proceso de comunicación entre los tres niveles de organización para dar mantenimiento al túnel recorre el siguiente camino: en el primer nivel, el Comité de Vigilancia, en una asamblea en pleno, toma la decisión de la fecha del mantenimiento del túnel, que por lo general es ocho días después. A cuatro días de esta reunión, en el segundo nivel de organización, la Junta de Aguas de cada una de las doce presas derivadoras del río Nexapa, se reúne con los comisariados ejidales, los representantes de los pequeños propietarios y los Jueces de Aguas para discutir y llevar al terreno operativo los acuerdos y compromisos de la reunión plenaria. En la asamblea de la Junta de Aguas se le comunica a los presentes:

en la Junta del Comité de Vigilancia del domingo se trataron estos puntos: fulano y mengano y entre estos acuerdos, se quedó en limpiar el túnel y el canal para tal día. A nosotros como Junta de Aguas nos tocó limpiar entre ésta y otra lumbrera y tantos metros de canal. Entonces en esta reunión nos ponemos de acuerdo para mandar la cantidad de gente que nos toca a cada ejido o a cada propietario privado (De León H. Porfirio, Junio 1997).

Finalmente en el tercer nivel de organización, el Ejido, se convoca a una reunión general al quinto día de efectuada la reunión del Comité de Vigilancia, donde se les informa a los ejidatarios los acuerdos sustanciales del primer y segundo nivel organizativo, y se toman las decisiones que permiten hacer operativos, tales como cooperaciones, movilización de usuarios, fechas de mantenimiento y otros.

A lo largo del túnel Portezuelo se encuentran nueve lumbreras que están aproximadamente a 500 metros de distancia entre sí. Las lumbreras tienen diferente profundidad, entre 25 y 60 metros. Otra de las características importantes del túnel es su altura variable, en su recorrido encontramos tramos que fluctúan entre los 1.8 y 6 metros. De las nueve lumbreras,

únicamente una de ellas tiene una escalerilla que permite penetrar hasta el fondo del túnel desde la superficie; de tal manera que cuando los integrantes del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa le dan mantenimiento, entran al túnel por los dos extremos y por la escalerilla.

A lo largo de la superficie donde se encuentra ubicado el túnel de Portezuelo, denominada la Mesa de San Bernardino Chalchihuacan, por lo general los productores de Santa María Malacatepec (propietarios del predio) anualmente siembran maíz en los terrenos donde emergen las nueve lumbreras. El hecho de coincidir una de las tres fechas de mantenimiento del túnel con el proceso de crecimiento de las plantas del maíz, provoca contradicciones entre los integrantes del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa y la comunidad de Santa María Malacatepec.

El proceso mismo de mantenimiento obliga la división de los ejidatarios en tres grandes grupos que se turnan las actividades: los que trabajan dentro del túnel recolectando el azolve y llenando sacas de polietileno; los que se encargan de halar las sacas desde el túnel hasta la superficie con una soga en cada una de las siete lumbreras; y los responsables de retirar el azolve desde las lumbreras que se encuentran rodeadas de maíz, hasta el extremo de los campos de cultivo. Esto implica la movilización y el recorrido simultáneo entre los sembradíos de maíz de cientos de ejidatarios, además provoca que los ejidatarios de Santa María Malacatepec, exijan el pago de un impuesto de paso entre la milpa. Cada año se repite el ritual de la discusión entre ambos grupos sobre la manera de pagar el impuesto.

Desde que tengo uso de razón, cuando le damos mantenimiento al túnel y sacamos por las lumbreras los costales con el azolve, debemos tener mucho cuidado de no lastimar el maicito de los de Malacatepec. Si pisamos una mata de maíz nos la cobran. Y la verdad son exagerados para cobrar la plantita de maíz que pisamos. Cuando hicimos la limpia en abril y estaba la milpa chiquita, tenía como unos 25 centímetros de altura, nomás porque se maltrataban las hojas, nos querían cobrar a cinco pesos cada mata. Y como cada año, nomás les dijimos: ¿Quieren que les paguemos las matas de maíz maltratadas a cinco pesos cada una? Perfecto, entonces vamos a cooperar para pagarles las matas, cuéntelas usted. Y en una de las milpas dio una cuenta de 350 matas a pagar.

Entonces el jefe del Comité de Vigilancia dijo: Perfecto, pues ya las pisamos, pues pagamos. Dentro de tres días aquí nos espera a las 12:00 para venirle a entregar los cinco pesos por mata maltratada. Pero así como le vamos a dar a usted el dinero, así vamos a ir arrancando mata por mata, las que usted nos dice que pisamos son las que vamos a arrancar. ¡Nooo! dice, pero eso no está contemplado, esos centavos son porque orita las pisaron, pero esas matas todavía van a dar maíz. Y le dijo el Jefe del Comité: si todavía van a dar maíz entonces no hay pérdida, ¿Cómo le vamos a pagar una cosa que no está perdida? y dialogamos, y al rato ya nomás le dimos cincuenta pesos para los refrescos. Pero ya no en pleito, sino amistosamente (De León H. Porfirio, Junio 1997).

En marzo de 1997 el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa, enfrentó el más grande derrumbe del túnel. Entre la cuarta y quinta lumbrera, se desprendieron aproximadamente 100 metros del techo del túnel y, aunque no se bloqueó en su totalidad, el riesgo mayor consistía en la posibilidad de derrumbes sucesivos. En la reunión convocada por el Comité de Vigilancia para discutir ese punto, se tomó el acuerdo de dirigirse a la CNA para que los apoyara con un técnico. Este evaluaría la magnitud de los daños y les indicaría las áreas del túnel donde los usuarios apuntalarían el túnel. La idea es que la actividad les permi-

tiera concentrar la piedra en las dos lumbreras más próximas y subir las sacas del escombro a la superficie. Días más tarde, dieron respuesta a la petición del Comité de Vigilancia:

La Secretaría de Agricultura o la CNA o como se llame ahora siempre nos dijo: en cualquier trabajo cuenten con la asistencia técnica. ¿Cuál fue la asistencia técnica en este caso que se derrumbó una parte del túnel? La asistencia técnica es que nos mandaron tres ingenieros que vinieron, tomaron nota del derrumbe y mandaron su reporte a la gerencia de CNA y allí nos hicieron un llamado a los del Comité de Vigilancia. Nos dijeron: ya están los resultados de la asistencia técnica, según el informe de los ingenieros, son tantos metros de derrumbe. Ustedes ¿Cómo piensan resolver el problema del derrumbe? ¡Bonita asistencia técnica nos dieron! No nos dijeron: les vamos a mandar un técnico que evalúe el daño y les saque un presupuesto de la obra. Por eso nos la tuvimos que arreglar solitos, a puro brazo partido.

Y no nos apoyan porque nosotros manejamos el agua de manera diferente, por eso la gerencia de CNA no tiene interés de que se componga rápido. Pero si estuviéramos como los que tienen distrito de riego, entonces sí, la Gerencia reparaba el derrumbe y nomás nos diría: la obra salió en tantos miles de pesos y ustedes deben tantos miles y a pagarlo. Pero como nosotros no somos distrito de riego, nos dejan que solitos paguemos las reparaciones, nos dejan solos (De León H. Porfirio, Abril 1997).

Sin embargo, al recibir la respuesta, la discusión de la directiva del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa fue ponderar si, con el riesgo de nuevos derrumbes, aplicaban la movilización de los usuarios para resolver el problema vigente o se impulsaba la idea de contratar una compañía constructora que eliminara el derrumbe. Finalmente, el acuerdo que tomaron entre todos los usuarios del río Nexapa, fue contratar un especialista en el área “si metíamos a nuestra gente y había un derrumbe mayor, pudo haber desgracias y sus familias se podían quedar solas, solos sus hijos, pero lo discutimos y yo me incliné por contratar a alguien que hiciera el trabajo” (De León A. Camilo, Mayo 1997).

A partir del acuerdo, el hijo de uno de los usuarios de la presa derivadora Champusco (que presta sus servicios en las obras del Sistema de Transporte Colectivo del Metro en la Ciudad de México), propuso en la asamblea del Comité de Vigilancia que como la compañía para la que laboraba, se especializaba en la construcción subterránea por donde circula el Transporte Colectivo, habría que investigar el presupuesto y las condiciones generales de la obra. La asamblea lo apoyó y lo nombró responsable de las tareas.

El presupuesto que ofreció esta compañía, y que aceptó el Comité de Vigilancia, para resolver el problema del derrumbe del túnel, fue de \$278 000.00. Para cubrir la cantidad, la asamblea en pleno del Comité de Vigilancia acordó que cada usuario liquidaría \$42.50 por cada litro de agua que disponían en el cuadro de distribución. En este sentido, a los ocho usuarios que componían la Junta de Aguas de la presa derivadora Chilhuacán, que disponen de 601 litros por segundo (l/s) en el cuadro de distribución, les correspondió liquidar un total de \$25 542.50. Al ejido Revolución, que es uno de los ocho usuarios de esta presa derivadora y dispone de 139 l/s en el cuadro de distribución, aportó la cantidad de \$5 907.50. De tal manera que a cada uno de los 49 ejidatarios de Revolución le correspondió liquidar \$120.50, y así sucesivamente para cada uno de los usuarios que se benefician con las aguas de los ríos Atoyac y Nexapa.

REFLEXIONES FINALES

En la legislación correspondiente ha existido y existe un vacío que impide la constitución de organizaciones de regantes multicomunitarias como el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa. En este contexto, nos parece que a nivel de organización social de regantes en el río Nexapa, por el proceso de evolución histórica que explica su desenvolvimiento y situación actual, la organización de regantes ha creado sus propios mecanismos de resistencia para tener el control de los sistemas y redes hidráulicas. Pero también consideramos que para el Estado sería demasiado oneroso crear una estructura y un aparato burocrático lo suficientemente grande, como para vincularse activamente con la organización de más de 5 000 productores y para manejar una superficie de riego de más de 6 000 hectáreas. Desde ésta perspectiva, nos parece que el Estado estaría obligado a adoptar estrategias regionales donde sea posible estimular el proceso de organización de los regantes. Es decir, a generar prácticas de carácter autogestivo y, en la medida de lo posible, establecer intercambios de opinión y experiencia entre regantes del pequeño riego y de los distritos de riego, los cuales están asumiendo el manejo y control de los segmentos de los sistemas hidráulicos mediante la creación de Asociaciones de Usuarios.

Por otro lado, nos parece importante señalar que la organización de regantes aglutinada en el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa ha desarrollado un proceso de construcción de la normativa a través de tener representantes de la parte alta, media y baja del río ha cambiado el tipo de sanción monetaria a una sanción que se expresa en agua; ha desarrollado procedimientos transparentes para hacer efectiva la sanción y reducir los robos de agua. Desde nuestro punto de vista, nos parece que el Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa sufrió prácticas de corrupción cuando aplicó sanciones expresadas en dinero. Pero cuando la sanción cambió, la comunidad infractora entrega el agua al resto de los usuarios y no queda en manos de la dirección del Comité de Vigilancia. Este hecho presupone entonces que los mismos campesinos han incrementado las acciones de monitoreo del agua. Además, el proceso de infracción-reporte del ejido infractor-representante ha evitado que exista corrupción, ya que el proceso implica la socialización de la información.

BIBLIOGRAFÍA

- AHA-AS, Caja 548, Exp. 8,141, fojas 102-104.
- DE LEÓN ALANÍS, don Camilo, presidente del Comité de Vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa entre 1994-1998, entrevistas en marzo, abril, mayo, junio 1997.
- DE LEÓN HERNÁNDEZ, don Porfirio, regante del Nexapa, entrevistas en marzo, abril, mayo, junio 1997.
- RODRÍGUEZ MEZA, J. Guadalupe, *La organización social de los regantes en el río Nexapa, estado de Puebla*, tesis de Maestría en Estudios del Desarrollo Rural, Puebla, Colegio de Postgraduados, 1998.
- SILVA, don Sebastián, tesorero del Comité de vigilancia de los ríos Atoyac y Nexapa 1994-1998, entrevistas en febrero, marzo 1997.

¿DETERMINARÁN LAS RELACIONES DE GÉNERO  
EL FUTURO DE LA AGRICULTURA DE RIEGO?  
RELACIONES DE GÉNERO Y MERCADOS DE AGUA

Rhodante Ahlers<sup>1</sup>

INTRODUCCIÓN

La transformación agraria y económica de México está relacionada con la globalización y libre mercado, que busca descentralizar y abrir la agricultura al comercio mundial. Como parte de este proceso está la transferencia de los sistemas de riego del sector público a los usuarios, iniciada desde 1989. Al mismo tiempo, hubo la reforma al Artículo 27 de la Constitución Política de México, en lo referente a la privatización de los derechos de propiedad de la tierra; y se creó la Ley de Aguas Nacionales, que permitió la transmisión de derechos de agua para incentivar a los productores a cultivar bajo los mecanismos del libre mercado.

A pesar de que se debate sobre los beneficios de los mercados de agua desde el nivel local hasta el internacional, existen pocos estudios empíricos referentes al funcionamiento y efectos de la venta y compra de derechos de agua; y todavía menos los que investigan las relaciones de género en el mercado (Ahlers, *et al.*, 1998, Zwarteveen, 1997a). Con base en un estudio realizado en un distrito de riego de México, se buscó cubrir ese vacío investigando cómo las mujeres y los hombres participan en el proceso agrícola; y más específicamente, el papel de la privatización de los derechos de agua y la legalización de sus transacciones comerciales.

El estudio de las relaciones de género y la agricultura de riego se apoya en tres aspectos: acceso al derecho de agua, acceso al recurso y acceso a las instituciones donde se toman las decisiones. Para ello, distinguimos entre acceso al derecho del agua y el recurso mismo: el primero, se refiere a un acceso a tener el título o un derecho de usufructuar, mientras el segundo a la disponibilidad y distribución del agua. La idea es comprender si tanto las mujeres como los hombres pueden participar en igualdad de oportunidades en un mercado de derechos de agua.

Entre los resultados de la investigación<sup>2</sup> están el que el acceso al mercado es distinto para hombres y mujeres, debido a que las segundas sólo tienen un acceso indirecto a los títu-

1. Experta asociada en riego, Instituto Internacional del Agua (IWMI), Torreón, México.
2. Muchos de los datos presentados en este ensayo fueron recogidos con el apoyo de S. Pacheco, L.E. Martínez, A. Cruz y M. Contreras. Además la autora agradece la revisión por J. Vargas.

los y su acceso al recurso está limitado por un marco normativo. Las diferencias de género en el comercio del agua se reflejan en que el precio pagado a la mujer es menor al que percibe el hombre, además de que las mujeres, tienen que negociar el precio por hectárea y el porcentaje de cosecha.

Las reducciones drásticas de los subsidios públicos, la persistente sequía y la implementación del Artículo 27 Constitucional, han contribuido al éxodo (que todavía no se sabe si es temporal o permanente) de un gran porcentaje de ejidatarias y ejidatarios. Sin embargo, la penetración de maquiladoras en el medio rural, brinda mayores oportunidades a las mujeres que a los hombres. De allí que podría significar que el ingreso concentrado en manos de las mujeres, cambiaría las relaciones de género dentro el hogar y el proceso agrícola.

La pregunta es saber si hay interés de las mujeres rurales, que perciben ingreso en las maquilas, en invertir en la agricultura con el fin de reactivarla y contribuir a que los productores más pobres continúen en ella. Sin embargo, considerando el limitado acceso al agua y respeto que reciben las mujeres en la agricultura de riego, es probable que sus proyectos alternativos dirijan la economía rural fuera de la agricultura.

#### MERCADOS DE AGUA

Con la Ley de Aguas Nacionales de 1992, la transmisión de derechos de agua es ahora permitida y regulada. La Comisión Nacional del Agua (CNA) interviene para regular los daños a terceros y otros efectos externos, así como para obtener objetivos sociales y económicos. Además, el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) tiene la función de asegurar la legalidad de los derechos, resolver problemas relacionados con efectos a terceros y suministrar la información necesaria para que puedan funcionar los mercados de agua (Hearne y Trava, 1996; Rosegrant y Gazmuri, 1996).

Los mercados de agua, formales o informales, funcionan en casi todos los sistemas de riego en el mundo. Existe un gran interés a nivel mundial por conocer los efectos benéficos que puede tener la venta de agua en un marco de libre mercado. En general, se busca promover los mercados de agua como la manera más apropiada y eficiente para aumentar la motivación de los productores en el uso eficiente del agua; y se facilitan los cambios de cultivos de mayor valor económico, y que exigen menos agua por valor de unidad producido. También se argumenta que los mercados de agua permiten una mayor flexibilidad para que los productores cultiven según la demanda del mercado y pueda ser un mecanismo para su reasignación entre sectores que compiten por ella (Rosegrant y Binzwanger, 1994, Easter y Hearne, 1995).

No obstante, la práctica de usar el agua como uno de los insumos esenciales de la producción agrícola y supervivencia de todo ser vivo, no se adapta fácilmente a los mecanismos del mercado. La característica de fluidez del agua y su uso colectivo dificulta transacciones comerciales en comparación con otras mercancías, ya que no es propiedad fija. Los derechos de agua en general no son bien definidos y en muchos casos ni siquiera están definidos (Gould, 1988). Además, los efectos posibles a terceros, la característica del agua como bien de utilidad pública y mercancía privada; y el bajo valor atribuido, en comparación con su

escasez y costos de extracción y suministro, agregan graves limitaciones a un mercado libre de agua (Perry, *et al.*, 1997).

Los mercados de agua no producen más agua, sólo pueden reasignar el agua a cultivos con más valor o usos no agrícolas con mayor valor. Esto tiene el grave riesgo de que no valdría la pena cultivar alimentos básicos y así su efecto sería contraproducente con la pobreza (Frederiksen, 1996). Existen dudas sobre si un mercado libre de agua puede inducir un mejor uso del agua. En general el agua tiene diversas funciones en el medio rural, por ejemplo, Bauer (1997) explica el valor histórico y cultural que tiene el agua en Chile; mientras que en México, el agua tiene una función social y política, especialmente en distritos que enfrentan sequías. Estos valores no se consideran bien en el mercado y la preocupación crece debido a que si bien se puede lograr un mejor uso del agua, los beneficios esperados son menores que los costos sociales y ambientales (Zwarteveen, 1997a, b).

#### RELACIONES DE GÉNERO Y PRIVATIZACIÓN

Si los mecanismos del mercado entran en todos los sectores de la economía, es importante que sean accesibles para los actores involucrados. El mercado está basado en el concepto de propiedad privada: sus productos se expresan en términos monetarios y su precio se determina en una negociación. Tomando en cuenta que los mercados mismos son productos de nuestra sociedad y del marco normativo existente, los precios y productos reflejarán tales normas. (Cleaver y Elson, 1995).

El acceso que tienen las mujeres a la propiedad privada, en este caso los derechos de tierra y agua, conjuntamente con su posición de negociar es totalmente dependiente de cómo es reproducida la ideología en el mercado. Agarwal (1994) define porqué el derecho de propiedad es importante para las mujeres y cuáles son las limitaciones que enfrentan para optimizar los derechos. Y señala que los títulos de propiedad son importantes para que las mujeres:

- Puedan participar en el mercado.
- Tengan acceso independiente y directo a los recursos económicos.
- Mejoren su posición de negociar.
- Tengan un aval para obtener créditos.
- Obtengan más igualdad de derechos sobre los recursos productivos.

Las limitaciones que enfrentan están relacionadas con la exclusión de mujeres en la toma pública de decisiones, su confinamiento al hogar, y su desventaja en las relaciones sociales de su comunidad por normas patrilocales del matrimonio. A nivel nacional, Deere y León (1997) examinaron el acceso legal de las mujeres a los títulos de tierra en toda Latinoamérica y mostraron que aunque algunos gobiernos (como Costa Rica) han introducido una legislación más allá del concepto simplista de jefe de hogar, otros (como México) revirtieron la tendencia.

Con relación a los derechos de agua, Zwarteveen (1997a, b) destaca el peligro de comercializar un recurso usado para actividades que no son todas reconocidas en el mercado. La dificultad de cuantificar y evaluar bien el uso del agua que no está normalmente incluida en



el mercado puede resultar en una apreciación financiera inadecuada. Por consiguiente, existe el riesgo de que no se reflejen bien los beneficios en el mercado y sí el perjudicial efecto para los y/o las que dependen de ellos. Lo que es "la eficiencia" según los economistas, podría significar nada más un traslado de costos de la economía de mercado al sector de subsistencia, donde participan la mayoría de las mujeres.

Finalmente, el énfasis en apreciar el comercio en términos de valor monetario opaca su importancia política y social. Por ejemplo, donde el agua es escasa, un control sobre ella significa una fuerte ventaja política. Las decisiones relacionadas con su uso, al lado del incremento de la productividad, podrían estar basados en:

- Compartir una necesidad básica.
- Adquirir apoyo político y/o forjar decisiones políticas.
- Evitar conflictos sociales.
- Promover el sentido de la comunidad.

La idea de que los mecanismos del mercado conllevan a una mejor asignación de los recursos, no toma en cuenta que la toma de decisiones podría estar basada en una multitud de criterios, que no están en esa esfera.

#### EL ESTUDIO DE CASO: LA COMARCA LAGUNERA

El distrito 017 se ubica en la Comarca Lagunera, entre los estados de Durango y Coahuila. La Comarca Lagunera es una región semiárida con poca precipitación y alta evaporación. El cuadro 1 muestra las características pertinentes del distrito. Desde 1993, el distrito sufrió una sequía que culminó en 1996 cuando la CNA tuvo que reducir el área bajo riego hasta 30% (28 000 ha). Luego, a partir de 1997, hubo cambios en la política, que delimitaron y redujeron aún más el área de riego en cada módulo.<sup>3</sup> Sin embargo, tales acciones buscaron optimizar la producción por unidad de tierra en lugar de unidad de agua (\$/ha y no \$/m<sup>3</sup>) y como se ve en el cuadro 1, su lámina de riego promedio es de 1 412 mm/ha/año, bastante alta en comparación con otros distritos, por ejemplo el 026 y 011, que tienen entre 221 y 1 140 mm/ha/año.

3. En octubre de 1998, las presas que suministraban el distrito estaban a 30% de su nivel requerido para un ciclo normal, por lo que las autoridades y los usuarios contemplaban no tener un ciclo agrícola de riego para 1999.

Cuadro 1  
Características Generales del distrito 017 de la Comarca Lagunera

	Gravedad <sup>4</sup>	Pozos (uso agrícola) <sup>5</sup>
• Área del control (ha)	94,670	54,500
• Número de usuarios	38,000	2,238
• Tenencia de la tierra		
Promedio (ha)	2.5	
- Pequeña propiedad (ha)	8.3	
- Ejidatarios (ha)	2.0	
• Ejidatarios (%)	92 (74 <sup>a</sup> )	47%
• Pequeña propiedad (%)	8	53%
• Precipitación anual (mm)	250	
• Evaporación anual (mm)	2,200	
• Suministro de riego (mm/ha potencial/año)	1,412 (promedio entre 1986 y 1995) 420 (1996)	2,496
• Número de turnos	3-4	
• Cultivos principales	Algodón, forrajes, frijol	Alfalfa, maíz forraje
• Ciclo de riego	Marzo – Agosto	Continuo
• Intensidad del riego (%)	88 (1986-1994)	72
• (% ha regadas por año)	26 (1995-1996) <sup>b</sup>	
• VBP <sup>c</sup> por ha regada (1994 US\$/ha)	1,654	1,267
• VBP por m <sup>3</sup> suministrada (1994 US\$/m <sup>3</sup> )	0.13	0.08

<sup>a</sup> Porcentaje de superficie regada con el control de ejidatarios.

<sup>b</sup> Años de sequía.

<sup>c</sup> VBP: Valor Bruto de Producción (todo en 1994 US\$).

Antes de la sequía, en 1991 los productores sufrieron una caída en el precio del algodón y al año siguiente una reducción drástica de subsidios y créditos para el campo. El sector privado tendió a concentrarse en la ganadería y producción de leche, a pesar de que era una región netamente aldonera. El sector ejidal cambió de la producción de algodón a cultivos básicos y forrajes, o rentaron su derecho de agua, buscando ingreso como jornaleros en el sector privado o fuera de la agricultura. Pero el gobierno local y la CNA estimularon el cultivo de algodón debido a que se contaba con la infraestructura bien desarrollada, el conocimiento avanzado y el algodón es un cultivo que absorbe mucha mano de obra. También el sistema de riego estaba diseñado para el algodón y las políticas de asignación de agua entre 1997 y 1998 estaban basadas en el riego del algodón. Sin embargo, tanto productores privados como ejidales consideraron el algodón como un cultivo que demanda insumos caros pero que tiene un precio poco viable en el mercado.<sup>6</sup>

4. Los datos cubren diez años: de 1986 a 1996.

5. Los datos abarcan de 1992 a 1995.

6. Los productores mexicanos deben competir con productores estadounidenses, quienes reciben subsidios altos y venden a un precio más bajo.

Durante los últimos años, con las políticas neoliberales y la poca confiabilidad en la disponibilidad del agua, la composición de la población rural está cambiando. La mayoría del sector ejidal en la Comarca Lagunera ha optado por otras, y más seguras fuentes de ingreso como: el sector industrial o la migración a los Estados Unidos de América. En dos de los cuatro ejidos estudiados, más de 80% de los ejidatarios rentaron su derecho de agua en 1997.

ACCESO AL MERCADO

*Acceso al título*

Antes de 1992, los derechos de agua fueron exclusivamente vinculados con derechos de tierra. Con el reparto agrario en los años treinta, emergieron dos sectores en el campo: el sector de la pequeña propiedad y el sector ejidal.<sup>7</sup> La diferencia crucial era que los pequeños tenían derechos de propiedad y los ejidatarios(as) derechos de usufructo. Con el reparto agrario, los hombres recibieron los títulos como jefes de hogar. La Ley de 1927 definió que los titulares son hombres mayores de 18 años y mujeres que mantienen una familia, insinuando que ser mujer no es suficiente justificación para un título. En 1971 cambiaron la ley para incluir a todas las mujeres y hombres que tienen más de 16 años de edad (Arizpe y Botey, 1987).

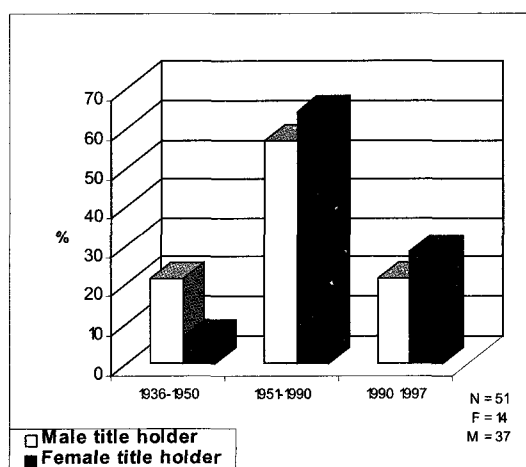
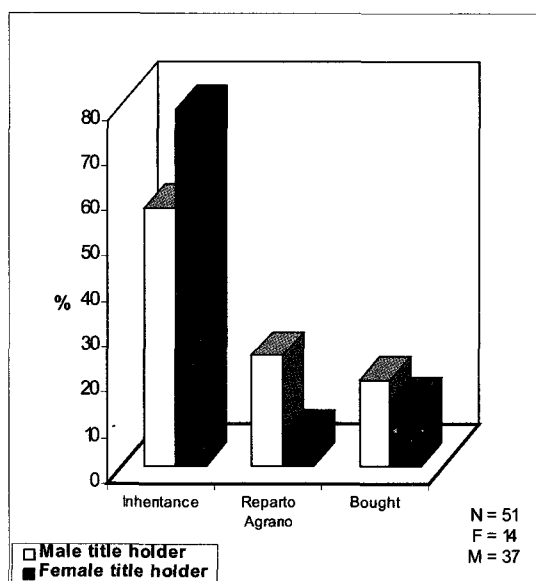


Figura 1. Acceso a títulos de tierra.

Figura 2. Periodo de adquisición.

7 Los latifundios fueron reducidos a propiedades de 800 hasta 100 ha dependiendo del uso de la propiedad (ganadero, agricultura, bosque, etc), cuyas restricciones legales de tamaño se resolvieron con "prestanombres"

Con relación a estas leyes, existen marcos normativos basados en la idea de que los agricultores sólo pueden ser hombres; de allí que las mujeres sólo pueden acceder a la tierra por herencia, mientras que para los hombres hay varias opciones: reparto agrario, redistribución de tierras comunales a los ejidos y compra-venta de tierras.

Las figuras 1 y 2 muestran cómo los ejidatarios han obtenido su derecho a la tierra. La mayoría de las mujeres recibieron su título por herencia de su padre o esposo u otro familiar masculino cercano. En la Comarca Lagunera, la esposa siempre es la primera sucesora y ambos, hombres y mujeres, dijeron que no hay objeción en la asamblea ejidal para que se le traslade el título. El acceso que las mujeres tienen a la tierra y agua, si son agricultoras principales, coagricultoras o sin ningún involucramiento es indirecto por sus parientes masculinos, sólo en casos extraordinarios los han obtenido directamente. Como resultado, tienen que justificar su derecho a la propiedad, probando que son madres responsables, viudas desamparadas y miembros respetados de la comunidad. Ellas tienen que pelear por un derecho que es incuestionable para el género masculino.

#### *Acceso al recurso*

En el centro y norte de México, las mujeres que se involucran en actividades agrícolas son una minoría que maneja el espacio productivo por razones de gusto, viudez o pobreza (Carmona y Monsalvo, 1998; Ahlers, 1998a,b; Brunt, 1992; Villarreal, 1994). La ideología de género confina a la mujer en su casa, declara que es penoso para los hombres que su mujer trabaje en el campo; y que la mujer es demasiado débil para trabajar las tierras y regar (Ahlers, 1998a, b; Carmona y Monsalvo, 1998; Villarreal, 1994). Además, no sólo limita el acceso que tiene la mujer a los derechos de propiedad sino que define su campo de acción.

Brunt (1992) describe el acceso diferente que tienen las mujeres y los hombres al agua, y enfatiza en las distintas redes sociales que utilizan. Mientras que los hombres pueden llevar a los canaleros o funcionarios a la cantina para ofrecerles bebida, comida y hasta mujeres, para arreglar los asuntos del agua; tales prácticas son completamente irrealizables para las mujeres. En la Comarca Lagunera las mujeres explican que su grado de influencia llega sólo hasta ofrecer dinero para unas cervezas.

#### *Acceso a la toma de decisiones*

Con la transferencia de sistemas de riego a los usuarios, se promovió el establecimiento de Asociaciones de Usuarios de Agua (AUA). Desafortunadamente, los crearon sin tomar en cuenta las redes políticas y organizaciones sociales que ya existían. En la práctica se formalizaron las decisiones en la AUA, pero en los hechos se definieron de manera más informal y en encuentros cotidianos. Las mujeres siguieron teniendo poco acceso a las instituciones y organizaciones formales, como lo muestran estudios hechos en la Comarca Lagunera (véase figuras 3 y 4): las mujeres señalaron que aunque las reuniones pueden ser importantes, el espacio que se deja para que ellas hablen es restringido y que los demás no toman en cuenta sus propuestas. Por eso, lo perciben como pérdida de tiempo. Una comentó: "No me gusta andar allá atravesándome".

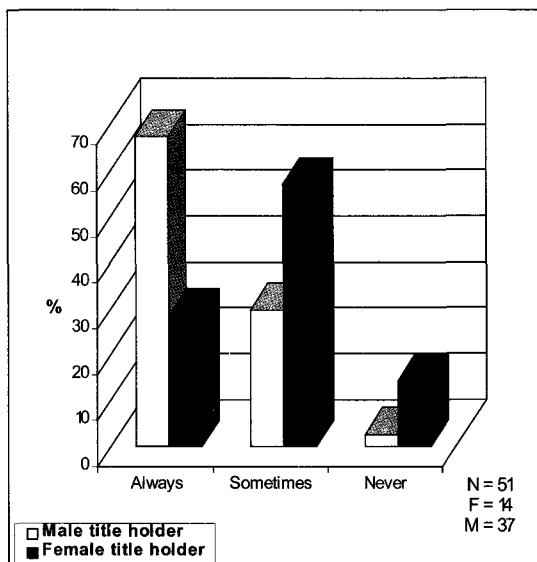


Figura 3. Asistencia en las reuniones.

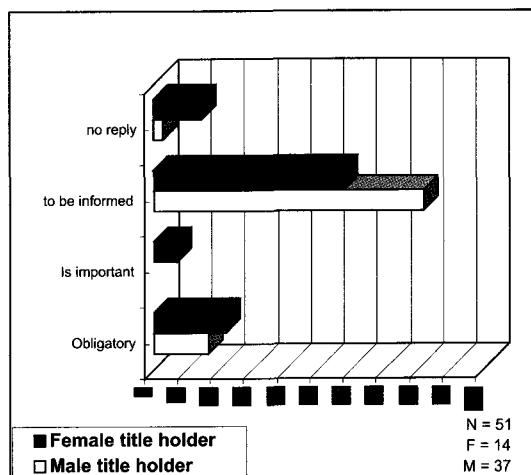


Figura 4. Razón para asistir.

Los hombres titulares asisten a las reuniones cuando pueden, para escuchar y apoyar a sus líderes. Esto les permite conocer las últimas noticias y los temas políticos actuales. Al contrario sólo 15% de las mujeres y 73% de los hombres entrevistados, sienten que se toman en cuenta sus propuestas.

Ninguno de los presidentes de los 17 AUA del distrito 017 es mujer, ninguno de los canaleros y sólo 2% de los delegados son mujeres. La preocupación es explicar porqué no eligieron mujeres, porqué ellas no participan y si su ausencia en los cuerpos de representación significa que sus intereses no están bien defendidos. Los resultados revelan que las mujeres arriesgan su estatus en la comunidad, si se meten en la toma pública de decisiones y que las mujeres en las directivas de los ejidos siempre ocupan el puesto de tesorera y tienen muy poca influencia. La razón por la que ellas siempre son tesoreras fue explicada por un ejidatario: “son honestas, no se prestan a robar”.

Por ejemplo, una de las tesoreras no sabía ni leer ni escribir, a otra le dijeron que sólo tenía que firmar los papeles sin discusión y sin dar tiempo para leerlas. Una más explicó que solamente la requerían para firmar papeles, pero su puesto le convenía porque le dio acceso directo a los dirigentes y a la información. Las mujeres admitieron que no tenían muchas ganas de servir como miembro de la directiva o delegado porque se puede prestar a chismes y hacer perder su posición social: “Una buena madre debe quedarse en su casa y una mujer respetable no debe andar con otros hombres”. Algunas mujeres explicaban esa dificultad: “Es un lío andar una con hombres de aquí pa’ allá. Pues al vernos luego se hacen las habladas”.

Cabe mencionar que las instituciones de riego son fuertemente dominadas por la presencia de hombres, similar al discurso público de política y toma de decisiones (Ahlers, 1998a,b). Eso no sólo cuenta para México o Latinoamérica, se encuentra en todo el mundo de irrigación, ilustrando el carácter estructural y global de las relaciones de género a este respecto (Ahlers y Vlaar, 1995; Kome, 1997; Zwarteveen y Neupane, 1996; Bruins y Heijmans, 1993; Brismar, 1997).

En consecuencia, con tantas barreras que impiden el acceso a las instituciones, los contactos necesarios y el discurso público, las mujeres buscan maneras informales para defender sus intereses y asegurar el acceso al agua. En la Comarca Lagunera tales redes son definidas por:

- Relaciones familiares.
- Relaciones con el patrón (pequeña propiedad o comisariado).
- Relaciones económicas (pollos, gorditas, venta de casa a casa).
- Compadrazgo y madrazgo.
- Relaciones con partidos políticos.

En general, el énfasis está en construir buenas relaciones con los líderes de la comunidad y los representantes de las organizaciones, dando apoyo político y social. Ambos Brunt (1992) y Villarreal (1994) ejemplifican cómo las mujeres construyen y alimentan las relaciones con personas que pueden defender sus intereses por falta de espacios públicos de participación. Con esta inversión, ellas deben tener cuidado de balancear sus acciones para que no se les acuse de conducta inmoral. Muchas mujeres con hijos varones, dejan a ellos hacer las negociaciones o los promueven como beneficiarios de sus acciones en lugar de ellas. Y como señala Villarreal (1994: 14): "Para mantener la legitimidad dentro de sus redes sociales, ella tiene que cumplir con las reglas y normas sociales o negociarlos. Ella decide a conformar, pero haciendo eso, ella también reproduce y legitima esas normas y reglas".

## PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO

### *¿Cómo participan?*

En la Comarca Lagunera hay evidencias de venta de derechos de tierra y agua desde el siglo XIX (Jiménez González, 1996). Las transacciones ocurrieron a diferentes niveles, entre usuarios entre sí y con empresas agro-industriales y entre módulos. Los siguientes factores determinaron los arreglos:

- Fuente del agua (gravedad o subterránea).
- Duración del acuerdo (turno, ciclo o vitalicio).
- El recurso transferido (agua y tierra o sólo agua).

En la Comarca Lagunera, donde la diferencia entre la tenencia del sector ejidal y privado es muy marcada, los vendedores siempre son representantes del sector ejidal, los de la pequeña propiedad no comercian sus derechos. En otros distritos de riego estudiados (011,

025 y 026), las transacciones dependen mucho menos del tipo de tenencia, y tanto compradores como vendedores vienen de los dos sectores (Ahlers y Rymshaw, 1998). En un estudio de cuatro ejidos en el distrito, 72% de los compradores en 1997 eran de la pequeña propiedad y 100% de los compradores eran hombres. Los usuarios preferían rentar su derecho por ciclo debido a la variabilidad en la disponibilidad de agua cada año. La venta del derecho es más común entre aquellos que decidieron dejar la agricultura, los que están enfermos y no tienen acceso a mano de obra y los que se encuentran con carteras vencidas u otras deudas.

Contraria a una creencia general de que las mujeres son más susceptibles a vender, el estudio mostró que, tanto mujeres como hombres ejidatarios, rentan y venden sus derechos. Sin embargo, otros resultados indican que en comparación con los hombres (27%), más mujeres rentan el agua y la tierra (56%). Además, 73% de los hombres han rentado sus derechos por varios ciclos en comparación con 57% de las mujeres. Eso podría indicar que aquellos que rentan sus derechos han decidido salirse de la agricultura; y la mitad de las mujeres rentan permanentemente y la otra mitad todavía están buscando la manera de quedarse en la agricultura.

Cuadro 2  
Titulares que rentaron su derecho de agua en 1997

	Total 97		Mujer <sup>a</sup>		Hombre	
Ejido 1	73	81%	21	95%	51	75%
Ejido 2	178	83%	71	97%	136	96%
Ejido 3	23	12%	4	6%	19	16%
Ejido 4	3	28%	3	10%	0	0%
Total	277	46%	99	51%	206	51%

<sup>a</sup> El porcentaje dado es la cantidad de mujeres que rentaron con relación al total de las mujeres titulares del ejido. Lo mismo para los hombres.

De los entrevistados, 83% declararon que no negociaban con el comprador, que en la mayoría de los casos lo hacía un representante. En un caso, el hombre negoció la renta de sólo una parte de su derecho de agua y dos mujeres negociaron un porcentaje de la cosecha como parte del precio del derecho. La mayoría de mujeres involucraron el comisario de bienes ejidales en los trámites de renta y venta. Sin embargo, es común en el distrito que todo el ejido rente sus derechos de tierra y agua a un solo comprador.

Las negociaciones de precios en la Comarca Lagunera están determinados por un contexto en donde hay pocos compradores con relación a los vendedores, y la transferencia va generalmente del sector ejidal al sector privado. Los precios fluctuaron en los inicios de los años noventa en alrededor de US\$150/ha/ciclo.<sup>8</sup> En 1996, debido a la sequía y reducción del área regada, la CNA determinó el precio del derecho de agua a US\$170/ha/ciclo. Los precios aún bajaban más cuando los vendedores estaban ansiosos por vender debido a enfermedad o deudas. Incluso, se han pagado precios más bajos a las mujeres en transacciones de agua y tierra, o sólo de agua.

8. Todos los precios se han estandarizado al año de 1994 y en dólares estadounidenses.

Cuadro 3  
Diferencias en precios en la Comarca Lagunera

Recurso	Mujeres titulares		Hombres titulares	
	Agua	Agua y Tierra	Agua	Agua y Tierra
Precio <sup>a</sup> /ha/ciclo	125	131	135	166
Rango \$/ha/ciclo	70-154	108-154	114-156	155-187

<sup>a</sup> Precios pagados en 1997 convertido en 1994 US\$.

El comprador paga desde el precio y servicio de riego, hasta su representante y trámites con el notario cuando es necesario. El vendedor recibe el precio y se queda con el subsidio de Procampo. Pero para un análisis real del precio, se deben tomar en cuenta los costos ocultos en las transacciones como los honorarios de notarios, el Procampo, la administración y el tiempo invertido en todos los trámites. El precio tampoco refleja la gran inversión a nivel módulo y distrito, por hacer los cambios en administración y operación que causan las transferencias de los derechos.

Cuadro 4  
Precio de un derecho de agua y costos de producción en 1997

	Maíz grano	Maíz forraje	Frijol	Algodón
Costo de producción \$/ha	684	644	690	1861
Valor Bruto de Producción \$/ha	596 <sup>9</sup>	937	906	2778
Valor Neto de Producción \$/ha	-88	293	216	917
Precio por derecho de agua \$/ha/ciclo	157	157	157	157
Valor Neto de Producción \$/ha	-245	136	58	760

Fuente: Productores, SAGAR.

El cuadro 4 muestra que para cultivos como el algodón y maíz forraje es rentable invertir en derechos de agua, pero para el caso de los cultivos básicos como el frijol, no merece invertir con los precios actuales. Esto significa que las transacciones de derechos de agua podrían poner en peligro la producción de granos básicos. El algodón no es una opción para los campesinos que sólo pueden cultivar una pequeña extensión de tierra por falta de agua, además de que no tienen acceso a los créditos. Estos campesinos no pueden optimizar el mercado de agua ni optar por un cultivo con más valor por falta de capital. El acceso a los créditos ha sido un problema central que antes sólo lo tenían las mujeres, ahora es inaccesible para ambos.

El cuadro 4 también muestra que es más viable rentar su derecho y buscar otras fuentes de ingreso que cultivar, tomando en cuenta que los ingresos de la producción deben cubrir un ciclo de seis meses. Por eso, muchos ejidatarios están optando por un cultivo de frijol que

9. La baja producción de promedio 3.8 ton/ha en la región se debe a que el régimen de riego para algodón no es acorde con el del maíz.



tiene un ciclo corto de tres meses y la producción sirve más que nada para el autoconsumo. Mientras tanto, los miembros de la familia buscan otras fuentes de trabajo, dentro y fuera de la agricultura. Esta opción es posible para hombres y mujeres, con la excepción de las mujeres de edad avanzada, para quienes no existen muchas oportunidades de empleo.

*¿Por qué participan?*

La decisión de rentar o vender el derecho de agua está estrechamente relacionada con el acceso a los créditos y subsidios del gobierno. Muchos productores no pueden invertir en cultivos de alto valor por falta de capital. Los que sí tienen acceso al capital, pagan hasta tres veces la cuota del agua para regar con un derecho más. Hoy en día los campesinos marginados tienen pocos incentivos para quedarse en la agricultura por los créditos inaccesibles, la reducción drástica de los subsidios, sus carteras vencidas y la creciente inseguridad de disponibilidad del agua.<sup>10</sup> Los programas del apoyo al campo, por parte del gobierno, favorecen a aquellos con suficiente capital. La única manera para aquellos que quieren continuar cultivando y no pueden aprovechar los apoyos del gobierno, es a través de generar ingresos de otras fuentes de empleo. La Comarca Lagunera apenas ha comenzado a desarrollar la industria maquiladora, pero ya ha absorbido un alto porcentaje de la población rural. Cabe mencionar que los ingresos de los migrantes en Estados Unidos también complementan el sustento del medio rural.

La razón principal tanto para mujeres como hombres para rentar su derecho de agua está relacionado con el limitado acceso a créditos y la falta de capital (figura 5). Otro factor

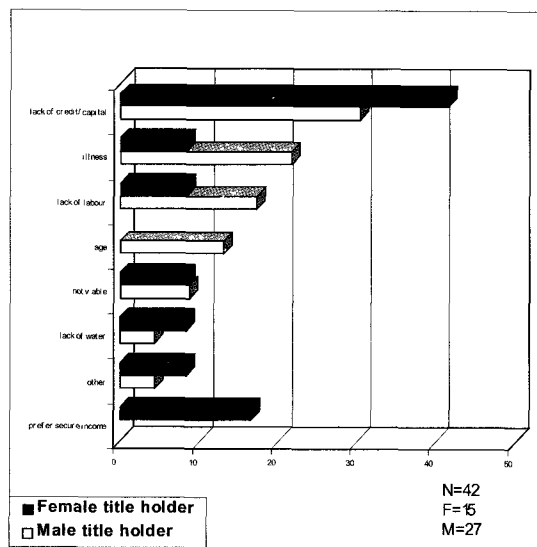


Figura 5. Frecuencia de razones para cultivar.

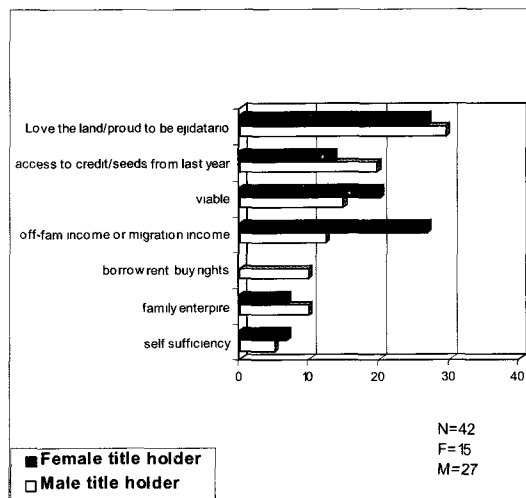


Figura 6. Frecuencia de razones para rentar.

10. En 1998 un ejidatario/a cultivó un promedio de 1.5 ha, y el pequeño propietario un 10 % de su derecho (aproximadamente 10 ha); en 1997 fueron 2 ha y 7.5%, respectivamente; en 1996 se tuvieron 0.63 ha y 7.5%; y en 1995 hubo 2.5 ha y 15%; y finalmente en 1994 fue de 2 ha y 15%, en el mismo orden.

importante es la falta de mano de obra debido al éxodo de la juventud que emigra a los centros urbanos y/o a los Estados Unidos de América. Algunos hijos de ejidatarios han regresado como ingenieros agrónomos, comprando derechos de tierra y agua. Las mujeres en particular, mencionan que ellas prefieren un ingreso estable y confiable en lugar de invertir en algo tan arriesgado como cultivar una pequeña parcela en la Comarca Lagunera.

Aquellos que continúan en la agricultura, toman medidas económicas como otros empleos, apoyo de sus hijos migrados y acceso a un crédito (figura 6). Las mujeres de este grupo dependen principalmente de otras fuentes de ingreso. Una razón imperiosa para que sigan cultivando es la identidad ejidataria, mostrando un fuerte valor histórico de pertenecer a un grupo social que recibió los títulos en 1936 de manos del presidente Cárdenas. Algunos incluso señalan que los pocos pesos pagados por la tierra y el agua no pueden reflejar el valor histórico y social que tienen.

## CONCLUSIONES

Los asuntos de derecho de propiedad están en el centro de los esfuerzos de la privatización. El acceso indirecto que tiene la mujer a los derechos de agua y tierra, dentro de un contexto agrícola en el cual son fuertemente desanimadas a participar, especialmente en las tareas de irrigación. Hay la duda de los beneficios que pueden aportar en el proceso de privatización. Las nuevas políticas y direcciones, pueden abrir un mayor espacio para tales actores e influir en la relación entre agencias y usuarios. Quizás existan las posibilidades para inducir una mayor igualdad de derechos sobre los recursos productivos. Privatizar los derechos quizás le otorgue la posibilidad a la mujer de tener un acceso directo e individual a los títulos y traducir los derechos de usufructo en capital. El derecho de propiedad es un pasaporte para entrar en las organizaciones de toma de decisiones; sin embargo esto se debe analizar dentro del contexto en el que se realizan las negociaciones. Los mecanismos de mercado no están exentos de una ideología de género. El mercado es una construcción de la sociedad en que funciona y sus mecanismos van a reproducir los mecanismos de esta ideología.

Vemos tanto hombres como mujeres participando en el mercado de agua, sin embargo, las mujeres obtienen precios un poco más bajos y negocian parte de la cosecha. Observamos que los compradores en el mercado son grandes terratenientes y todos son hombres. Aún hay que ver si los mercados de agua se desarrollan como se espera y tienen los efectos deseados. El estado de cambio en las transmisiones de títulos de propiedad sugiere una reacción a la continua sequía y a la drástica reducción del apoyo del Estado.

La individualización como un componente esencial de las políticas neoliberales puede más bien debilitar el concepto neutral e ingenuo de la armonía de la unidad de la familia. Cada miembro podría tener acceso potencial a los derechos de propiedad y títulos en conjunto o individualmente, sin discriminarse por ser el jefe del hogar. Asimismo la individualización podría dismantelar la organización de la comunidad y el control sobre los recursos naturales. Una ventaja posible de la individualización podría ser que las mujeres serían menos dependientes de sus parientes masculinos y de los líderes, abriéndose a la opinión pública para que

ellas puedan entrar, pero también podría implicar la pérdida de la protección y solidaridad de la misma comunidad.

La Comarca Lagunera cuenta con algunos ejidos fantasmas, de los cuales todos vendieron sus derechos y partieron a las ciudades. Una de las ejidatarias no sólo se preocupó por este éxodo sino también por la pérdida de identidad de la comunidad como parte de un movimiento social e histórico. La identidad de la comunidad se está erosionando y está a punto de desaparecer.

La rápida industrialización provocada por el sector textil ha incrementado dramáticamente la oportunidad de empleo para las mujeres, con un impacto en la distribución de tareas y responsabilidades domésticas. ¿Van a invertir sus ingresos en la agricultura, por ejemplo en derechos de la tierra y agua, ampliando y redefiniendo su espacio de maniobra o desarrollarán estrategias alternativas en las que existen limitaciones para ellas? Los resultados sugieren que la agricultura es cada día menos interesante para los campesinos marginados y que la mujer no arriesgaría su nuevo capital en una actividad económica tan insegura.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AGARWAL, B., *A Field of One's Own: Gender and Land Rights in South Asia*, Cambridge, University Press, 1994.
- AHLERS, R., "Indirect Access and Informal Networks: Gender Issues in Irrigation, a Latin American Overview", en *Conferencia Latino América de 'Contribuciones de las Mujeres en la Planeación y Manejo de los Recursos Hídricos'*, México, 21 y 22 mayo, 1998a.
- "Moving in or staying out: gender dimensions of water markets", en *Conferencia LASA*, Chicago, 24-26 septiembre, 1998b.
- y E. RYMSHAW, "La Política en la práctica: mercados de agua en cuatro distritos de riego en México", en *VII Congreso Nacional de Irrigación y III Seminario Internacional de Transferencia de Sistemas de Riego*, Torreón, 2-4 septiembre de 1998.
- y A. SMITS, *Ya Mismo: Verschillende Aspecten van Waterproblematiek voor Boerinnen en Boeren. Deel 1. (Different dimensions of water issues for male and female farmers)*, tesis de Maestría, Wageningen Agricultural University, 1991.
- y S. VLAAR, *Up To The Sky: A study on Gender Issues in Irrigation in Cambodia in the Provinces of Takeo and Prey Veng*, Phnom Penh, SAWA, 1995.
- E. RYMSHAW y W. KLOEZEN, *Policy and Practice: Challenging Conventional thought on Water Trading*, Sri Lanka, Forthcoming Research Report IWMI, 1998.
- ARIZPE, L. y C. BOTEY, "Mexican Agricultural Development Policy and its Impact on Rural women", en C. D. Deere y M. Leon (eds.), *Rural Women and State Policy: Feminist Perspectives on Latin American Agricultural Development*, Colorado, Westview Press Inc. 1987.
- BAUER, C. J., "Bringing watermarkets down to earth: The political economy of water rights in Chile, 1976-95", en *World Development*, núm. 5, 1997, pp. 639-656.

- BRISMAR, A., *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World: Freshwater and gender, a Policy Assessment*, Estocolmo, Stockholm Environmental Institute, 1997.
- BRUINS, B y A. HEIJMANS, *Gender Biases in Irrigation Projects: Gender Considerations in the Rehabilitation of Bauraha Irrigation System in the District of Dang*, Kathmandu K SNV Nepal, 1993.
- BRUNT, D., *Mastering the Struggle: Gender, Actors and Agrarian Change in a Mexican Ejido*, Tesis de doctorado, Amsterdam, CEDLA, 1992.
- CARMONA, E. y G. MONSALVO, "Las Mujeres y el Riego; Dos Experiencias Pioneras en la Investigación", en *Mesa de trabajo `Resultados de los Estudios Realizados en el Distrito 011 Alto Río Lerma*, Salamanca, IWMI México, 31 de marzo y 1 de abril de 1998.
- CLEAVER, F. y D. ELSON, "Women and Water resources: Continued Marginalisation and New Policies", en *Gate keeper Series*, núm. 49, Oxford, IIED, 1995.
- CUMMINGS, G. RONALD y V. NERCISSANTZ, "The Use of Water Pricing as a Means for Enhancing Water Use Efficiency in Irrigation: Case Studies in Mexico and the United States", en *Natural Resources Journal*, núm. 32, 1992, pp. 731-755.
- DE JANVRY, A., S. SADOULET y G. GORDILLO DE ANDA, "NAFTA and Mexico's Maize Producers", en *World Development*, vol. 23, núm. 8, 1995, pp. 1349-1362.
- DEERE, C. D. y M. LEON, "Gender, Land and Water: From Reform to Counter Reform in Latin America", en *Workshop on Women and Water, International Irrigation Management Institute*, Sri Lanka, 15-19 septiembre de 1997.
- EASTER, W. y R. HEARNE, "Water Markets and Decentralized Water Resources Management: International problems and opportunities", en *Water Resources Bulletin*, núm. 1, pp. 9-20, 1995.
- FOLEY, M., "Privatizing the Countryside: The Mexican Peasant Movement and Neoliberal Reform", en *Latin American Perspectives*, núm. 1, 1995, pp. 59-76, 1995.
- FREDERIKSEN, H., "Comments on support systems to ensure sustainability of transfers with specific reference to Mexico's transfer program", en *Reporte de campo para IIMI-México*, International Irrigation Management Institute, Colombo, 1996.
- GOULD, G.A., "Water right transfers and third party effects", en *Land and Water Law Review*, núm. 23, 1988.
- HEARNE y Trava, *Water Markets in Mexico: Opportunities and Constraints*, 1996.
- HERRERA TOLEDO, C., "National Water Master Planning in Mexico", en A.K. Biswas *et al.*, *National water Master Plans for Developing Countries*, Oxford University Press, Nueva Delhi, 1997.
- IBARRA MENDÍVIL, J. ., "Recent Changes in the Mexican Constitution and Their Impact on the Agrarian Reform", en L. Randell (ed.), *Reforming Mexico's agrarian reform*, Nueva York, M. E. Sharpe, 1996, pp. 49-62.
- JIMÉNEZ GONZÁLEZ, G., "Formación del Mercado de Tierras y Aguas en La Comarca Lagunera", en *VIII Semana Internacional de Agronomía de la FAZ-UJED*, México, 4-6 de septiembre de 1996.

- KLOEZEN, W. H., "Measuring Land and Water productivity in a Mexican irrigation District", en *Water resources Development*, vol. 14, núm. 2, 1998, pp. 231-247.
- KOME, A., *Gender and Irrigation Management Transfer in Sri Lanka*, tesis de Maestría, Wageningen, Wageningen Agricultural University, 1997.
- MOORE, M., "The Fruits and Fallacies of Neoliberalism: The Case of Irrigation Policy", en *World Development*, núm. 11, 1989, pp. 1733-1750.
- PERRY, C., M. ROCK y D. SECKLER, "Water as an economic good: A solution or a problem?", en *Research Report*, núm. 14, Colombo, International Irrigation Management Institute, 1997.
- ROSEGRANT, M., R. GAZMURI SCHLEYER y S. N. YADAV, "Water Policy for Efficient Agricultural Diversification: Market Based Approaches", en *Food Policy*, núm. 3, 1995, pp. 203-223.
- ROSEGRANT, M. y H. BINSWANGER, "Markets in Tradable Water Rights: Potential for Efficiency Gains in Developing Country Water Resource Allocation", en *World Development*, núm. 22, 1994, pp. 1613-1625.
- ROSEGRANT, M. W. y R. GAZMURI SCHLEYER, "Establishing Tradable Water Rights: Implementation of the Mexican Water Law" en *Irrigation and Drainage Systems*, núm. 10, 1996, pp. 263-279.
- VILLARREAL, M., *Wielding and Yielding: Power, Subordination and Gender Identity in the Context of a Mexican Development Project*, Wageningen, tesis de doctorado, Wageningen Agricultural University, 1994.
- ZWARTEVEEN, M. y N. NEUPANE, "Free Riders or Victims. Women's Non-participation in Irrigation Management in Nepal's Chattis Mauja Irrigation Scheme", en *Research Report*, núm. 7, Sri Lanka-IWMI, Colombo, 1996.
- ZWARTEVEEN, M., "Water: From Basic Need to Commodity. A Discussion on Gender and Water Rights in the Context of Irrigation", en *World Development*, núm. 8, 1997a, pp. 1335-1351.
- "Identifying Gender Aspects of New Irrigation Management Policies", en *Mesa de trabajo del IWMI*, Sri Lanka, 15-19 Septiembre, 1997b.

## LA GESTIÓN DEL AGUA EN EL EJIDO DE RINCÓN GRANDE, MUNICIPIO DE ECUANDUREO, MICHOACÁN

Octavio M. González<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

En los años treinta, durante la gestión presidencial de Lázaro Cárdenas se impulsó el reparto agrario, y comenzó a institucionalizar la gestión del agua, a través de la centralización estatal.<sup>2</sup> Posteriormente, el gobierno federal en la búsqueda de la modernización del campo, incrementó considerablemente la superficie de regadío mediante la creación de los distritos de riego, principalmente obras de gran irrigación en algunas zonas del territorio nacional. Lo anterior, sin dejar a un lado el establecimiento de la pequeña irrigación diseminada en toda la geografía mexicana, que en las dos décadas anteriores tuvo su auge en lugares como el estado de Michoacán y con ello quizás se trató de evitar una mayor polarización entre las regiones agrícolas del país.<sup>3</sup>

En los albores de la década de 1990, ante un sector agrícola que mostraba considerables signos de agotamiento,<sup>4</sup> el gobierno salinista implementó una serie de reformas estructurales entre las que se consideraba la modificación al Artículo 27 constitucional, la emisión de sus leyes reglamentarias, donde se incluía la nueva legislación en materia de aguas.

Esto ocurrió en el marco del programa de modernización del sector agropecuario, que planteaba alcanzar el bienestar de la población del sector rural, sobre todo aquella que vivía en condiciones de marginación.<sup>5</sup> Por lo que con la idea de incrementar la productividad, bajo los principios de seguridad y libertad ante el mercado, se crearon una serie de políticas que buscaron abrir la venta de la tierra y el agua.<sup>6</sup>

1. Investigador del Centro de Geografía Humana de El Colegio de Michoacán.

2. Vargas (1996: 149-150).

3. "México cuenta con una totalidad de alrededor de cinco millones de hectáreas de riego, la distribución en superficie entre gran y pequeña irrigación es casi igual [...] La imagen del México agropecuario postrevolucionario era de una polarización de gran irrigación y de agricultura campesina de temporal ..." (Palerm, 1998: 1).

4. Téllez (1994: 7).

5. Téllez (1993: 8).

6. "La modernización del campo requería una redefinición del papel del Estado en las actividades agropecuarias, tanto en el ámbito normativo como su intervención directa a través de entidades y organismos gubernamentales. En el ámbito normativo era evidente la necesidad de proceder a la construcción de un entorno institucional más flexible, a efecto de que los productores aprovechen plenamente su potencial productivo. Particularmente, era necesario modificar el artículo 27 constitucional y su Ley Reglamentaria ..." (Téllez, 1994: 2).

En el presente documento, bajo el marco de la nueva legislación de Aguas Nacionales, pretendemos presentar algunos elementos sobre la gestión del agua, su importancia y significado para el uso agrícola, así como sus conflictos y algunas alternativas de solución a su problemática, a partir de un estudio en el ejido de Rincón Grande, ubicado en el municipio de Ecuandureo, Michoacán.

La información del presente trabajo, se obtuvo mediante la aplicación de algunas entrevistas abiertas a informantes clave, como representantes y ex representantes de las unidades de riego, así como integrantes y ex integrantes del Comisariado Ejidal, todos, usuarios del agua para riego agrícola.

#### LA ACTUAL POLÍTICA HIDROAGRÍCOLA EN MÉXICO

Entre 1991 y 1992, en nuestro país se llevaron a cabo cambios en el marco legal agrario que, según el Estado, proporcionarían una mayor seguridad jurídica con referencia a la explotación, uso y aprovechamiento del recurso; inducirían a su uso eficiente, y conservación; impulsarían un mercado de derechos sobre el agua; y buscarían lograr un desarrollo integral sustentable.<sup>7</sup>

Para los distritos de riego, a excepción de las obras de cabecera y las redes principales de canales y drenes, la nueva ley significó la continuación de la transferencia de la infraestructura de gran irrigación hacia los usuarios organizados en asociaciones. Lo anterior, con el fin de que éstos, al hacerse cargo de la operación, conservación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura pública federal para irrigación, lograrían su sostenimiento desde el punto de vista económico.

Para el caso de las unidades de la pequeña irrigación, compuestas de pequeñas presas y represas así como por la extracción de agua del subsuelo, en el noroeste de Michoacán, y en especial en el municipio de Ecuandureo, los cambios mencionados significaron un retiro gradual de las agencias gubernamentales del sector hidráulico.

No sabemos hasta qué punto los usuarios de las pequeñas unidades de riego, ubicados a la periferia de los distritos de riego 061 de Zamora y 087 del Rosario-El Mezquite, perciben aunque sea de manera sutil, que es un proceso que los incluye como parte de una nueva política nacional de aguas.

Para ellos, en lo cotidiano, quizá poco o nada implican estos cambios en la legislación que se comenta; es posible que, al paso del tiempo, se den cuenta de que nuevamente, en un proceso de tal envergadura, fueron tomados en cuenta de una manera más que marginal. Tal vez les interese más, la forma de cómo completar y hasta cierto punto ampliar la superficie de sus pequeñas unidades de riego.

7. (Téllez, 1993: 104).

EL RIEGO POR BOMBEO, UNA ESTRATEGIA PARA LA AGRICULTURA  
Y SUS PROBABLES EFECTOS ECOLÓGICOS EN LAS ZONAS PERIFÉRICAS

El riego por bombeo, proveniente de la extracción de agua subterránea mediante pozos profundos, es una práctica que fue iniciada por propietarios privados en el primer tercio del presente siglo. Posteriormente, después la década de los cuarenta, en regiones como La Laguna y el Bajío guanajuatense, se convirtió en una práctica común, en la que intervinieron con gran fuerza los productores del sector social. A tal grado, que en estos lugares la perforación de nuevos pozos continúa en la actualidad, aún a sabiendas de que la posibilidad de recarga de los mantos acuíferos ha sido rebasada desde hace varios años.

En el caso de las regiones agrícolas periféricas a los distritos de riego, como lo es el municipio de Ecuandureo, el proceso de la perforación de pozos profundos para riego agrícola se inició a principios de los años setenta, logrando su mayor auge en el decenio de los ochenta, que en gran medida, fue impulsado por la acción de las agencias del Estado, hasta el momento en que se decreto la veda. En el transcurso de estas dos décadas, posteriores a la desecación de la laguna del Colecio,<sup>8</sup> con lo que se incorporaron una gran cantidad de hectáreas a la producción, en el municipio se perforaron aproximadamente cien pozos para uso agrícola, de los cuales cuatro le correspondieron al ejido de Rincón Grande.

Para el valle de Ecuandureo, se percibe que después de la desecación de la laguna del Colecio ocurrida en 1972, y la consiguiente perforación de pozos profundos con motivo de la extracción de agua del subsuelo para riego, se ha detectado que existen considerables repercusiones en la recarga del manto freático. Por ejemplo, hay una paulatina desaparición de acuíferos, como son algunos manantiales, que otrora fueron utilizados para la producción en la época de las haciendas y en los años posteriores al reparto.

En la actualidad, es difícil saber y hasta qué grado, la presencia de estos pozos han afectado el manto freático del municipio, y si en un futuro no muy lejano, se va a presentar una problemática aguda, como la que actualmente sufren las regiones de La Laguna y el Bajío guanajuatense. En tales partes del país, el abatimiento del nivel estático, ocurre a razón de varios metros por año. A tal grado, que en estos tiempos estamos hablando de la existencia de pozos con una profundidad de 450 metros y en el caso de Guanajuato un proceso de salinización del suelo, con las consiguientes tensiones en la gestión del agua.<sup>9</sup>

Para el municipio se avizora que, por un lado, se requiere la utilización de sistemas de riego más modernos,<sup>10</sup> mediante los cuales se pueda lograr una mayor eficiencia en el uso del agua. Pero, por el otro, se empieza a presionar para terminar con la veda implantada a partir de finales de los ochenta y que impide la perforación de un mayor número de pozos.<sup>11</sup>

8. "Casi paralelo a la mecanización del Valle de Ecuandureo, se efectuó una costosa e importante obra de infraestructura con el fin de desecar la Laguna del Colecio, liberar tierras para el cultivo y controlar el nivel freático del Valle ..." (González, 1996: 74).
9. En la región de la Laguna, "a comienzos de los años 60, el volumen de agua subterránea bombeada se estimaba en 1,500 millones de m<sup>3</sup> [...] En el mismo periodo el volumen de recarga de los mantos freáticos podía estimarse entre 600 y 800 de millones de m<sup>3</sup>". "En la actualidad los pozos llegan a profundidades que varían entre los 200 y 400 m, según la zona" (García, 1988: 78 y 83).
10. Según la opinión de los propios productores de Rincón Grande, los sistemas de riego que permiten una mayor eficiencia en el uso del agua, con el consiguiente ahorro de energía y que les pueden ser accesibles en el mercado, son los de goteo y microaspersión.
11. "Ante las preocupantes mermas que han tenido las cosechas (por los malos temporales de lluvias) en los últimos años, productores agropecuarios del municipio de Ecuandureo solicitaron la autorización para perforar 13 pozos profundos cuyas aguas serán utilizadas para regar cerca de mil hectáreas de aquel municipio, a la par que solicitaron que se levante la veda a que han sido sometidas las tierras



### *Ubicación*

El ejido Rincón Grande, se ubica en la parte noreste del municipio de Ecuandureo, al noroeste del estado de Michoacán, sobre el borde oeste del Bajío Seco Michoacano y al norte de la Meseta Purépecha. Se sitúa entre los 20° 12' y los 20° 13' grados latitud norte y los 102° 08' y 102° 09' grados longitud oeste, y a una altitud promedio de 1 680 metros sobre el nivel medio del mar.

Por la carretera federal Zamora-La Piedad, a una distancia de 7 kilómetros al este de la cabecera municipal y entre 20 y 30 minutos de las ciudades de La Piedad y Zamora, se encuentra Rincón Grande.

### *Contexto geográfico*

En cuanto a sus rasgos topográficos, se caracteriza por la conformación de laderas y lomeríos en la parte norte del cerro El Fraile. Ello determina en gran medida lo irregular de su superficie, la cual se ubica a una altitud que oscila entre los 1 640 y los 1 740 metros sobre el nivel del mar (msnm). Lo que representa un desnivel entre parcelas de hasta 4 metros, limitando en forma considerable la aplicación del riego de manera tradicional.

Haciendo referencia a su Geología y Edafología, el área está compuesta fundamentalmente de basaltos y en menor medida de suelos residuales, su origen data del Cuaternario y se encuentra enclavado en la Subprovincia geológica del Bajío michoacano, y en la porción sur del Eje Neovolcánico Transversal.

En consecuencia, sus suelos son del tipo vertisol pélico, cuyo origen proviene del desgaste de edificios basálticos, se encuentran en una fase lítica profunda y tienen una textura fina, lo que les permite una buena conservación de humedad.

En lo que comprende a su Hidrología superficial y subterránea, la primera se define por la presencia de escurrimientos temporales en la época de lluvias, destacándose en la parte norte el arroyo Rincón Chico, y el arroyo Guacamacuat en la porción oeste, confluencia ambos de la mayoría de los escurrimientos.

Como parte de la hidrología superficial, aunque producto de la acción del hombre, es importante destacar la existencia de la presa "José Antonio Torres", ubicada fuera del territorio del ejido. La presa es un embalse con una capacidad estimada de 1.5 millones de metros cúbicos que permite la irrigación de una parte considerable de sus tierras, la recuperación del manto freático y el control y aprovechamiento de varios escurrimientos, incluido el arroyo La Cañada.

Por otro lado, al referirnos a la Hidrología subterránea, se observa que existen tres tipos de materiales, que en orden de importancia, primeramente destaca el consolidado con posibilidades altas en la conformación de acuíferos, seguido por el consolidado con posibilidades bajas y por último el no consolidado con posibilidades bajas.

---

de cultivo de aquella localidad [...] A cambio de que les sean otorgados los permisos, los campesinos dijeron estar dispuestos a instalar modernos sistemas de irrigación (goteo y microaspersión), con el fin de optimizar el líquido y no sobreexplotar los mantos freáticos, como teme la Comisión Nacional del Agua que suceda" (*La Voz de Michoacán*, 13 de Marzo de 1998).

Si bien existe la posibilidad de extracción de agua del subsuelo para la producción agrícola, está limitada debido a la veda decretada por el gobierno federal a partir de la segunda mitad de los años ochenta.

De acuerdo al segundo sistema de Thorwaite modificado para México por el ingeniero Alfonso Contreras Arias, en Rincón Grande el clima se puede considerar: por su categoría de humedad, "subhúmedo seco"; por su régimen de humedad, "moderada demasía de agua estival"; por su categoría de temperatura, "semicálido"; y por su régimen de temperatura, "muy baja concentración de calor en verano". Tiene una temperatura media anual que oscila en 22 grados centígrados y una precipitación media anual cercana a los 800 milímetros.<sup>12</sup>

La poca presencia de heladas y la existencia de seis meses húmedos, otorgan las condiciones suficientes para el desarrollo de una agricultura tanto de temporal como de secano lo que, aunado a la buena calidad de sus suelos, hace que no existan limitantes considerables para la obtención de cosechas seguras.

Al observar el paisaje en esta parte del municipio, la presencia de vegetación secundaria, es un signo inequívoco de la perturbación de la cubierta vegetal original, proveniente principalmente por las prácticas agrícolas y ganaderas en otros periodos. A la vista, se nos muestra la presencia de especies arbustivas y arbóreas como el huizache, casirpe, casahuate, tepame y palo blanco; varios pastos, algunos cactus y plantas de nopal.<sup>13</sup>

#### *Orígenes del agua como recurso para la producción*

En el ejido Rincón Grande, después de haber sido beneficiado por el reparto agrario en 1936, se cultivaron la mayoría de las tierras dotadas mediante la utilización del sistema del año y vez.<sup>14</sup> Posteriormente, en el año de 1972, después de terminados los trabajos de construcción de la presa "José Antonio Torres" financiada por el Estado, el ejido logró acceder a 220 de las 260 hectáreas señaladas para integrar la unidad de riego. Es decir, un poco más del ochenta por ciento de su superficie, porcentaje similar en lo relativo al número de usuarios, que modificó de manera ostensible el sistema de producción local.

La presa de La Noria, construida en el periodo tardío de la hacienda, incorporó parte del municipio de Ecuandureo a la producción de regadío en el ciclo otoño-invierno.

Posteriormente, en el valle de Ecuandureo hubo un proceso de perforación de pozos profundos para uso agrícola, ubicados principalmente en terrenos de propietarios privados. No fue hasta los años ochenta, cuando se realizó el mayor número de perforaciones con financiamiento del Estado, tanto en el valle como en el resto del municipio.

Para el caso del ejido Rincón Grande, en 1987 empezaron a funcionar tres de sus cuatro pozos, y un último realizó sus primeros riegos en 1995. Con la utilización de estos

12. González (1996: 27 y 28).

13. *Ibid.*

14. El sistema año y vez "el cual consistía, que en el primer año entre los meses de mayo y junio se sembraba maíz y se dejaba libre en la época de estiaje donde se metía al ganado para aprovechar el rastrojo o esquilmo y se fertilizara con el excremento animal, al siguiente año no se cultivaba de maíz en temporal de lluvias, los potreros se utilizaban para meter el ganado que se alimentaba del pasto que se producía, y ya en el estiaje se cultivaba garbanzo de humedad que enriquecía la tierra por ser un fijador de nitrógeno, lo que permitía hacer una rotación en los potreros y alimentar el ganado, que con sus desechos recuperaba a la tierra materia orgánica y demás nutrientes" (González, 1996: 66).

pozos, nominalmente, para un total de 76 ejidatarios, se incorporaron al riego aproximadamente 260 hectáreas.

Con estas obras, prácticamente todos los ejidatarios tenían dentro de su unidad de producción una superficie de riego para la siembra. Pero debido al tipo de relieve en las unidades de riego, algo irregular por cierto, difícilmente se podía cultivar en el secano la mayoría del área destinada para cada pozo. Prácticamente, hasta finales de los años ochenta y mediados de los noventa, se instalaron modernos equipos de riego, y hubo la posibilidad de sembrar cultivos como el trigo y el maíz, entre otros.

### *La organización de las unidades de riego*

Desde el principio de su operación y sobre la base de los requerimientos de la normatividad hidroagrícola, tanto los usuarios de la presa como de los pozos, a través de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), fueron constituidos en unidades de riego.<sup>15</sup> Estas se conformaron por un Presidente, un Secretario y un Tesorero. Posteriormente, con la promulgación de la Ley Federal de Aguas de 1992, las unidades se constituyeron en asociaciones de usuarios,<sup>16</sup> donde los representantes tenían funciones durante un año, con la posibilidad de reelección. Entre sus principales funciones estaban:

- a) Convocar a asambleas de usuarios.
- b) En el caso de la presa, con el apoyo de un técnico de la Comisión Nacional del Agua, estimar el volumen del agua disponible, determinar la superficie a irrigar y el nombramiento de los canaleros.
- c) En conjunto con los usuarios, acordar la superficie a cultivar, el rol del riego, los tipos de cultivo, el conocimiento de las parcelas arrendadas, la ejecución de las labores de mantenimiento y limpieza de canales y la determinación de cuotas y sanciones.
- d) El cobro de cuotas a los usuarios por el uso del agua.
- e) La ejecución de sanciones acordadas por la asamblea y su reglamento.
- f) La realización de las diferentes gestiones, la obtención de material y equipo ante las agencias gubernamentales.
- g) Las demás que contemple la ley, su reglamento interno y la asamblea.

Cabe destacar que, en lo que corresponde a la presa, a partir de 1977 se empezó a operar con 75% de la capacidad real de almacenamiento, posteriormente, en 1992, se redujo 55 o 60%. Para el caso de los pozos, a excepción del número 1, éstos operaron en un promedio de 40% de su capacidad, siendo que en un principio habían sido planeados para regar entre 60 y 70 hectáreas.

15. Unidades de riego se les denomina a las obras de pequeña irrigación que generalmente fueron construidas por las dependencias oficiales, están constituidas por grupos de usuarios y por una superficie determinada en función de la capacidad de la fuente, en el caso de los pozos, desde su proyecto de construcción se forman grupos de gestión, que al concluir las obras son los que integran la unidad, se rigen por un reglamento interno y los conflictos los sanciona la Comisión Nacional del Agua.

16. "Unidades de Riego... la Ley faculta a la Comisión (Nacional del Agua) para acreditar, promover y apoyar a las organizaciones de usuarios ... que se podrán asociar entre sí libremente (ante notario público) para constituir personas morales, con objeto de integrar sistemas que permitan proporcionar servicios de riego agrícola a diversos usuarios" (Téllez, 1993: 116).

Ante esta problemática, aunada a que el terreno para riego dista de ser plano, es comprensible la instalación de modernos equipos de irrigación, tanto de aspersión, como el sistema californiano de compuertas.

### *Los usos y destinos del agua*

A pesar de que formalmente la utilización del agua de las unidades de riego es sólo para la irrigación, la estrategia de la utilización del recurso es ampliada a otras necesidades, que varían en función de las condiciones climáticas y del tipo de siembra a realizar en el temporal de lluvias.

En el caso de la presa, cuando el temporal de lluvias escasea, se efectúan los denominados "riegos de auxilio",<sup>17</sup> que como su nombre lo dice, sirven para auxiliar a los cultivos, y dependiendo de la escasez de humedad pueden llegar a ser de uno a tres.

En ocasiones cuando el usuario, arrendador o usufructuario realizan cultivos adelantados al periodo normal de lluvias, se lleva a cabo lo que se conoce como el "riego de punteo".<sup>18</sup> No es otra cosa que un riego que sirve para la pronta germinación del sorgo, maíz y hortalizas que se hayan sembrado o plantado en el mes de mayo, posterior a la aplicación de una lámina de agua.

También, existen casos que aunque no son muy comunes, donde el agua de la presa es utilizada para el llenado de uno que otro abrevadero para el ganado, lo anterior si las condiciones del volumen de agua contenido lo permiten.

En lo referente a los pozos, el uso a que se destina el agua es similar al de la presa. Sin embargo, hay algunas diferencias en lo que se refiere a la venta de agua para riegos de auxilio, a parcelas que están fuera de la unidad de irrigación. Esto se realiza, siempre y cuando el pozo no esté siendo utilizado por algún usuario. Además, de que el líquido no es utilizado en el llenado de abrevaderos o jagüeyes. En algunas ocasiones, existen casos donde los usuarios, deliberadamente vierten el agua para que escurra por los arroyos secos, llene sus depósitos naturales y pueda ser aprovechada por el ganado, sin evitar con esto el desperdicio.

### PRÁCTICAS Y CONFLICTOS EN LA GESTIÓN DEL AGUA Y EL MANEJO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA

Con el fin de lograr una mejor comprensión sobre la gestión del agua, trataremos de explicar cómo se organiza un ciclo completo de cultivo, es decir, desde los preparativos hasta el término de la cosecha. Para ello, primeramente hablaremos sobre la presa, ya que es la unidad de riego donde se cuenta con más experiencia al respecto en el ejido.

17. Riego de auxilio se le denomina al uso del agua de regadío en los cultivos de temporal, proveniente de una fuente ya sea natural o artificial, cuyo objetivo principal es el de apoyar a la siembra, sobre todo en la etapa de floración, que es la más crítica ya que de no contar con la humedad suficiente, se corre el peligro de una cosecha pobre o la pérdida de la misma.
18. El objetivo del riego de punteo es el de asegurar una buena cosecha, ya que su etapa de floración es más temprana que las de los cultivos de temporal normal que se siembran en el mes de junio, por lo que tanto los riegos de punteo y de auxilio sirven tanto para una cosecha y lograr una mayor producción.

Los trabajos del manejo del agua de la presa, inician con la limpieza y mantenimiento de los canales tanto los de tierra como los revestidos con cemento. La idea es que estén en condiciones óptimas para cuando se requiera su utilización. Posteriormente, en el mes de noviembre, el técnico de la Comisión Nacional del Agua —una de las pocas veces que visita el ejido— en compañía de los representantes de la unidad de riego, procede a la estimación del volumen de agua contenido en su interior y en consecuencia la superficie a irrigar.

Este acto, que pudiera decirse que es de rutina, reviste gran interés e importancia para los usuarios, pues del consenso logrado en la estimación, dependerá la superficie a sembrar de regadío. Para ello, el representante de la Comisión Nacional del Agua, basándose en su conocimiento y experiencia, manifiesta a los representantes de los usuarios el volumen estimado de agua existente en ese momento. Los representantes de los usuarios, hacen los señalamientos sobre las marcas dejadas por el agua en el periodo anterior, así como la superficie y los tipos de cultivos que se sembraron. En ese preciso instante hacen su propia estimación sobre el volumen existente y la superficie que se pudiera regar tratando de aprovechar el recurso al máximo, pero sin tratar de caer en el exceso.

Una vez realizado este acto, entre las partes se llega a un acuerdo o consenso, donde a final de cuentas se determina de forma oficial la superficie que se regará para ese ciclo. Posteriormente, en una asamblea de usuarios de la presa, los representantes de manera general informan de la superficie autorizada que se podrá irrigar. Inmediatamente, cada usuario manifiesta las clases de cultivo que pretende realizar, que generalmente es trigo o alguna hortaliza; y en función del agua requerida por cada uno de estos, se determina la superficie de tierra que se puede cultivar de manera individual.<sup>19</sup> Además, se establece la programación del riego por parcela y por último se acuerda el costo del riego por hectárea, cuyo pago debe realizarse por adelantado, ya que por lo general, no se acepta que se pueda regar sin haberlo realizado previamente.

Aquí también resulta una situación óptima cuando algún usuario no desea sembrar, se presentan las condiciones para los arrendamientos de parcelas y la venta del agua entre los usuarios. Esto último no es bien visto por la mayoría, pues la posibilidad de obtener en conjunto un poco más de agua, se diluye ante esas prácticas.

Una vez realizado el acuerdo sobre organización de la irrigación, se procede a la siembra y al riego de las parcelas en función del rol previamente establecido. Y como en la infraestructura de la presa, se cuenta con dos canales de conducción, simultáneamente se pueden trabajar siete parcelas, situación que requiere del cuidado tanto del canalero como de los usuarios, sobre todo cuando se trata de cultivos diferentes, o que las parcelas no iniciaron al mismo tiempo.

De suscitarse algún error, se corre el riesgo de derramar el agua, lo que para el agricultor representa una multa de cincuenta pesos por cada 50 metros que recorra el líquido, si

19. El cultivo del trigo para su correcto desarrollo requiere generalmente de cuatro riegos, en cambio las hortalizas necesitan de 10 o 12 láminas de riego. Por ejemplo, cuando se determina que el agua disponible alcanza a cubrir 75% de la superficie, para el caso de las hortalizas se reduce 50%, que si bien a simple vista no compensa la diferencia, los riegos son más ligeros, es decir usan menos agua por hectárea/riego.

existe reincidencia, la multa se duplica, y en dado caso que se reincida de nuevo, es posible que se les castigue negándoles el riego en una hectárea para el resto del ciclo.<sup>20</sup>

Cuando se va a regar, la persona que realizará esta actividad, debe esperar que el cana- lero, quien controla el agua de la presa, le entregue el recurso en el canal o canales con que cuente la parcela. Una vez que se haya concluido con esta práctica, el regador de la misma está obligado a avisar y entregar el agua al cana- lero, para que a su vez la haga llegar a otra parcela según lo estipulado en el rol. De no ser así, entonces se corre el peligro de una sanción de carácter económico.

El líquido almacenado en el embalse, no solamente se utiliza en el ciclo otoño invierno, sino también en el primavera verano. Por ejemplo, cuando alguien desea realizar un cultivo adelantado, es decir de punteo o requiere de riego de auxilio en los periodos secos del temporal de lluvias, se le proporciona el agua que requiere. La condición es que por cada ocasión que se le otorgue agua, se va a reducir de manera proporcional la que recibirá en el próximo ciclo.<sup>21</sup>

En el caso de recibir más de cuatro auxilios, se corre el riesgo de quedarse sin derecho a cultivar en el temporal de secano, pero si el periodo de lluvias mejora y el agua se llega a desbordar por el vertedor de la presa, entonces se elimina el castigo por utilizar agua fuera del periodo normal.

Además de las sanciones aludidas con anterioridad, existen otras que se ejecutan en casos donde el usuario no ha hecho las faenas de limpieza de los canales de riego que le corresponden a su parcela. En estas circunstancias, se le permite realizar el primer riego, con la restricción de que si no ejecuta los trabajos mencionados, antes de que le corresponda el siguiente turno, entonces se le castigará suspendiéndole el servicio del agua hasta que los lleve al cabo.

También está el caso de cuando existen varias parcelas con derecho a riego, pero una que se encuentra hasta el final necesita recibir primeramente el agua, y aún no se han reali- zado los trabajos de limpia de canales, entonces el usufructuario se ve forzado a llevar a cabo dichas labores, con el riesgo de que los otros usuarios no necesariamente le retribuyan el tra- bajo invertido. Esta circunstancia genera situaciones tensas, que si no se resuelven de mutuo acuerdo, serán llevadas al seno de la Asamblea de usuarios para que en ella se acuerde una resolución al conflicto planteado, basándose en los hechos presentados por las partes.

Una cuestión en la que todos los usuarios coinciden y están de acuerdo, es que para lograr un uso más eficiente del agua, resulta necesario un control más cuidadoso por cada uno de ellos así como por sus representantes. De allí que el alcance de la multa o sanción es efec- tivo, con el fin de incrementar la conciencia sobre el uso adecuado del agua.

En la organización del agua proveniente de los pozos, la situación no resulta ser tan compleja, pues como los equipos de bombeo son sumergibles, no requieren de manteni- miento. Además de que la conducción del líquido se hace por medio de tubería, entonces no

20. Es de mencionarse que hasta la fecha, según lo mencionaron los propios representantes de los usuarios de la presa, en el caso de segunda reincidencia, a ningún usufructuario se le ha castigado quitándole el agua para el riego de una hectárea de su parcela.

21. En el caso en que se recibe agua ya sea de punteo o de auxilio, por cada riego proporcionalmente se le descuenta al usuario 25% del agua a recibir en el próximo ciclo, pero aún así hay quien prefiere asegurar la cosecha del temporal de lluvias que la de secas, ya que la superficie a cultivar será menor.

existe el riesgo de desperdicio de agua por transporte, además de que el recurso disponible, aunque reducido, siempre es constante y seguro.

Al igual que la unidad de la presa y con el fin de acordar los cultivos y la superficie a sembrar, en el mes de noviembre se realiza una asamblea de usuarios de cada pozo. En el caso de que alguno de sus integrantes decida no cultivar para ese ciclo, entonces por consenso y de manera proporcional se incrementa la superficie a regar para cada socio. También, en estas reuniones se acuerda sobre la compra de refacciones del equipo de riego, ya que existe desgaste de sus componentes debido al constante movimiento al que es expuesto.

Un aspecto que se debe cuidar en las unidades de los pozos es ejecutar adecuadamente el mecanismo de cobro de cuotas por el riego superficie/usuario, ya que su costo por hectárea, es por mucho superior al de la presa. Mientras que en la presa es de treinta pesos por hectárea, en las unidades de pozos puede llegar a varios cientos de pesos. Por lo que se exige un pago a tiempo y se trata de evitar al máximo el desperdicio del agua (que se traduce en un mayor costo de energía y como el cobro es por horas de riego, entonces el costo recae directamente sobre el usuario).

Una vez que inicia el rol de riego (a excepción del pozo número 1, donde sólo puede regarse una parcela a la vez), se requiere del cumplimiento del tiempo estipulado con la intención de no retrasar el ciclo de vuelta, que dura más de un mes. En promedio cada unidad de riego está integrada por 18 usuarios. En los casos donde se detecta un desperdicio de agua, se le aplica una sanción al infractor consistente en una multa, pero hasta la fecha no se han realizado de manera efectiva.

Cuando se realizan riegos de punteo o auxilio, a diferencia de la presa, no implica una disminución de la superficie a cultivar en el próximo ciclo, sino simplemente un mayor costo por la energía utilizada en la extracción y conducción del agua.

#### EL PAPEL DEL ESTADO

En el ejido de Rincón Grande, los integrantes de las unidades de riego están concientes de que si no fuera por el estímulo que recibieron del Estado en la construcción de la presa, la perforación y equipamiento de los pozos, así como la adquisición de los sistemas de regadío, difícilmente hubieran obtenido su acceso al riego, ya fuera mediante crédito o cualquier otra vía.

Estos acuden a la Comisión Nacional del Agua en la ciudad de Zamora sólo cuando existe alguna situación de tensión, o para realizar algunos trámites. También van cuando solicitan la presencia de algún funcionario para la renovación de sus representantes; cuando piden realizar la estimación del volumen del agua de la presa o buscan asesoría para la comprobación del pago del agua ante los trámites del Procampo. La excepción quizá sea en la unidad de la presa, ya que periódicamente reciben vía la Comisión Nacional del Agua, el cemento necesario para el mantenimiento de los canales de conducción.

Los usuarios, concedores de las modificaciones al Artículo 27 constitucional y la expedición de sus leyes reglamentarias en materia agraria y de aguas, hasta el momento no han percibido algún cambio significativo por parte del Estado, sobre todo en lo que se refiere al agua. Esto es porque han logrado cierto grado de autosuficiencia en sus unidades de riego.

Lo que sí reconocen, es que las acciones de perforación, reparación y adquisición de nuevos equipos de irrigación, si no es mediante el impulso del Estado, difícilmente podrían ellos realizarlas y financiarlas. Sus recientes y amargas experiencias de operación con la banca privada, les indican que la vía de crédito no es una opción viable a sus posibilidades económicas.

En lo que corresponde a las funciones de la Comisión Nacional del Agua, consideran que requieren de su participación en el proceso de la gestión del recurso, sobre todo cuando se presentan algunos conflictos internos que los llegan a rebasar, o en las situaciones de tensión debido a la escasez de agua. Con su papel de autoridad y mediación, se logra salvar conflictos, pues señalan que a final de cuentas lo que más les interesa es el agua para la producción.

#### LOS PERIODOS DE CRISIS

Los usuarios de la unidad de riego "José Antonio Torres" perciben la irregularidad de los periodos de lluvias que impiden un buen almacenamiento y son conscientes de que su capacidad de irrigación ha disminuido. A partir de 1977, su capacidad de riego en superficie disminuyó a 75%, para luego reducirse a 55 y 60% en 1992, condición que ha tendido a agudizarse.<sup>22</sup> En cambio los usuarios de las unidades de riego de pozos profundos, después de que se dotaron de equipo especializado de riego, no han sufrido de falta de agua como las ocurridas en la presa.

Paradójicamente en la unidad de la presa, los eventos de crisis más fuertes han tenido su origen en el ciclo de cultivo de lluvias, que va de junio a diciembre. En estas fechas es cuando el temporal de lluvias sufre fuerte sequía, y los productores al ver amenazada su cosecha, exigen que se abra la válvula de la presa. Para realizar los riegos que permitan auxiliar sus cultivos. Ello sin importar si se va a contar o no con el agua suficiente para el próximo ciclo.

Tal situación puede ser ilustrada en el siguiente evento. En años recientes, el periodo de lluvias presentó irregularidades: no llovía y los cultivos corrían un fuerte peligro de perderse; los productores empezaron a exigir que se utilizara el agua de la presa, misma que se encontraba en un nivel muy bajo en volumen, además se presionaba para que se auxiliaran las parcelas sembradas hasta donde el agua alcanzara.

Inmediatamente surgieron protestas por los productores que tenían sus cultivos en la parte más alejada de la presa, ya que era evidente que en esas circunstancias el agua no sería suficiente para ellos. En ese momento, el interés más apremiante era salvar los cultivos de la sequía a como diera lugar, aunque poco importara el próximo venidero.

Ante esta situación, los representantes de los usuarios, acudieron a las oficinas de la Comisión Nacional del Agua en la ciudad de Zamora y buscando disolver la tensión, solicitaron su intervención y apoyo. Después de conocer del asunto, la instancia resolvió que se convocara urgentemente a una asamblea de usuarios para tener una solución en consenso. Una

22. "Alarmante escasez de agua en el Bajío y Centro de la entidad; [...] En Zamora, la presa de Urepetiro se encuentra en un cinco por ciento de su capacidad; se trata de su nivel más bajo en los últimos años ..." (*Cambio de Michoacán*, 30 de marzo de 1998).



vez que la reunión se celebró, el acuerdo final fue que, según el volumen de agua contenido en la presa, solo se podrían regar 20 surcos por cada hectárea sembrada, es decir, aproximadamente un tercio del total de la superficie cultivada en ese momento.

Aun a pesar de la resolución tomada, el conflicto no estaba completamente resuelto, ya que el tiempo que se tardaría en auxiliar con el riego la superficie acordada, no garantizaba que muchos cultivos se salvaran de la inminente sequía. Por suerte, cuando ya se había regado gran parte de la superficie, se reactivó el periodo de lluvias, se salvaron las cosechas y el volumen de la presa se recuperó para poder irrigar el próximo ciclo.

Otra situación de tensión se vivió en el año de 1997, cuando se realizó la estimación del volumen de la presa. Según algunos usuarios, no se efectuó de manera correcta, lo que aunado al descuido en la supervisión, provocó que al final del ciclo se perdiera la cosecha en una superficie de aproximadamente 25 hectáreas; ocasionando fuertes protestas de los productores afectados.

Un poco fuera de lo cotidiano en el manejo del agua, fue la situación de tensión que se vivió a principios de 1990, periodo en que propietarios de ganado<sup>23</sup> del ejido vecino de Los Guajes donde existen 12 usuarios, presionaron para que se les otorgara cierta cantidad de agua para llenar sus depósitos, los cuales habían almacenado poca agua hasta ese momento. Los usuarios no cedieron a tales exigencias y negaron el acceso al recurso solicitado.

En respuesta, los ganaderos al amparo de la obscuridad de la noche, procedieron a destruir el candado que servía como seguro para evitar el libre uso de la válvula de la presa. Al día siguiente, al darse cuenta los usuarios de tal acción, inmediatamente procedieron a cerrar de nuevo la compuerta, pero no pudieron evitar que se llenaran los abrevaderos. A los beneficiados con el "robo del agua", poco les importó la llamada de atención que recibieron por parte de la Comisión Nacional del Agua, pues se había cumplido su objetivo.

Situaciones como la anterior, aunque en menor dimensión, se han suscitado a lo largo de los 26 años que tiene funcionando la presa. Pero todos coinciden en que en los últimos años, las condiciones han continuado en deterioro, a tal grado, que perciben como una solución la elaboración de una nueva normatividad interna. Ésta debe contemplar formas de manejo más estrictas así como sanciones por el desperdicio del agua, que sean socialmente aceptadas. Sin embargo, consideran importante el papel de mediación de la Comisión Nacional del Agua, a la que siguen reconociendo como una autoridad en la materia.

#### PERSPECTIVAS DE SOLUCIÓN EN FUNCIÓN DE LA VISIÓN DE LOS ACTORES

Los usuarios de las unidades de riego del ejido de Rincón Grande han tomado cierta conciencia de la importancia de una correcta utilización del agua. A sabiendas de que el recurso con que cuentan cada año no es suficiente para cubrir la totalidad de la superficie considerada

23. Bajo ninguna circunstancia se permite la intromisión de ganado a las unidades de riego tanto de los pozos como de la presa, aun a pesar de que los productores tengan sembrado algún forraje o quieran aprovechar sus esquilmos. Esto se debe principalmente a que el ganado al no tener agua para beber fuera de los abrevaderos, los ganaderos tratan de aprovechar con el pretexto de consumir el forraje o esquilmo por su ganado. Este tiende a beber agua de los canales o parcelas que en esos momentos se están regando, y como consecuencia de ello, se corre el peligro de la destrucción de la infraestructura de riego y de los propios cultivos.

para riego; ellos mismos han buscado algunas estrategias para ser más eficientes en el uso del agua. Aunque para cada unidad de riego han sido diferentes, las más importantes se han realizado en función de las condiciones específicas y la capacidad de organización de cada una de ellas.

En el caso de la presa, desde que se entregó la infraestructura, tan solo se encontraba revestido un canal de conducción de los dos con que contaba. Los usuarios, al notar que la diferencia en tiempo para que recorriera el agua cierta distancia, entre un canal y otro, podría representar varias horas, además de haber un desperdicio por conducción, procedieron a revestir el otro canal.

De las tomas de agua a las parcelas, los usuarios empezaron a observar que algunas no funcionaban correctamente; y que se podrían poner otras para mejorar la distribución del agua. Así se apoyaron en el conocimiento que sobre el riego ya habían adquirido, decidieron cambiar algunas tomas de lugar y colocar nuevas para mejorar la conducción y distribución del agua.

Por otro lado, los terrenos del ejido Rincón Grande, tienen una pendiente tal, que distan de ser planos como los del valle de Ecuandureo. Por lo que los ejidatarios, con sus propios recursos y al paso del tiempo, nivelaron y empedraron por diversos medios 65% del total de las parcelas que conforman la unidad de la presa y con ello aumentaron la eficiencia.

Como parte de las labores que se realizan cada año, en la unidad de riego se presiona a los usuarios para que tengan limpios y en buen estado los canales y drenes de sus parcelas, con el fin de que no se desperdicie el agua y haya mayor fluidez en los canales. Cuando el nivel de la presa se encuentra bajo, se busca reducir el azolve existente, a través de labores de limpieza y rectificación del canal que conduce el agua a la compuerta. Todo ello con la idea de obtener un poco más de líquido y reducir su escasez en algunos ciclos.

Las acciones efectuadas para alcanzar una mayor eficiencia en el uso del agua, tan sólo han sido intentos que no han logrado resolver el problema de fondo. Ante tales circunstancias, aunque resulte contradictorio, se ha pensado en la perforación de pozos que complementen y aseguren el abasto de agua para toda la superficie de la unidad de riego. En la actualidad, tal posibilidad está suspendida debido a la declaración de veda que existe y que impide realizar nuevas perforaciones. Sin embargo, existe la decisión de algunos integrantes del ejido para impugnarla.

Hay el riesgo de que si se logra la perforación de los pozos se llegue a las condiciones de sobreexplotación, como las que imperaba en la región de La Laguna en el norte del país hacia los años sesenta, que resultó con un fuerte abatimiento del manto freático.<sup>24</sup>

Con el caudal de agua que surte a los pozos y los actuales sistemas de irrigación, es suficiente para cubrir tan sólo la mitad de la superficie de la mayoría de las unidades. Por lo que se requiere hacer más eficiente la utilización de agua para que con la misma cantidad de agua, se pueda cubrir 100% del área o si es posible más.

Los usuarios pretenden continuar con las labores de limpieza y nivelación del terreno de las parcelas; y hacer un levantamiento topográfico para establecer los surcos de las par-

24. "[...] En el periodo conocido como el auge del algodón (1941-1956), [...] Este proceso fue a sus límites irracionales cuando se trató de compensar en los años de sequía la falta de agua de gravedad con la extracción del agua subterránea." (García, 1988: 78).

las acordes a las curvas de nivel y evitar la pérdida por el rápido escurrimiento del agua (por la pendiente del terreno).

Por otro lado, se tiene la intención de utilizar sistemas de riego más tecnificados que los que se tienen en la actualidad. Equipos que por su capacidad de ahorro de agua, con el mismo gasto podrían llegar a irrigar la totalidad de la superficie de las unidades de riego.

Aunque al igual que la situación de la unidad de la presa, al respecto existe el inconveniente del alto costo de la compra y utilización de los sistemas. Su adquisición podría estar fuera de la capacidad económica de los usuarios, a menos que, como en los sistemas anteriores, los puedan adquirir con financiamiento del Estado, quien ahora sostiene una política de relativo alejamiento del sector agropecuario.

En síntesis, tanto la opción de perforación de nuevos pozos para cubrir las necesidades del recurso en la unidad de la presa, como la adquisición de modernos y sofisticados sistemas de irrigación que permitan una mayor eficiencia en el uso del agua y la ampliación de la superficie irrigada, son opciones que necesariamente requieren de financiamiento proveniente del sector oficial. Aunque quizá con la llegada de la inversión del tan añorado capital privado, se pudiera lograr la realización de estas obras, con el riesgo de que el manejo de sus unidades de riego no esté en sus manos por mucho tiempo más.

#### A MODO DE REFLEXIÓN FINAL

Desde sus inicios, y aun en el periodo de la hacienda, el poblado de Rincón Grande nunca se caracterizó por la utilización de sistemas de riego como lo fue el Valle de Ecuandureo: no tenía abundantes fuentes de agua, ni sus tierras reunían las condiciones topográficas para tal empresa. Es decir, en el conocimiento cotidiano de la gente, a este poblado siempre se le conoció por su reducido acceso al agua y era objeto de señalamiento al respecto por otros poblados del municipio.

Cuando se construyó la presa "José Antonio Torres" y se perforaron los pozos profundos para riego, no fue posible irrigar el total de sus tierras, sin embargo, a partir de sus conocimientos y posibilidades económicas, buscaron siempre darle un manejo más eficaz al agua.

Esta cultura del manejo de un recurso en condiciones de escasez, les ha permitido generar formas de maximizarlo hasta donde sea posible, siempre con la idea de una funcionalidad con la cantidad de agua que se tiene. Para hacer una comparación, mientras que sus pozos tienen un gasto promedio de 32 litros por segundo, en el vecino ejido de Quiringüi-charo, existen algunos con un gasto de alrededor de 100 litros por segundo, lo que a simple vista triplica su capacidad con respecto a los primeros.

A pesar de estas restricciones, podríamos decir que tienen la capacidad de gestión para acceder a sistemas modernos de irrigación y lograr una mejor utilización del agua como recurso. No obstante, las posibilidades de lograr el financiamiento en la adquisición de sistemas de riego más tecnificados, se han cerrado con programas como Alianza para el Campo, diseñados para beneficiar a los grandes y medianos productores. Así que el Estado se aleja cada vez más de este importante segmento del sector agropecuario, sobre todo de zonas con una agricultura periférica a los importantes distritos de riego como Zamora y La Piedad.

Cabe preguntarnos, en esta apertura a una política de libre mercado: ¿Qué tan viable puede ser que el capital vaya a fijar su mirada hacia ejidos como el de Rincón Grande? probablemente por la condición de sus tierras y la delimitación del recurso hídrico, tales áreas estén fuera del alcance de la mirada de los capitales externos para la inversión.

No ajenos a esta situación por medio de los canales políticos están (en el ámbito municipal y estatal) pugnando por crear las condiciones idóneas para que a través de las agencias del gobierno, se logren canalizar recursos y acceder al financiamiento para este tipo de proyectos. Afirmar lo contrario podría resultar aventurado, pues tal parece que este mecanismo ya les ha funcionado en otras ocasiones.

De continuar el acceso al agua como elemento dinamizador de la actividad agrícola, en Rincón Grande se buscará incrementar su capacidad de gestión. Claro está, sin dejar de lado la presencia de las recurrentes situaciones de tensión que afloran en los momentos de sequía del temporal de lluvias, como los señalados en el presente ensayo.

#### BIBLIOGRAFÍA

- GARCÍA, Rolando, *Deterioro de la pobreza en la abundancia productiva (caso de la comarca Lagunera)*, México, IPN Cinvestav, 1988.
- GONZÁLEZ, Octavio M., *Las formas de explotación del suelo en el Valle de Ecuandureo, Michoacán*, tesis de Licenciatura, Guadalajara, Universidad de Guadalajara-Coordinación de Geografía y Ordenamiento Territorial, 1996.
- PALERM, Jacinta, "Organización autogestiva de regantes", en *Seminarios Preparatorios al XX Coloquio de Antropología e Historia Regionales: Agua, Medio Ambiente y Desarrollo en México*, Zamora, El Colegio de Michoacán, mayo de 1998.
- PÉREZ, Luz N., "¿Hacia donde escurre el agua? Actores y prácticas sociales en el proceso de transferencia del Distrito de riego 097 Lázaro Cárdenas (Región de la Tierra Caliente, Michoacana)", en Hubert C. de Grammont y Héctor Tejera (coords.), *La sociedad mexicana frente al nuevo milenio*, t. 3, México, UAM-Azcapozalco, UNAM-IIS/INAH/Editorial Plaza y Valdés, México, 1996.
- PROCURADURÍA Agraria, *Legislación Agraria*, tercera edición, México, 1995.
- \_\_\_\_\_, *Marco Legal Agrario*, vol. II, México, 1994.
- TÉLLEZ, Luis (coord.), *La Nueva Legislación de Tierras, Bosques y Aguas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1993.
- TÉLLEZ, Luis, *La modernización del Sector Agropecuario y forestal*, México, Fondo de Cultura Económica, 1994.
- VARGAS, Sergio, "La nueva política hidroagrícola", en Hubert C. de Grammont y Héctor Tejera (coords.), *La sociedad mexicana frente al nuevo milenio*, t. 3, México, UAM-Azcapozalco/UNAM-IIS/INAH/Editorial Plaza y Valdés, 1996.

CARTOGRAFÍA

INEGI, *CARTA TOPOGRÁFICA*, ESCALA 1:50 000, CLAVE F13D89, México, 1993.

CETENAL, *CARTA GEOLOGÍA*, ESCALA, 1:50 000, CLAVE F13D89, México, 1979.

\_\_\_\_\_ *CARTA DE USO DEL SUELO*, ESCALA, 1:50 000, CLAVE F13D89, México, 1979.

\_\_\_\_\_ *CARTA EDAFOLÓGICA*, ESCALA, 1:50 000, CLAVE F13D89, México, 1979.

\_\_\_\_\_ *CARTA CLIMÁTICA*, ESCALA, 1: 500 000, GUADALAJARA, México 1980.

\_\_\_\_\_ *CARTA DE AGUAS SUPERFICIALES*, ESCALA, 1: 250 000, GUADALAJARA, México, 1980.

## EL RIEGO CON AGUAS NEGRAS: APUNTES METODOLÓGICOS

Claudia Cirelli<sup>1</sup>

El presente ensayo expone algunas interrogantes generadas en torno a la práctica de la irrigación con aguas residuales no tratadas en las áreas agrícolas contiguas a las ciudades. El análisis se formula desde la perspectiva de la Antropología e intenta, por medio de evidencias etnográficas reunidas para el caso de San Luis Potosí, plantear cuestiones metodológicas para el estudio y la comprensión de este peculiar uso del agua. En este sentido nos preguntamos: ¿Cuáles perspectivas metodológicas pueden adoptarse desde la Antropología para el estudio de la práctica de riego? y ¿qué implicaciones sociales tiene en los espacios periurbanos el uso de aguas residuales?

Para ello propongo estudiar el reuso de efluentes urbanos no tratados en las zonas contiguas a la ciudad, a partir de considerar que el manejo del agua crea su propia espacialidad. De tal forma que los entornos agrícolas son espacios que resultan del acondicionamiento cultural que las ciudades plasman en el ambiente natural, a través de los valores, las formas de organización y las instituciones sociales y políticas que las especifican en el tiempo. En estos espacios periurbanos, la dicotomía de la relación ciudad-campo se pierde, y se establece más bien un vínculo de interdependencia entre las partes: la urbana que desaloja y la agrícola que recibe. La proximidad espacial marca la complejidad y la interacción entre lo urbano y lo rural.

Hay por lo menos tres enfoques que podemos adoptar para leer el fenómeno del riego con aguas residuales urbanas desde la perspectiva social.

En primer lugar, los usos del agua son vistos como procesos de adaptación con una dimensión cultural<sup>2</sup> e histórica, es decir, cambian y se actualizan. Esta lectura permite señalar ciertas ambivalencias y contradicciones que tiene el reuso de aguas residuales en la agricultura, en un marco de escasez relativa del recurso, y de búsqueda de métodos y modelos de aprovechamiento para asegurar la satisfacción presente de agua para consumo humano y usos productivos. En este sentido, el riego con aguas residuales no tratadas presenta ventajas y beneficios productivos y económicos para ciertos actores. Es decir, hay efectos dañinos para

1. Investigadora de El Colegio de San Luis, A. C.

2. Aquí se entiende la dimensión cultural en un sentido amplio que involucra valores, formas de organización social, relaciones de poder, instituciones y conocimientos.

la salud de otros grupos, y para la sociedad en su conjunto cuando recursos "sociales",<sup>3</sup> como son por ejemplo los embalses subterráneos, se ven afectados por los contaminantes.

El segundo enfoque, privilegia la idea de que los procesos de disposición de las aguas residuales desalojadas por la ciudad son parte de un "sistema" hídrico mayor. Esto comprende tanto las operaciones técnicas de captación, almacenamiento, abastecimiento y distribución, como los procesos decisionales y normativos a cargo de las autoridades del agua. Además incluye una composición heterogénea de usuarios y consumidores, cuyas prácticas "hídricas" (acciones y criterios aplicados al uso del recurso), impactan y condicionan recíprocamente las actividades o hábitos de los grupos.<sup>4</sup>

En tercer lugar, y como corolario del punto anterior, está el enfoque que destaca y describe las implicaciones de naturaleza política que envuelve la forma en que se lleva a cabo el desalojo del agua residual y acceso posterior a ésta. Hay acuerdo entre los científicos sociales que la disponibilidad y el acceso limitado al recurso no sólo están marcados por factores climáticos o hidrológicos, como es el caso por ejemplo de las ciudades surgidas en ambientes áridos, sino también por factores demográficos. Es decir, la limitada disponibilidad como condición impuesta por la presión sobre los recursos hídricos producida por el crecimiento de la población urbana en ciertas áreas del mundo. Esto lleva a preguntarnos: ¿Quiénes y cómo acceden al agua residual? y ¿cómo se refrendan y garantizan en términos sociales los derechos al agua residual?.

#### LA AMBIVALENCIA DEL REUSO DE AGUAS RESIDUALES EN LA AGRICULTURA

El reuso en la agricultura de las aguas residuales tratadas o regeneradas (como forma de ampliar el acceso al agua para nuevas actividades productivas y usuarios; y de administrar de una forma más ahorradora las fuentes subterráneas y superficiales), es una tendencia y una práctica aceptada y promovida por los organismos e instituciones encargados de la gestión hídrica.<sup>5</sup> En general, entre los especialistas, el reuso de agua residual en la agricultura es valorado y aceptado sobre la base de criterios agronómicos y económicos, aunque hay cierto acuerdo sobre que se necesitan medidas para minimizar sus impactos en la salud y en el ambiente (Pescod, 1992). Sin embargo, la práctica del riego con aguas residuales urbanas, puede ser también el resultado de un plan de aprovechamiento que no responda a las actuales exigencias y criterios de economía y reuso. Más bien puede ser el resultado de un modelo de

3. Aquí considero al agua como un elemento natural que se convierte en recurso social cuando se utiliza para realizar actividades sociales, como son la producción, los rituales, la recreación, etcétera.
4. Me refiero, por ejemplo, al volumen del afluente que es desalojado por la ciudad y que tiene un impacto en los cultivos que se riegan con las aguas residuales. También considero las protestas de los habitantes urbanos que viven en la proximidad de los canales de riego (sobretudo a cielo abierto), por la amenaza que representa desde el punto de vista de la salud la presencia de agua contaminada en el entorno que habitan. O por ejemplo las prácticas de los habitantes urbanos de arrojar basura a los canales como receptores de desechos, implicando tareas de limpieza adicional para los usuarios, o de aislar porciones de canales al tapar o construyendo sobre ellos.
5. El agua regenerada es resultado de un uso planeado de un afluente tratado para fines específicos. Así, tal agua tiene por lo menos un nivel secundario de tratamiento, que como proceso se dirige a alcanzar una alta calidad. Tales procesos de reuso implican un tratamiento de distinto nivel de los efluentes descargados, según el uso posterior que se quiera dar a las aguas.

disposición expulsor de las aguas residuales, donde la ciudad desaloja sus aguas sin planear la disposición posterior como es el caso de la ciudad de México.<sup>6</sup>

Una de las características del modelo de reuso sin tratamiento es la ambivalencia generada a nivel de los intereses de los distintos grupos de consumidores y usuarios del agua, a partir de una zona periurbana irrigada. En efecto desde la perspectiva de los habitantes urbanos, sobretodo si estas áreas irrigadas son muy próximas a la ciudad, se conforman como sanitariamente riesgosas e inseguras (Naranjo, 1997); a la vez que para los usuarios agrícolas se conforman como zonas productivas y económicamente viables. Para la sociedad en su conjunto se conforman como cinturones verdes alrededor de las ciudades, factor también valorado sobretodo en los ambientes degradados o áridos.

La primera fase del problema es representada por los potenciales riesgos que para la salud de la población constituye la calidad del agua residual. Esto a causa de organismos patógenos que pueden transmitir enfermedades a seres humanos y animales, tanto por ingestión de alimentos contaminados como por contacto con aguas residuales. Por ejemplo, en las aguas residuales industriales, el efecto contaminante es representado por la acumulación de metales pesados (arsénico, cadmio, cromo, plomo, mercurio, zinc, etc.), que representan un riesgo para los cuerpos de agua superficial y subterránea y para los cultivos. En ambos casos, el origen de la contaminación del agua, debería ser cuidadosamente determinado, para poder establecer y especificar el impacto y tratamiento a aplicar. Para los habitantes urbanos tal apreciación, implica criterios básicamente sanitarios, aunque orientados por valores culturales que la sociedad tiene para la calidad del agua (Peña, 1997). Desde la perspectiva de los usuarios agrícolas, la apreciación del riesgo sanitario que representa la proximidad con las aguas residuales y su calidad es muy distinto.<sup>7</sup> Del agua residual se aprecia el alto contenido de nutrientes (como nitrógeno y fósforo), que permite un crecimiento considerable de los vegetales, elimina los requerimientos de fertilizantes comerciales y representa un ahorro valioso en término de los gastos para los insumos. El asunto de principal importancia para los usuarios agrícolas de agua residual, concierne más a los aspectos legales de acceso a los recursos, agua y tierra, que aquellos vinculados a los impactos en la salud.<sup>8</sup> Esto se debe a la

6. En México este modelo expulsor se aplica a los casos de Chihuahua, Morelos, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo. Tenemos el caso de un distrito de riego abastecido con las aguas de desecho de Ciudad Juárez; el caso de la cuenca del río Apatlaco en Morelos, cuyos productores emplean las aguas residuales de Cuernavaca para los cultivos de arroz, caña y sorgo (Sparza *et al.*, 1997); la cuenca del Cuitzeo que recibe las aguas negras de Morelia; el caso de los agricultores de la periferia rural de Querétaro que perforan los ductos de conducción de las aguas negras de la ciudad para aprovecharla; el caso la zona periurbana limítrofe a la ciudad de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, que históricamente las aguas desalojadas de la capital del estado; o el caso del Valle del Mezquital, quizás el más llamativo, por recibir las aguas de desechos de la capital del país, volumen que suma alrededor de 1 300 millones de m<sup>3</sup> anuales (Peña, 1997).
7. Para quien se encuentra presente en las labores del riego, es común notar que el manejo del agua durante estas operaciones es llevado a cabo sin ningún cuidado especial para la salud.
8. Estudios epidemiológicos de las poblaciones que viven en ambiente donde circulan aguas negras, han evidenciado presencia de enfermedades infecciosas y contagiosas intestinales, virales, dermatológicas (amibiasis, tifo, cólera, sarna tracoma, hepatitis), aunque no superior a los niveles de otros lugares que no gocen de buenas condiciones higiénicas. Asimismo, se ha registrado en las poblaciones que viven en contacto con las aguas de desecho, el desarrollo de mayores defensas a través de un largo espectro de enterovirus comunes, que permite un alto nivel de inmunidad a las enfermedades de este tipo. No obstante son todavía pocos los estudios epidemiológicos que se han realizado a nivel internacional con relación a la exposición de agentes tóxicos en el agua (Shuval *et al.*, 1989). Sin embargo, hay que señalar que a pesar del reconocimiento de los efectos positivos de la aplicación de las aguas residuales, algunos estudios han evidenciado en el tiempo que también se da un deterioro de la calidad y crecimiento de la planta por los efectos que los contaminantes producen a mediano y largo plazo en la estructura de los suelos (Robert, 1993).



forma coyuntural e incierta con la cual acceden al agua a partir del modelo expulsor en el cual los aprovechamientos posteriores a su desalojo sin tratamiento no siempre están normados.

#### EL SISTEMA HÍDRICO: PARADIGMA DE UN MODELO DE URBANIZACIÓN

Las ciudades son sistemas que incorporan recursos hídricos, los asimilan, los procesan para distintos usos, y los eliminan produciendo descargas bajo la forma de residuos líquidos. Crean a su alrededor espacios especializados y subsidiarios en proveer el agua y en algunos casos, especializados en recibir el recurso residual desalojado. El campo de relaciones sociales que se genera, es de competencia, interdependencia y subordinación; además supera los límites geopolíticos (municipales, estatales, nacionales) e hidrológicos (microcuencas, cuencas y regiones hidrológicas) y las regiones económicas. De allí que se construyen nuevas territorialidades, que dan la dimensión espacial del agua.

En nuestro caso, las áreas periurbanas se convierten en un espacio de reincorporación y reutilización de lo desechado urbano, aun cuando no exista un plan de desarrollo agrícola. Este es más bien el producto de un aumento paulatino de un área de cultivo bajo criterios de aprovechamiento del recurso. Así ante la ausencia de una disposición planeada de las aguas de desecho y una presión social sobre el recurso entre grupos que no tienen acceso a otras fuentes, se genera una apropiación de los efluentes desalojados y un reemplazo en la agricultura. La ampliación paulatina de la superficie de riego es directamente proporcional al incremento en los volúmenes de agua consumidos en la ciudad, a la vez que obedece a la ausencia de disposiciones administrativas específicas en torno al manejo del efluente y otras fuentes.

Si bien se necesitaría comparar y recopilar evidencias de más casos, podría hipotéticamente sostenerse que las áreas de irrigación con aguas residuales sin tratamiento, son características de ciudades. En ellas se articulan varias condiciones:

- Escasa disponibilidad y competido acceso local al recurso (razones climáticas; razones socio-políticas).
- Ausencia de un sistema de drenaje centralizado que concentre grandes cantidades de residuos líquidos y los desaloje a través de emisores generales.
- Limitaciones financieras y presupuestales para la ejecución de obras para el tratamiento de las aguas.
- Los criterios, estándares o normas de calidad del agua vigentes (aunque normas generalizadas de calidad se han ido imponiendo a nivel internacional).
- La cultura política del agua, en la cual se inscriben las prácticas de gestión, el ejercicio del control sobre el recurso, y las relaciones entre actores sociales para acceder a él.

Las formas en que las ciudades, espacios de intereses contrastados, administran los recursos hídricos, nos remiten a un modelo de gestión de recursos, que puede ser leído también como paradigma de un modelo de acondicionamiento del territorio físico y social. Es decir como un conjunto de acciones, patrones de conducta y valores a través de los cuales algunos procesos urbanos toman forma.

## LA RELEVANCIA DE LAS IMPLICACIONES POLÍTICAS

En la introducción de un artículo sobre una retrospectiva de la Antropología Política en México, Jorge Alonso (1997) decía: "las investigaciones antropológicas al tratar de dar cuenta de problemáticas específicas de sus objetos de estudio han topado irremediablemente con el tema de la política" (Alonso, 1997: 23). Asimismo los estudios que privilegian el agua como un punto de articulación de procesos sociales de diversa naturaleza, comparten la idea de que los sistemas para controlar el acceso a los recursos y sus usos, reflejan los criterios a través de los cuales los sistemas sociales se organizan y estructuran; y por lo mismo recrean y reproducen el orden de la sociedad (Donahue y Johnston, 1998). Los trabajos sobre este tema en México han aportado evidencias para reforzar las mismas conclusiones (Ávila, 1998; Vargas, 1998).

En este ensayo se asume el mismo principio, al proponer que los usos del agua residual no tratada en la agricultura y las prácticas culturales asociadas a su aprovechamiento, muestran la dinámica y las modalidades de las relaciones de poder a varios niveles: organización social, usuarios con el Estado, usuarios entre sí. De igual forma, muestran los distintos niveles de las instancias de toma de decisiones, y cómo las relaciones se plasman e inciden en la configuración y organización del entorno.

## EL CASO DE SAN LUIS POTOSÍ

Como muchas otras ciudades surgidas en medios áridos y semiáridos, San Luis Potosí responde a una dinámica de crecimiento demográfico. No obstante las fuertes limitaciones ambientales, la urbanización se ha caracterizado por su rápida intensificación en las últimas dos décadas (Roberts, 1993).

La ciudad se encuentra ubicada en una cuenca endorreica, a la que se le denomina San José-Los Pilares; su extensión es de aproximadamente 500 km<sup>2</sup> y es parte de la Región Hidrológica del Salado. Los promedios de precipitación en la zona son aproximadamente de 300 mm al año, la cual se caracteriza además de por su escasez, por su distribución errática, factores que presentan un potencial hidráulico superficial de carácter torrencial y reducido escurrimiento. La población se encuentra concentrada predominantemente en la zona urbana de la capital, en la parte sur de la cuenca.

Con respecto al agua, la ciudad se ha regido por un modelo de manejo de los recursos hídricos fuertemente extractivo, dirigido a llevar la explotación superficial y subterránea más allá de la disponibilidad de agua existente; y por ende a aumentar el índice del desbalance entre oferta natural y demanda socioeconómica, con efectos potenciales muy severos. Por lo que se refiere a la disposición de las aguas residuales, que es la parte del modelo que interesa estudiar, tanto las de tipo doméstico como las industriales, se desalojan hacia el lado norte, este y sudeste de la ciudad. Éstas siguen la pendiente de la misma cuenca, sin ningún tipo de tratamiento a través de un sistema de alcantarillado que combina las aguas residuales domésticas con las pluviales, además de las descargas industriales en el lado sudeste de la ciudad.

Los puntos de emisión, ubicados en las márgenes de la zona urbanizada, son canalizadas a cielo abierto, a través de canales de tierra en su mayoría, hacia los terrenos de cultivo. Las aguas desalojadas suman aproximadamente entre 65 y 70 millones de m<sup>3</sup> anuales, es decir un promedio de 2 m<sup>3</sup> por segundo. Las aguas se desalojan a las zonas de cultivo, por medio de 18 canales principales y una red extensa de canales secundarios. El sistema de desalojo se conforma también de dos tanques de almacenamiento: a) el tanque del Morro, con una superficie de 15 000 metros cuadrados, se encuentra en la zona conurbada y almacena aproximadamente de 1 600 lps, en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez; y b) el tanque Tenorio, un vaso de almacenamiento de 120 hectáreas de superficie en la periferia sudeste de la ciudad, que almacena las aguas residuales de la zona industrial.

### *La dimensión histórica del riego con aguas residuales*

El aprovechamiento de las aguas residuales urbanas para usos agrícolas en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez (antes limítrofe a la ciudad y hoy día conurbada una parte), se remonta a la segunda década del siglo XX. Sin embargo, documentos del siglo XVIII y XIX ya dan cuenta de la relación hídrica entre ambos espacios, para ese entonces todavía separados desde el punto de vista geográfico.<sup>9</sup> Los primeros en aprovechar de forma organizada las aguas residuales, a través de permisos y contratos con el ayuntamiento de la ciudad, fueron algunas familias que tenían propiedades y huertas en Soledad.

Hacia 1925, hubo la conformación de una cooperativa llamada “Sociedad Cooperativa de Compra en Común de Campesinos de Soledad Diez Gutiérrez, SCL” que pertenecía a pequeños propietarios y que se abrió a más usuarios para el aprovechamiento de las aguas de desecho. La cooperativa formada por 144 socios, había conseguido el permiso del Ayuntamiento para la utilización de las aguas y se habían construido los canales que las transfirieron a la zona rural.<sup>10</sup> Las aguas eran vendidas a la cooperativa, venta que era pagada con anualidades adelantadas previo contrato, que se refrendaba periódicamente por el Ayuntamiento de San Luis Potosí con aprobación del Gobierno del Estado. Se trataba de una superficie regada de 200 hectáreas cultivada con alfalfa y forraje, que se empleaba en la alimentación de ganado para la producción de leche, aproximadamente 4 800 litros diarios (RAN, exp. 2243, legajo 1, foja 0104).

Los movimientos agraristas a mediados de los años treinta, lograron dotar de tierra a los campesinos del área rural aledaña a la capital potosina, conformando ocho ejidos. En el Ejido Soledad empezó a haber disputas por el aprovechamiento del agua residual, ya que al recibir algunos de ellos parcelas ejidales quisieron mover sus aguas hacia los nuevos terrenos adquiridos. Los conflictos duraron 20 años.

A través de un decreto presidencial en 1959, los terrenos ejidales lograron recibir aguas residuales de la ciudad, ya que se ampliaba la concesión de desechos municipales, tanto

9. Comunicación personal de la Lic. Lydia Torre y de la Lic. Hortensia Camacho, empeñadas en el estudio de las fuentes de abasto a la ciudad de San Luis Potosí para el siglo XVIII, XIX y XX.

10. En una comunicación personal Hortensia Camacho, que ha trabajado la construcción de la Presa San José, comentó que más del 40% de las aguas de la presa, es decir tres millones de m<sup>3</sup> de los siete almacenados, se destina a usos agrícolas desde que la presa empezó a funcionar. Parte de esta agua era aprovechada en las huertas de Soledad, que para esas fechas recibía aguas blancas.

en volumen como en número de usuarios. El decreto reconocía el derecho de uso de aguas negras a cada usuario y le correspondía un turno de cinco horas de agua mensuales. El volumen de agua residual total autorizada para riego era de 5 542 950 m<sup>3</sup> por año, de los cuales 48% se empleaba en la agricultura en terrenos de pequeña propiedad y el restante 52% por el ejido.

Con esta medida, el número de usuarios creció a más de 400, los usuarios originarios integraron nuevos usuarios de tres ejidos (El Zapote, San Francisco y Soledad). La superficie regada se amplió a 412 hectáreas. La distribución espacial de las parcelas en torno a las pequeñas propiedades estaban aglutinadas en torno al núcleo urbano de la cabecera municipal de Soledad; y los Ejidos apartados de la zona urbana, marcando ya cierta relación entre usuarios aguas arriba y aguas abajo. Un censo hídrico de 1955 encontrado en el Registro Agrario, reportó para San Luis un consumo diario de 25 216 m<sup>3</sup>, que en términos anuales significaba unos nueve millones de m<sup>3</sup>, 10 veces menos del gasto actual.<sup>11</sup>

### *El modelo de aprovechamiento de las aguas residuales*

En las últimas dos décadas, la ciudad de San Luis Potosí comenzó a sufrir un crecimiento de población procedente de zonas rurales de otras partes del estado y del país. Ésta se asentó en la periferia de la ciudad capital y formó un *continuum* urbano con el municipio de Soledad de Graciano Sánchez (véase cuadro 1).

El modelo de desalojo de aguas sin ningún tratamiento, permitió el desarrollo paulatino de una zona agrícola periurbana con una extensión promedio que varió entre las 2 500 y 3 000 hectáreas de riego dedicadas fundamentalmente a la producción agropecuaria para el mercado local de carne, leche y productos derivados.<sup>12</sup> Este sistema permitió la reproducción socioeconómica de aproximadamente 3 000 usuarios y sus familias. (Senado de la República, 1998).<sup>13</sup>

11. Esta información se encuentra en el Registro Agrario Nacional donde se da también el valor de un gasto diario de 12 096 m<sup>3</sup>. Este volumen se producía de la suma del gasto de nueve pozos, ocho profundos y uno superficial, que sumaba 108 l/s y los 140 l/s de la presa de San José. Daban un valor diario de 12 096 m<sup>3</sup>. Valor que multiplicado por los 365 días del año da un valor de 4 415 millones de m<sup>3</sup> anuales. Hay discrepancia de valores, probablemente del agua obtenida de las norias que no entra en el censo de los pozos municipales, la cual llegaba a representar el doble del volumen de agua censado.
12. La variación tan abrupta en la superficie depende de la fuente que se consulte. El DDR reporta una superficie para el ciclo agrícola otoño invierno 1996/1997 y primavera verano de 1997 entre 2 100 y 2 600 ha. Los usuarios agrícolas de agua residual manejan un promedio de 3 000 hectáreas de superficie cultivada, porque dependiendo del cultivo que han sembrado y del ciclo agrícola en que se encuentran, cambian su turno de agua para irrigar un cultivo u otro. Quizás se podría manejar un promedio de 2 500 hectáreas irrigadas.
13. El CADER 1 (Centro de Apoyo al Desarrollo Rural) del DDR, maneja un patrón de usuarios de aproximadamente 1 000 productores y 4 503 parcelas regadas con aguas residuales.

Cuadro 1  
Crecimiento de la población en la zona urbana San Luis-Soledad

Población	1970	1980	1990	1995
San Luis Potosí	230,000	362,400	489,200	535,000
Soledad de G.	16,400	49,200	123,900	135,500
Total	246,400	411,600	613,100	670,500

Fuente: Programa Hidráulico Estatal 1995-2000, San Luis Potosí.

En cuanto a los usuarios de las aguas residuales, conformaron una categoría bastante homogénea desde la perspectiva del tipo de patrón productivo, es decir la combinación de la actividad agrícola de producción de forraje con la cría de ganado, sobre todo lechero. Sin embargo, es bastante diferenciada en cuanto al grado en que se realiza y la combinación con otras actividades profesionales en algunos casos. Abarca ejidatarios y pequeños propietarios con una hectárea de riego, pequeños propietarios con 4/5 hectáreas, pequeños propietarios que son también ejidatarios, pequeño propietarios con ranchos de 20 hectáreas que combinan la producción forrajera y lechera a la producción de hortaliza para el mercado local, o simplemente rentistas que arriendan tierra y agua anualmente.

Aproximadamente 90% de la superficie es sembrada con alfalfa, 8% con otro tipo de forraje, como avena, maíz, sorgo, cebada; y 2% con hortaliza: calabaza, coliflor, espinaca, acelga, perejil, cilantro, lechuga, rábano. El área agrícola periurbana produce diariamente 110 mil litros de leche; de esta cantidad, 34% se entrega a empresas pasteurizadoras locales para su procesamiento y distribución, 36% se procesa localmente como derivados lácteos, 11% es distribuido y vendido en la ciudad, y 19% restante se transfiere a otros municipios de la república (Senado de la República, 1998).

La población económicamente activa representa 44% de la población y según los censos de 1995 estaba dedicada 5.3% a la agricultura, 36.7% al sector secundario y 52.4% al sector de los servicios. El crecimiento de la ciudad y de la población en las últimas cuatro décadas, ha significado un aumento de los volúmenes de agua desalojada y nuevos puntos de emisión de efluentes en la ciudad. Estos dos fenómenos estrictamente vinculados, han redundado en un aumento de la superficie agrícola periurbana en la cual se reutilizan las aguas residuales, que en casi cuatro décadas ha pasado de 412 a 2 500-3 000 hectáreas.

La ubicación de estas aguas no siempre ha sido accesible para el núcleo originario de usuarios en términos de ubicación de la red de canales y parcelas. A raíz de esto, las aguas han empezado a ser utilizadas por agricultores que anteriormente no tenían acceso a ella, los cuales han venido conformando nuevas organizaciones de usuarios. Tal fenómeno ha ocurrido con 17 grupos de nuevos usuarios en un periodo que remonta a 25 y 10 años; estas organizaciones se han conformado a partir de descargas adicionales domésticas, de la zona industrial y de los fraccionamientos de reciente construcción.

Una vez que obtienen la aprobación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, los grupos se hacen cargo de las obras de conducción del agua residual, desde los punto de emisión hasta las parcelas, cubriendo tramos de cuatro o cinco kilómetros o a veces mayores. Las obras de conducción del agua a las zonas agrícolas han consistido en canales a cielo abierto

y canales entubados. Los gastos de las obras en términos monetarios y jornal, han corrido a cuenta de los regantes.

Nuevas superficies y nuevos usuarios se han agregado a los usuarios originarios (legitimados por el decreto presidencial). Así, al uso del agua residual de derecho (*de jure*) se agregó el uso de hecho (*de facto*) de los más recientes usuarios. Actualmente los usuarios de aguas negras están organizados en 20 distintas agrupaciones de regantes, de las cuales solamente cinco han recibido la concesión del uso del agua por mandamiento gubernamental, además de los cuatro grupos originarios que tienen reconocimiento federal. El resto se han adjudicado y se han disputado los volúmenes adicionales, sin que el nuevo caudal desalojado por la ciudad sea objeto de una repartición formal, como ocurrió con la concesión obtenida por los cuatro grupos originarios.

Los efluentes han entrando a ser parte del capital hídrico que los agricultores periurbanos han tenido a su disposición para ampliar la zona de riego. Sin embargo, las agrupaciones han emprendido trámites legales para obtener la dotación de derecho de los usos, que de hecho están ejerciendo, los cuales todavía no se han resuelto. Los volúmenes adicionales de agua, han permitido al grupo original disponer de más turno de agua y ampliar de esta forma la superficie bajo riego. Esto ha tenido dos efectos, por un lado aumentar el número de usuarios, tendencia que se ha dado sobre todo en los ejidos; y por otro, incrementar la dotación de agua de los usuarios originarios, sobre todo en la pequeña propiedad.

Los líderes generalmente, tanto del ejido como de las asociaciones de pequeños propietarios, han venido acaparando más turnos de agua de los que poseían originalmente, y han acrecentado y reforzado su posición dentro de las agrupaciones, tanto en el capital de agua como la tierra entre usuarios de derecho y usuario de hecho. Las relaciones se han ordenado y supeditado al orden jerárquico, determinado por la antigüedad y legitimidad del acceso al agua proporcionada por los decretos de dotación.

La competencia por el recurso se ha manifestado, sobre todo, en los momentos de sequía, donde los caudales procedentes de la ciudad disminuyen su capacidad, y por lo mismo se retienen aguas arriba, en la parte más cercana a los puntos de entrega. Espacialmente, la ampliación de la zona de riego ubica los usuarios más recientes en una posición más alejada de los puntos de emisión del agua. Estos presionan para poder acceder también al recurso de forma equitativa y constante. La imposibilidad de poder cuantificar el agua que les corresponde, a veces les reduce también la facultad de reclamarla. Entre estos usuarios se ha registrado un mayor grado de competencia, enfrentamiento y conflicto.

Además de los grupos principales de usuarios, los de derecho y de hecho, se podrían sumar los usuarios que acceden al agua esporádicamente, en las temporadas de lluvia, los usuarios eventuales, que se suman al sistema de riego cuando la cantidad de agua desalojada rebasa las posibilidades de aprovechamiento del área irrigada ya constituida.

### *Las implicaciones políticas*

En cuanto a las relaciones con los administradores del agua, los usuarios han gozado de cierta autonomía, respecto de la organización del sistema y la distribución del agua, así como de la resolución de inconformidades al interior de las agrupaciones. Sin embargo, la autoridad

competente, la Comisión Nacional del Agua (CNA), tiene un control y medición sobre los caudales descargados. El apoyo de las instancias estatales y federales al mantenimiento o mejoramiento del sistema ha sido mínimo quedando a cargo de las mismas agrupaciones: desazolve de los drenes, reemplazo de parte del sistema de conducción, construcción de partes entubadas de los canales.

Esta situación de convivencia hídrica se mantuvo hasta mediados de los noventa, cuando se empezó a hablar de un plan de saneamiento y transferencia de los volúmenes de aguas residuales (700 l/s). La idea era reincorporarlos, a través de un proyecto de intercambio con una industria termoeléctrica ubicada en otra cuenca al sur de la capital, a los volúmenes de agua potable para la ciudad. Desde la perspectiva de las autoridades, el proyecto se justificaba por los riesgos sanitarios que el uso representa para los habitantes urbanos próximos a los canales; y por las nuevas normatividades y financiamientos en materia ambiental, establecidas a nivel internacional y nacional, que marcan un cambio en los patrones de uso y de calidad del agua. El proyecto, planeado al margen de los intereses de los actuales usuarios agrícolas de las dos cuencas involucradas,<sup>14</sup> generó muchas protestas. Los usuarios de aguas negras se organizaron para la defensa de las aguas residuales, pero no se oponen a su tratamiento, sino más bien, a que el agua se transfiera a otras áreas y a otros usos; poniendo en peligro la sobrevivencia del sistema productivo que se basa en el riego con esta agua.<sup>15</sup>

Hubo protestas abiertas en la prensa, y la organización de foros públicos para discutir, a nivel de sociedad, la problemática en su conjunto. Además, hubo la iniciativa de apoyar a los candidatos del Partido Acción Nacional (PAN) para la candidatura a la Presidencia Municipal de los Ayuntamientos de Soledad de Graciano Sánchez y de San Luis Potosí. Esto permitió la victoria sobre el partido tradicionalmente gobernante; y se justificó desde la perspectiva de los líderes de los usuarios, como una manera de sancionar al gobierno estatal de afiliación priísta. Esto es porque promovía el proyecto de las plantas de tratamiento e intercambio de aguas y según los usuarios, no consideraba las propuestas y necesidades de los productores agrícolas que emplean las aguas residuales.<sup>16</sup>

Para marcar el peso que tales acciones pueden tener en los equilibrios políticos del Estado, hay que señalar que el padrón de votantes, concentrados en la zona urbana que corresponde al Primer y Sexto Distrito Electoral, y a los cuales los municipios de Soledad de Graciano Sánchez y San Luis Potosí pertenecen, agrupa aproximadamente a 39% de la población votante de la entidad<sup>17</sup> (Calvillo, 1997). A estos datos generales hay que agregar que el PAN

14 La otra cuenca hidrográfica implicada sería la de Villa de Reyes, que pertenece a la Región Hidrológica del Pánuco, que es una cuenca predominantemente agrícola. El nivel de las decisiones impacta en la jurisdicción de tres entidades municipales, los municipios de Villa de Reyes, de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.

15 Los usuarios de aguas residuales han tomado medidas para mejorar la calidad de los efluentes. Por ejemplo, han llevado adelante una iniciativa con los talleres mecánicos en la cabecera municipal de Soledad para que acopien los aceites en recipientes, que un recolector pagado por los usuarios mismos pase a recoger. Esto con el fin de no arrojar las grasas al drenaje.

16 Entre las propuestas de los usuarios está la de la construcción de plantas de tratamiento basado en "sistemas ecológicos de tratamiento y recuperación del recurso en desecho líquido". Para esto han contactado a la Asociación Civil *Xochucalli*, que desarrolla tecnologías y sistemas ecológicos no contaminantes, con el fin de que diseñe un proyecto apropiado a las características de las aguas residuales que reciben de la ciudad.

17 El estado de San Luis Potosí está dividido en siete distritos electorales federales, de ellos sólo uno es totalmente urbano, distrito I, que abarca una amplia porción de la ciudad capital, el VI cubre la otra parte de la capital y tres municipios aledaños. Entre los dos, abarcan la capital del estado y la zona conurbada que han sido gobernadas por presidentes municipales de oposición en los 12 años anteriores al 1994 y otra vez en las elecciones de 1997.

en las elecciones de 1994 federales, 1997 estatales y 1997 municipales, mostró una mayor presencia y porcentaje de votos a su favor. Estos se concentraron en los dos distritos urbanos mencionados: 60% de sus votos en 1994 y en 1997, más de 50%.<sup>18</sup>

#### HIPÓTESIS PARA LA COMPARACIÓN

Sin duda los estudios sobre los impactos sociales de la reutilización del agua residual urbana (no tratada) en la agricultura, plantean un acercamiento multidisciplinario relacionado con temas como los de la salud, la producción, el derecho, la política y las formas de organización de los actores.

Por otro lado, la perspectiva antropológica, conforme a los criterios metodológicos propuestos en este trabajo, nos ofrece abrir estas áreas periurbanas agrícolas como espacios sociales potencialmente conflictivos y fuertemente ambivalentes desde distintos puntos de vista. Son espacios vulnerables sanitariamente, aunque la apreciación del riesgo es propia y diversa por cada grupo de actores involucrados. Son espacios de competencia de recursos naturales, tierra y agua, con actores dotados de distintas características y potencialidades en el mercado. Son espacios de coyuntura, por lo tanto de cooptación política.

Pero a la vez, la disponibilidad de aguas residuales para riego abre el camino para acceder al recurso a grupos de productores que, por falta de capital, no podrían acceder a agua de otra calidad como, por ejemplo, la de pozo profundo, que representa costos de extracción y explotación más importantes. Esto permite cierto arraigo, en la localidad, de los grupos domésticos que dependen de la actividad agrícola, o por lo menos la retención de algunos de sus miembros. A la vez que crea y asegura un mercado local de productos agropecuarios.

A medida que la sociedad aumenta su grado de interacción y complejidad, como sucede en estos espacios periurbanos, los aspectos de orden legal y organizativo adquieren creciente importancia, y obligan a la regularización del acceso a los recursos naturales para la producción. Por lo tanto, estos espacios periurbanos pueden conformarse como áreas de presión social para cambios en materia jurídica. La batalla por regularizar jurídicamente el acceso al agua, así como en el caso de otros servicios urbanos, está estrictamente vinculada con la organización política.

En este sentido, la inseguridad legal del aprovechamiento del agua ha generado un grado de cooperación entre los regantes, que se ha concretado en la conformación de una asociación civil de usuarios de aguas negras. Estas formas de asociación, en torno a la defensa del derecho al agua de los usuarios agrícolas periurbanos, tiene un impacto en la esfera política del conjunto urbano mismo, como se vio en la situación electoral. Por lo que los espacios periurbanos imponen también una facultad decisional.

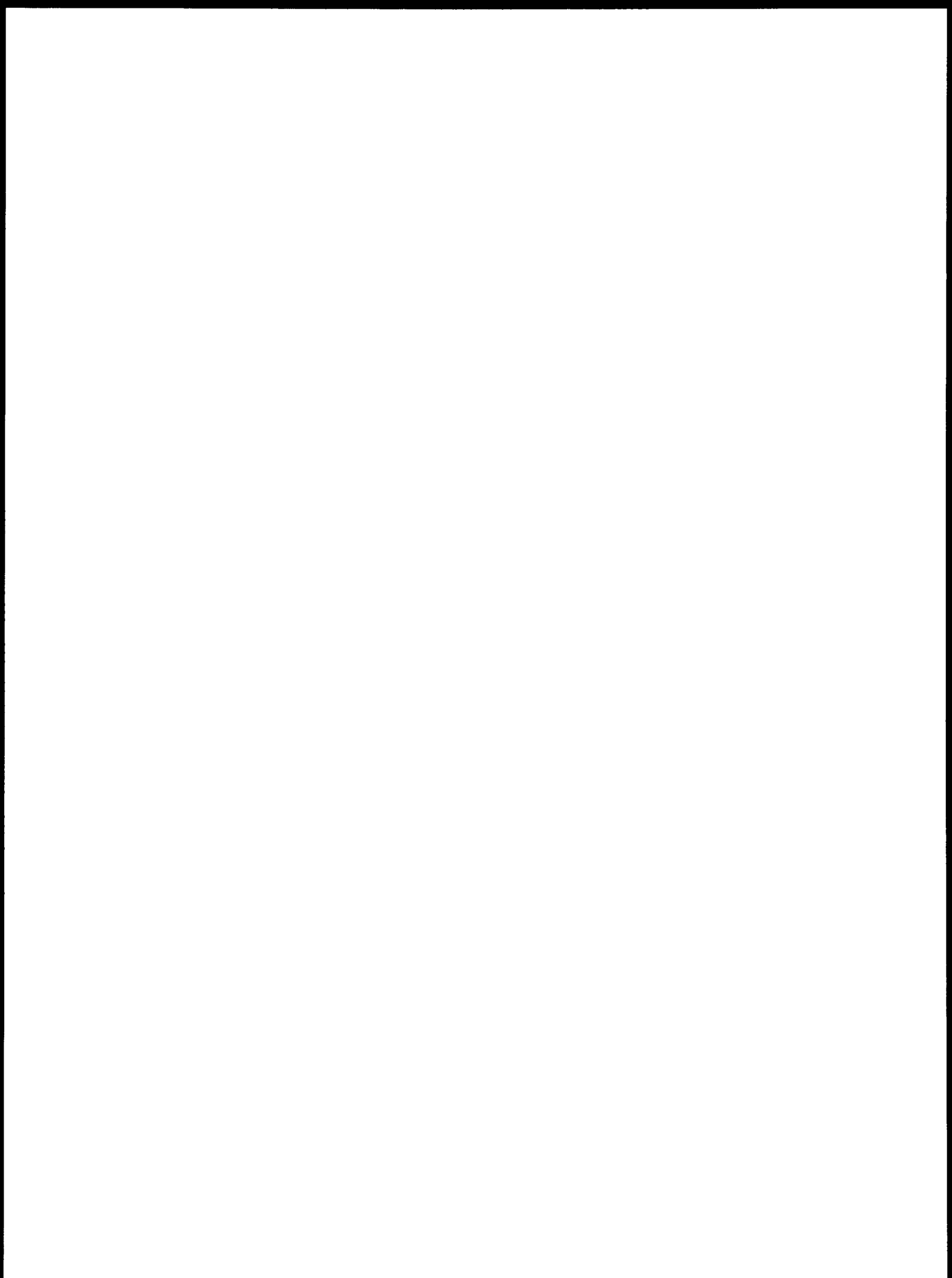
18. Comunicación personal del Secretario del Ayuntamiento panista de Soledad de Graciano Sánchez.



## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, Jorge, "La antropología política y las elecciones en México", en *Nueva Antropología*, vol. 15, núm. 51, México, El Colegio de México/UAM, GV Ed., 1997.
- ÁVILA, Patricia, "Urbanización popular y conflicto por el control político del agua en una colonia popular de Morelia", en XXV Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología, San Luis Potosí, 1998.
- BENNETT, Vivienne, *The Politics of Water. Urban Protest, Gender and Power in Monterrey, Mexico*, Pittsburgh, University of Pittsburg Press, 1996.
- CALVILLO, Tomás y Silvia GÓMEZ TAGLE, 1994: *Las elecciones en los estados*, vol. II, México, *La Jornada* y UNAM-Centro de Investigaciones Interdisciplinarias y Humanidades, 1997.
- CIRELLI, Claudia, *La trasferencia de agua: el impacto en las comunidades origen del recurso. El caso de San Felipe y Santiago, Estado de México*, tesis de maestría, México, Universidad Iberoamericana, 1997.
- *El agua agrícola para las zonas urbanas: el caso de la ciudad de San Luis Potosí y su entorno rural*, San Luis Potosí, El Colegio de San Luis, 1998.
- DONAHUE, John M. y Barbara JOHNSTON (eds.), *Water, Culture, and Power. Local Struggle in a Global Context*, Washington, Island Press, 1998.
- NARANJO, Francisca, y Asit BISWAS, "Water, Wastewater, and Environmental Security Problems: A Case study of México City and the Mezquital Valley", en *Water International*, septiembre, 1997.
- PEÑA, Francisco, *El límite del riego con aguas residuales en el Valle del Mezquital*, tesis de Maestría, México, Universidad Iberoamericana, 1997.
- PESCOD, M.B, *Wastewater treatment and use in agriculture*, FAO Irrigation and Drainage Paper, núm. 47, Roma, FAO, 1992.
- REGISTRO AGRARIO NACIONAL, Ejido Soledad de Graciano Sánchez, Exp. 2243, Legajo1-12.
- ROBERTS, Bruce, *Water Management in Desert Environments. A Comparative Analysis*, Berlín, Springer-Verlag, 1993.
- SAGAR, *Municipio de Soledad, Información Básica*, San Luis Potosí, SAGAR, 1998.
- SENADO DE LA REPÚBLICA, *Foro sobre Problemática de Mantos Acuíferos*, México, Comisión de Ecología y Medio Ambiente, 1998.
- SHUVAL, Hillel I., Yochanan WAX, PÉREZ YEKUTIEL y BADRI FATTAL, "Transmission of Enteric Disease Associated with Wastewater Irrigation: a Prospective Epidemiological Study", en *American Journal of Public Health*, vol. 79, núm.7, 1989.
- SPARZA, Olivia y Alfonso GONZÁLEZ, *¡Luchamos por AGUA LIMPIA para la agricultura! El conflicto por la calidad y la distribución del agua en la cuenca del río Apatlaco, Morelos*, México, SEMARNAP/PNUD, 1998.
- TORRE, Lydia, C. CIRELLI, J. MAISTERRENA, I. MORA CAMACHO, "Acceso y Manejo del Agua en zonas áridas. Dos modelos en el altiplano potosino", ponencia presentada en el II y III Seminario Preparatorio al XX Coloquio de Antropología e Historia Regionales, Zamora, El Colegio de Michoacán, mayo de 1998.
- VARGAS, Sergio, "Conflicto por el agua: caso del oriente de Morelos", en XXV Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología, San Luis Potosí, 1998.

V  
AGUA, TECNOLOGÍA Y COMUNICACIÓN



## COMUNICACIÓN Y CULTURA: EL INFORTUNIO DE LA TECNOLOGÍA DEL AGUA

Daniel Murillo<sup>1</sup>

### RESUMEN

El proceso de transferencia tecnológica en los modelos de investigación y desarrollo tecnológico es el punto nodal para que una tecnología sea verdaderamente viable. El punto de encuentro con los destinatarios es precisamente la vinculación de un instrumento tecnológico con una concepción del mundo. Se trata de un acercamiento a un tipo de comunicación intercultural, el abismo de lo desconocido. Los destinatarios de las tecnologías generalmente están ausentes de ellas: son, en el peor de los casos, el apéndice necesario para que una tecnología funcione. Por ello, en el presente trabajo se analizan algunos factores que intervienen en la transferencia tecnológica del agua, se ahonda en los conceptos de comunicación y cultura, así como en semiosis y significación del agua.

### INTRODUCCIÓN

Los modelos de desarrollo y transferencia de tecnología aplicados por instituciones gubernamentales y agencias internacionales, son sólo eso, esquemas que pretenden un modo de acción sobre la realidad y sus fenómenos. Pero, dado su carácter restrictivo y centrado en la tecnología como parte fundamental de un proceso (y no en la gente que la recibe), deja de lado procesos decisivos como los culturales y los simbólicos. Generalmente las agencias de desarrollo o instituciones públicas técnico-académicas parten del diseño de cierta tecnología, o incluyen procesos tecnológicos que son aplicados en otros países (las modas tecnológicas) y que, lamentablemente, se aplican en nuestro país de una manera completamente deficiente.

Este déficit parte de dos problemas principales: uno, que la apreciación del tecnólogo, científico o académico sobre los problemas (y las viables soluciones) son tomadas desde su punto de vista como observador del fenómeno y, dos, que las tecnologías que se ocupan no resultan de una consulta a los sujetos destinatarios. Tal vez de ahí parten los términos utilizados para "cerrar" el ciclo tecnológico y que tienen que ver con "adopción" o "apropiación" tecnológica. Ambos términos son muy distintos. Adopción se refiere, en todo caso, al efecto

1. Investigador del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

de recibir y hacer propios pareceres, métodos, doctrinas, ideologías, modas que han sido creados por otras personas o grupos culturales. Adoptar es recibir, admitir o acoger. Apropiar es adueñarse, y como lo menciona Seco *et al.*, (1999), se refiere más bien a hacerse dueño de algo generalmente de forma ilegítima. Así, adoptar es aprobar la tecnología según el conocimiento, representaciones sociales, patrones culturales, memoria y cánones morales. Es decir, el aparato tecnológico tiene un significado (*El Redactor*, 2001).

#### ESO LLAMADO TECNOLOGÍA

El primer problema estriba en saber qué es una tecnología. La propia palabra se aplica a los instrumentos y, así, hay que buscar algunos sustantivos que sustituyan a los instrumentos como si fueran adjetivos: apropiación tecnológica, desarrollo tecnológico, diseño tecnológico, aportes tecnológicos; convirtiendo a un proceso en la partición de microprocesos unidos por una característica esencial: el instrumento. Pero la tecnología también puede entenderse, en otra visión no convencional, como un proceso en el que aparece no sólo el instrumento, es decir, el objeto, sino sus sujetos y procesos.

Tecnología, según su etimología, proviene del griego “arte” y “tratado”, pero actualmente designa varias cosas: conocimientos, oficios, términos técnicos, procedimientos industriales y, según el *Diccionario de la Real Academia Española*, en su tercera acepción, “lenguaje propio de una ciencia o arte”. El problema de la tecnología, entonces, surge desde la concepción de la misma y de cómo se nombra.<sup>2</sup> Por ello es muy acertado lo que menciona Héctor Schmucler (1995):

En el pensar técnico, y no en el aparataje de la técnica, lo que constituye el meollo significativo de la técnica moderna, para lo cual cada cosa es, esencialmente, reemplazable, todo puede tomar el lugar de todo, puesto que sólo interesa en cuanto a su utilización, o, más rigurosamente, en cuanto su consumo. ‘La naturaleza, en tanto naturaleza, se retira’, indica Heidegger. Lo tradicional desaparece, nada se transmite de generación en generación porque la mirada técnico-instrumental exige la novedad, lo siempre disponible en cuanto recurso, lo que puede cambiarse permanentemente.

Si realizamos esta separación clara entre discurso y acción, podemos encontrar que la definición de tecnología precisamente parte de este “pensar técnico” donde todo es reemplazable, y como dice Heidegger: “hasta el propio ser humano como parte de la naturaleza, se retira”. El problema es que en este acto de desaparición no sólo se niegan las tradiciones culturales, sino a la propia gente que conserva esas tradiciones. Y es precisamente en esta partición de la tecnología, en la que se olvida su función esencial, es decir, su nacimiento e incorporación dentro de un sistema cultural y simbólico complejo. Donde el instrumento se contrapone al sujeto, logrando una bipartición que podemos identificar al utilizar un sistema simple de oposición: lo tradicional y lo moderno, el pensamiento racional y el pensamiento irracional, el conocimiento y la ignorancia, el problema científico y el misterio, etcétera. Dice Raymundo Mier (s/f): “La tecnología contemporánea, este clima reciente que nos conforma

2. El término “técnico” aparece en el español apenas hacia 1765-1783 y que se define como “relativo a una arte”. Véase Corominas (1990: 560).

desde hace casi cien años que acrecienta sus allanamientos cada momento, ha inventado para nosotros el uso absoluto: una 'perfecta' adecuación entre el instrumento y el acto".

El problema de definir la tecnología estriba precisamente en que se ha perdido su carácter esencial: la tecnología no aparece en la historia humana como parte de la ciencia, del pensamiento racional, de lo novedoso ni del problema científico, sino que esas características le son otorgadas posteriormente. La tecnología aparece como un proceso ligado a una necesidad de un sujeto, un instrumento y una utilización. Es decir, es un proceso cultural, en el que el puro objeto deviene como un eslabón de la cadena, no como el candado ni la llave.

Si retomamos la etimología de la palabra tecnología, encontramos que el arte como el campo en el que se desarrollan sobre todo los sentidos y el conocimiento (tratado) unen precisamente lo que las nociones convencionales de tecnología tratan de negar y enfatizan los pares diferenciales de conceptos semánticos como los ya mencionados anteriormente. Pero la tecnología aparece en este rejuego de lo racional-irracional, porque, a diferencia del aparataje tecnológico, el pensamiento técnico es una creación humana que surge precisamente de las ideas de civilización y modernidad. Schmucler (1995) apunta:

Optimismo, progreso y tecnología conforman una tríada inscindible. La tecnología, sustento del progreso histórico y social, remite a una teleología. El progreso, desde el punto de vista social, convoca una fuerte connotación de deseable y aventura un destino de justicia y bienestar crecientes en el que la tecnología cumple el más destacado papel como motor del crecimiento económico y como garante de una existencia humana más comfortable.

Sin embargo, como podemos ver, la tecnología no siempre responde a las necesidades de los sujetos, llamados receptores o "población objetivo".

#### CULTURA, COMUNICACIÓN Y TECNOLOGÍA

Si la definición de tecnología presenta problemas, la de cultura presenta el riesgo de empantarse. Algunas características o rasgos pueden ser, como lo menciona Clifford Geertz (1997: 4-5), a propósito del libro de Clyde Kluckhohn, *Mirror for man*, que: la cultura es la forma de vida de la gente; una forma de pensar, sentir y creer; una conducta; una teoría antropológica; conocimientos almacenados (parecido al concepto de "corpus" de Rafael Baraona, 1988); orientaciones estandarizadas; mecanismo de regulación de la conducta; técnicas para relacionarse con otros y con el medio; y "un precipicio de la historia".

Hablar de cultura no es sencillo, entonces. Hablar de cómo una cultura puede asimilar una tecnología (entendida ésta como un proceso) es aludir a estos rasgos esenciales, que tienen que ver con conductas, hábitos, formas de pensar, memoria, relaciones sociales y ambientales.<sup>3</sup>

3. Aunque Gilberto Giménez ha hecho patente la crítica de esta concepción de cultura, sobre todo ligándola a lo simbólico y asegurando que esta concepción no toma en cuenta al poder ni a los conflictos sociales. Seguramente él y algunos otros autores pasaron de largo un asunto de capital importancia: el abordaje fenomenológico que hace Geertz de la cultura, es decir, como un proceso, con un dinamismo propio de la semiótica y que podría ligarse al pensamiento de Charles Sanders Peirce y su concepto de semiosis. Los conflictos por supuesto están presentes, pero no se desligan de las formas de registrar la cultura y aparecerán en uno de sus elementos, las conductas, por ejemplo.

El problema de la transferencia de tecnología del agua estriba en el pensar técnico, en la instrumentalidad tecnológica que choca de frente con los procesos culturales de la "población objetivo". Instituciones públicas encargadas del desarrollo tecnológico en México aún parten de un paradigma donde el instrumento es la tecnología, aunque en su discurso racional argumenten la aparición y la importancia de un proceso tecnológico. El problema, de nuevo, es la propia concepción de tecnología y desde dónde se aplica. Los signos son distintos para el investigador académico que desarrolla una tecnología, y un campesino que la recibe en su parcela. De hecho, ni siquiera se nombran de la misma forma. Tal es el infortunio también del intento de llevar el concepto de desarrollo sustentable a campesinos, cuando en lo que hay que incidir es en patrones de conducta, acciones y significaciones que entran en juego de acuerdo con sus propios patrones culturales.

Un mediador en este proceso es el extensionista o el comunicador, que aparece como un personaje esencial para lograr que los campesinos "adopten" la tecnología, pero deviene en personaje emergente que intenta solucionar una situación o, en el peor de los casos, aparece como un personaje reemplazable. El problema es que el proceso tecnológico comienza en la mente del investigador que detecta un problema y desarrolla una solución y no deviene en un espacio comunicativo con el sujeto destinatario; la razón es por los prejuicios académicos que se reflejan en los pares lingüísticos que he mencionado con anterioridad. El problema es de acercamiento cultural, previsto a través de un modelo de comunicación. El asunto preocupante radica en que, cada vez más, los objetos dejan atrás su sentido ritual, su referencia a un mundo simbólico, para pertenecer a lo novedoso, a lo reemplazable. El colmo del asunto aparece cuando a la cultura de un sujeto se pretende convertir en reemplazable. Cuando el universo cultural y simbólico es negado a partir de un objeto tecnológico que irrumpe en una cosmovisión y comienza a desatar procesos simbólicos que no tienen que aparejarse (como veíamos con los rasgos de cultura antes anotados), con otra cultura, es decir, la cultura del investigador, tecnólogo, científico o como se quiera denominar.

#### EL INFORTUNIO DEL AGUA

Centrándose en la tecnología del agua, esta transferencia se topa con un universo simbólico complejo, porque se trata de intervenir no sólo un "instrumento tecnológico" sino la propia identidad de los campesinos con el uso de tecnologías para el medio rural.

En el caso del agua, los campesinos la ligan con la tierra y ésta con su propia condición de campesinos. El campesino aprehende la realidad y obtiene conocimiento con una nueva mirada renovadora de su entorno social, ambiental, político, económico y social, es decir, la totalidad de sus entornos cultural y natural. Los patrones de relación entre el campesino y su entorno (medio ambiente) que reproducen, se hacen desde las formas campesinas determinadas por años de tradición y costumbre. Rafael Baraona (1995) dice que:

Un buen campesino conocedor tiene en la cabeza un ecosistema como un designio o diseño cultural. Tal vez es interesante porque, de acuerdo al sesgo con que él mira y utiliza esa naturaleza, es posible

que ese ecosistema tenga una organización interna y tenga un peso o influencia para sus diversos componentes (,) distinto al ecosistema visto por otra comunidad.

Cada campesino tiene un universo simbólico, pero su falta de reconocimiento o desconocimiento, por parte de las instituciones públicas que diseñan y aplican programas hidroagrícolas, hace que se omita el significado profundo del agua, el riego, la abundancia del líquido o la sequía; como si los campesinos no tuvieran memoria ni un universo simbólico y cultural. Todo ello en el entorno campesino y en la forma de "actuar" de su *corpus*, entendiendo este término como lo define Rafael Barahona (1999) como: la consulta al conjunto de referencias, recuerdos, del acervo y saber campesino que forma parte de un conocimiento colectivo, como tradiciones, patrones culturales y, agregado, el universo simbólico. Pero este *corpus* no es estático, sino que se complementa con la parte dinámica, la praxis.

También es importante señalar que el universo simbólico y cultural puede variar según cada zona, estado o región y que el sujeto campesino no es homogéneo. Por lo menos se pueden ensayar algunas categorías como: campesino de temporal, campesino de riego, campesino de autoconsumo, campesino-pequeño propietario, campesino ejidal, campesino indígena, etc. Sin embargo, el eje articulador de esta clasificación parte del hecho de que, antes de ser el campesino, es un sujeto y se reconoce como tal; y, que, aunque el campesino tiene diversos roles (rentista, jornalero, padre de familia, comisariado ejidal, representante, por ejemplo), existe un principio de identidad que le permite autorreconocerse como campesino. (Esto es notorio cuando se pregunta sobre su ocupación: se responde "campesino", genéricamente. ¿Por qué sucede esto y qué implicaciones trae el nombrar "campesino" como género? Es una pregunta que queda en el aire por el momento). De hecho, el nombrarse como campesino tiene que ver con su propia identidad y cómo se reconoce él mismo en el mundo. Los calificativos y los roles son también elementos a considerar: pero partimos de que la propia palabra "campesino" va unida a su identidad.

El elemento a observar en el sujeto campesino con todos los bemoles anotados en el apartado anterior es la significación del agua. Por ello, se propone abordar la significación del agua en el sentido fenomenológico de Charles S. Peirce<sup>4</sup> con su concepto de semiosis, que se basa en el reconocimiento de la significación del signo como el resultado de tres elementos fundamentales: el objeto, el *representamen* y el interpretante. Gérard Delleale (1996: 86) apunta: "Peirce distingue el signo-acción, que es otro nombre de la semiosis, y el signo-*representamen*, que es el punto de partida de la inferencia semiótica". Así, estos tres elementos se encuentran en constante relación y son indisociables uno de otro. La relación de los tres forman la semiosis peirciana. El signo-acción al que hemos hecho referencia responde también a esta parte del *corpus* campesino que hemos mencionado, y que es precisamente el aspecto práctico, las acciones concretas. El proceso de semiosis, aplicado al caso del agua y de los campesinos, es uno que reconoce la movilidad y la dinámica de los procesos sociales y ambientales (el hombre y el agua-entorno natural) y pone de relieve que la realidad es cambiante: en ningún momento podremos obtener un reflejo, sino una instantánea de un momento, es decir, de una situación determinada en un lugar determinado y bajo ciertas condiciones de contexto definidas.

4. Peirce (1978, 1997 y 1998).



El proceso de semiosis es uno que depende de la percepción subjetiva y encuentra un dinamismo de los signos. Precisamente la incorporación de nuevos significados, a través de nuevas experiencias, hace que los signos muten. La significación del agua en campesinos de la zona delimitada es cambiante, no estática. Esta dificultad se agrega aquí al aparecer un eje temporal en el discurso de los productores, sujetos de este estudio y en el reconocimiento de que el llamado *corpus* campesino también tiene un comportamiento dinámico. Es por ello que se retoma el concepto de semiosis peirciana.

Si hablamos del agua como signo, pretendemos que todo signo es representativo de algún objeto y creador de significados o, utilizando la terminología de Peirce, interpretantes. Y si se trata de conocer las distintas significaciones del agua en los campesinos, es importante partir de que, como dicen paralelamente Peirce y Husserl: "todo signo es signo de algo". Es decir, el agua está plagada de significaciones, que pueden ser tan diversas como los sujetos que conviven con ella. Los ejes a observar en esta significación del agua pueden ser múltiples, pero puede ensayarse preliminarmente alguna clasificación.

Existe primeramente un eje simbólico ligado a lo religioso. "Dios manda el agua", ha dicho un campesino en Guanajuato, en trabajo de campo realizado durante 1999, por el IMTA;<sup>5</sup> pero también existe la pulsión histórica que delimita también este campo. Por ejemplo, la laguna de Yuríria, también en Guanajuato fue un cuerpo de agua que en tiempos prehispánicos era sagrado, debido también a su especial color rojo. Con la conquista, este eje fue roto, cuando fray Diego de Chávez construyó en el siglo XVI el canal del río Lerma para alimentar la laguna, entre otras cosas, porque el agua estancada era malsana para la población y, como dice Basalenque: "su agua no es de provecho para cosa viviente de dentro ni de fuera" (Basalenque, 1998: 122).

Otro eje es el medioambiental, que aunque no siempre reconocido como tal por el campesino, toma en cuenta su entorno y los cambios que en él suceden. Este eje ha sido roto, en algunos casos también, por la intervención gubernamental. Tal es el caso de cerca de 22 000 indígenas pobladores en los terrenos donde se construyó la presa Miguel Alemán que fueron desplazados, entre 1949 y 1954, en la parte alta de la cuenca del río Papaloapan en Oaxaca.

Otro eje más en la significación del agua, lo constituyen las prácticas. Ciertas acciones cotidianas que tienen que ver con el agua y con ciertos actores. Un ejemplo de esto: en la comunidad de San Nicolás de los Agustinos, municipio de Salvatierra, en Guanajuato, existían unos lavaderos en donde las mujeres acudían como punto de reunión, hasta que fueron destruidos en 1995 para construir la casa ejidal.

Otro eje es el de género, porque el agua no significa lo mismo para las mujeres que para los hombres. Cada uno atiende sus labores y tiene una distinta relación con el agua. Generalmente el hombre es quien se hace cargo del agua para riego o para los cultivos. La mujer se encarga del agua potable y para las necesidades en la casa. La apreciación sobre el agua es distinta, necesariamente complementaria, pero distinta.

Otro eje es el histórico, ya que la significación del agua se da a través de lo que he llamado como pulsión histórica, hecho sucedido en el pasado cuya repercusión continúa a largo

5. Tanto este apartado como los siguientes se basan en entrevistas que se encuentran en el Archivo Oral del IMTA, en diversos proyectos de referencia: 2.99.01, 8.01.02; 9.01.03; 11.02.01 (éste último en formación).

plazo. Tal es el caso de un conflicto por el agua que duró trescientos años, en una hacienda de Guanajuato, San Nicolás de los Agustinos, que no abordaré aquí por cuestiones de espacio, pero cuyo caso puede consultarse en otras fuentes.<sup>6</sup>

Como puede verse, un eje que atraviesa a todos los anteriores tiene que ver con la identidad del campesino, su experiencia, sus percepciones y su forma de expresar el discurso. Es decir, lo que amalgama a todos es el proceso de semiosis que realiza el campesino al hablar del agua y de lo que significa para él. El proceso de significación del agua está ligado, entonces, con una revisión del *corpus* campesino, una actualización con información nueva (incluyendo las prácticas, los discursos y los hechos, así como el contexto) y una evaluación subjetiva de lo que sucede en una situación determinada.

Sólo tomando en cuenta este proceso de semiosis podemos esperar que la introducción de tecnologías del agua en el medio rural pueda prosperar. No está la batalla ganada, porque como ya hemos dicho, lo que actúa es el dinamismo de las situaciones sociales: el proceso de semiosis, también, es un proceso dinámico que se enfrenta a un instrumento tecnológico que, en principio, es estático. Sólo cuando las comunidades campesinas puedan adoptar el instrumento y permitir su incorporación a sus modelos culturales, necesidades, prácticas y patrones ese instrumento puede volverse dinámico: o sea, cuando se le pueden realizar modificaciones o cambios de acuerdo con necesidades específicas que tienen que ver con las condiciones de uso y prácticas cotidianas.<sup>7</sup>

#### UN MODELO INCLUYENTE: A MANERA DE CONCLUSIÓN

En términos de un acercamiento tecnológico del agua a las comunidades campesinas, habría que comenzar tomando en cuenta el concepto de tecnología, pero no sólo ello, sino el universo simbólico que se recrea. Ya que todo elemento del lenguaje que funciona como signo tiene dos vertientes, referencia y sentido, ¿qué sentido le da el científico a la palabra tecnología y cuál el campesino? Si tomamos como referencia la definición de tecnología, es decir, el conjunto de instrumentos que utiliza el hombre como parte de sus actividades cotidianas, entonces los instrumentos, desde la flecha hasta las redes informáticas, son tecnología. De esta forma, la llamada "tecnología alternativa" o "apropiada" pretende retomar un abordaje ético a la producción tecnológica: se trata de reconocer que la tecnología (y la ciencia) son parte de un progreso humano con el fin de que las condiciones existentes sean mejores en términos de equidad. Y la tecnología tradicional (como la que busca una armonía con la naturaleza), así como las prácticas productivo-conservacionistas pretenden retomar las culturas campesinas o tradicionales.

La importancia de reconocer al otro como interlocutor permite que la mirada científica vea desde otro prisma la realidad que ha modelado. La tecnología creada por un científico del agua cambia conceptual e instrumentalmente cuando se topa con la apreciación campesina. Existe un cambio "metafísico", por llamarlo de alguna manera, cambio que no se corresponde con el proceso de investigación y desarrollo bajo reglas seguidas por el científico. Alejandro

6. Véase Murillo (1999).

7. Véase Fonseca (2001).

Tomasini (1991: 91), con referencia a la filosofía de Wittgenstein, afirma que: "Las palabras son instrumentos y un mismo signo puede significar cosas distintas si funciona en el lenguaje de modos distintos" o si en la utilización de reglas se modifica su sentido.

Con el fin de resolver un problema (dejemos de lado aquí si el científico lo elige o no), un científico desarrolla una tecnología del agua y supone su transferencia. La tecnología se muestra así como una solución al problema y por ello el científico no es capaz de reconocer el contexto general. No permite una revisión crítica ni la puesta en marcha de acciones integrales que permitan reconocer otros puntos de vista, ni otros mundos culturales.

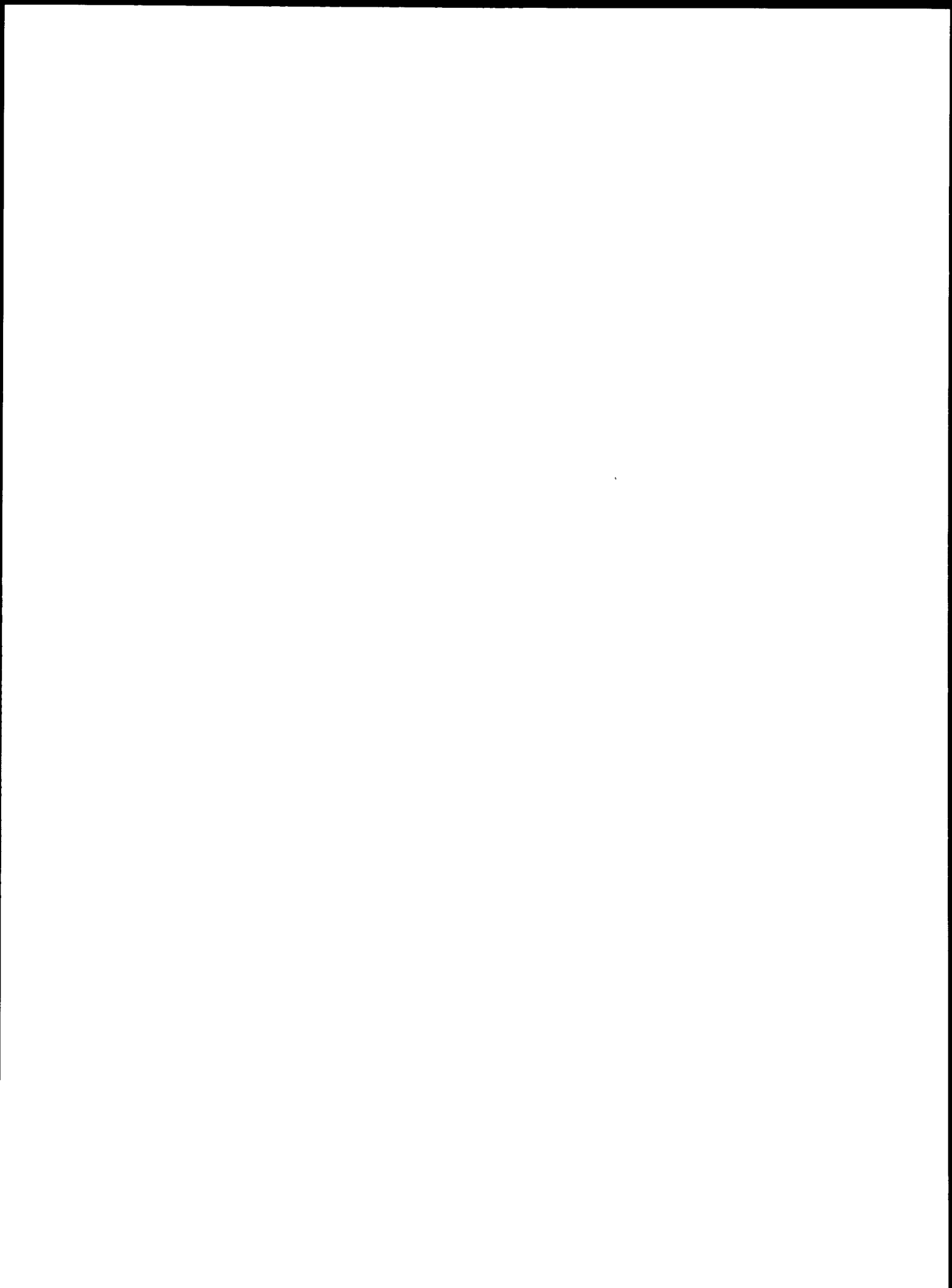
Con relación a esto, Todorov (1995: 166) dice: "Uno tiene el derecho de imponer al otro lo que uno mismo considera como un bien, sin preocuparse por saber si es igualmente un bien desde el punto de vista del otro. Este postulado implica, pues, una proyección del sujeto enunciante sobre el universo, una identificación de mis valores con los valores".

Un modelo incluyente de transferencia de tecnología del agua debe enfrentarse con una definición propia de sus conceptos y de sus puntos de partida. Dice Wittgenstein (1988: 31): "E imaginar un lenguaje significa imaginar una forma de vida". Imaginar un lenguaje es reconocer que detrás de ese lenguaje opera un mundo, otro universo simbólico y cultural del cual se desprende y del que forma parte. Se trataría de iniciar un proceso de semiósis a partir de la tecnología del agua para llevarla y encauzarla hacia nuevos procesos semióticos que enlacen al científico y al campesino mediante un acto comunicativo. Un encuentro cultural. La recreación del agua como parte de un conjunto de nuevos signos y el reconocimiento de la otredad, con todo lo que esto conlleva. Tal vez sea una utopía.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BARAONA, Rafael, "Un campesino por dentro", en *Razón y Palabra*, núm. 15, 1999, <http://www.razonypalabra.org>.
- BASALENQUE, Diego de, *Los agustinos, aquellos misioneros hacendados*, México, CONACULTA, Col. Cien de México, 1998.
- COROMINAS, Joan, *Breve diccionario etimológico de la Lengua Castellana*, Madrid, Gredos, 1990.
- DELLEDALE, Gérard, *Leer a Peirce hoy*, España, Gedisa, 1996.
- FONSECA, Omar, "Comunicación para la conservación del bosque-agua-suelo: Las estufas ahorradoras de leña", en IMTA, *Anuario 2001*, en prensa.
- GEERTZ, Clifford, *La interpretación de las culturas*, España, Gedisa, 1997.
- MIER, Raymundo, *La tecnología: las densidades inmediatas*, en [http://www.iztapalapa.uam.mx/iztapalapa.www/topodril0/23/td23\\_05.html](http://www.iztapalapa.uam.mx/iztapalapa.www/topodril0/23/td23_05.html), s/f.
- MURILLO, Daniel, "Un espejo de agua: la hacienda de San Nicolás de los Agustinos, Guanajuato", *Boletín del archivo histórico del agua*, edición de aniversario, Archivo Histórico del Agua, año 5, núm. 15, México, enero-abril, 1999.
- PEIRCE, Charles, *Escritos filosóficos*, primer volumen, Zamora, El Colegio de Michoacán, 1997.
- , *Lecciones sobre el pragmatismo*, Argentina, Aguilar, 1978.

- *Logic, considered as semeiotic*, en <http://www.door.net/arisbe/menu/library/bycsp/L75/Intro/175intro.htm>, 1998.
- IMTA, EL REDACTOR, núm. 110, México, noviembre, 2001.
- SCHMUCLER, Héctor, *Memoria de la comunicación*, <http://www.hipersociologia.org.ar/catedra/material/schmucler.html>, 1995.
- SECO, Manuel, *et al.*, *Diccionario del español actual*, 2 vols., Madrid, Aguilar, 1999.
- TODOROV, Tzvetan, *La conquista de América: el problema del otro*, México, Siglo XXI, 1995.
- TOMASINI, Alejandro, “Lenguaje y pensamiento: enfoques wittgensteinianos”, en *Homenaje a Wittgenstein*, México, Universidad Iberoamericana, 1991.
- UXÍA RIVAS, María, *Frege y Peirce: en torno al signo y su fundamento*, Grupo de Estudios Peircianos, en <http://www.unav.es/gep/AF/Frege.html>, 1995.
- WITTGENSTEIN, Ludwig, *Investigaciones filosóficas*, México, UNAM-Crítica Grijalbo, 1988, p. 31.



## EL PAPEL DE LA COMUNICACIÓN EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Marco Antonio Sánchez<sup>1</sup>

### PRESENTACIÓN

En México, el sector agua se centra en la obtención, control y aprovechamiento de un recurso básico para todas las actividades humanas. En torno a él, están integrados, a diferentes niveles, dependencias, instituciones y organizaciones sociales; cada una con responsabilidades y atribuciones específicas. El objetivo común es superar los apremiantes problemas y rezagos que obstaculizan el uso sostenible del agua.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) tiene como actividades esenciales la investigación, el desarrollo y la transferencia de tecnología que sea adecuada a las crecientes necesidades de uso, distribución equitativa y preservación de un recurso clave limitado.

Los cambios de tecnología en que se sustenta la modernización (un concepto polémico) pueden darse como una adaptación local a las nuevas necesidades. Pero, la creciente especialización de las esferas del quehacer humano, la revolución en las comunicaciones y la creciente globalización que hemos vivido en los últimos años en México y el mundo, han impulsado el desarrollo acelerado de alternativas tecnológicas. Con ello, se ha venido reduciendo el campo de la innovación técnica gradual endógena por parte de las propias comunidades, o en este caso, los usuarios del agua.

Sin embargo, poco se ha avanzado en el análisis y caracterización de los procesos de transferencia de tecnología como tales. Existe una tendencia generalizada a concebirla como un simple momento en el proceso de modernización. Esto ha traído como consecuencia una serie de “cuellos de botella” al tratar de hacer que los grupos de usuarios adopten una tecnología, generada en su momento lejos del ámbito de aplicación, sin tomar en cuenta las necesidades y expectativas locales, ni su viabilidad económica, social y ambiental en el largo plazo.

En la primera parte de este trabajo, se presenta una visión general de los principales problemas del agua en México y la forma en que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua desarrolla estrategias y alternativas tecnológicas para atacar dicha problemática.

En la segunda parte, se analiza la transferencia de tecnología como un proceso social, sistemático y planificado, orientado a trasladar la capacidad de aplicar tecnología –instru-

1. Jefe de Proyecto de Comunicación para la Transferencia de Tecnología, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

mentos, conocimientos, organización y técnicas— desde quienes generan la tecnología hasta grupos sociales determinados para cumplir fines específicos.

La experiencia desarrollada nos ha indicado que en estos procesos, las cuestiones tecnológicas del agua requieren de puentes y vínculos entre las distintas percepciones, puntos de vista, propuestas y expectativas de los actores sociales involucrados. En la tercera parte, se fundamenta la manera en que, uno de los principales componentes de la transferencia de tecnología, es la comunicación.

Para ilustrar lo anterior, se describe la experiencia de aplicación de métodos, técnicas e instrumentos de comunicación planificada para la transferencia de tecnología de drenaje parcelario en el distrito de riego 076 “Valle del Carrizo” en Sinaloa, México.

Finalmente, se presentan algunas reflexiones en torno a la necesidad de buscar enfoques interdisciplinarios para abordar las diversas problemáticas sociales del agua, así como los alcances y limitaciones de la comunicación en este tipo de procesos.

#### PANORAMA DE LOS PROBLEMAS DEL AGUA EN MÉXICO

La gran diversidad de climas, ecosistemas, fisiografía, y condiciones y actividades socioeconómicas de nuestro país, hace que se presenten tanto problemas de escasez y exceso de agua, como de contaminación del recurso aprovechable.

Por ejemplo, 82% del volumen almacenado se tiene bajo la cota de 500 metros sobre el nivel del mar, mientras que 76% de la población nacional vive arriba de dicha cota. Es decir, tanto la población como las actividades económicas en México, se distribuyen en relación inversa con la disponibilidad de agua. Menos de una tercera parte del escurrimiento superficial ocurre en 75% del territorio, donde se concentran los mayores núcleos de población, las industrias y la agricultura de riego (SEDESOL-INE, 1992).

Ante esta situación, se ha buscado satisfacer los requerimientos de agua con fuentes subterráneas, lo que ha provocado serios problemas de sobreexplotación de acuíferos, y en general, la insuficiencia de agua ha obligado a la transferencia entre cuencas.

El consumo, esto es, la cantidad de agua que no retorna a las corrientes una vez utilizada, es de 53 kilómetros cúbicos. De este volumen, 88% corresponde al sector agrícola, 7% al industrial y 5% a las poblaciones (SEDESOL-INE, 1994).

Las prácticas en el uso y manejo del agua actuales han conducido a eficiencias muy bajas en el uso del recurso. Para citar un caso está la agricultura de riego, donde 80 distritos de riego y cerca de 45 mil unidades medianas y pequeñas, que abarcan seis millones de hectáreas, generan 50% del valor de la producción agrícola nacional. En estas zonas se aprovecha menos de la mitad de los volúmenes extraídos.

Otro ejemplo lo son las ciudades e industrias, con 2 700 kilómetros de acueductos que entregan a la población 270 metros cúbicos de agua por segundo, lo que beneficia a 76.5 millones de habitantes. Sin embargo, 16.5% de los mexicanos no reciben agua potable y 33% no tiene servicios de drenaje. De igual forma, problemas de conservación y mantenimiento de la infraestructura provocan que su rehabilitación requiera de grandes inversiones (Aldama y Gómez, s/f).

Por otro lado, la contaminación ha reducido el uso potencial de varios acuíferos, ríos y cuerpos de agua. Estudios realizados en nuestro país, indican que solamente en 20 cuencas se genera 89% de la carga contaminante total. Tan sólo en cuatro cuencas (Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas), se recibe 50% de las descargas de agua residual, incluyendo las descargas de las principales ciudades. La alteración de la calidad de los cuerpos de agua superficial se manifiesta también con la infestación con malezas acuáticas, principalmente el lirio acuático, la hydrilla, y el tule, que representan serios problemas en el manejo y la conservación de la infraestructura (CNA, 1993).

El desarrollo hidráulico del país ha alterado los volúmenes de agua que permiten conservar ciertos nichos ecológicos, en virtud de que en el diseño de las obras de almacenamiento y control no se consideró satisfacer un caudal mínimo ambiental.

Ante esta compleja y creciente problemática del agua, motivada en gran medida por el modelo de desarrollo del país y fenómenos asociados con la globalización económica, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, desde su establecimiento como tal en 1986, tiene como sus actividades esenciales la investigación, el desarrollo, la adaptación y la transferencia de tecnología adecuada a las crecientes necesidades de preservación, distribución equitativa de un recurso clave limitado.

Cada vez más, la problemática del agua presenta situaciones que rebasan las capacidades de innovación tecnológica local de las poblaciones y los grupos sociales afectados, e involucran campos de saber especializados.

El Instituto tiene una visión crecientemente interdisciplinaria, donde se integran los aportes de investigadores especialistas de diversas ramas relacionadas con el agua –ingenieros hidráulicos, agrónomos, biólogos, físicos, matemáticos, sociólogos, antropólogos, economistas, entre otros. El campo de acción está constituido por la búsqueda de alternativas tecnológicas viables para los usos urbano, industrial, acuícola, agrícola; y la mitigación de los efectos de fenómenos extremos, como son inundaciones y sequías en todo el territorio nacional.

La transferencia de tecnología es una parte básica de la metodología del IMTA para atacar los apremiantes problemas del agua. Para desarrollar los proyectos, se inicia con el estudio de los problemas y los escenarios posibles con el establecimiento de una serie de alternativas de solución, tomando en cuenta los potenciales impactos ambientales, económicos y sociales. La interacción continua con los usuarios del agua permite validar los diagnósticos técnicos y la modelación de los procesos de transferencia. La tecnología desarrollada se valida, ya sea en laboratorio, mediante prototipos o directamente en campo (Aldama *et al.*, 1994).

#### LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA COMO PROCESO

A pesar de que la innovación tecnológica ha sido una de las características esenciales del modelo de desarrollo en el mundo occidental, y si bien existen trabajos y preocupación al respecto, poco se ha avanzado en el análisis y caracterización de la transferencia de tecnología como un proceso complejo.



Existe una tendencia generalizada, por un lado, a concebir a la tecnología simplemente como instrumento, y por otro, a la transferencia como un momento en el proceso de modernización; se privilegia el conocimiento técnico-científico sobre las percepciones y el saber empírico de las comunidades. Esta visión, primordialmente técnica, ha traído como consecuencia una serie de “cuellos de botella” al tratar de hacer que los grupos de usuarios adopten una tecnología, generada en su momento lejos del ámbito de aplicación, sin tomar en cuenta las necesidades y expectativas locales, ni su viabilidad económica, social y ambiental a largo plazo.

Para definir con mayor precisión el campo de la transferencia de tecnología del agua, y dentro de éste, el papel de la comunicación y la visión social, es necesario plantear algunos conceptos operativos.

Como hemos mencionado, con frecuencia se tiende a pensar a la tecnología como artefactos, siempre resultado del avance de la ciencia. Sin embargo, la tecnología es tan antigua como la humanidad misma: “...existía mucho antes de que los científicos comenzaran a recopilar los conocimientos que pudieran utilizarse en la transformación y el control de la naturaleza. La manufactura de útiles de piedra, una de las más primitivas tecnologías conocidas, floreció cerca de dos millones de años antes del advenimiento de la mineralogía o la geología” (Basalla, 1991).

Actualmente, podemos ver en acción una amplia gama de tecnologías desarrolladas localmente por los grupos sociales “más atrasados”, con el fin de satisfacer sus necesidades de control y manejo de los recursos disponibles.

A partir de esta visión restringida de la tecnología, como resultado de la ciencia aplicada, y del modelo de Investigación y Desarrollo (I+D por sus iniciales en español y R & D por sus iniciales en inglés), aparecen términos comúnmente aceptados, como los de tecnología alternativa, tecnología apropiada, tecnología de punta o alta tecnología, entre otros.

Operativamente, la tecnología puede ser definida como el complejo integrado de instrumentos, procedimientos, conocimientos y organización para lograr fines determinados (Freeman, 1974; Georgantzis y Madu, 1990). Esta visión ampliada, ubica a la tecnología en el campo de las prácticas sociales.

Asociada a la idea de difusión de innovaciones, que pasan de una cultura a otra, aparece en el mundo moderno la necesidad de crear grupos especializados en la investigación y la generación de tecnologías necesarias para el desarrollo de las naciones. El proceso mediante el cual la tecnología generada por estos grupos es puesta en manos de los usuarios ha sido llamado “transferencia de tecnología”.

Esta transferencia puede trascender fronteras –como de hecho lo hace. Como cuenta con recursos y estructuras organizativas basadas en la innovación, generalmente la tecnología se transfiere de países desarrollados a países de menor desarrollo relativo, con todas las implicaciones económicas, políticas y sociales que conocemos. Asimismo al interior de las naciones y a niveles locales se presenta tal proceso. En México, el IMTA también valida tecnologías desarrolladas fuera y las adapta a las condiciones locales.

Diversas definiciones de transferencia de tecnología (Souder *et al.*, 1990; Perkins, 1993) pueden ser sintetizadas operativamente como el proceso planificado y dirigido, orientado a trasladar la capacidad de aplicar tecnología –instrumentos, conocimientos, organización

y técnicas— a un grupo social determinado (quien desarrolla la tecnología a sus usuarios) para cumplir con objetivos definidos. La transferencia no es sólo entregar tecnología, sino crear en los grupos sociales la capacidad de manejarla, mejorarla y conservarla: hacerla propia.

Finalmente, está la noción de tecnología como práctica social (Perkins, 1993), la cual nos brinda un enfoque más completo para entender los procesos sociales en que se materializa, ya que incluye el previo diagnóstico de necesidades que la hacen pertinente; su generación o adaptación, su apropiación, uso y mantenimiento por parte de los grupos sociales involucrados.

Todas estas acciones, íntimamente ligadas entre sí, conllevan a la necesidad de estrechar los vínculos de comunicación e intercambio de información para la acción conjunta entre todos los involucrados en cada etapa de la práctica tecnológica. Es decir, los que generan el conocimiento sobre las condiciones de aplicación, generan o adaptan las tecnologías, las promueven; quienes toman las decisiones para implementarlas y se las apropian, usan y mantienen.

#### TRANSFERENCIA Y COMUNICACIÓN

La tecnología no es algo simplemente instrumental, sino un complejo integrado además por habilidades y conocimientos humanos organizados para fines prácticos. Por ello, el campo de la transferencia de tecnología se traslada al de las relaciones entre personas, grupos y sectores de la sociedad. En la era de la información, uno de los principales componentes de la transferencia de tecnología es precisamente la información y su manejo para la construcción de sentido de las prácticas tecnológicas.

Los procesos de transferencia de tecnología están atravesados necesariamente por la comunicación —formal o no formal— que se establece de manera planificada o espontánea entre todos los actores sociales involucrados en el proceso, es decir, entre los investigadores, los generadores o adaptadores de la tecnología, quienes toman la decisión de aplicarla, quienes harán uso de ella, e incluso quienes apoyan financieramente.

Un proceso de transferencia de tecnología sistemáticamente conducido, cumple con una serie de etapas, que tiene su desarrollo en el tiempo, no siempre de manera lineal:

1. Etapa prospectiva. Involucra las acciones de investigación, análisis y toma de decisiones sobre las alternativas tecnológicas viables social, económica y ambientalmente, para seleccionar las que puedan cubrir las necesidades de los usuarios potenciales.
2. Etapa de desarrollo. Consiste en las actividades de investigación y desarrollo con bases científicas, enfocadas a sintetizar el conocimiento generado en las propuestas tecnológicas viables.
3. Etapa de experimentación y prueba. Se realiza la aplicación de la alternativa tecnológica modelada en condiciones concretas.
4. Etapa de apropiación. Consiste en el desarrollo final, la realización de las modificaciones pertinentes de la tecnología, y el uso y mantenimiento por parte de los usuarios. Aquí hay una internalización completa de la tecnología a las pautas de acción de los usuarios.

Los enfoques tradicionales de transferencia de tecnología implican la idea de que el conocimiento técnico o científico es descubierto –o construido– objetivamente, y después es transferido por quien lo desarrolló a quien lo usa. Esto en términos de comunicación, responde al modelo de “centro-periferia”, en el cual se asume que el centro es la fuente de información disponible para los externos y el objetivo debe ser establecer canales para entregar la información de manera expedita de los que la tienen a quienes carecen de ella.

En contraste, desde la perspectiva social, la transferencia de tecnología es postulada como un proceso no lineal, interactivo y socialmente construido. Doheny-Farina (1992) lo llama la perspectiva retórica y Williams y Gibson (1990) lo manejan como la perspectiva comunicacional. En esta línea, las comunidades son esenciales, ya que el conocimiento se hace presente mediante la negociación y el consenso entre iguales.

La reinterpretación de la transferencia de tecnología cambia asimismo el papel del profesional de la comunicación, ya que según esta visión, no puede simplemente “mover” la información de un lado a otro, manipulándola lo menos posible para no distorsionarla. En lugar de esto, se constituye en un enlace humano necesario para dinamizar la transferencia de tecnología trascendiendo las fronteras discursivas tradicionales. En esta visión, la retórica se define como el proceso dialógico por medio del cual la gente construye el conocimiento.

Desde la perspectiva retórica de la transferencia de tecnología, se interconectan tres postulados esenciales:

1. La construcción del conocimiento y su correspondiente transferencia, son acciones sociales.
2. Desde la perspectiva social, el conocimiento, la información y la innovación tecnológica, son inseparables del lenguaje; por ello, el profesional en comunicación es esencial en el proceso.
3. Las barreras socioculturales que separan a los participantes en el proceso de transferencia de tecnología deben ser superadas para facilitar el éxito del proceso (Doheny-Farina, 1992).

Cada fase y aspecto del proceso de transferencia de tecnología son negociados, construidos y re-construidos, en las mentes de los participantes. Ningún simple instrumento está libre de ser interpretado. El proceso entero es de interpretación, negociación y ajuste. Más aún, se va creando y tomando forma al desarrollarse; los innovadores, la innovación y los usuarios cambian a lo largo del proceso.

Los procesos de transferencia involucran a los individuos y grupos negociando sus visiones sobre la tecnología y sus aplicaciones de acuerdo a lo que todos conciben como una empresa común. Esto significa que los hechos de la transferencia no están separados de las percepciones de los participantes. Al contrario, el proceso es el resultado de una continua conceptualización, negociación y re-conceptualización (Doheny-Farina, 1992: 2).

Tal visión trasciende el modelo vertical de transferencia de tecnología por uno horizontal, donde hay espacio para que, mediante la comunicación, las percepciones, necesidades

y expectativas de los grupos sociales locales sean compartidas con los investigadores y desarrolladores para promover una tecnología apropiada a las condiciones locales.

La comunicación para la transferencia de tecnología, entendida como el uso sistemático y planificado de métodos, técnicas y herramientas de comunicación para apoyar iniciativas de desarrollo, juega tres papeles esenciales en la innovación tecnológica en torno al manejo del agua y los recursos naturales en general (Ramírez, 1997: 7).

1. Permite hacer visibles los procesos naturales difíciles de observar.
2. Distribuye información nueva, clara y oportuna para reforzar la toma de decisiones tecnológicas.
3. Promueve espacios de intercambio, dando la palabra a las diferentes partes –que pueden llegar a ser antagónicas– involucradas en el proceso.

Es indispensable tener en cuenta que, en el fondo, entre todos los actores sociales involucrados en el proceso de transferencia, existen percepciones y valoraciones diversas de los problemas relacionados con los recursos naturales y sus posibles soluciones, así como las alternativas de innovación tecnológica.

#### LA EXPERIENCIA DE COMUNICACIÓN EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE DRENAJE PARCELARIO EN EL DISTRITO 076 VALLE DEL CARRIZO, SINALOA<sup>2</sup>

En la perspectiva interdisciplinaria del IMTA, la comunicación planificada se ha aplicado en cada una de las etapas del proceso de transferencia de tecnología del agua a partir de proyectos concretos de naturaleza diversa.

Una experiencia ilustrativa es la transferencia de tecnología de drenaje parcelario iniciado en 1995 en el distrito de riego 076 “Valle del Carrizo” en Sinaloa, México. Este distrito, ubicado en la costa del océano Pacífico, al norte del estado de Sinaloa, tiene una superficie de riego de 43 259 hectáreas y alrededor de 4 000 usuarios registrados. Desde que se inició la irrigación en 1969-1970, entre sus principales problemas está la salinización de los terrenos agrícolas, que disminuye sensiblemente los rendimientos en la producción. El problema se origina principalmente por un drenaje natural deficiente, ya que se ubica entre las cotas 5 y 25 metros sobre el nivel del mar. Por ello, todos los excesos de agua provocan la acumulación de las sales que son acarreadas de manera natural en el perfil del suelo, ya sea por filtraciones de la red de canales o por una tendencia generalizada a sobreirrigar y por el manejo técnicamente inadecuado del agua en general. Cuando el manto freático se eleva a la altura de las raíces de los cultivos, las sales allí alojadas perjudican el desarrollo de las plantas –los cultivos principales en el distrito son el maíz y el trigo en otoño-invierno, y el sorgo en primavera-verano.

Aunque también existen superficies importantes de algodón y algunas hortalizas. Actualmente, los problemas de salinidad y drenaje se presentan en más de la mitad del distrito, y en más de ocho mil hectáreas el problema es considerado como grave. Incluso se

2. El proyecto de drenaje estuvo a cargo de la Subcoordinación de Contaminación y Drenaje Agrícola del IMTA y el responsable del proyecto fue el Ing. Rodolfo Namuche Vargas.

encuentran terrenos totalmente improductivos por salinidad (principalmente en los terrenos más bajos, cerca de la franja costera).

Después de varios intentos por ampliar y mejorar la red de drenaje a cielo abierto, el problema, aún persiste, por lo que las organizaciones de usuarios comenzaron a buscar alternativas tecnológicas para resolverlo.

El IMTA fue convocado en 1995 a colaborar con las organizaciones de usuarios y con la Comisión Nacional del Agua (responsables de la supervisión de la operación, conservación y administración del distrito a partir de su transferencia a los usuarios), en la búsqueda de alternativas tecnológicas viables para la rehabilitación de suelos con problemas de salinidad y drenaje.

El conocimiento base de las propuestas tecnológicas fue el drenaje parcelario subterráneo con líneas de tubería de PVC, utilizadas con éxito desde hace tiempo en terrenos agrícolas de Canadá, Estados Unidos y otros países con modelos de producción similares a los del noroeste mexicano (grandes extensiones de agricultura especializada y tecnificada).

Para la validación de la alternativa tecnológica a las condiciones locales del Valle del Carrizo, se realizaron investigaciones en campo en una parcela experimental de 20 hectáreas, totalmente improductivo desde hace más de 20 años por su alto grado de salinidad. En el periodo 1995-1996 especialistas en drenaje agrícola, agronomía y otras disciplinas afines desarrollaron y aplicaron el paquete tecnológico de recuperación de suelos ensalitrados en dicha parcela, que consistía esencialmente en:

1. Análisis físico-químico del terreno.
2. Diseño del sistema de drenaje.
3. Instalación de la tubería PVC por debajo de la superficie del terreno con diversos espaciamentos entre líneas de drenaje para evaluar la relación rendimiento/costo más adecuado.
4. Subsoleos y rastreos para preparar el terreno para un proceso de lavado.
5. Lavados del suelo para reducir el nivel de sales del perfil del suelo.
6. Manejo planificado del cultivo experimental –en este caso trigo por ser tolerante a las sales–, con fechas y densidad de siembras específicas, fertilización y láminas pequeñas y frecuentes de riego.
7. Cosecha.
8. Evaluación de los rendimientos del sistema y del cultivo.

Los resultados de la parcela de experimentación fueron muy positivos. Al final del ciclo, con una buena cantidad de sales desalojadas del suelo mediante el sistema de drenaje y las prácticas de manejo de suelo, agua y cultivo, se obtuvo un rendimiento de casi cinco toneladas de trigo, superior al promedio del distrito ubicado aproximadamente en cuatro toneladas por hectárea. Esta información, de entrada, debía ser compartida con los agricultores del valle.

Durante la etapa experimental, asociada con el paquete tecnológico de recuperación de suelos en el valle, se hizo un registro sistemático con instrumentos de comunicación, principalmente video y fotografía fija. De igual forma, se recopiló la percepción de los productores del valle en torno al problema de la salinidad, sus consecuencias concretas y expectativas de solución.

El proyecto de comunicación en apoyo a la transferencia de esta tecnología a los productores (validada técnicamente), se basó en la realización de ciclos de información y apertura de espacios de análisis entre todos los involucrados para ordenar el proceso, de acuerdo con las necesidades y las condiciones locales. Este se basó en tres ejes fundamentales:

1. Hacer explícitos y ordenar los puntos de vista, por un lado, el diagnóstico técnico del problema de salinidad, y por el otro, la percepción y las expectativas de los productores. Aunque los productores afectados por el problema conocían bien la manera en que los afectaba en su producción; el nivel de información sobre los fenómenos naturales que originaban la salinidad, su relación con las cuestiones de drenaje y la caracterización del problema en zonas concretas del distrito, era escaso.
2. Distribuir información nueva, clara y oportuna. En este caso, fue básico informar a los productores sobre la tecnología de drenaje parcelario y los resultados obtenidos en la parcela experimental; y con esto, brindarles más elementos para sustentar la toma de decisiones tecnológicas, ya que, como era evidente, el cambio tecnológico implicaba un examen previo de la relación beneficio/costo.
3. Promover espacios de intercambio, de forma que los agricultores y directivos pudieran compartir con los técnicos su percepción sobre el problema y las alternativas más viables para la solución del problema. A su vez, los técnicos dieran a conocer a los agricultores su propuesta de solución, para que el proceso de cambio tecnológico pudiera ser construido de manera conjunta. En este proceso se fueron sumando entidades como las financieras y los proveedores de bienes y servicios, entre otros.

En un principio, la situación de comunicación era clara. Existía un acuerdo generalizado de que el problema de salinidad era grave, que afectaba fuertemente a los suelos y a los bolsillos de los agricultores y que había que hacer algo. La alternativa tecnológica de solución estaba disponible. Dos aspectos relevantes sobre la tecnología de recuperación de suelos salinos eran, por un lado, que el paquete completo no solamente implicaba la instalación de la tubería de drenaje, sino que además incluía el mejoramiento del terreno y el manejo planificado de los cultivos. Por otro lado, lo más importante para los agricultores, los costos de la tecnología, que en esos momentos eran de aproximadamente cinco mil quinientos pesos por hectárea (\$5 500/ha).

La estrategia de comunicación se basó en la instrumentación de ciclos de información para los productores del valle. Se realizaron sesiones grupales –entre 25 y 30 participantes– de información y análisis, directamente en las comunidades, por medio de documentales en video donde se exponían estos tópicos y se establecían espacios de discusión y propuestas entre los productores, sus representantes y los técnicos involucrados.

Estas acciones, realizadas a lo largo de 1996, permitieron ordenar y dinamizar el proceso de transferencia. Por un lado, ayudaron a adecuar la propuesta tecnológica a las necesidades y posibilidades, con el fin de establecer espacios de diálogo permanente entre los involucrados; apoyar a las organizaciones de usuarios en el desarrollo de un programa de recuperación de los suelos afectados en el distrito, incluso con apoyos financieros para los agricultores; ordenar y priorizar la demanda de la tecnología, ya que por cuestiones finan-

cieras y técnicas, no era posible que todos los terrenos entraran en el programa al mismo tiempo.

Como resultado, se puso en marcha un programa extensivo para la instalación de drenaje parcelario y en el mediano plazo se busca mejorar la capacidad productiva de las más de ocho mil hectáreas más afectadas por la salinidad en todo el valle.

#### COMENTARIOS FINALES

El desarrollo de tecnologías que busquen solucionar los problemas del agua, requieren de estrechar los vínculos de comunicación e intercambio de información para la acción conjunta entre los involucrados en cada etapa de la práctica tecnológica. Es decir, entre quienes generan el conocimiento sobre las condiciones de aplicación, quienes generan o adaptan las tecnologías, quienes las promueven, quienes toman las decisiones para implementarlas y quienes se las apropian, usan y mantienen.

En el caso descrito, las acciones de información y comunicación realizadas en el proceso contribuyeron a hacer más fluida la innovación y transferencia de la tecnología descrita. Se crearon mecanismos de información y espacios horizontales de diálogo, donde los productores conocieron más sobre la salinidad y la tecnología de drenaje; los promotores de la tecnología revalorizaron y enriquecieron su quehacer al conocer las percepciones, necesidades y expectativas de los productores. El proceso continúa, ya que la transferencia no concluye hasta que la innovación tecnológica sea asimilada y aprovechada en beneficio de sus usuarios.

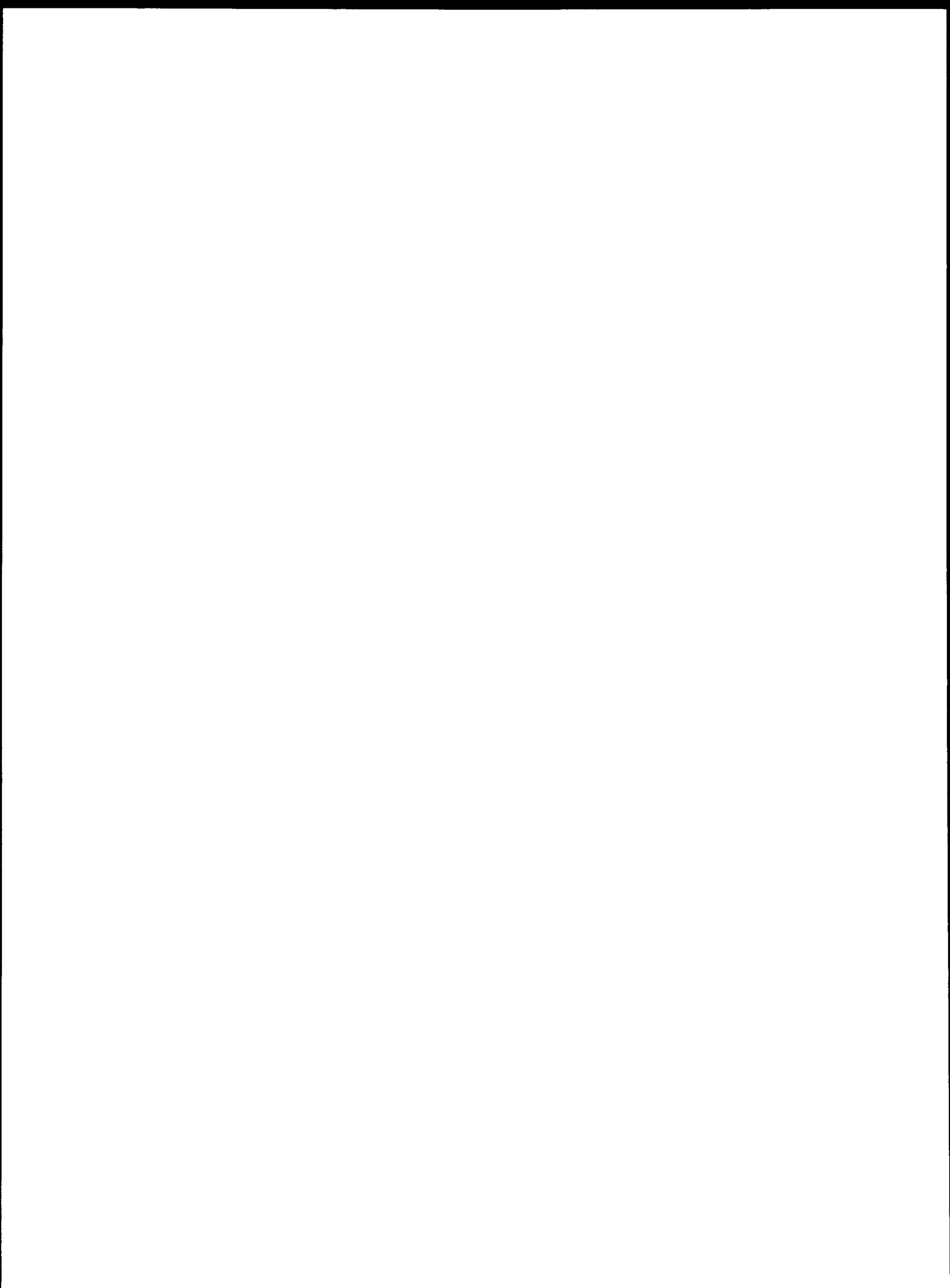
El uso sistemático y planificado de la comunicación permite moldear los procesos de innovación tecnológica del agua en cada etapa, y aprovechar mejor la tecnología al ser adecuada a las necesidades locales.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALDAMA, Álvaro, *et al.*, "Technology for water development", en *International Journal of Water Resources Development*, vol. 10, núm. 3, 1994, pp. 257-276.
- ALDAMA, Álvaro y Luis GÓMEZ UGARTE, *Fortalecimiento de la capacidad institucional del sector agua en México, mediante la investigación, el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos*, México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, s/f, p. 5.
- BASALLA, Georges, *La evolución de la tecnología*, México, CONACULTA-Grijalvo, Serie Los 90, 1991.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, México, *Informe 1989-1993*, 1993, p. 167.
- DOHENY-FARINA, Stephen, *Rhetoric, Innovation, Technology: Case Studies of Technical Communications in Technology Transfers*, Cambridge, MIT Press, 1992.
- FREEMAN, David, *Tecnología y sociedad: apropiación, conflicto y elección*, Randy McNally College Publishing Co., 1974.

- GEORGANTZAS, Nicholas y Christian MADU, "Cognitive Processes in Technology Management and Transfer", en *Technological Forecasting and Social Change*, núm. 38, 1990, pp. 81-95.
- PERKINS, Jane, "Social perspectives on Technology Transfer", en *Transactions on Professional Communication*, vol. 36, núm. 4, diciembre, 1993.
- RAMÍREZ, Ricardo, "Comunicación: un campo de encuentro para el desarrollo sustentable", en *XI Congreso Forestal Mundial*, vol. 5, tema 30, 1997.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL (SEDESOL)-Instituto Nacional de Ecología, *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección del ambiente 1991-1992*, México, 1992, pp. 57-73.
- *Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección del ambiente, 1993-1994*, México, 1994, pp. 110-128.
- SOUDER, J. et al., "A guide of the Best Technology Transfer Practices", en *The Journal of Technology Transfer*, vol. 15, núm. 1 y 2, 1990, pp. 5-16.
- WILLIAMS, F. y David GIBSON, *Technology Transfer: A Communication Perspective*, Newbury Park, SAGE, 1990.





## PROBLEMÁTICA DE LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN MÉXICO EN EL ÁREA DE LAS CIENCIAS DEL AGUA

Carlos Díaz Delgado, Ma. Vicenta Esteller  
y Khalidou Mamadou Bâ<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

Las ciencias del agua cubren una amplia gama de especialidades como son: ingeniería civil, ingeniería química, biología, hidrogeología, matemáticas, estadística, por citar algunas. La utilización de estos campos científicos cuenta con una característica especial, que es enfocar los conocimientos, hasta hoy desarrollados, en función del agua y tratando de responder a las dudas que se plantean a través del método científico.

Hoy por hoy, no es posible encontrar o diseñar un plan de estudios que permita la formación de un generalista en ciencias del agua, por lo que es necesario la formación especializada en aspectos particulares de la problemática del agua. Es decir, se requiere la intervención de un grupo de especialistas para ofrecer respuestas congruentes y globales a un problema complejo.

El Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), dependencia académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México, pretende dar respuesta a la necesidad de formar especialistas en el campo de las ciencias del agua. Los objetivos de este centro son realizar investigación en ciencia y tecnología del agua; formar posgraduados de alto nivel en ciencias y tecnología del agua, a través de los Programas de Maestría y Doctorado; actualizar y capacitar profesionales y técnicos del agua; difundir la ciencia y tecnología de los recursos hídricos, y ofrecer asesoría externa en los problemas relacionados con el recurso hídrico.

En este marco se plantea la necesidad de concentrarse en líneas de investigación esenciales y formar recursos humanos capaces de desarrollarlas. Varias de ellas coinciden con las necesidades de la UNESCO dentro de su Programa Hidrológico Internacional:

- Evaluación de los recursos hídricos superficiales en términos de cantidad y calidad.
- Evaluación de los recursos hídricos subterráneos económicamente aprovechables en términos de cantidad y calidad.
- Establecer la relación entre recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Desarrollar planes maestros de uso y conservación de los recursos hídricos incorporando el concepto de multiobjetivo, multidimensional y sostenible.

1. Investigadores del Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México.

- Investigación científica de aquellos temas en los que los países desarrollados no han investigado por ser problemas específicos de nuestra región.
- Adecuación, innovación y apropiación de tecnologías en aquellos temas que los países desarrollados han investigado.

#### EL RECURSO AGUA COMO FACTOR CRÍTICO DEL DESARROLLO

La senda del desarrollo económico seguida en los dos últimos siglos ha afectado drásticamente tanto la cantidad como la calidad de los recursos hídricos. Y de continuar por este camino, en las próximas décadas habrá una enorme disparidad entre demanda y disponibilidad del recurso agua. Por lo que existe el peligro de que se produzca una crisis a escala mundial que se manifestaría a través de sequías prolongadas con el subsecuente efecto sobre la degradación de suelos, tierras cultivables y bosques; e incluso con la misma desaparición de cuerpos de agua. Situación que podría producir grandes déficits en la producción de alimentos y energía, afectando las economías de los países y por tanto a la población.

Un ejemplo claro ocurre en el acuífero del Valle de México, que es explotado para cubrir las necesidades de agua potable de la población de la ciudad de México. Las principales consecuencias de la explotación del acuífero han sido el abatimiento de los niveles de agua, el hundimiento del terreno en una parte importante del valle, el deterioro de la calidad, así como un aumento de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación.

En 1983 inició la medida sistemática de los niveles de agua en el acuífero del valle de México; los primeros mapas de isopiezas que se elaboraron, mostraron varios conos de depresión piezométrica causados por los principales centros de bombeo. Los niveles de agua que a principios del siglo XX se encontraban someros (como lo prueba la existencia de numerosos manantiales en aquella época), han descendido hasta alcanzar profundidades medias de 40 metros en el centro del valle y de más de 100 metros en los bordes de las sierras montañosas que lo delimitan. Se dispone de datos de descensos promedios anuales durante los años 1988 a 1991 de 1.2 metros en Tláhuac-Xochimilco y de 0.9 metros en ciudad de México, Chalco y Texcoco (Consejo Nacional de Investigación, 1995).

Estos tipos de problemas, que no son exclusivos de la ciudad de México, motivan el estudio de mejores formas para el manejo del agua y su uso racional en todo el mundo, ya que es un recurso natural indispensable para cualquier actividad humana.

Por otro lado, existe el problema de la degradación de la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas. En el caso de México, una de sus principales causas es la descarga directa de aguas contaminadas de origen doméstico, industrial y agrícola en cuerpos de agua, que a su vez son utilizados por la población para cubrir sus necesidades de abastecimiento. Once de las 34 cuencas hidrológicas del país están fuertemente contaminadas por descargas de aguas residuales, fundamentalmente, urbanas e industriales. Se estima que 91% de la carga contaminante se genera en 31 cuencas y cuatro de ellas, las de los ríos Lerma, Pánuco, San Juan y Balsas reciben aproximadamente 50% de las aguas residuales de todo el país. Por ejemplo, de los 145 605 l/s de aguas residuales (urbanas más industriales) que se generan en el país, 41 495 corresponden solamente a la zona metropolitana de la ciudad de

México; luego le sigue la zona metropolitana de la ciudad de Monterrey con 7 135 l/s y la de la ciudad de Guadalajara con 5 658 l/s (INEGI, 1994).

También se ha establecido la carga contaminante que supone estos vertidos, lo que ha permitido clasificar los estados del país en función de los valores de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), tanto de origen urbano como industrial. Con base en ello, al estado de Veracruz presenta descargas de 414 438 868 kg/año, lo que representa 16% del total nacional, de los cuales 370 983 876 kg/año son de origen industrial y el resto de origen urbano; luego le sigue el Distrito Federal con 363 389 107 kg/año (15%), de los cuales 218 577 979 kg/año son de origen urbano; y el estado de Jalisco con 275 806 474 kg/año (12%), donde la descarga más importante es de origen industrial, siendo la urbana de sólo 56 795 970 kg/año (INEGI, 1994).

Los principales giros industriales responsables de las mayores descargas de aguas residuales son la azucarera, con 39% de la descarga total, la química con 21% y la industria del papel y celulosa con 6% del total. Las descargas que corresponden a la industria petroquímica, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica, alimentos representan 16% y el resto del sector 18%.

Por lo anterior, resulta indispensable que todos los sectores, y en particular las instituciones gubernamentales y educativas en todos sus niveles, realicen esfuerzos y asignen recursos que contribuyan a la definición de acciones concretas de corto plazo; atiendan la problemática descrita y con ello se evite llegar a una crisis cada vez más cercana que atente la estabilidad y el desarrollo del país y del mundo.

#### LA PROBLEMÁTICA DE LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN CIENCIAS DEL AGUA

El manejo del agua requiere de un conocimiento amplio del recurso, de su ocurrencia en el tiempo y espacio; de las necesidades de éste como insumo en las actividades productivas y en el bienestar social; así como de las soluciones a los problemas que su escasez, exceso y contaminación generan.

No obstante, el campo de las ciencias del agua en México, y en general en Latinoamérica, es un sector que cuenta con menos especialistas de los necesarios, acentuándose más el problema en la investigación y docencia.

Actualmente, un gran porcentaje de investigadores y científicos en el área de las ciencias y la tecnología del agua buscan la actualización de sus conocimientos en universidades de Norteamérica y Europa. Esto es debido a la falta de infraestructura física y recursos humanos de las universidades y centros de investigación del país que ofrezcan estudios avanzados con nivel de excelencia.

En el ámbito de América Latina, y con base en información facilitada por UNESCO en 1996, los centros de investigación en hidrología, hidráulica y recursos hídricos certificados por la UNESCO eran 59; los especialistas certificados en hidrología con postgrado eran 440 y en hidrogeología 220. Sólo existían tres países con programas de doctorado en ciencias del agua, como Colombia, Brasil y México, aunque se impartían cursos de postgrado en todos los países, excepto en Haití y Belice.

Este panorama permite indicar que se dispone de recursos humanos en términos de calidad pero no así en cantidad, por lo que existe un déficit importante. También se ha podido comprobar que la oferta de cursos de formación solamente satisface 30% de las demandas de conocimiento de los países usuarios; y es mucho mayor que la oferta en aspectos vinculados a cantidad y calidad del agua.

La formación de especialistas en México plantea un grave problema, ya que en las universidades los planes de estudio tienden a tener un enfoque más general. Sin embargo, se reconoce la importancia de personal capaz de entender y proponer soluciones que tomen en cuenta todos los aspectos. Esto es porque muchos de los problemas son complejos y requieren una amplia experiencia y conocimientos profundos para su solución; característica que difícilmente tiene un recién egresado a nivel licenciatura o un "todólogo" a nivel de postgrado.

Esta situación se ha podido detectar en el campo de la Ingeniería Ambiental (Jiménez Cisneros, 1996), donde se puede apreciar cómo algunas universidades han intentado buscar una solución con base en la formación de profesionales en áreas específicas (tabla 1). Pero aún así se ha podido comprobar que faltan especialistas en determinados campos y que es urgente implantar especialidades para responder a los problemas del país (tabla 2).

#### EL CENTRO INTERAMERICANO DE RECURSOS DEL AGUA (CIRA)

El Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) fue oficialmente establecido el 21 de enero de 1993 como una dependencia académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. El CIRA está formado por especialistas en ciencia y tecnología del agua, y nace con la misión de conjuntar experiencias y conocimientos para preservar la calidad y mejorar la distribución del agua en el Estado de México, en el país y en América Latina. Es así un centro de investigación, docencia, extensión académica y servicios a la comunidad.

En 1991 se concibió la idea de crear un centro de formación de alto nivel en ciencias del agua para Latinoamérica como resultado de los cursos-seminarios interamericanos sobre problemas de calidad y cantidad del agua, organizados anualmente desde 1985. Estos eran realizados en colaboración con varias universidades de la República mexicana, con asistencia de representantes de diferentes países latinoamericanos, y bajo iniciativa del laboratorio de Hidrología de la Universidad de Laval (Quebec, Canadá). En dichos cursos, profesionales de alto nivel han discutido sobre los problemas agudos del recurso hídrico, tales como su aprovechamiento, protección y contaminación.

El CIRA tiene por objetivos: realizar investigación en ciencia y tecnología del agua; formar posgraduados de alto nivel en ciencias y tecnología del agua, a través de los programas de Maestría y Doctorado; actualizar y capacitar profesionales y técnicos del agua; difundir la ciencia y tecnología de los recursos hídricos; y ofrecer asesoría externa en los problemas relacionados con el recurso hídrico.

PROBLEMÁTICA DE LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Tabla 1  
Licenciaturas en Ingeniería Ambiental y especialidades (Jiménez, 1996 modificado)

Área de adscripción	Universidad	Enfoque
División de Ciencias Básicas e Ingeniería	Universidad Autónoma Metropolitana	Agua y aire
Centro Interamericano de Recursos del Agua	Universidad Autónoma del Estado de México	Agua
Escuela Superior de Ingeniería	Universidad Autónoma de Coahuila	Global
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología (UPIB)	Instituto Politécnico Nacional	Global
División académica de Ciencias Biológicas	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	Global
Escuela de Ingeniería Ambiental	Universidad de Quintana Roo	Global
Departamento de Occidente	Universidad de Occidente	Global
Facultad de Ciencias Agroindustriales	Universidad Autónoma de Tamaulipas	Global
Escuela Superior de Ecología	Centro de Estudios Superiores de Sonora	Global
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez	Chihuahua	Especialidad
Instituto Politécnico Nacional	México, D.F.	Especialidad
Universidad Tecnológica Nezahualcóyotl	Estado de México	Especialidad
Instituto Tecnológico de Puebla	Puebla	Especialidad
Instituto Tecnológico de Minatitlán	Veracruz	Especialidad
Universidad Veracruzana	Veracruz	Especialidad
Difusión de Estudios de Postgrado	Facultad de Ingeniería, UNAM	Especialidad
El Colegio de México	México, D.F.	Especialidad

Tabla 2  
Especializaciones requeridas en México (Jiménez, 1996)

Especialidad	Líneas
Residuos y desechos sólidos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño de rellenos sanitarios para comunidades pequeñas.</li> <li>2. Manejo, tratamiento y disposición de residuos sólidos.</li> <li>3. Manejo y disposición de residuos peligrosos.</li> </ol>
Aire Medio ambiente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluación de la emisión de contaminantes.</li> <li>2. Sistemas de control para fuentes fijas.</li> <li>3. Estrategias para el control de la contaminación del aire con enfoque de sistemas.</li> </ol>
Agua	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Depuración y reuso.</li> <li>2. Abastecimiento y potabilización.</li> <li>3. Uso eficiente del agua.</li> <li>4. Saneamiento básico.</li> <li>5. Control de contaminación y explotación de acuíferos.</li> <li>6. Manejo de sistemas de abastecimiento y potabilización del agua.</li> <li>7. Manejo de sistemas de depuración de agua.</li> </ol>
Otros campos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Auditorias ambientales.</li> <li>2. Técnicas de evaluación Costo/Beneficio de los proyectos ambientales.</li> <li>3. Control de la erosión.</li> <li>4. Indicadores sobre protección de la biodiversidad.</li> </ol>

Para cumplir estos objetivos, el CIRA tiene cuatro programas de desarrollo:

#### *Programa de docencia*

La realidad actual del área hace necesario formar cuadros base de investigación y docencia en el área del agua, por lo cual el CIRA ofrece actualmente la Maestría en Ciencias del Agua y el Doctorado en Ingeniería, Área Ciencias del Agua.

Estos programas de postgrado están fundamentados en la investigación y tienen por objetivo formar profesionales con un nivel académico de excelencia, capaces de planear, dirigir y llevar a cabo proyectos surgidos de la investigación pura, aplicada y tecnológica; con conocimientos profundos en el área que le permitan impartir cátedras de postgrado y con criterio para formar nuevos grupos de trabajo. Estos dos programas se encuentran el Padrón de Excelencia del CONACYT desde 1994.

La Maestría en Ciencias del Agua inició en septiembre de 1993. De las promociones que se han tenido, actualmente existen 40 alumnos inscritos y han egresado siete. Asimismo, el Programa de Doctorado inició actividades en enero de 1995, con un plan de estudios cuatrimestral, se tiene una matrícula de 17 alumnos inscritos. Lo anterior indica que se encuentra en proceso de especialización un total de 57 profesionales del agua.

#### *Programa de investigación y difusión*

Íntimamente ligado con el programa de docencia se tiene el de investigación, que ayuda a la formación de los especialistas de alto nivel, resolviendo al mismo tiempo, problemas regionales relacionados con los recursos hídricos e incrementando el conocimiento en las ciencias del agua. Las líneas prioritarias de investigación que se abordan son: hidrología, tratamiento del agua y uso eficiente del agua.

#### *Programa de capacitación*

Además de la formación de especialistas de alto nivel, que se realiza en el programa de docencia, es necesaria la preparación de profesionales y especialistas en el diseño, construcción y operación de obras que estén relacionadas con el aprovechamiento o el mejoramiento de calidad del agua, para lo cual se pueden realizar cursos de capacitación, actualización y diplomados.

#### *Programas de servicios*

Adicionalmente a los programas antes mencionados, el CIRA, en base a su personal de alto nivel y laboratorios, puede ofrecer otro tipo de servicios.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DEL AGUA

De acuerdo con la política internacional, las grandes líneas de investigación están circunscritas en el marco de los siguientes proyectos del PHI (Programa Hidrológico Internacional, UNESCO):

1. Evaluar los recursos hídricos superficiales en términos de cantidad y calidad.
2. Evaluar los recursos hídricos subterráneos económicamente aprovechables en términos de cantidad y calidad.
3. Establecer la relación entre recursos hídricos superficiales y subterráneos.
4. Desarrollar planes maestros sobre uso y conservación de los recursos hídricos incorporando el concepto de multiobjetivo, multidimensional y sostenible.
5. Investigación científica en aquellos temas en los que países desarrollados no han investigado por ser problemas específicos de nuestra región.
6. Adecuación, innovación y apropiación de tecnologías en aquellos temas que los países desarrollados han investigado.

De acuerdo con un análisis de la Comisión Nacional del Agua (Collado, 1990) concluye que las necesidades de investigación y actividades, a desarrollar en el futuro, en ciencias del agua para México son las indicadas en la tabla 3.

Tabla 3  
Líneas de investigación y actividades complementarias propuestas (Collado, 1990)

Problema Hidrológico	Investigación necesaria	Método propuesto
Lluvia	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Medición y estimación de su distribución espacial.</li> <li>* Combinación de mediciones de pluviómetros.</li> <li>* Radares e imágenes de satélite para estimar lluvia media.</li> <li>* Reubicación de pluviómetros y disminución de la densidad de redes.</li> <li>* Formación y circulación de lluvia ácida.</li> </ul>	<p>Percepción remota, Kriging. Filtro de Kalman.</p> <p>Kriging.</p> <p>Circulación atmosférica.</p>
Evaporación	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Medición y estimación de su distribución espacial.</li> <li>* Disipación de contaminantes orgánicos (fenoles, petróleo, etc.) e inorgánicos (metales pesados, etc.).</li> <li>* Efectos de la desertificación.</li> <li>* Captación de agua evaporada.</li> <li>* Evaporación de agua salada.</li> </ul>	<p>Percepción remota, Kriging.</p> <p>Acoplación de la física de evaporación con modelos de equilibrio, cinética Química. Regresión.</p> <p>Mallas de condensación.</p> <p>Energía solar.</p>
Humedad del Suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Evolución temporal.</li> <li>* Relación de distribución espacial de lluvia con distribución espacial de humedad del suelo.</li> </ul>	<p>Ecuaciones de flujo en medios porosos no saturados.</p> <p>Percepción remota, Kriging.</p>



Problema Hidrológico	Investigación necesaria	Método propuesto
	* Contenido a distintas profundidades.	Percepción remota, prospección eléctrica.
Infiltración	* Variación espacial durante tormentas. * Evaporación y percolación de agua infiltrada.  * Variación temporal. * Cuantificación.	Kriging, fractales. Modelos energéticos y de flujo de agua en medios porosos. Métodos electromagnéticos Prospección eléctrica, percepción remota.
Problema Hidrológico	Investigación necesaria	Método propuesto
Escorrentamiento	* Evolución de las relaciones lluvia-escorrentamiento como consecuencia de cambios antropogénicos en una cuenca. * Estimación de gastos máximos.  * Variación de escorrentamiento en función del movimiento de tormentas.	Métodos estadísticos geomorfológicos y ecológicos. Paleohidrología, métodos estadísticos. Modelos lluvia-escorrentamiento, modelos de cuenca hidrológica.
Tránsito de Avenidas	* Tránsito en redes hidrográficas. * Tránsito en zonas inundables.  * Definición de llanuras de inundación.	Métodos operacionales. Modelos de cuenca hidrológica. Percepción remota.
Calidad del agua	* Efecto de fertilizantes y pesticidas en la contaminación de acuíferos.  * Transporte de contaminantes no conservativos en ríos, lagos y acuíferos.  * Relaciones químicas entre distintas aguas residuales, y entre éstas con sedimentos.	Flujo en medios porosos. Modelos de química, cinética, métodos electromagnéticos. Acoplar las ecuaciones de Navier-Stokes con las de equilibrio y cinética química. Modelos de equilibrio y Cinética química.
Variaciones climáticas	* Efecto de dióxido de carbono, calentamiento global del planeta, disminución de la capa de ozono y efecto de invernadero en los componentes del ciclo hidrológico.	Simulación.

PROBLEMÁTICA DE LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Adaptación de modelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Combinar modelos físicamente basados,</li> <li>* Robustecer modelos hidrológicos para que funcionen bien bajo condiciones distintas a las que prevalecen durante su calibración.</li> </ul>	<p>Organizar foros para conceptuales y operacionales. difundir y promover el desarrollo de esta área naciente.</p> <p>Establecer reuniones nacionales para informar sobre este tipo de técnicas.</p>
Cooperación internacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Evaluar el impacto de variaciones climáticas en la disponibilidad de agua.</li> <li>* Elaborar modelos de circulación atmosférica, dinámica hidrológica a nivel planetario, balances aerológicos.</li> </ul>	<p>Colaborar con programas internacionales.</p> <p>Participar en proyectos internacionales y formar expertos nacionales.</p>
Planeación de investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Incentivar una secuencia lógica e interdependiente hacia la consecución de objetivos específicos.</li> </ul>	<p>Formular un programa nacional de investigación básica y aplicada a mediano y largo plazos.</p>
<b>Problema Hidrológico</b>	<b>Investigación necesaria</b>	<b>Método propuesto</b>
Información	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Facilitar el acceso a datos hidrológicos básicos a toda la comunidad hidrológica nacional a través de medios magnéticos.</li> </ul>	<p>Crear una base de datos a nivel nacional, accesada mediante modems telefónicos.</p>
Transferencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Lograr el uso de desarrollos nacionales e internacionales.</li> </ul>	<p>Implantar un programa nacional de transferencia de conocimientos hacia los profesionistas encargados de explotar los modelos hidrológicos.</p>
Educación	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Concientizar a la sociedad sobre la importancia del agua.</li> </ul>	<p>Realizar campañas educativas para que ciudadanos comprendan que el precio del agua no siempre refleja su verdadero valor.</p>

Con base en lo anterior, hay que señalar que la conservación del recurso agua destaca actualmente como una de las materias de estudio más importantes. Los repetidos periodos de sequías, junto con las fallas en el abastecimiento de agua en muchas áreas, han dado el toque de atención al mundo en lo relativo al factor agua.

El desarrollo de la industria y el incremento de la población han dado lugar a grandes requerimientos de la misma. Para obtener la máxima utilización del agua, es necesario planear su uso con la más alta eficiencia y con base en una adecuada planeación del desarrollo de los aprovechamientos hidráulicos. Por ejemplo, el consumo para riego excede cualquier otro uso ya que, aproximadamente 80% de la demanda de agua a nivel mundial, corresponde al sector agrícola. De allí que se debe lograr la más alta eficiencia en los métodos de aplicación, proporcionando a los cultivos aquella cantidad que requieren en sus varias etapas de crecimiento, gobernadas por la capacidad de retención de cada tipo de suelo.

El valor actual del agua, principalmente en las zonas de escasos recursos, aunado al reto de mayores superficies de riego para el futuro, es tal, que se hace indispensable un nuevo enfoque en los sistemas de aplicación del líquido. Esto es, tanto en los proyectos futuros como en adecuaciones convenientes a los existentes, para rescatar importantes volúmenes que puedan usarse en nuevas áreas. En muchas zonas del continente americano, el recurso es limitado; en cambio, se tiene amplia disponibilidad de suelos. El problema fundamental es obtener más agua para riego, ya sea rescatando volúmenes por máxima eficiencia en su uso o por transferencia de agua de zonas húmedas.

## CONCLUSIONES

En términos generales podemos concluir lo siguiente:

- La escasez de agua y el deterioro de su calidad hace imprescindible formar recursos humanos capaces de buscar y dar soluciones a esta problemática.
- En la actualidad en América Latina no existen suficientes recursos humanos en el campo de las ciencias del agua y la existencia de centros de formación es prácticamente nula, por lo que formar y capacitar a nuevos investigadores y profesionales representa un gran reto.
- El Centro Interamericano de Recursos del Agua pretende paliar este problema ya que su objetivo principal es preservar y mejorar la distribución del agua en el Estado de México, el país y América Latina. Esto es a través de la formación de profesionales de alto nivel en la investigación en ciencia y tecnología del agua.
- Las líneas de investigación que se marcan como preferentes hacen referencia a la evaluación de los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad, y al desarrollo de planes de uso y conservación de este recurso.

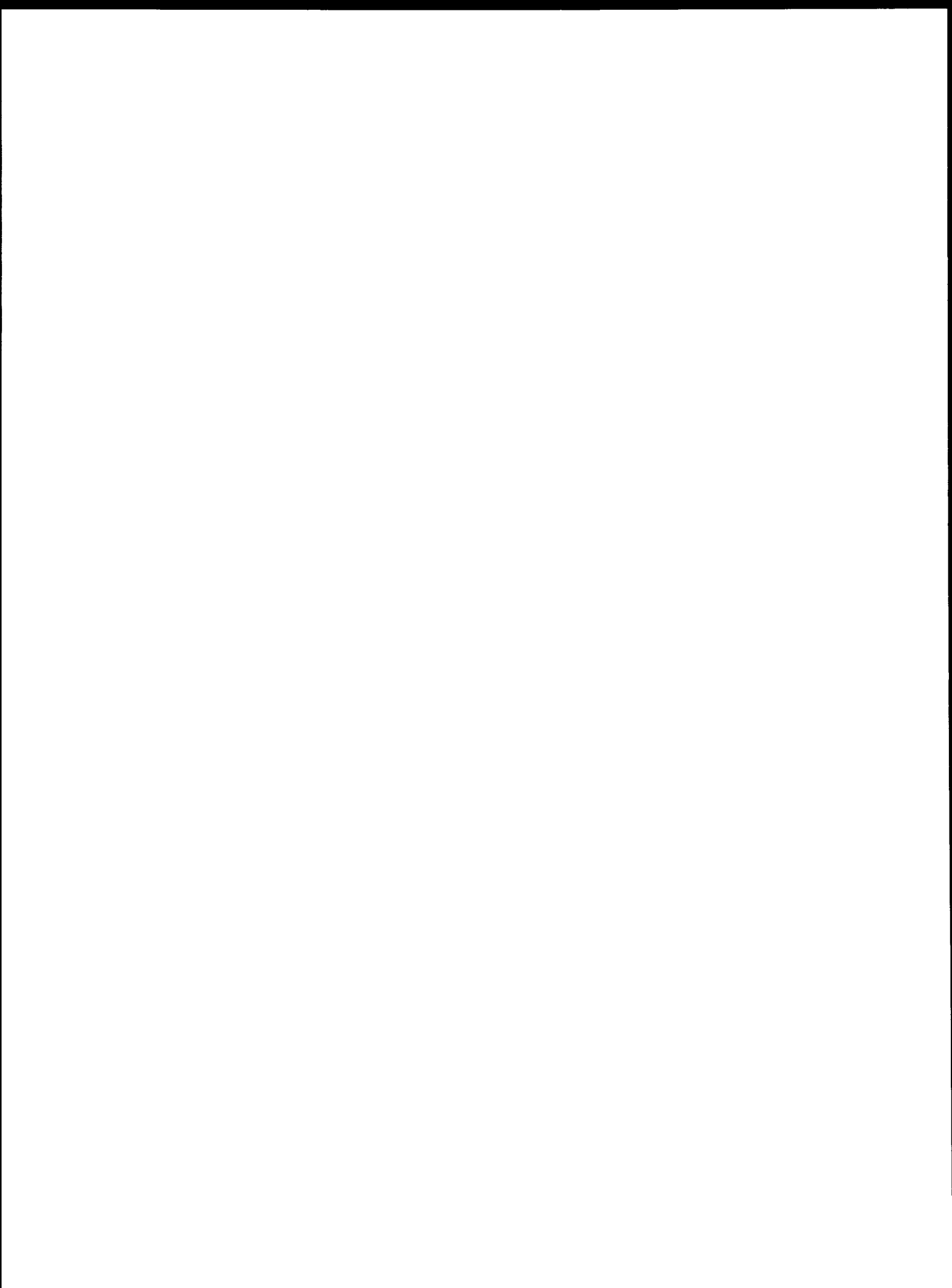
A manera de recomendaciones se plantea lo siguiente:

- Es necesario incrementar el número de profesionales que se dediquen al área de ciencias del agua mediante su formación en centros especializados ubicados estratégicamente en América Latina.
- La creación de nuevos centros de postgrado es una necesidad que debe de ser cubierta desde este mismo momento.

- Hay que fomentar la formación de grupos multidisciplinarios para poder solventar los diversos problemas tanto de calidad como de cantidad relacionados con el recurso agua.
- Se deben de buscar apoyos económicos tanto en el ámbito nacional como internacional, que ayuden a la creación de nuevos centros especializados y a la formación de más recursos humanos.
- Propiciar la transferencia de conocimiento y tecnología a través de la formación, la investigación y el intercambio de docentes a nivel nacional e internacional.

#### BIBLIOGRAFÍA

- COLLADO, Jaime, "Hidrología superficial en México: estado del arte y necesidades de investigación", en *Ingeniería Hidráulica en México*, México, octubre de 1990.
- CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS, *El agua y la ciudad de México. Abastecimiento y drenaje, calidad, salud pública, uso eficiente y marco jurídico e institucional*, México, Academia de la Investigación Científica, Academia Nacional de Ingeniería y Academia Nacional de Medicina, 1995.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), *Estadística del medio ambiente*, México, 1994.
- JIMÉNEZ, Blanca, "Nuevas y viejas necesidades de la Sociedad Mexicana demanda a la Ingeniería Ambiental", en *XI Reunión Nacional de profesores de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Guanajuato, 16 y 17 de mayo de 1996.
- SEDESOL, *Directorio Oferta educativa de estudios ambientales e instituciones de educación superior en México*, México, 1993.



## ÍNDICE ANALÍTICO

### A

- abastecimiento de agua 19, 23, 24, 25, 30, 31, 33, 46, 47, 149, 168, 169, 173, 194, 196, 206, 264, 271, 278, 298, 455
- abasto de agua 30, 61, 64, 71, 274, 278, 322, 407
- abasto de alimentos 78, 336
- abatimiento de los mantos acuíferos 140
- abreviar ganado 146
- acceso al derecho del agua 379
- acceso desigual al agua 140
- acidificación 65
- acuicultura 229
- acuífero 22, 25, 114, 153, 154-156, 158, 161-163, 168-170, 172, 174, 191, 198, 200, 254, 263, 264, 271, 277, 278, 448
- acuíferos contaminados 172
- acuíferos subyacentes 16, 19
- administración autogestiva 350
- administración centralizada 325, 348, 364
- administración del recurso hídrico 191, 234
- administración descentralizada 311
- administración de los recursos hidráulicos 312, 313, 320
- administración de los recursos naturales 311
- administración federal del agua 311
- África occidental 57, 84
- agotamiento de agua subterránea 266
- agotamiento de los recursos naturales 251, 265
- agricultores 26, 42, 45-47, 50, 52, 95, 97, 137, 138, 216, 217, 237, 325, 339, 345, 352, 385, 413, 418, 419, 442, 443
- agricultura 12, 18, 25, 26, 41, 58, 64, 69, 71, 78, 91, 95, 97, 98, 113, 122, 136, 137, 139, 142, 146, 150, 151, 169, 171, 172, 217, 219, 231, 237, 238, 241, 289, 292, 313, 322-325, 330, 332, 335-337, 340, 344, 345, 347, 348, 355, 356, 364, 379, 380, 383, 384, 388, 390-392, 395, 397, 399, 408, 411, 412, 414, 415, 417, 418, 421, 422, 436, 442
- agricultura campesina de temporal 347, 395
- agricultura de irrigación 25, 137
- agricultura de Mesoamérica 137
- agricultura de regadío prehispánica 347

- agricultura de riego 137, 142, 151, 322, 323, 330, 332, 337, 347, 348, 364, 379, 380, 436  
 agricultura intensiva tradicional 344  
 agricultura moderna 344  
 agroquímicos 166, 167, 173, 241, 243, 341  
 agrupaciones de regantes 419  
 agujajes 144, 149  
 Aguascalientes 96, 169, 171, 174, 245  
 aguas broncas 137, 343  
 aguas de desecho 413, 414, 416  
 aguas de jurisdicción federal 314-316  
 aguas domésticas 91  
 aguas dulces 227  
 aguas federales 314, 316  
 aguas nacionales 175, 208, 247, 249, 250, 315  
 aguas negras 22, 169, 253, 260, 266, 291, 293, 294, 411, 413, 417, 419-421  
 aguas residuales 12, 18, 22, 29, 32, 33, 154, 167, 169, 172, 178, 182, 191, 194, 196, 199, 207, 208, 229, 249,  
 250, 262, 267, 268, 269, 271, 272, 276, 289, 411-418, 420-422, 448, 449  
 aguas subterráneas 16, 21, 25, 48, 60, 114, 136, 153, 154, 155, 161, 168, 174, 254, 264, 268, 270  
 aguas superficiales 15, 16, 19, 21, 53, 67, 92, 139, 183, 199, 223  
 agua como bien común 208  
 agua contaminada 170, 173, 294, 412  
 agua del planeta 15  
 agua del subsuelo 64, 139, 213, 396, 397, 399  
 agua de lluvia 16, 110, 115, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 150  
 agua dulce 15, 17, 21, 34-36, 60, 61, 113, 193, 271, 272, 301  
 agua entubada 148  
 agua en las plantas 111  
 agua evaporada 15, 453  
 agua extraída 113, 140, 263  
 agua mansa 147-149  
 agua potable 29, 34, 46, 47, 52, 150, 154, 158, 159, 170, 171, 195, 204, 206, 208, 213, 218, 220, 221, 242, 259,  
 260, 264, 267, 269, 271, 276, 279-281, 286, 299, 302, 420, 430, 436, 448  
 agua subterránea 19, 21, 22, 64, 67, 91, 153, 154, 156, 160, 165, 168, 169, 171, 173, 174, 176, 266, 267, 269,  
 397, 407  
 alimentación 57, 73, 85, 86, 192, 216, 224, 257, 349, 352, 416  
 alternativas tecnológicas 435, 437, 439, 442  
 análisis hidrogeológico 156  
 apropiación tecnológica 426  
 aprovechamiento 12, 21, 41-44, 51, 56, 58, 61, 67, 84, 117, 118, 136, 138-140, 142, 144, 148, 193, 195-197,  
 199, 203-205, 207, 209, 247-249, 251, 254, 257, 258, 260, 264, 288, 292, 296, 297, 301, 314, 316, 319,  
 336, 337, 341, 343, 353, 396, 398, 411, 412, 414-417, 419, 421, 435, 450, 452  
 aprovechamientos hidráulicos 355, 456  
 Archivo Histórico del Agua 312, 318, 319, 367, 368, 432  
 áreas de recarga 19  
 área irrigada 419  
 aridez 347  
 arroyo 138, 146, 398,  
 Arsénico 163, 168, 170, 174,  
 asamblea de usuarios 402, 404, 405  
 Asociaciones Civiles 365

## ÍNDICE ANALÍTICO

---

Asociaciones de Usuarios de Agua 385  
autogestión 245, 279, 321, 347, 348, 349, 352, 365  
autogestivo 135, 352, 378  
autoridades ejidales 354  
autoridades federales 319, 320  
autoridades hidráulicas 247, 248, 249, 253  
autoridades municipales 249, 250, 317, 319, 320, 325  
autosuficiencia alimentaria 78, 217, 222  
azolvamiento 140  
azolve 112, 138, 142, 146, 148, 149, 199, 376, 407  
Azufre 168-170, 171, 174

### B

Bajío Guanajuatense 397  
balance de agua 153, 178  
balance energético 112, 291  
balance hídrico 112, 238  
balance hidrológico 155, 166  
Balsas 66, 67, 223, 224, 437, 448  
Banco Mundial 31, 46, 48, 52, 56, 59, 74-77, 82, 86, 119, 264, 272, 320, 360  
bienes comunes 248, 255  
bienes y servicios ambientales 248  
bien común 52, 208, 243, 279  
bien económico 249, 255, 270, 336  
bien público 249, 255, 259  
biocapacidad 296  
biodiversidad 117, 121, 122, 124, 268, 451  
bioespacio 304  
bioproduktividad 296  
bombas eléctricas 150  
bombeo de agua 220, 306  
burocracia hidráulica 316, 329, 330, 347, 350, 352, 361

### C

calidad del agua 12, 18, 24, 32-34, 38, 51, 60, 64-67, 154, 165, 167-169, 172, 173, 175-187, 191, 193, 195, 207, 220, 221, 224, 243, 261, 264, 413, 414, 420, 450, 452  
calidad de vida 25, 27, 223  
cambios climáticos 64, 229  
cambios globales 57, 69  
cambio ambiental 233-235, 258  
campañas de ahorro de agua 280, 281, 284  
campesino 97, 428-432  
Canadá 37, 38, 93, 94, 184, 185, 186, 193, 202, 263, 290, 302, 442, 450  
canales 138, 139, 148, 205, 209, 210, 240, 241, 312, 313, 320, 326, 332, 336, 340, 342-344, 349, 351-353, 355, 359, 361, 367, 396, 400, 402-404, 406, 407, 409, 412, 416, 418-420, 440, 441  
canales de tierra 416  
canal Portezuelo 368, 369, 371-374  
cáncer dérmico 170  
cantidad de agua 21, 58, 67, 140, 146, 149, 193, 366, 406, 407, 408, 419, 436  
capacidad de almacenamiento 101, 138, 149



- capacidad ecológica 288  
 capital ecológico 248, 249, 255  
 capital hídrico 419  
 captación de agua 150, 213, 292, 297  
 carga contaminante 178, 437, 448, 449  
 cauces 68, 122, 167, 199  
 caudal de agua 407  
 censo hídrico 417  
 centralizar 318  
 centros urbanos 19, 20, 167, 172, 274, 275, 287, 391  
 Centro Interamericano de Recursos del Agua 191, 202, 447, 450, 451, 456  
 Cercano Oriente 57  
 Chalco 169, 170, 174, 261, 448  
 Chapala 153, 154, 156-160, 162, 164, 198, 199, 201, 223  
 charales 223, 224, 226, 227  
 Chiapas 117, 118, 120-122, 126, 132, 133  
 China 17, 37, 56-59, 70, 75, 78, 79, 84, 224, 225  
 chinampería 344  
 ciclo del agua 257, 271  
 ciclo hidrológico 41, 109, 114, 166, 191, 289, 454  
 ciénaga 153, 154, 156, 158-163  
 ciencias del agua 12, 447, 449, 450, 452, 453, 456  
 ciénega de Chapala 223  
 cinturón ecuatorial 69, 70  
 ciudades 12, 18-20, 22-26, 42, 46, 68, 79, 150, 154, 167, 169, 172, 173, 204, 232, 273-275, 277, 283, 286, 287, 289, 290, 292-294, 303, 392, 398, 411-415, 436, 437  
 ciudad de México 24, 27, 49, 64, 67, 141, 169, 259-261, 263, 264, 266, 267, 269-271, 289, 312, 365, 413, 448, 457  
 civilización mesoamericana 136, 151  
 climas áridos 16  
 clima de México 95  
 clima mundial 69  
 Cofre de Perote 292, 297  
 cólera 25, 413  
 Comarca Lagunera 318, 382-385, 387-393  
 comercio mundial 379  
 Comisariado Ejidal 366, 369, 396  
 Comisión Nacional del Agua 45, 46, 51, 52, 136, 166, 175, 200, 201, 208, 219, 223, 234, 239, 244, 250, 276, 285, 291, 299, 302, 320, 329, 338, 351, 363, 365, 380, 398, 400, 402, 404-406, 420, 442, 444, 453  
 Comisión Nacional de Irrigación 316  
 Comité de Vigilancia 364-367, 369, 370, 371-378  
 complejidad 39, 40, 64, 86, 136, 139, 142, 197, 198, 216, 257, 325, 328, 344, 411, 421  
 compra/venta de agua 351  
 Compuestos nitrogenados 169  
 compuestos orgánicos tóxicos 166  
 comunicación en la transferencia de tecnología 441  
 comunicación hidráulica 154, 156, 157, 162  
 comunicación intercultural 425  
 comunidades 26, 34, 46, 47, 110, 135, 150, 205, 213, 215-221, 292, 317, 320, 322, 324, 328-330, 336, 339, 342, 343, 351, 359, 361, 364, 366, 369, 371, 422, 431, 435, 438, 440, 443, 451

- comunidades campesinas marginadas 135  
 comunidades rurales 213, 215, 219, 336, 339  
 concesión 46, 47, 172, 205, 207, 208, 249, 250, 252, 312,-316, 320, 342, 416, 419  
 condiciones de clima 96  
 conflictos 11, 17, 21, 26, 30, 31, 34, 36, 41-43, 48, 50-53, 57, 121, 173, 195, 197, 198, 203, 205, 206, 210, 215, 221, 260, 312, 313, 318, 319, 325, 328, 348, 364-366, 382, 396, 400, 401, 405, 416, 427  
 conflicto por el agua 41, 431  
 conocimiento tradicional 341  
 Consejo de Cuenca 198, 199, 200, 201, 210  
 conservación de los recursos 117, 125, 447, 453  
 conservar suelos 150  
 construcción de presas 112, 140, 214, 275  
 consumo de agua 12, 18, 21, 60, 172, 214, 264, 267, 273, 287, 289, 291, 293, 295-298, 305  
 contaminación acuífera 165, 167, 168, 172  
 contaminación ambiental 241  
 contaminación antrópica 19  
 Contaminación bacteriológica 169, 170  
 contaminación del agua 11, 42, 43, 48, 49, 122, 165, 168, 173, 179, 197, 198, 223, 227, 229, 252, 265, 266, 413  
 contaminación de cuerpos de agua 250  
 contaminantes del agua 64  
 control del agua 205, 343  
 control social 204, 206  
 cooptación política 421  
 corrientes hidráulicas 318  
 cosecha de agua pluvial 215, 216, 220  
 Costa de Michoacán 223, 229  
 costos del agua 239  
 costos ecológicos del agua 259  
 costos ecológicos y ambientales 267  
 costos sociales 252, 253, 255, 256, 263, 269, 381  
 costo del agua 20, 26, 166, 240  
 costo del riego 402  
 costo ecológico 266, 297  
 costo por agotamiento del recurso 264  
 costo por contaminación 264  
 costo real de agua 267  
 crecimiento demográfico 17, 31, 35, 58, 60, 69, 77, 79, 84, 232, 264, 415  
 crecimiento de población 57, 79, 417  
 Cromo 169, 171  
 cuencas hidrográficas 16, 17, 18, 113, 124  
 cuencas hidrológicas 11, 51, 117, 181, 191, 194, 195, 196, 197, 200, 202, 206, 222, 275, 448  
 cuenca del lago 155, 158  
 cuenca del Nilo 57  
 cuenca de recepción 16  
 cuenca hidrográfica 113, 117, 243, 420  
 cuenca hidrológica 11, 42, 43, 52, 191, 192, 195, 196, 197, 199, 200, 204, 207, 208, 210  
 cuerpo de agua 16, 157, 159, 161, 430  
 Cuitzeo 48, 50, 154, 223, 224, 226, 413

cultivos 18, 25, 91, 93-94, 95-97, 104, 137, 149, 171, 215, 216, 219, 240-242, 289, 338, 340, 341, 353, 354, 366, 380, 381, 383, 389, 390, 400-402, 404-406, 412, 413, 430, 441, 443, 456

cultura del riego 337

cultura hidráulica tradicional 142

Cumbre de la Tierra 288

## D

déficits de infraestructura hidráulica 276

déficits en el abasto de agua 61

déficit de riego 236

degradación del medio ambiente 216, 265, 267

degradación de la calidad de las aguas 448

degradación de los recursos 23

delta del Colorado 231

demanda de agua 17, 18, 23, 32, 59, 60, 85, 275, 456

depósito de agua 138

derechos de agua 237, 238, 312, 313, 317, 342, 349, 351, 352, 379, 380, 381, 384, 389, 391

derechos de agua consuetudinarios 342

derechos de propiedad 208, 233, 247, 248, 252, 255, 256, 379, 384, 385, 391

derechos de propiedad en torno al agua 252

derechos de riego 237, 238, 239, 243

derechos de uso de agua 237, 318

derechos originales 312

derechos sobre el agua 250, 396

derecho consuetudinario 337, 343

derecho del uso del agua 371

desabasto de agua 274

desagües urbanos e industriales 241

desalinización 60, 264

desarrollo institucional 73, 81

desarrollo regional 12, 117, 118, 122, 125, 275, 337

desarrollo rural 135, 214, 218, 221

desarrollo social 27, 73, 86

desarrollo sustentable 29, 33, 34, 56, 60, 61, 75, 84, 85, 125, 191, 201, 206, 210, 232, 273, 274, 288, 290, 337, 428, 445

desazolve 420

## E

erosión 18, 96, 97, 110, 112, 142, 143, 144, 148, 213, 215, 217-220, 265, 270, 451

escasez del recurso hídrico 113

escasez de agua 11, 31, 42, 56, 59, 61, 67, 141, 199, 221, 289, 292, 324, 354, 405, 456

escorrentía 112, 113, 116, 149

escurrimiento anual 59, 60

escurrimiento del agua 143, 215, 408

espacios periurbanos 411, 421

Estado 42, 46-48, 50-52, 124, 174, 184, 191, 195, 196, 203-205, 209, 210, 211, 233, 244, 247, 249, 252, 253, 255, 257, 275, 276, 300, 303, 311, 314, 316, 318, 320, 323, 325, 326, 327, 329, 330, 333, 335, 337, 339, 342, 344, 347-352, 355-357, 364, 365, 378, 391, 395, 396, 397, 399, 404, 405, 408, 415, 416, 420, 422, 447, 450, 451, 456

Estados Unidos de América 43, 44, 193, 195, 275, 371, 384, 391

Estado mexicano 203, 204, 209, 320, 330, 335, 337, 364, 365  
 estanquería 228  
 estructura hidráulica 45, 47, 180, 200, 204, 208, 214, 216, 239, 250, 276, 312, 316, 319, 320, 321, 323, 328,  
 336, 344, 348, 349, 350, 351, 352, 359, 361, 363, 364, 365, 366, 371  
 estuarios 16, 22, 35  
 estudio limnológico 157  
 eutroficación 64, 112, 157, 172  
 eutrofización de los cuerpos de agua 241  
 evaluaciones globales del agua 67, 86  
 evaporación 15, 17, 25, 71, 109, 146, 148, 155, 166, 382, 453  
 evapotranspiración 96, 111, 113, 155, 354  
 eventos climáticos extremos 91, 92, 97  
 excesos de lluvias 95  
 explotación del acuífero 448  
 explotación de las aguas subterráneas 25, 114  
 explotación forestal 120  
 exportación de aguas 261  
 externalidades 249, 252, 253, 259, 261, 269  
 extracción de agua subterránea 91

F

faenas comunales 342  
 falta de agua 25, 36, 135, 322, 389, 405, 407  
 federalización 205, 208, 210, 313, 319  
 fenómeno del Niño 225, 228  
 Fideicomiso para la Producción de Agua en México 220  
 fluidos geotérmicos profundos 160  
 flujos regionales de agua 168  
 flujos subterráneos 165  
 flujo del agua 153, 168  
 Fluoruros 169, 171  
 Francia 37, 38, 75, 185, 193, 196, 202, 211, 263, 289  
 frontera hidráulica 337  
 fuentes de aguas superficiales 19  
 fuentes difusas de contaminación 168  
 fuentes naturales de agua  
 fuentes no puntuales 64  
 fuente contaminante 172  
 fuente de agua 194, 216, 328, 341, 343, 354

G

galerías filtrantes 139, 140, 142, 146, 345, 355  
 ganadería 18, 122, 275, 304, 340, 383  
 gases de invernadero 68, 69  
 generación de energía 21, 32, 35, 91, 289  
 gestión del agua 11, 12, 29, 42, 47, 51, 52, 60, 166, 182, 187, 191-197, 200, 206, 210, 211, 216, 395-397, 401  
 gestión del recurso 23, 193, 206, 266, 316, 405  
 gestión de la calidad del agua 175, 177, 179, 184, 186  
 gestión hídrica 23, 26, 192, 412  
 gestión integrada del agua 85

glaciares 15  
globalización 191, 311, 379, 435, 437  
gobiernos locales 209, 210, 276, 319  
grandes ciudades 18-20, 24  
grandes sistemas de riego 323-325, 352  
gran irrigación 323, 324, 335, 336, 338, 339, 347, 348, 363-365, 395, 396  
Guadalajara 173, 333, 356, 409, 449  
Guatemala 31, 117-121, 123, 124, 126, 129, 130, 132

## H

haciendas 139, 329, 397  
herbicidas 167, 241  
hidráulica 45, 47, 138, 142, 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 180, 199, 200, 204, 208, 214, 216, 222, 239, 248, 250, 257, 271, 276, 277, 294, 312, 316, 319-325, 327-330, 336, 337, 343, 344, 347-352, 359, 361, 363-366, 371, 374, 449  
hidrocarburos 64, 65, 167, 169, 174  
hidrogeología 166, 447, 449  
hidrogeológico 153, 172  
hidrología 153, 398, 449, 452  
hielos 16  
hipótesis hidráulica 321-325, 348  
huella ecológica 287, 290-298  
huella ecológica del uso-consumo de agua 287, 291, 297  
huella ecológica municipal 296  
humedad atmosférica 110  
humedad en el suelo 94, 110  
humedales 16, 119, 123  
huracanes 91, 93, 96, 103

## I

impactos ambientales 121, 122, 437  
impactos sobre la salud 261  
impacto ambiental del uso del agua 256  
incendios forestales 91, 94  
incremento de la población 140, 456  
indicadores de desarrollo 55, 84  
indicadores de sostenibilidad 291  
índices de vulnerabilidad 61, 62  
Índice de Oscilación del Sur 92, 97  
industriales 18, 19, 26, 42, 48, 49, 65, 78, 122, 167, 172, 199, 207, 213, 216, 220, 221, 231, 237, 238, 241, 267, 271, 315, 323, 387, 413, 415, 426, 448, 449  
industrialización 43, 69, 81, 392  
infiltración 16, 45, 110, 143, 144, 147-149, 156, 166, 213  
infiltración del agua 144  
infraestructura del agua 85, 216, 294  
infraestructura de gran irrigación 396  
infraestructura hidráulica 45, 47, 180, 200, 204, 208, 214, 216, 239, 250, 276, 312, 316, 319, 320, 321, 323, 328, 336, 348-352, 359, 361, 363-366, 371  
ingeniería hidráulica 138  
Inglaterra 32, 37, 193, 195, 258, 290

## ÍNDICE ANALÍTICO

---

innovación tecnológica del agua 444  
insecticidas 167, 242  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua 203, 355, 356, 425, 435, 437, 444  
instrumento tecnológico 425, 428, 431  
intemperismo 110  
interacción hombre-agua 243  
interés público 249  
intervención estatal 343, 344  
intrusión marina 168, 169  
inundaciones 16, 18, 35, 50, 65, 66, 69, 91, 93, 97, 112, 122, 193, 194, 437  
inyección de aguas residuales 169  
irrigación 25, 26, 137-139, 144, 194, 313, 316, 318, 323, 324, 335-339, 342, 345, 347, 348, 355, 356, 363-365, 387, 391, 395, 396, 398, 400-402, 405, 407, 408, 411, 414, 441  
irrigación con aguas residuales 411, 414

### J

jagüeyes 138, 139, 144, 149, 150, 336, 339, 353, 401  
jueces de agua 367  
juntas de agua 317, 318, 367, 368, 372  
Junta de Aguas 317, 320, 329, 364, 366, 367, 370, 373, 375, 377

### L

lagos 15-19, 35, 36, 64, 66, 68, 112, 153-156, 172, 194, 201, 215, 223, 224, 313, 454  
Lagos aislados 155  
Lagos de descarga 155  
Lagos de flujo directo 155  
Lagos de recarga 155  
lago de Chapala 153, 154, 157-159, 164  
lago de Pátzcuaro 229, 230  
laguna 397, 430  
lámina de riego 382  
La Laguna 338, 349, 353, 356, 361, 397, 407  
La Niña 72, 92, 93, 94, 95, 96  
La Villita 223  
León 45, 169, 171, 277, 318, 367-370, 372-378, 381  
Lerma 48, 198, 199, 201, 202, 223, 224, 260, 269, 393, 430, 437, 448  
Ley de Aguas de Jurisdicción Federal 314  
Ley de Aguas Nacionales 51, 140, 180, 182, 198, 199, 237, 249, 250, 254, 258, 276, 311, 363, 365, 379, 380  
Ley de Irrigación 314, 316  
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 182  
Ley General de Vías de Comunicación 313  
libre acceso 208  
libre mercado 379, 380, 409  
lixiviación 110  
lluvia 16, 45, 71, 72, 91, 95-97, 109-111, 115, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 150, 294, 322, 419, 453, 454  
lluvias invernales 94, 95  
lumberas 139, 147, 372, 375-377

M

- maíz 96, 103, 122, 134, 137, 141, 217, 306, 354, 376, 383, 389, 399, 400, 401, 418, 441
- manantial 49, 50, 139, 147, 359, 361
- manantiales 16, 17, 138, 147, 297, 328, 329, 342, 345, 351, 352, 359, 361, 368, 397, 448
- manantial artificial 139
- manejo del agua 11, 12, 30, 31, 33-35, 37, 39, 53, 60, 68, 114, 148, 166, 180, 185, 203, 205, 206, 208, 210, 216, 217, 231-236, 242-245, 274-276, 316, 341, 342, 352, 364, 365, 402, 406, 411, 413, 436, 441, 448, 449
- manejo del riesgo 340
- manejo de la calidad del agua 33, 38, 65, 177
- manejo de los recursos hídricos 35, 56, 64, 124, 234, 275, 276, 415
- manejo de los recursos naturales 140, 236, 237
- manejo integral de residuos 172
- mantos acuíferos 35, 135, 136, 139-142, 150, 173, 262, 269, 274, 397
- mantos subterráneos 139, 140, 261
- manto freático 263, 268, 269, 271, 397, 398, 407, 441
- mar 16, 20, 22, 25, 92, 93, 99, 112, 113, 153, 161, 168, 169, 171, 224, 228, 229, 304, 398, 436, 441
- marco jurídico internacional 232
- mares 166, 313
- marginación 117, 121, 122, 395
- Marqués de Comillas 118, 121, 122, 123, 133
- matriz de agua 297, 298
- mediación política 204
- megaciudades 20
- mercados de agua 37, 250, 379, 380, 381, 391, 392
- mercados regionales 340
- mercado de derechos de agua 237, 379
- mercado libre de agua 381
- mercado local 417, 418, 421
- mercedes de agua 312
- Mérida 22, 169, 171
- metales pesados 64, 65, 176, 182, 234, 413, 453
- México 11, 12, 20, 22, 24, 26, 27, 30, 32, 35-38, 43-46, 48, 49, 52, 53, 55-60, 64, 66, 67, 70-79, 83, 84, 91-95, 97, 98, 101, 103, 113, 114, 117-129, 131, 132, 141, 151, 165-167, 169, 171, 172, 174, 175, 180, 185, 187, 191, 193, 197-203, 213, 215-217, 219-222, 224, 225, 227-233, 244, 247, 249, 253, 258-267, 269-276, 285-289, 291, 292, 296, 299, 300-303, 305, 311-321, 327-339, 345, 347-349, 351, 352, 355-357, 359, 360, 363, 365, 377, 379, 381, 385, 387, 392, 393, 395, 399, 409, 410, 413, 415, 422, 428, 432, 433, 435, 436, 438, 441, 444, 445, 447-451, 453, 456, 457
- Michoacán 41, 49, 53, 86, 96, 104, 154, 176, 201, 218, 223-229, 311, 312, 314, 318, 319, 333, 338, 395, 396, 398, 405, 409, 413, 422, 432
- microcuencas 287, 291, 297, 307, 414
- microorganismos patógenos 169, 170
- mineralización 110
- mixteca oaxaqueña 135
- modelos de gestión de cuencas 193
- modelo chileno 207
- modelo de aprovechamiento de las aguas residuales 417
- modelo de comunicación 280, 428
- modelo francés 196, 207
- modelo inglés 194, 207
- modernización agrícola 216

modernización del campo 231, 395  
monitoreo del agua 364, 365, 378  
monitoreo de calidad del agua 176, 179, 185  
Monterrey 30, 44, 319, 422, 449  
monzones 69, 70, 71, 73  
mujeres rurales 380  
municipio de Ecuandureo 396-399

N

napas de agua 19  
necesidades de agua 31, 197, 354, 448  
nieves 16  
nivel piezométrico 22, 161, 163, 168, 169  
normas de calidad del agua 414  
Norma Oficial Mexicana 170

O

obras de retención 143  
obras hidráulicas 26, 139, 150, 223, 317, 327, 328, 343, 348  
obras públicas 216, 218  
obra hidráulica 327, 347, 348, 351, 363-365, 374  
océanos 15, 166  
oferta de agua 61, 275, 292  
oferta disponible de agua 218  
organizaciones autogestivas campesinas 330  
organizaciones autogestivas para el riego 321  
organizaciones de usuarios 140, 343, 345, 400, 418, 442, 443  
organizaciones no gubernamentales 23, 81-83, 279  
organizaciones sociales 46, 81, 205, 364, 365, 385, 435  
organización autogestiva 329, 330, 349  
organización comunal 332, 342  
organización de productores 343  
organización social 12, 136, 138-141, 204, 207, 216, 312, 323, 329, 330, 333, 335, 336, 348, 357, 363-365, 378, 411, 415  
organización social de regantes 378  
oscilación del sur 71, 73, 92

P

Pacífico Tropical 92, 94, 97  
países en desarrollo 29, 68, 74, 76, 77, 79, 84, 180, 187  
parámetros fisicoquímicos 176  
participación comunitaria 150  
Partido Acción Nacional 420  
patrimonio común 255  
patrimonio cultural 138  
patrimonio natural 260, 288  
patrones culturales 426, 428, 429  
patrón de cultivos agrícolas 96  
Pátzcuaro 154, 223, 224, 226-230  
peces blancos 224, 227



- pequeñas obras hidráulicas 150
- pequeña irrigación 144, 335-339, 342, 345, 347, 355, 356, 363-365, 395, 396, 400
- pequeños sistemas de riego 324, 337
- pequeño riego 12, 323, 330-333, 335-342, 344, 345, 347-349, 355, 356, 378
- perforación de pozos profundos 397, 399
- periodos de sequía 45, 141, 277, 455
- permeabilidad 122, 169
- permisos de descarga 249, 250
- permisos para riego 315
- perspectiva neoclásica 248, 249, 252, 254
- pesca 12, 48, 71, 92, 154, 194, 224, 228, 229, 315, 322
- pesquerías 121, 225, 227, 229
- Petén 120, 121, 123
- petróleo 21, 42, 57, 113, 118, 165, 171, 193, 265, 317, 453
- plaguicidas 167
- planeación 30, 35, 59, 77, 82, 83, 122, 125, 175, 176, 184, 194, 196-198, 205-207, 232, 240, 271, 275, 276, 278, 284, 285, 291, 297, 300, 303, 319, 456
- plantas acuáticas 227
- plantas de tratamiento 21, 47, 49, 167, 172, 420
- plantas generadoras de energía eléctrica 371
- plan de riego 206, 352
- población indígena 139
- pobreza 29, 32, 46, 57, 73-75, 84, 85, 213, 381, 385, 409
- políticas del Estado 48, 50,
- políticas de modernización 231
- políticas hidráulicas 254
- políticas neoliberales 320, 384, 391
- política de irrigación nacional 338
- política hídrica 275, 276
- política hidroagrícola 396, 409
- política pública 42, 203, 210, 274, 347
- posibilidades acuícolas 223, 224, 227
- potencial hidroeléctrico 119
- pozos 18, 47, 48, 64, 91, 135, 136, 139, 140, 142, 146, 147, 156, 158-163, 166, 169, 171, 260, 268, 277, 343, 349, 357, 359, 361, 397, 399-401, 403-408, 417
- pozos de absorción 169
- pozos profundos 64, 135, 136, 139, 140, 156, 158, 343, 397, 399, 405, 408
- pozos someros 139
- pozo profundo 136, 421
- prácticas agrícolas 18, 216, 221, 399
- prácticas sustentables de uso 243
- precios del agua 210, 231, 239
- Precio de un derecho de agua 389
- precipitación 16, 45, 64, 70, 71, 73, 91-97, 101-103, 155, 156, 213, 216, 257, 263, 266, 277, 297, 342, 354, 382, 399, 415
- precipitación pluvial 45, 213, 216, 266, 354
- presa 42, 43, 44, 113, 119, 137, 138, 140, 142, 145, 147-149, 166, 224, 228, 277, 351, 360, 364, 366-373, 377, 398-408, 416, 417, 430
- presas derivadoras 139, 147, 359, 361, 364-375
- presas de gaviones 145

presas prehispánicas 150  
 presa "El Infiernillo" 228  
 presa de almacenamiento 147, 149, 351  
 presa de arcilla 149  
 presa de Purrón 137  
 privatización 33, 42, 43, 46, 52, 53, 205, 207, 208, 211, 255, 347, 379, 381, 391  
 problemas ambientales 48, 84, 173, 186, 187, 191, 235, 236, 240, 243  
 problemas del agua en México 435  
 problemática ambiental 118, 165, 232, 234, 235, 241  
 problemática del agua 27, 85, 196, 203, 242, 277, 437, 447  
 Procampo 219, 404  
 procesos demográficos 123  
 procesos funcionales del ecosistema 109, 112  
 proceso de descentralización 187, 209  
 proceso de transferencia 235, 245, 311, 364, 409, 425, 439-441, 443  
 producción acuática 223  
 producción agrícola 32, 35, 45, 77, 139, 173, 217, 293, 298, 336, 339, 341, 380, 399, 436  
 producción agropecuaria 18, 42, 417  
 producción comunitaria 216  
 producción del agua 12  
 producción de hortaliza 344, 418  
 producción pesquera 223-225, 227-229  
 productividad agrícola 220, 323  
 productividad biológica 293  
 Producto Interno Neto Ecológico 261, 264, 265  
 programación del riego 402  
 programas de cultura del agua 12, 273, 274, 277, 280  
 programas de manejo del agua 114  
 Programa Acuícola  
 Programa Hidráulico 233, 239, 244, 277, 418  
 Programa Hidrológico Internacional 447, 453  
 Programa para la Modernización del Manejo del Agua 180  
 pronóstico agrícola 96  
 propiedad comunitaria 209  
 propiedad privada 249, 256, 257, 258, 333, 381  
 protección de acuíferos 136  
 proyectos hidráulicos 141  
 proyectos hidroeléctricos 119, 131  
 Puebla 168, 170, 174, 298, 318, 331, 333, 353, 355-357, 359, 361, 364-366, 368, 371, 373, 378, 451

R

recarga del manto freático 268, 269, 397  
 recarga de acuíferos 122, 140, 146, 292  
 reciclamiento de agua 150  
 recursos forestales 120, 265  
 recursos globales de agua dulce 61  
 recursos hídricos 11, 12, 17, 19-21, 23, 24, 27, 29, 34, 35, 40, 41, 43, 51, 52, 56-61, 64, 78, 84, 115, 124, 180,  
 191, 192, 194, 198, 204-206, 209, 211, 234, 239, 244, 261, 262, 264, 273, 275, 276, 285, 289, 291,  
 292, 311, 412, 414, 415, 447-450, 452, 453, 456  
 recursos hídricos subterráneos 11, 21, 447, 453

- recursos hídricos superficiales 447, 453
- recursos naturales 11, 24, 29, 35, 42, 56, 57, 84, 86, 91, 96, 97, 117, 122, 124, 125, 140, 146, 177, 191-193, 196, 199-201, 203, 205, 208, 214, 216, 219, 232, 234, 236, 237, 243, 248, 250-257, 259, 265, 271, 274, 276, 277, 297, 299, 311, 322, 339, 391, 421, 441
- recurso agua 23, 192, 193, 196, 210, 214, 215, 273, 276, 297, 351, 363, 448, 455, 457
- recurso hidráulico 142
- recurso hídrico 56, 112, 113, 191, 194, 232, 235, 239, 245, 268, 409, 447, 450
- recurso social 412
- redes de drenaje 172
- red de canales de riego 241
- red hidráulica 239, 328
- red hidrográfica 16
- Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua 175, 181
- reforestación 143, 144, 150
- reforma del Estado 233
- refugiados guatemaltecos 121
- regadío 312, 321-327, 331, 332, 347-352, 355, 395, 399, 401, 402, 404
- regeneración de barrancas 142
- regeneración ecológica 143, 150
- regeneración ecológica de cuencas 150
- regiones agroecológicas 95, 97
- regiones críticas 57, 60, 75
- región árida de México 231
- región del Sahel 57, 84
- Región Hidrológica 415, 420
- Región Lagunera 363
- región mixteca 135
- Registro Público de Derechos de Agua 208, 250, 380
- rehabilitación de suelos 442
- relaciones corporativas 204
- relaciones de género 12, 379, 380, 387
- relaciones sociales 47, 52, 233, 381, 414, 427
- relación ciudad-campo 411
- reparto agrario 213, 329, 343, 364, 384, 385, 395, 399
- represas 18, 137, 139, 142, 145, 146, 150, 342, 343, 396
- represas filtrantes 145
- reservas acuíferas 215
- reservas de agua dulce 60
- reserva de la biósfera 119
- Residuos Industriales Peligrosos 167
- resolución de conflictos 313
- restauración y mejoramiento de la calidad 276
- retención de agua 143
- retener el agua de lluvia 138
- retraso de las lluvias 96
- riberas del lago 158
- riegos de auxilio 144, 401
- riego agrícola 25, 91, 232, 396, 397, 400
- riego de punteo 401
- riego por bombeo 397

riesgos sanitarios 420  
 río 20, 22-25, 45, 112, 113, 122, 224, 294, 351, 352, 367-369, 372, 378  
 ríos 15-20, 22, 25, 35, 36, 43-45, 64, 66, 68, 112, 122, 172, 194, 201, 213, 214, 224, 263, 313, 314, 342  
 ríos Atoyac y Nexapa 364-378  
 río binacional 231  
 río Cuautla 351-353, 356  
 río Duero 158, 318  
 río Nexapa 351, 353, 357, 364-375, 377, 378  
 robo de agua 329

S

salinidad 22, 44, 113, 234, 237, 243, 244, 441-444  
 salud humana 242, 244  
 San Diego 277  
 San Luis Potosí 96, 286, 329, 411, 413, 415-418, 420, 422  
 Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural 98, 140  
 Secretaría de Agricultura y Fomento 316, 318, 319  
 Secretaría de Fomento 313, 315, 316, 318  
 Secretaría de Medio Ambiente 213  
 sector del agua 82, 85  
 sector ejidal 383, 384, 387, 388  
 sector privado 33, 37, 81, 207, 276, 383, 388  
 semiosis 425, 427, 429-432  
 sequía 45, 73, 93, 94-96, 110, 141, 277, 285, 380, 382, 383, 388, 391, 405-407, 409, 419, 429  
 sequía del temporal de lluvias 409  
 servicios ambientales 120, 248, 269  
 significación del agua 425, 429-431  
 sistemas acuáticos 42, 64, 176, 182, 183, 185, 195, 227, 229  
 sistemas acuíferos 153, 155, 162, 165, 167, 172, 173, 287  
 sistemas de aguas 16, 24, 154  
 sistemas de agua potable y alcantarillado 276  
 sistemas de drenaje 64  
 sistemas de irrigación 398, 407, 408  
 sistemas de producción temporaleros 91  
 sistemas de riego 67, 317, 321, 323-329, 331, 333, 335-337, 339, 344, 345, 347, 348, 352, 353, 357, 363-365, 379, 380, 385, 397, 408  
 sistemas hidrológicos 16-18, 21  
 sistemas prehispánicos 328, 345  
 Sistema de Cuentas Ecológicas 265  
 Sistema de Cuentas Nacionales 263, 265  
 sistema de drenaje 194, 414, 442  
 sistema de riego 322, 324, 326, 332, 333, 342, 343, 348, 351, 356, 383, 419  
 sistema hidráulico 44, 138, 323, 352  
 sistema intensivo de riego 344  
 Sistema Nacional de Información de Calidad del Agua 184  
 Sistema Nacional Hidráulico 276  
 sobreexplotación de los mantos acuíferos 135, 269  
 sobrepastoreo 112, 141  
 sobreexplotación del agua 251  
 Sociedad Hidráulica 140

sostenibilidad de los recursos hídricos 24  
 stress hídrico 353, 354  
 Sudamérica 11, 36, 58, 60, 67, 71, 92, 93  
 suelo 17, 25, 35, 69, 85, 91, 94, 96, 105, 109-112, 122, 142-147, 199, 215-219, 221, 231, 234-237, 240, 241, 265, 270, 271, 274, 337, 339-341, 343, 397, 409, 432, 441, 442, 453, 456  
 suministro de agua 20, 22, 23, 46, 47, 50, 85, 91, 93, 213, 221, 259, 260, 261, 267  
 superficie agrícola 338, 371, 418  
 superficie de regadío 350, 352, 395  
 superficie de riego 235, 238, 239, 323, 338, 339, 378, 400, 414, 441  
 sureste de Asia 57, 60, 71, 73, 84  
 sustentabilidad 11, 12, 51, 73-75, 112, 113, 123, 125, 189, 191, 232, 247, 267, 270, 271, 273, 274, 287, 288, 290, 298  
 sustentabilidad en el manejo del recurso hidrológico 113  
 sustentabilidad urbana 274

## T

Tabasco 96, 118-123, 132, 451  
 tanda de agua 353  
 tarifas del agua 218  
 técnicas de riego 236, 240  
 tecnología alternativa 431, 438  
 tecnología apropiada 96, 438, 441  
 tecnología del agua 12, 428, 432, 438, 441, 447, 449, 450, 456  
 tecnología moderna 150, 341  
 tecnología tradicional 335, 341, 431  
 teleconexiones 71, 93, 94  
 temperatura 49, 64, 65, 69-71, 92, 93, 94, 111, 157, 160-163, 166, 169, 399  
 temperaturas del agua 71  
 tendencias piezométricas 153, 156, 162  
 teoría neoclásica 256, 268  
 Tercer Mundo 29, 74, 79, 83, 167, 214, 215  
 terrazas 137, 138, 144-146, 150, 218  
 tierra cultivable 76, 77  
 Tijuana 44, 244, 273, 277-286  
 títulos de concesión y asignación 249, 250  
 título de concesión 208  
 toma de decisiones 51, 82, 83, 95, 96, 177, 180, 193, 204, 205, 209, 262, 274, 298, 349, 363, 382, 385, 387, 391, 415, 439, 441, 443  
 toma de decisiones en el sector del agua 82  
 tormentas 69, 71, 93, 96, 97, 105, 454  
 transcolación 110  
 transferencia de los módulos de riego 231-233  
 transferencia de sistemas de riego 335, 385  
 transferencia de tecnología 37, 425, 428, 432, 435-441  
 transferencia de tecnología del agua 428, 432, 438, 441  
 transferencia de tecnología de drenaje 436, 441  
 transferencia tecnológica del agua 425  
 transpiración 25, 109, 110, 111  
 trasvase Atoyac-Nexapa 371  
 Tratado de Libre Comercio 219

tratamiento de aguas residuales 194, 229, 262, 267, 271  
turismo 78, 120, 194, 248

U

unidades de la pequeña irrigación 396  
unidades de manejo y conservación del recurso hídrico 113  
unidades de riego 320, 338-340, 344, 348, 356, 396, 400, 401, 404- 406, 408  
unidades de riego de pozos profundos 405  
unidades de riego en pequeña escala 340  
Unidades de Riego para el Desarrollo Rural 339  
universo cultural 428  
universo simbólico 428, 429, 431, 432  
urbanización 43, 55, 57, 68, 69, 73, 77, 79, 81, 84, 85, 261, 274, 414, 415  
usos del agua residual 415  
uso colectivo 209, 380  
uso del agua 21, 33, 36, 42, 51, 60, 113, 199, 201, 204, 206, 207, 209, 239, 242, 243, 256, 257, 259, 260, 269, 297, 336, 344, 370, 371, 381, 397, 400, 401, 407, 408, 411, 419  
uso eficiente del agua 199, 276, 277, 380, 452  
uso múltiple del agua 228  
uso racional del agua 200, 279, 344  
uso social del agua 247, 248, 250, 256  
uso sustentable del agua 231, 233, 239, 247, 250, 254, 256  
uso y manejo del agua 11, 12, 234-236, 244, 245, 274, 436  
usuarios agrícolas 413, 417, 420, 421  
usuarios agrícolas periurbanos 421  
usuarios del agua 192, 198, 208, 235, 236, 242, 257, 348, 396, 413, 435, 437  
usuarios del módulo de riego 233, 235, 237  
usuarios de las aguas residuales 418  
usuarios de la presa 377, 400, 402, 403

V

“Valle del Carrizo” en Sinaloa 436, 441, 442  
valle de Atlixco 356  
valle de Mexicali 231, 241, 277  
valle de México 263, 448  
valle de Tehuacán 137  
valle de Zimapán 168  
valor económico 34, 199, 208, 255, 266, 267, 380  
variaciones climáticas 69, 70, 455  
veda 136, 139, 397, 399, 407  
vegetación acuática 228  
vientos alisios 69, 70, 71, 73  
volumen de agua 15, 17, 18, 45, 144, 148, 150, 155, 196, 292, 368, 397, 401, 402, 406, 417  
vulnerabilidad del agua 58, 62  
vulnerabilidad de los recursos hídricos 11, 19, 84

X

Xalapa 287, 291, 292, 295-300, 302, 303, 305, 307

Z

Zirahuén 154, 223, 224  
zonas áridas 17, 337, 422  
zonas estuarinas 121  
zonas rurales 20, 25, 77, 417  
zona de recarga del acuífero 153  
zona fronteriza 118, 232, 273  
zona Lacandona 118

*Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI.*  
*México desde una perspectiva global y regional*  
Patricia Ávila García, editora  
se terminó de imprimir el mes de diciembre de 2003,  
en los talleres de Offset Libra.

La edición consta de 1 000 ejemplares

Coordinación:

Patricia Delgado González

Corrección:

Héctor Canales

Composición tipográfica:

Irma Sánchez Navarro

portada:

Guadalupe Lemus

Gráficos:

Tania Duarte Peñaloza





43934

IMTA

CENTRO DE CONSULTA DEL AGUA

1979-2004

# XXV aniversario

*Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional* es una compilación de treinta y un ensayos realizados por investigadores de México y otras partes del mundo. Desde diferentes enfoques teóricos y metodológicos se analizan los problemas contemporáneos del agua en México como son la escasez y contaminación del agua en el campo y la ciudad; el deterioro ecológico de cuencas hidrológicas; los conflictos y disputas por el acceso y control del recurso; y las nuevas formas de gestión del agua y el impacto de las políticas ambientales. Sin perder la perspectiva global del problema, se ubica la situación de México con respecto a otras partes del mundo y su vulnerabilidad ante procesos como el cambio climático y el deterioro ambiental.

Con esta obra, pionera en México, se entabla un diálogo interdisciplinario entre la ingeniería, las ciencias naturales y sociales para entender la compleja relación sociedad-agua. Se explica el papel estratégico del agua en términos políticos y su relación con los nuevos conflictos en el ámbito regional e internacional. Además, se perfilan algunas soluciones a la problemática socioambiental de los recursos hídricos en el país.

Colección Debates

