



El agua y la sociedad

*en el mundo
en México
en Morelos*

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA
CENTRO DE CONSULTA DEL AGUA

El agua y la sociedad

*en el mundo
en México
en Morelos*

Esta publicación fue elaborada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, con la participación de la Delegación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, los Servicios Coordinados de Educación Pública y el Centro de Divulgación de la Ciencia en Morelos.

Coordinación general:
Virginia Ugalde

Textos:
Alberto Elton
Teresa Pastor, Centro de Divulgación de la Ciencia A.C.
(CEDIAC)

Diseño:
Jaime Vázquez y Ricardo Espinosa

Ilustraciones:
Josefina Romero y Feliciano González

INDICE

PROLOGO	2
INTRODUCCION	3
EL AGUA Y LA VIDA	4
EL AGUA EN EL MUNDO	6
El planeta Tierra y el ciclo hidrológico	7
El agua y la organización social	8
La evolución de la sociedad y el agua	9
Contaminación y degradación ambiental	10
EL AGUA EN MEXICO Y EL CASO PARTICULAR DEL ESTADO DE MORELOS	12
El agua en México	13
El agua en el estado de Morelos	14
La Infraestructura hidráulica en Morelos	14
Políticas y soluciones	16
BIBLIOGRAFIA	17

PROLOGO

El presente folleto se elaboró para maestros y estudiantes de tercero de secundaria, como material de apoyo para un recorrido por algunas obras de infraestructura hidráulica en el estado de Morelos, que servirá a la vez, como un documento de consulta sobre el agua.

A lo largo del folleto se comenta la importancia que tuvo el agua en el origen de la vida y la que tiene actualmente para todos los seres vivos; la situación que guarda en el mundo; su influencia en el desarrollo de la sociedad humana; las diferentes formas de contaminación y la necesidad de llevar un control en el tratamiento adecuado de la misma.

Respecto a la República Mexicana, se aportan datos sobre la distribución del recurso y la importancia que tiene para el desarrollo; por último, se da información sobre la utilización del agua en el estado de Morelos, indicando la infraestructura hidráulica existente y el marco de desarrollo que se prevé en un futuro próximo.

Con esta información se pretende proporcionar elementos al lector para iniciar la formación en la sociedad, de una nueva cultura del agua.

INTRODUCCION

La demanda de agua por parte de la humanidad ha ido en constante aumento, como consecuencia del crecimiento de la población y de su actividad económica. Los datos a este respecto son espectaculares. La población mundial ha crecido en lo que va del siglo en 2.2 veces, mientras que el consumo de agua se ha multiplicado por 7. El agua consumida para el año 2015 será 20 veces mayor que a principios de este siglo (6).

En términos comparativos, podemos afirmar que a medida que aumenta el proceso de urbanización de los países, el porcentaje de agua utilizado por la agricultura disminuye, mientras que aumenta el correspondiente a la industria, especialmente en la producción de energía y las necesidades de la población en general. Por ejemplo, los litros de agua que se requieren para obtener los siguientes productos son:

Producto	Litros de agua
1 litro de cerveza	25
1 kg de cemento	40
1 kg de lana	150
1 kg de papel	300
1 kg de aluminio	1,200
1 ton de petróleo	10,000
1 kg de estreptomícina	4 millones
1 millón de kilovatios	1.2 billones

Uso del agua en el mundo	Consumo en el año 1900		Consumo probable en el año 2015		Incremento No. de veces
	en km ³	%	en km ³	%	
Doméstico	20	5.0	650	8.0	32.50
Agrícola	350	87.5	4700	58.0	13.43
Industrial	30	7.5	2750	34.0	91.66
Totales	400	100.0	8100	100.0	20.25

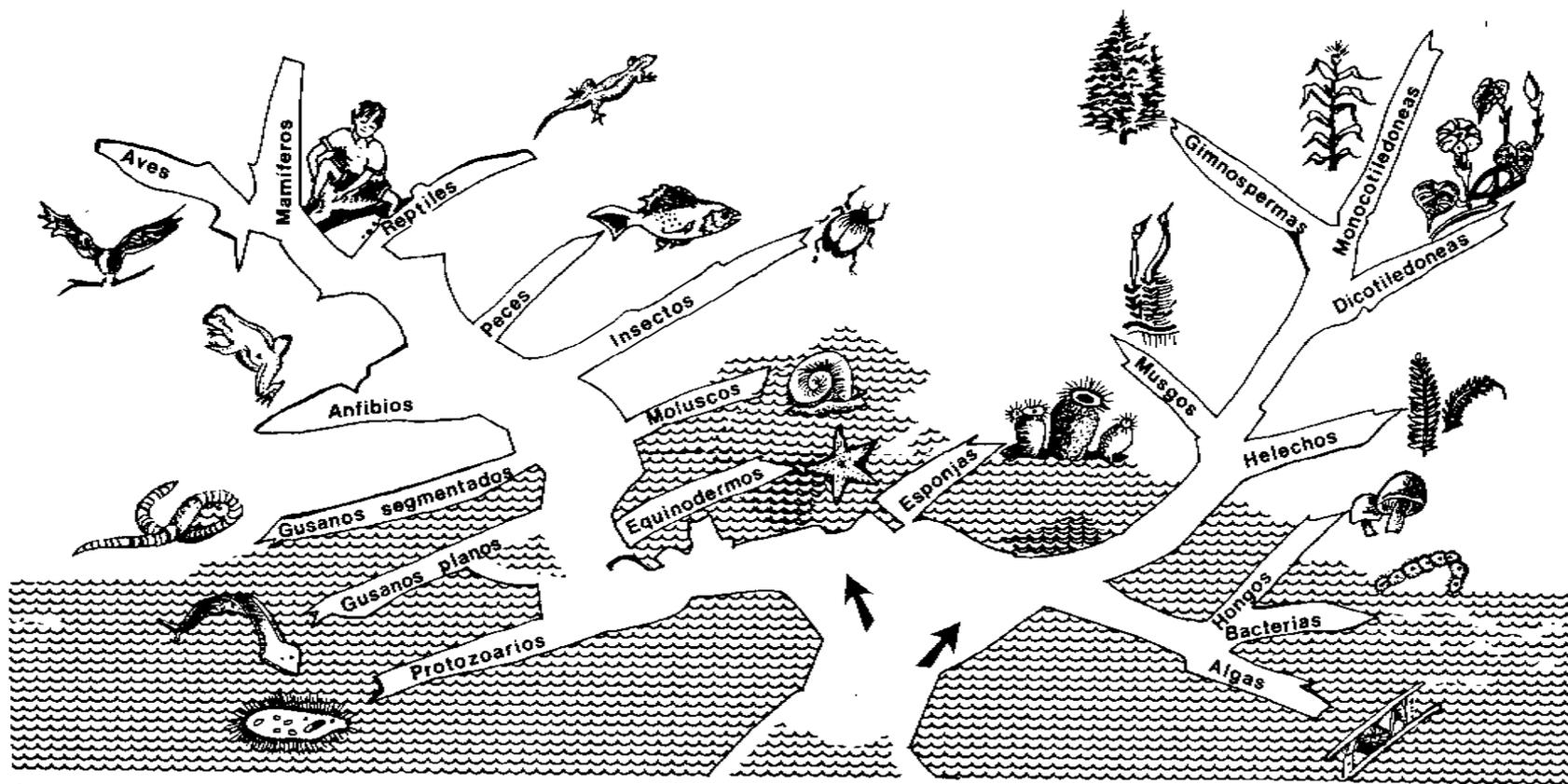
km³ = 1,000 millones de m³

Para poder cubrir las demandas de agua cada vez mayores, el hombre se ha visto obligado a transportar este recurso a través de grandes distancias. Las presas de almacenamiento, los acueductos y canales, las perforaciones de pozos, las canali-

zaciones y derivaciones de los ríos, además de las redes urbanas de distribución, son parte de la costosa infraestructura que se va construyendo sobre la superficie terrestre para poder conducir el agua a donde se necesita.

EL AGUA Y LA VIDA

ORIGEN DE LA VIDA

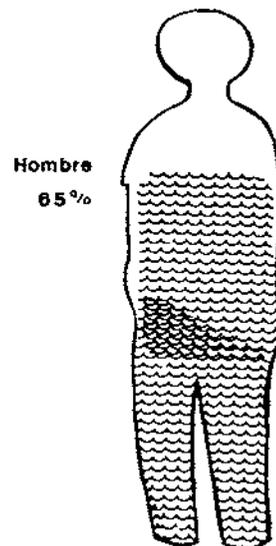
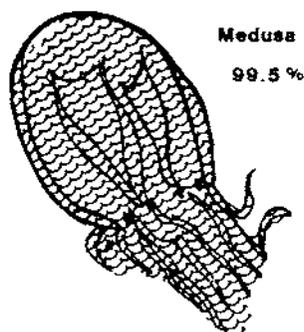


El elemento imprescindible para la vida es el agua. Sin ella, nuestro planeta Tierra sería desierto y, como en el resto de los planetas del sistema solar, no se habría dado la vida.

La vida se originó en el agua hace más de 4,600 millones de años (4). De los primeros organismos microscópicos evolucionaron nuevas formas de vida bajo el principio de la selección natural. Durante una gran parte de la historia del mundo viviente, éste se redujo a especies acuáticas. Cuando algunas salieron a la tierra, se adaptaron al nuevo medio pero no pudieron prescindir del agua. De hecho, todos los seres vivos están compuestos de agua desde un 65 a un 99%.

En la Grecia de Platón y Aristóteles, el agua se consideraba como uno de los cuatro elementos básicos del Universo. A finales del siglo XVIII, el inglés H. Cavendish demostró que el agua era el resultado de la combinación de dos gases: hidrógeno y oxígeno. Algunos años más tarde, el francés Lavoisier logró explicar la composición de la molécula de agua como la formada por dos partes de hidrógeno y una de oxígeno (H_2O).

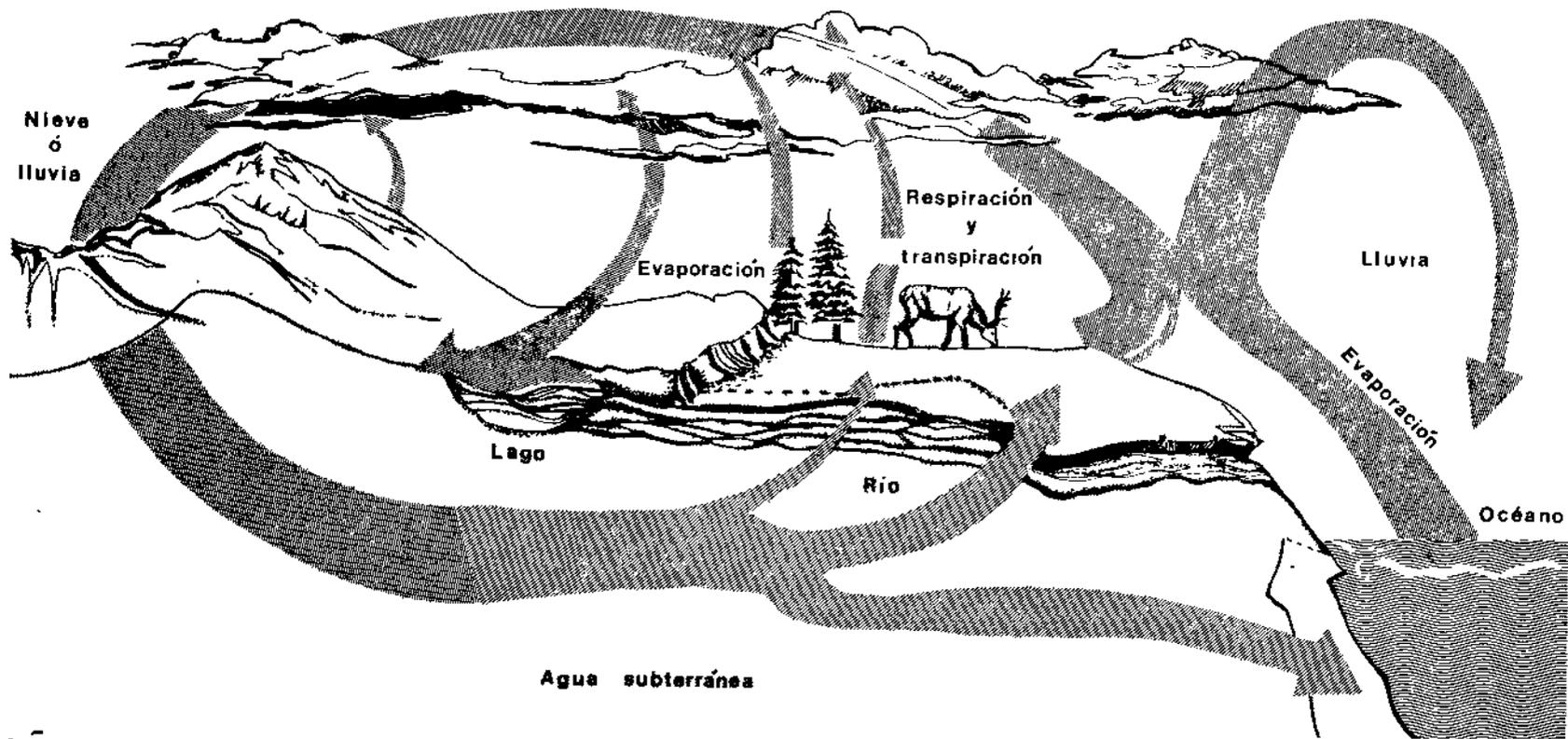
PORCENTAJES DE AGUA



El agua es el vehículo y el solvente por excelencia mediante el cual, los nutrimentos llegan a plantas y animales. Además, la molécula de agua presenta características físicas que la diferencian de otros compuestos similares. Cuando se encuentra en estado sólido es más ligera que en estado líquido, por lo que el hielo flota. El fenómeno de flotación evita la congelación total del mar en los polos y permite que muchos organismos puedan vivir debajo de las capas de hielo.

EL AGUA EN EL MUNDO

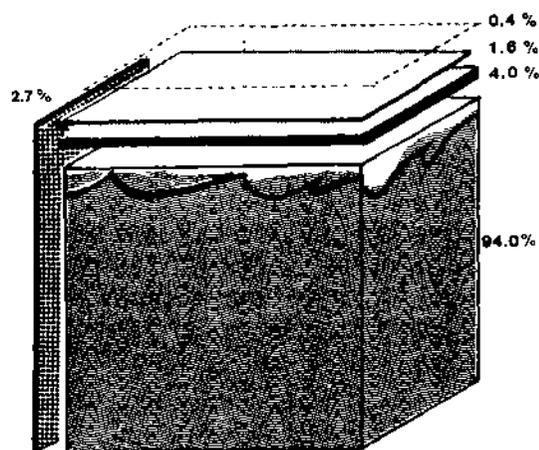
CICLO HIDROLOGICO



El planeta Tierra y el ciclo hidrológico

La Tierra tiene 1,385 millones de km³ de agua.

VOLUMEN TOTAL



De éstos la mayor parte (94%) se encuentra en los océanos. El resto se distribuye en los depósitos profundos de agua subterránea (4%) o formando grandes bloques de hielo (1.6%), de hecho la humanidad dispone de menos del 1% del volumen total (7). Sólo el 2.7% del agua es dulce (5).

Todas las aguas continentales y marítimas recorren un camino que se conoce con el nombre de ciclo hidrológico. Gracias a la energía solar, el agua sufre transformaciones en sus diferentes estados físicos; el agua de los mares y lagos por efecto del calor del sol se evapora y pasa a formar parte de la atmósfera, a ésta se agrega la evaporación del agua del suelo y la transpiración de las plantas. El vapor de agua forma en la atmósfera las nubes, las cuales al llegar a las capas más altas se enfrían lo suficiente para condensarse. Las nubes pueden permanecer en los océanos o penetrar tierra adentro, donde descargan el agua en forma de lluvia, nieve o granizo. Parte del agua se infiltra en la tierra, de donde es absorbida por las plantas o bien, pasa a capas más profundas donde forma depósitos subterráneos y, otra parte escurre por la superficie de la Tierra, formando ríos o arroyos, los cuales desembocan en los mares. De esta manera la Tierra mantiene una cantidad de líquido más o menos constante.

Según Lvovitch (7), para que se renueve toda el agua a través del ciclo hidrológico, se requiere que transcurran 2,800 años. De acuerdo con esta información, actualmente se está terminando el proceso que se inició en los tiempos de Homero, de la Grecia Clásica.

Del agua que se precipita anualmente sobre los continentes y que se calcula en 106 mil km³, el 68% se evapora, el 31% regresa a los océanos por escurrimiento superficial y el 1% se filtra en el suelo (8). Según Ambroggi (10), sobre los océanos se precipitan 390 mil km³ y sobre los continentes 110 mil.

El agua y la organización social

Si nos remontamos en la historia, podemos ver que el agua ha sido siempre un elemento determinante en la evolución de la sociedad. El nómada de la prehistoria busca las riberas de los ríos para aprovisionarse de agua y aprovecha los vados, donde los animales acuden a beber, para hacer el blanco de sus cacerías.

Con la aparición de la agricultura, la gran conquista de la humanidad, el hombre se hace sedentario y se agrupa cerca de los ríos y manantiales.

Adentrados ya en las primeras civilizaciones de nuestra historia, vemos que las grandes culturas se establecen en los valles fértiles de los ríos de África y Asia: Egipto en el Nilo, Mesopotamia en el Tigris y el Eufrates, China en el Amarillo y la India en el Indo y el Ganges.

PRINCIPALES CULTURAS



- 1 Egipto
- 2 Mesopotamia
- 3 India
- 4 China

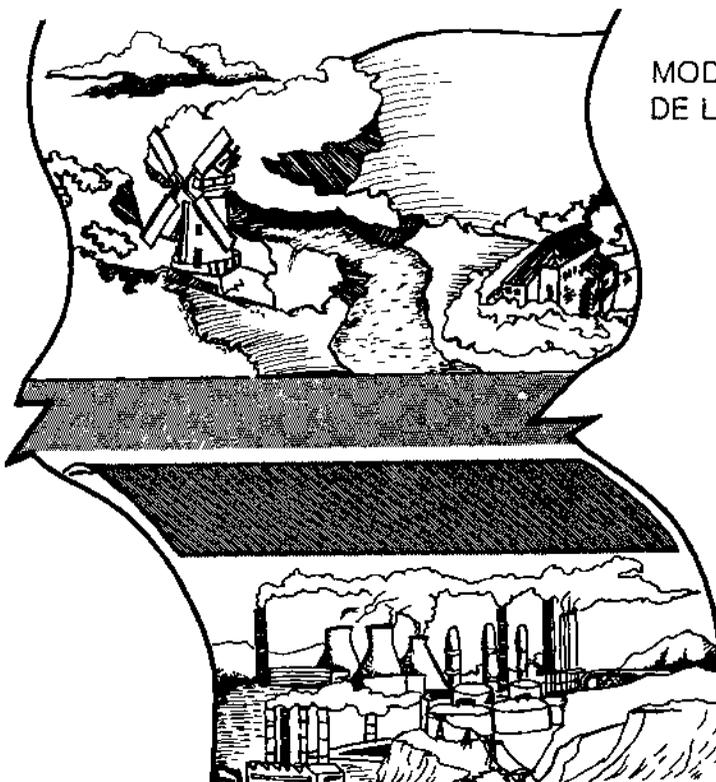
Aunque desconocemos muchos de los avances tecnológicos de las culturas de Mesoamérica, podemos afirmar la gran importancia que tenía el agua para ellas. Independientemente de su grado de civilización, su desarrollo está vinculado a la producción agrícola. Por ello, la disponibilidad de agua para irrigación es uno de los factores fundamentales en la localización de agrupamientos urbanos. Sin ir más lejos, en todas las culturas uno de los dioses principales es el Dios de la lluvia: *Chac* entre los mayas, *Cocijo* para los zapotecas, *Tajín* con los totonacas, *Tlaloc* con los aztecas, *Tlalocatecuhtli* y su esposa *Chalchiuhtlicue* entre los mexicanos.

DIOS TLALOC
Representación pictórica



La evolución de la sociedad y el agua

La Revolución Industrial iniciada a mediados del siglo XIX, a raíz de los grandes avances de la ciencia y la tecnología, modifica sustancialmente las relaciones socioeconómicas y los patrones de desarrollo que prevalecen hasta este momento. De una sociedad rural comenzamos a ser una sociedad urbana industrializada.



MODERNIZACION
DE LA SOCIEDAD

En el siglo XX, debido al avance tecnológico, algunas ciudades se transforman en urbes modernas que encierran un conglomerado de actividades. El aumento de la población urbana se hace patente en todo el mundo, sumándose al crecimiento natural, el resultado de las migraciones masivas del campo a la ciudad. A este crecimiento poblacional, se agrega el incremento de las plantas industriales y los servicios, con lo que las ciudades se convierten en concentraciones consumidoras de recursos naturales. Uno de los más importantes para la sobrevivencia de las comunidades humanas, y en general para el desarrollo de los países, es el agua.

Contaminación y degradación ambiental

Si bien el desarrollo ha otorgado beneficios a la sociedad, también ha ocasionado algunos problemas, como la contaminación de los recursos naturales, a causa de su explotación, muchas veces irresponsable (1).

El agua puede contaminarse en forma natural o por la actividad del hombre, mediante residuos industriales, aguas negras u otras sustancias. Existen diversos tipos de desechos que pueden contaminarla en mayor o menor grado: los biodegradables como aguas negras, sustancias y pro-

ductos naturales; los no degradables como plásticos, latas, detergentes y otros productos de difícil descomposición elaborados por el hombre; por último, los desechos tóxicos, tales como metales pesados, sustancias radiactivas, plaguicidas y diversos compuestos químicos, industriales y agrícolas de alta toxicidad (9).

Para evitar la contaminación, es necesario que las aguas con sustancias químicas provenientes de las industrias y las aguas negras de las ciudades, sean tratadas de acuerdo con el tipo de elementos que contienen, antes de que se incorporen a los ríos, lagos o mares.

Si bien el agua tiene una capacidad natural de autopurificación, ésta es limitada, al rebasarla se corre el riesgo de que la cantidad de agua contaminada sea cada vez mayor.

El uso del agua implica algún nivel de contaminación. Actualmente la cantidad de agua que se consume está superando las medidas de tratamiento puestas en marcha, las cuales han demandado grandes cantidades de dinero para construir plantas y operarlas. De ahí el mal estado en que encontramos algunos de nuestros ríos, lagos o mares.

Por otro lado, la reutilización de grandes volúmenes de aguas de desecho tratadas para el riego y consumo en el campo, presenta venta-

MIGRACION

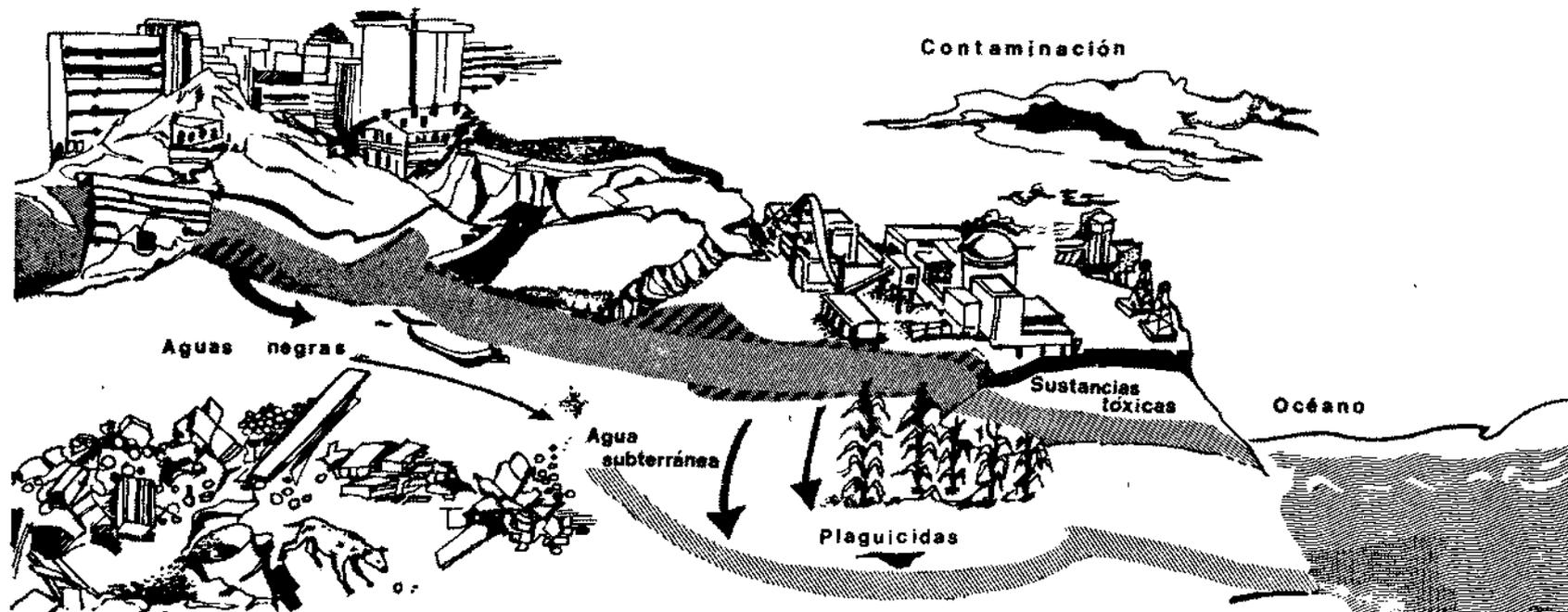


➔ Del medio rural a los grandes centros urbano-industriales

jas y desventajas. Entre las primeras está la fertilización de los suelos que se irrigan con ellas y la posibilidad de tener áreas agrícolas en zonas donde la lluvia es muy escasa. Entre las desventajas tenemos el riesgo de diseminar sustancias dañinas que pueden afectar el equilibrio ambiental y transmitir enfermedades por el contacto directo con estas aguas.

Si se controlan sanitariamente estos efectos, el uso de aguas de desecho puede llegar a ser una buena opción para la agricultura.

CONTAMINACION DEL AGUA



EL AGUA EN MEXICO Y EL CASO PARTICULAR DEL ESTADO DE MORELOS

HIDROGRAFIA DE MEXICO

Principales Ríos

- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1 Aroyo Santo Domingo | 34 Suchiate |
| 2 Colorado | 35 Santa María |
| 3 Concepción | 36 Del Carmen |
| 4 Sonora | 37 Conchos |
| 5 Mátape | 38 Nazas |
| 6 Yaqui | 39 Aguanaval |
| 7 Mayo | 40 Bravo |
| 8 Fuerte | 41 San Rodrigo |
| 9 Sinaloa | 42 Salado |
| 10 Mocorito | 43 San Juan |
| 11 Cullacán | 44 San Fernando |
| 12 San Lorenzo | 45 Soto la Marina |
| 13 Piaxtla | 46 Tamesí |
| 14 Presidio | 47 Pánuco |
| 15 Baluarte | 48 Tuxpan |
| 16 Acaponeta | 49 Tecolutla |
| 17 San Pedro | 50 La Antigua |
| 18 Santiago | 51 Armería |
| 19 Lerma | 52 Papaloapan |
| 20 Lago de Chapala | 53 San Juan |
| 21 Lago de Cuizco | 54 Coatzacoalcós |
| 22 Lago de Pátzcuaro | 55 Grijalva |
| 23 Ameca | 56 Usumachta |
| 24 Tomatlán | 57 Hondo |
| 25 Armería | 58 Candalaria |
| 26 Coahuayana | 59 Champotón |
| 27 Balsas | |
| 28 Atoyac | |
| 29 Nexpa | |
| 30 Grande | |
| 31 Verde | |
| 32 Tehuantepec | |
| 33 Chichapa | |

● Presas mayores de 1 km³
de capacidad

A Plutarco Elías Calles	3.0
B Alvaro Obregón	3.2
C Adolfo Ruiz Cortés	1.1
D Miguel Hidalgo	3.4
E La Boquilla	3.0
F Lázaro Cárdenas	3.0
G Falcón	5.0
H La Amistad	7.1
I Marte R. Gómez	1.2
J Vicente Guerrero	5.3
K Infiernillo	12.5
L Netzahuacóyotl (Malpaso)	13.0
M Miguel Alemán	8.0
N La Angostura	18.6
O Chicoasén	1.7

El agua en México

Cada año llueve sobre el territorio mexicano un volumen de 1,530 km³, de los cuales sólo la cuarta parte escurre superficialmente en los cauces de ríos y arroyos. En el 67% del territorio, la precipitación o lluvia es insuficiente para alcanzar una agricultura de temporal regular.

A lo largo del año la precipitación tiene contrastes significativos. La mayor parte se concentra entre los meses de junio a octubre, mientras que el periodo de secas tiene una duración que va de tres a ocho meses, según las diferentes regiones del país.

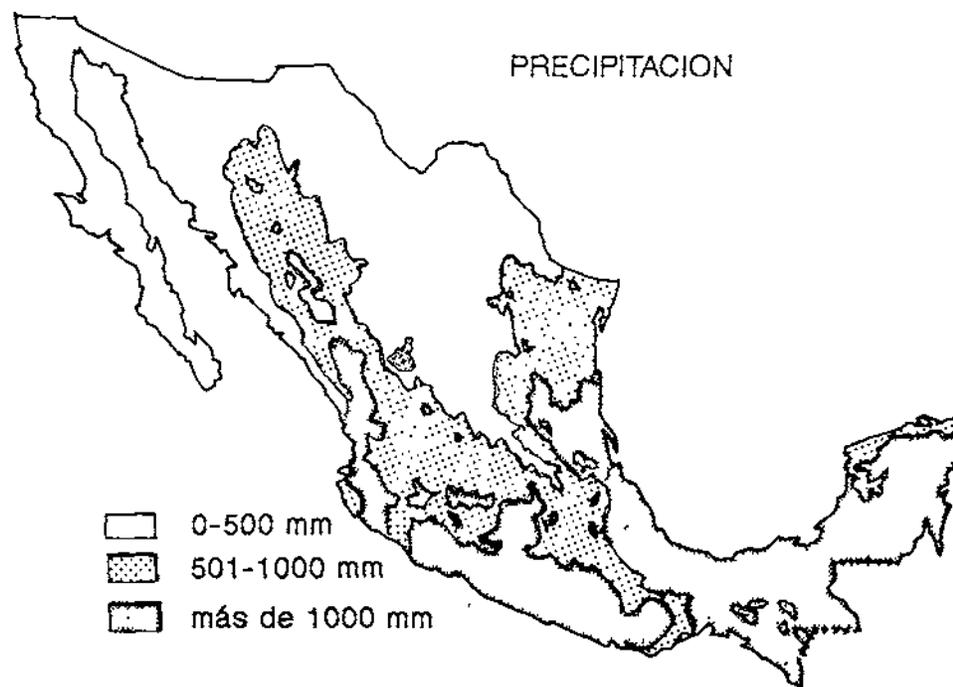
Por otra parte, la precipitación no se distribuye homogéneamente: el 31% de México es árido, el 36% es semiárido y solamente el 33% restante es húmedo o subhúmedo (3).

En el norte y en el altiplano central, regiones que representan más de la mitad del territorio nacional, sólo se registra el 19% del escurrimiento medio anual. Allí, en regiones áridas o semiáridas se ubican las dos terceras partes de la población, más del 70% de la industria manufacturera, el 45% de la superficie bajo riego y el 40% de la superficie con agricultura de temporal, por lo que en el presente ya se tienen casos en donde las fuentes locales de agua no son

suficientes para atender todas las necesidades. Por el contrario, en el sureste donde sólo vive el 24% de la población y la actividad industrial es incipiente, escurre el 67% del volumen total de agua.

La superficie del país abarca poco más de un millón 970 mil km² (197 millones de hectáreas). La topografía es abrupta, las áreas planas con suelos fértiles se encuentran en regiones donde el agua es escasa, como en el noroeste, o bien, donde es tan abun-

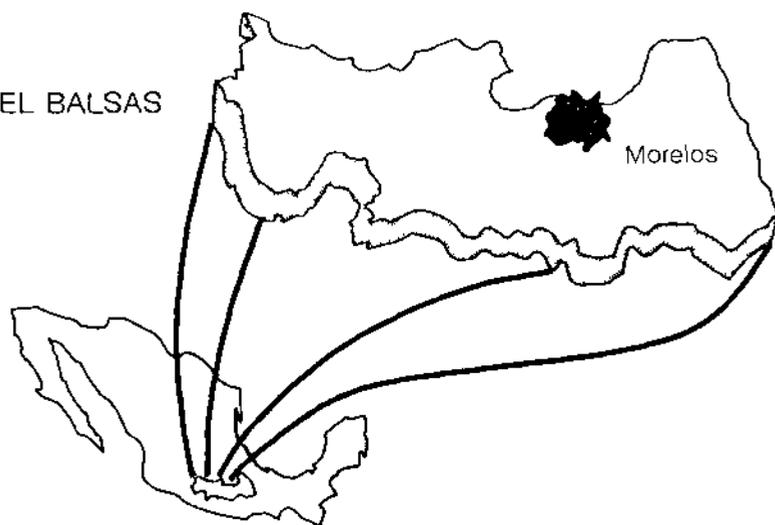
PRECIPITACION



dante que ha sido difícil su aprovechamiento, como en el trópico húmedo del sureste de México.

En tales condiciones el manejo adecuado del agua es indispensable. El riego agrícola, la conducción de agua para abastecer a las poblaciones, el uso del agua para la generación de energía eléctrica y la protección contra las inundaciones, son actividades importantes que se llevan a cabo en todo el país.

CUENCA DEL BALSAS



El agua en el estado de Morelos

El estado de Morelos se encuentra situado en la cuenca del Balsas (2). El territorio está dividido en dos subcuencas: la del Amacuzac, que ocupa el 85% de la superficie, y la del Nexapa con el 15% restante.

El agua utilizada en el estado proviene tanto de los ecurrimientos superficiales como de las aguas subterráneas. La precipitación media anual es cercana a los 1,000 mm, superior a la media nacional que es de 780 milímetros.

La demanda total de agua es de 848.6 millones de m^3 al año. De éstos, el 84% se destina al sector agri-

cola, el 12% al doméstico y el 4% al industrial.

Para satisfacer esta demanda se captan 334 millones de m^3 de fuentes superficiales y se extraen 567 millones de m^3 de fuentes subterráneas. En general, las aguas superficiales se destinan fundamentalmente al medio rural, mientras que las subterráneas tienen un uso más diversificado.

El suelo del estado está dedicado fundamentalmente a la agricultura. De los 2,228 km^2 de tierra agrícola (casi el 50% de la superficie del estado) tres cuartas partes son de agricultura de temporal y una de riego.

La infraestructura hidráulica en Morelos

Las principales obras de infraestructura hidráulica de Morelos son:

- 6 presas de almacenamiento. Grandes almacenes de agua emplazados en terrenos apropiados, con un muro artificial de contención que cierra la salida del agua.
- 100 presas derivadoras. Canalizaciones que se controlan por compuertas y que sirven para desviar las corrientes naturales y dirigir el agua a las zonas donde se desea utilizar.
- 38 tomas directas. Canalizaciones para la desviación simple del agua.
- 851 pozos. Perforaciones sobre los mantos acuíferos, que se usan para extraer agua por bombeo.
- 51 manantiales naturales.
- 2 centros piscícolas y 23 unidades de producción acuícola.
- 240 abrevaderos.

Las obras con carácter preventivo se componen fundamentalmente

Políticas y soluciones

La política a seguir en el caso del agua, se orienta fundamentalmente a la creación de infraestructura hidráulica más funcional para ampliar y equilibrar el suministro del líquido a todos los sectores de usuarios.

Los objetivos específicos son:

- Suministrar agua, para apoyar todas aquellas actividades encaminadas a incrementar la producción agrícola, mejorar la salud, cubrir las necesidades urbanas, abastecer a la industria y fomentar la acuacultura.
- Aumentar las medidas para el control de inundaciones.
- Preservar la calidad del agua.
- Mejorar la administración y uso eficiente del agua y de las obras hidráulicas.
- Realizar programas de capacitación y desarrollo tecnológico para mejorar el uso y la preservación del agua.

Las metas establecidas a corto plazo son:

- Incrementar la infraestructura hidráulica en un 15% para alcanzar la producción estimada y la generación de servicios.
- Incrementar la infraestructura hidroagrícola en el medio rural en un 15%.
- Ampliar el servicio de agua potable para atender 20 mil habitantes de 30 localidades rurales.
- Incrementar en 50% la acuacultura.

Se espera cumplir con los objetivos propuestos con la infraestructura hidráulica siguiente:

- La construcción de las presas de almacenamiento Los Carros, Cayehuacan, Coahuixtla, Tetlama, Cocoyotla, Huitzililla, Tlamaja, La Bejuquera y Colotepec.
- La construcción de las presas derivadoras Mariano Matamoros y Coatepequito.

- La perforación de 250 pozos profundos.
- La rehabilitación de los canales Tenango y Los Hornos.
- La construcción de 4 plantas de bombeo.
- La ampliación de la red de distribución para servir a las poblaciones de Cuernavaca, Cuautla, Yau-tepec, Jiutepec, Jojutla, Puente de Ixtla y Zacatepec.
- La construcción de las redes de saneamiento urbano en Cuautla, Tepalcingo, Tepoztlán, Emiliano Zapata, Tetecala, Zacualpan, Totolapan, Ticumán, Alpuyeca y otros 40 núcleos urbanos que carecen del servicio.
- La ampliación de la planta de tratamiento de aguas residuales e industriales de CIVAC, la cual trata un volumen de 20,600 m³ al día, que resulta ya insuficiente.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Casanova, P.G. y Aguilar, C.H., *México ante la crisis*, México, Ed. Siglo XXI, 1985, pp. 27-29.
 - 2.- Delegación de la SARH en el estado de Morelos y Comisión del Plan Nacional Hidráulico*, SARH, *Programa Hidráulico del estado de Morelos*, México, 1985.
 - 3.- Comisión del Plan Nacional Hidráulico*, SARH, *Plan Nacional Hidráulico*, México, 1981.
 - 4.- Dickerson, R.E., "Chemical Evolution and the Origin of Life", *Scientific American*, EUA, septiembre 1978, pp. 70-87.
 - 5.- "El agua: Espejo ambiental del Desarrollo", *Supervivencia*, año II, núm. 8, mayo-agosto 1977, pp. 33-37.
 - 6.- Korzun, V.I. y Sokolov, A.A., "¿Habrá agua en el año 2015?", *Correo de la UNESCO*, año XXXI, febrero 1978.
 - 7.- Lvovitch, M.I., "World Water Balance", *Proceedings of the Reading Symposium*, vol. 2, IASH-UNESCO-WMO, julio 1970, pp. 401-415.
 - 8.- Nace, R.L., "La hidrología, esa ciencia moderna vieja de 5,000 años", *Correo de la UNESCO*, año XXXI, febrero 1978.
 - 9.- Odum, E.P., *Ecología: en el vínculo entre las ciencias naturales y sociales*, México, Comp. Ed. Continental, 1979.
 - 10.- Ambroggi, R.P., "Underground Reservoirs to Control the Water Cycle", *Scientific American*, vol. 236, núm. 5, EUA, 1977, pp. 21-27.
-
- *Actualmente Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Esta publicación se terminó de imprimir
en enero de 1988 en los talleres del
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua,
Priv. de las Fuentes No. 10, Jiutepec, Morelos.
Responsable: Andrés Cruz Rivas.
Su tiraje consta de 2,000 ejemplares.