

(2ª pag #)

~~A13~~

A3

MANEJO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA MEXICANA

JESUS ZEPEDA OROZCO  
INGENIERO QUIMICO  
JEFE DE PROYECTO

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS  
COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO  
MEXICO, D.F. (MEXICO)

RESUMEN

Se presenta una evaluación del uso y abastecimiento de agua a las principales industrias mexicanas, a partir de la comparación entre la disponibilidad de agua y su uso entre diferentes usuarios. Con predicciones del uso del agua apoyadas en previsiones del Plan Nacional Hidráulico, y el Plan Nacional de Desarrollo Industrial.

Se estudian los efectos que tendrá en la disponibilidad del agua el crecimiento industrial en ciudades mexicanas, con base en la estimación de los volúmenes de agua requeridos por ciertas industrias específicas, como: azucarera, refinación de petróleo, siderúrgica, papel y celulosa, química, textil, bebidas, alimenticia y eléctrica.

Se concluye con una clasificación para la selección de industrias que deberán ser establecidas, con base en la cantidad y calidad del agua, en el tipo de industria, así como en la identificación de objetivos, políticas, metas y acciones que deben orientar la localización y selección de tecnología, con el objeto de lograr un manejo racional y eficiente del recurso.

## RESUME

### UTILISATION DE L'EAU DANS L'INDUSTRIE MEXICAINE

Il s'agit de réaliser une analyse de la disponibilité de l'eau au Mexique, pour la comparer avec son usage dans les différents secteurs, particulièrement le secteur industriel et cela dans le cadre du Plan National Hydraulique et du Plan National de Développement Industriel, pour ainsi pouvoir obtenir une évaluation de l'utilisation et de l'approvisionnement en eau des principales industries mexicaines.

On y inclue une analyse des effets que portera la croissance de l'industrie sur la disponibilité de l'eau dans certaines villes mexicaines, en se basant sur l'estimation des volumes d'eau requis par des industries spécifiques telles que: sucrerie, raffinerie de pétrole, sidérurgie, de papier et cellulose, chimique, textile, de boissons, alimentaire et électrique.

On conclut par une classification pour sélectionner les industries qui devront être établies en se fondant sur la qualité de l'eau, la disponibilité et le genre d'industrie, ainsi que sur l'identification des objectifs, politiques, buts et actions qui doivent orienter la localisation et sélection de technologie, dans le sens d'atteindre une utilisation rationnelle et efficiente de la ressource.

## SYNOPSIS

### WATER MANAGEMENT IN THE MEXICAN INDUSTRY

An analysis of water availability in Mexico is made to be compared with the use of water in different sectors, particularly with the industrial sector and this within the National Water Plan and the National Industrial Development Plan, since it is obtained an evaluation of the water use and supply to the main mexican industries.

It is included the effects analysis, that will have the industry growth in the water availability of some mexican cities, from an estimation of water volumes required by specific industries, as: sugar refinery, oil refinery, steel, paper and celluloid, chemical, textile, food, drinks, and electrical.

It is concluded with a classification for the selection of industries that will have to be established, based in the quality and the availability of water, and the type of industry, as well as in the identification of objectives, politics, goals and actions that must guide the industry location and technology selection, with the objective to get a rational management and efficient use of the resource.

## AGUA PARA LA INDUSTRIA

### Disponibilidad de Agua

Aparentemente toda el agua que precipita, potencialmente, está disponible para cualquier uso, siempre y cuando se defina por disponibilidad potencial media anual como: "El volumen que podría disponerse si no existiera ninguna obra de aprovechamiento a lo largo de las corrientes naturales".

La disponibilidad definida de esta manera suma 410 165 millones de metros cúbicos de escurrimiento medio anual, evaluándose en un 56% del país con aforos reales y en un 44% en base a estimación con líneas de isoescorrimento, con alta concentración en el sureste y baja o escasa en el norte, figura 1. En lo correspondiente a agua subterránea, se tiene estimación del agua que recarga los acuíferos, la cual asciende a 17 409 millones de metros cúbicos, la cual es mas alta en las regiones del norte - respecto a las del sur, figura 1.

### Usos del Agua

La realización de toda actividad humana requiere de la participación del agua, así - partiendo de esta premisa se define:

- Uso urbano, si la actividad es municipal.
- Uso industrial, en la actividad industrial
- Uso agrícola si la actividad es agrícola
- Uso recreativo, hidroeléctrico y otros

En términos generales cada uso implica realizar acciones de extracción, consumo y descarga, llevando asociados ésta última los efectos de contaminación, figura 2. En México los mayores usuarios son: Agrícola que usa 46 551 millones de metros cúbicos; Urbano, 3 875 millones; Industrial, 6 216 millones e Hidroeléctrico con 101 335 millones, en total para 1980 se usaron 157 977 millones de metros cúbicos y según estimaciones de la SARH \* para el año 2000 se estarán usando 549 974 millones de metros cúbicos, que rebasarán en un 30% la disponibilidad potencial media. En el cuadro 1 se muestran las estimaciones de extracción y consumo para los años 1950, 1980 y 2000.

### Agua para Uso Industrial

Congruente con la política oficial de protección industrial, el sector industrial mexicano ha mantenido un ritmo anual de crecimiento del 8% este incremento en capacidad productiva industrial se ha realizado con una localización de industrias que sólo toma en cuenta centros de producción y de mercado.

El abastecimiento de agua a la industria mexicana, se realiza preferentemente de fuentes subterráneas (85%), el porcentaje restante en su mayoría proviene de fuentes superficiales. Dentro de este contexto el agua se ve sometida a explotación intensiva,

---

\*SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Estado del Gobierno de México.

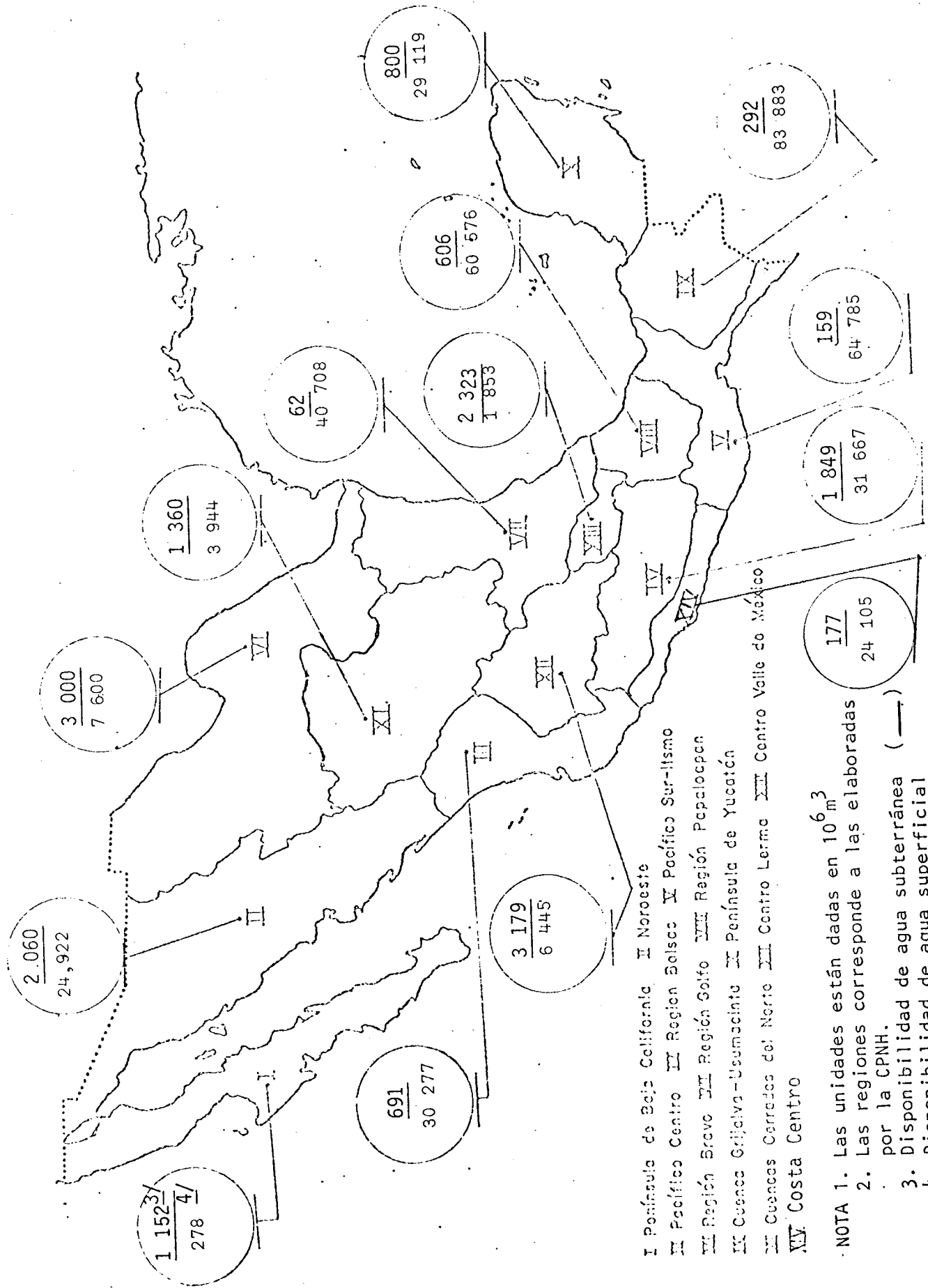


FIGURA 1. DISPONIBILIDAD POTENCIAL DE AGUA EN MEXICO

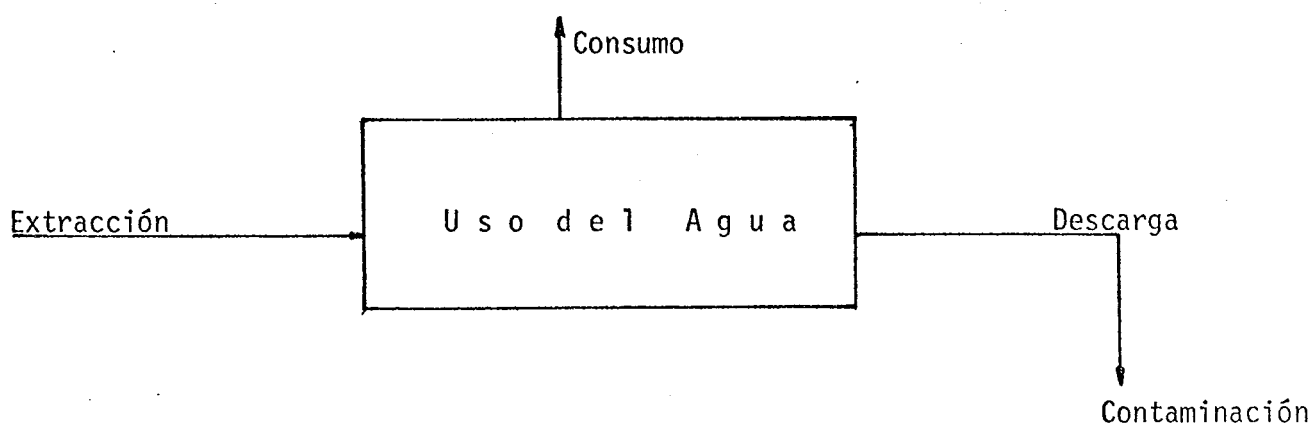


Figura 2. Extracción, consumo y descarga en el uso del agua.

U s u a r i o s	EXTRACCION EN MILLONES DE M <sup>3</sup>			
	1950	1980	1990	2000
Riego	29 500	46 551	65 546	85 759
%	78	30	28	16
Generación de electricidad	7 700	101 335	150 794	439 201
%	20	64	65	79
Agua potable	500	3 875	6 148	8 585
%	1	2	3	2
Industria	600	6 216	10 283	16 429
%	1	4	4	3
T o t a l	38 300	157 977	232 691	549 974
%	100	100	100	100

Cuadro 1. Extracción de agua por los diferentes usuarios.

tanto superficial como subterránea, a fuerte contaminación y a constante degradación en su calidad original.

Un aspecto importante del uso del agua en la industria, es el reuso y la recirculación, que hasta ahora se efectúa en unas cuantas industrias, enclavadas en localidades con problemas en el abastecimiento, como son: Monterrey, N.L., en la región VI, México, D.F., a la región XIII y Guadalajara, Jal., a la región XII, figura 1.

La estimación de volúmenes de agua a la industria, se realiza con índices de uso y contaminación, aplicables a una clasificación específica de la industria que contiene 90 actividades, pudiéndose reagrupar en función del uso y contaminación del agua en nueve grandes grupos, azucarera, papel y celulosa, siderúrgica, petrolera, alimenticia, textil, bebidas, química y eléctrica, cuya agrupación de índices se muestra en el cuadro 2.

En el panorama de contaminación orgánica sobresale la industria de papel y celulosa con una generación de contaminación equivalente a 14.6 millones de habitantes y la industria azucarera con 8.5 millones de e.p. las cuales en conjunto generan una carga contaminante casi igual al 50% de la población urbana del país, cuadro 3.

Industria	Uso del agua ( $10^6 m^3$ )		Contaminación Orgánica en $10^6$ E.P. *
	Extracción	Consumo	
Azucarera	1 585.0	216.0	8.5
Química	978.8	273.1	1.0
Papel y Celulosa	370.6	156.7	14.6
Petróleo	324.7	36.4	0.7
Bebidas	148.4	62.4	8.2
Textil	120.9	23.0	1.6
Siderúrgica	114.1	53.6	-
Eléctrica	69.6	45.7	-
Alimentos	11.5	2.9	2.1
S U M A	3 723.6	833.8	36.7
Resto del sector	776.4	137.2	
T O T A L	4 500	970	

\* E.P. Equivalente en Población, (54 grs por hab por día de D.B.O.)

Cuadro 3. PERFIL DEL USO DEL AGUA EN NUEVE INDUSTRIAS

La evolución que el uso del agua ha tenido en la industria, de 1945 a 1980 indica -- una extracción de 283 millones de  $m^3$  en 1945 y alrededor de 6 216 millones en 1980, -- de estos últimos el 83% corresponde a los nueve tipos de industrias antes mencionadas, las cuales suman 3 720 millones de  $m^3$ . En primer lugar la industria azucarera extrae 1 585 y la industria alimenticia a noveno lugar extrae 11.5 como se muestra en el cuadro 3.

Industria	Rango de Extracción 1	Rango de Consumo 2	Demanda Bioquímica de Oxígeno 1	Sólidos Totales 1	Observaciones
Azucarera	15 a 64 m <sup>3</sup> /ton de caña	30 a 10	8 250 g/ton de caña	18 500 g/ton de caña	En contaminación se consideró la generación por el lavado de caña
Química	10 a 500	50 a 5	variable*	variable*	Todos los rangos varían con el producto
Papel y Celulosa	60 a 350	70 a 20	172 000 <sup>1</sup> g/ton de celulosa	500 000 <sup>1</sup> g/ton de celulosa	Se tomaron sólo los índices de celulosa
Petróleo	0.3 a 6.2 m <sup>3</sup> /barril de crudo	36 a 4	74 500 g/1000 barriles	160 500 g/1000 barriles	Información directa.
Bebidas	10 a 56 m <sup>3</sup> /1000 lt de producto	60 a 30	40 000 g/1000 lt de carga	95 000 g/1000 lt	Se tomaron como representativos los índices de cerveza.
Eléctrica	10-75 m <sup>2</sup> /KW instalado	65 a 55	—	—	Información directa.
Textil	250 a 650	25 a 15	118,000	200 000	
Siderúrgica	7 a 60	75 a 15	—	500	
Alimentos	6 a 35	70 a 15	60 000	71 000	Se tomaron como representativos los de alimentos lácteos

- NOTAS:
- 1 Unidades en m<sup>3</sup>/ton de producto excepto cuando se indiquen.
  - 2 Porcentajes de la extracción.
  - 3 Los índices de contaminación varían con el tipo de producto.
  - 4 Los índices de contaminación en la fabricación de papel a partir de celulosa son mucho menores.

CUADRO 2 INDICES DE EXTRACCION, CONSUMO Y CONTAMINACION (rangos).

FUENTE: CPNH, 1976.

## Pronósticos de crecimiento

La base de los pronósticos de la demanda de agua, son por un lado los índices de uso y por otro el Plan Nacional de Desarrollo Industrial <sup>1/</sup> (PNDI), este plan selecciona cerca de 70 actividades industriales, sobre las cuales se estructura y se centra la acción promotora de crecimiento. De acuerdo con esto, la industria mexicana requeriría de 18 500 millones de m<sup>3</sup> a 29 600 millones de m<sup>3</sup>, en una hipótesis optimista y pesimista respectivamente, las estimaciones nacionales se muestran en el cuadro 4.

HIPOTESIS I			HIPOTESIS II		
A ñ o	Extracción (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Consumo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	A ñ o	Extracción (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Consumo (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
1977	4 500	971	1977	4 500	971
1982	7 250	1 560	1982	6 800	1 250
1990	18 500	2 900	1990	11 300	2 050
2000	29 600	5 600	2000	18 500	3 350

Cuadro 4. Demanda de agua para la industria en el futuro.

## Efectos del crecimiento en los recursos hidraulicos

Desde el punto de vista de disponibilidad de agua se analizan las implicaciones del PNDI en el agua, así como los efectos de su implementación, dado que el PNDI supone implícitamente que hay agua suficiente en todas las regiones para apoyar el logro de sus metas, las que si tomaran en cuenta la disponibilidad o calidad del agua en las diversas regiones o localidades, dan origen a falta de congruencia relativa en el establecimiento de zonas prioritarias, en donde el agua por su escasez o calidad, restringirá el crecimiento industrial. En la lámina 3 se presenta la clasificación regional en base a la disponibilidad de agua, donde se han marcado las zonas que el PNDI pretende impulsar.

De acuerdo al análisis de compatibilidad, uso vs disponibilidad, en México alrededor de 25 ciudades prioritarias se enfrentan a problemas de escasez de agua, en cambio 14 ciudades tienen agua disponible incluso para industrias de alto consumo y por su lado en 6 ciudades se deben resolver proyectos de conducción de agua regional y estudios de agua subterránea, antes de permitir el establecimiento de todo tipo de in-

<sup>1/</sup> PNDI. Plan Nacional de Desarrollo Industrial que lleva a cabo el Gobierno Federal.



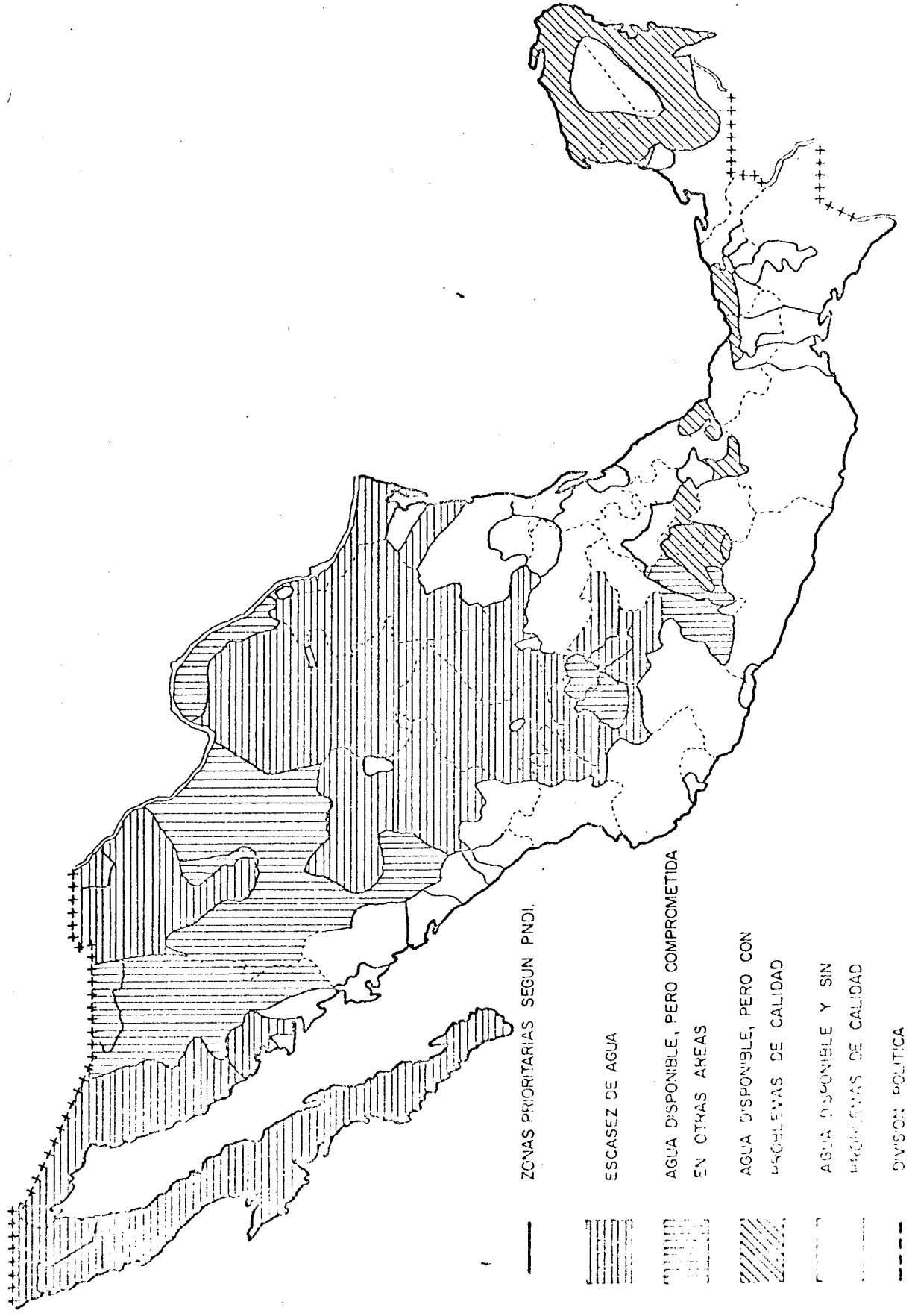


Lámina 3 Disponibilidad Regional de agua

dustrias. Finalmente, en cinco ciudades prioritarias se presentan problemas de contaminación del agua disponible.

### Conclusiones

De acuerdo con el análisis de congruencia y considerando las características de uso del agua por rama industrial, se obtienen conclusiones para considerar la localización de industrias por zonas prioritarias de desarrollo industrial.

Desde el punto de vista del uso del agua las industrias se clasifican de acuerdo al volumen que requieren para producir una unidad económica <sup>1/</sup> de producción, en promedio algunas industrias requieren más de 141 m<sup>3</sup>, otras 23, 3.5 y 2.5; siguiendo este criterio se puede decir que las industrias que requieren 141 m<sup>3</sup> son de alto uso del agua, y las que requieren 3.5 ó 2.5 son de bajo uso, para el efecto las industrias químicas son de alto uso y las de maquinaria y equipo son de bajo uso, la clasificación general se muestra en el cuadro 5.

En esta forma en el cuadro 5 las actividades industriales se clasifican por el uso del agua en: I. Muy alto uso, II. Alto uso, III, Medio y IV. Bajo, lo que aplicado a las industrias contempladas dentro del crecimiento industrial, fundamente una política para el uso eficaz del agua.

Con esta clasificación y conociendo las restricciones de disponibilidad de agua, el Plan Nacional Hidráulico ha establecido, objetivos, metas, políticas y acciones para el abastecimiento de agua a la industria, buscando que éste sea más racional y eficiente dentro del sector.

Industria	Categoría de uso	Productividad media m <sup>3</sup> /unidad económica
Azucarera	Muy alto	141
Química	Alto	23
Celulosa y papel	Alto	23
Refinación de petróleo	Medio	3.5
Bebidas	Medio	3.5
Textil	Medio	3.5
Siderúrgica	Medio	3.5
Alimentos	Bajo	2.5
Eléctrica (térmica)	Bajo	2.5

Cuadro 5. Clasificación de industrias por uso del agua.

<sup>1/</sup> Unidad económica de producción igual a \$1 000.00, equivalentes aproximadamente a 43.00 U.S. dólares.

Objetivo.- Contribuir al desarrollo sostenido y a la localización y selección de tecnología que considere al agua en su disponibilidad, contaminación y uso y reuso eficiente.

Metas definidas para 1982.- Implantar una política de suministro y cobro del agua, - que apoyando a la industria, sea congruente con la disponibilidad, uso y preservación de la calidad del agua.

Desarrollar e implementar un sistema tarifario, acorde con la meta para 1982, basado en la medición del agua más que en la estimación del volumen usado, así como en el deterioro de la calidad.

Llevar el reuso del 15% en 1982 al 30% en el año 2000 y la recirculación del 20 al 50% en los mismos años.

Consecuentemente se requiere de normar el crecimiento industrial con las siguientes políticas: compatibilizar los programas de abastecimiento de agua, tomando en cuenta disponibilidad local y calidad.

Políticas.- Buscar el establecimiento de tarifas equitativas y diferenciadas, en función del uso del agua, así como su medición y aforo en áreas industriales. Implementándose esta política de inmediato a aquellos mayores consumidores (Tipo I), que se estén abasteciendo de agua subterránea.

Estimular la formación y capacitación de recursos humanos, con anticipación a los requerimientos, por medio de la investigación básica y aplicada al desarrollo tecnológico de México.

Participar en la educación escolar a todos los niveles, para crear conciencia sobre el uso del agua.

Establecer organismos dedicados a la investigación tecnológica de uso eficiente del agua, que permitan desarrollar, adaptar y promover tecnología de acuerdo a las características locales y regionales de disponibilidad, contaminación y calidad del agua.

Acciones.- Toda la implementación de estos objetivos, políticas y metas, requiere de acciones que aseguren la consecución de las metas a nivel nacional como son: Formación de un sistema de información o retroalimentación para la planeación, investigación, proyectos, construcción y operación de sistemas de abastecimiento de agua en bloque. Elaboración de manuales y normas para el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua en bloque.

Para la realización de estas acciones, se han iniciado labores entre las instituciones involucradas, ligadas entre sí, por el marco institucional mexicano. Esperando que al final del siglo el agua abastecida al sector industrial aparte de controlada, sea medida y a su vez usada en tecnologías adecuadas a la disponibilidad del recurso.