



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**UNA VISIÓN DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE  
EN EL DISTRITO FEDERAL**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
**A C T U A R I O**  
**P R E S E N T A :**

**CARLOS ERWIN RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ-VELA**



**DIRECTOR DE TESIS : DR. PABLO BARRERA SÁNCHEZ**

2005

m340710





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ**  
**Jefe de la División de Estudios Profesionales de la**  
**Facultad de Ciencias**  
**Presente**

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Una visión del consumo de agua potable en el Distrito Federal"

realizado por Carlos Erwin Rodríguez Hernández-Vela

con número de cuenta 9958604-9 , quien cubrió los créditos de la carrera de:  
Actuaría

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Dr. Pablo Barrera Sánchez

Propietario

M. en A.P. María del Pilar Alonso Reyes

Propietario

M. en C. Claudia Alquicira Esquivel


Suplente

M. en C. Guilmer Ferdinand González Flores

Suplente

Mat. Luis Alberto Vázquez Maison

Consejo Departamental de Matemáticas

  
Act. Jaime Vázquez Alamilla  
Coordinador de la carrera de Actuaría



FACULTAD DE CIENCIAS  
CONSEJO DEPARTAMENTAL

# Índice general

|   |           |
|---|-----------|
| Introducción .....  | 1         |
| <b>Capítulo 1</b>   |           |
| <b>Introducción conceptual.....</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1. Reservas mundiales de agua.....  | 5         |
| 1.2. Movimiento de agua en la hidrosfera- el ciclo hidrológico.....   | 6         |
| 1.3. Distribución de agua escala mundial.....   | 8         |
| 1.4. Aspectos a tomar en cuenta para realizar estudios<br>acerca de los recursos de agua dulce.....                         | 10        |
| 1.4.1. Crecimiento poblacional.....   | 11        |
| 1.4.2. Crecimiento demotécnico.....   | 11        |
| 1.5. Usos de agua.....  | 12        |
| 1.5.1. Uso doméstico.....   | 12        |
| 1.5.2. Uso industrial.....  | 12        |
| 1.5.3. Uso agrícola.....  | 13        |
| 1.6. El agua dulce y el desarrollo económico.....   | 13        |
| 1.6.1. Urbanización.....  | 16        |
| 1.7. Disponibilidad de agua.....  | 18        |
| <b>Capítulo 2</b>   |           |
| <b>México: Recursos hídricos, extracciones y usos de agua a nivel nacional.....</b>   | <b>22</b> |
| 2.1. Regiones administrativas.....  | 22        |
| 2.2. Ciclo hidrológico nacional.....  | 25        |
| 2.3. Disponibilidad de agua en México.....  | 29        |
| 2.4. Grado de presión sobre los recursos hídricos en México.....  | 32        |
| 2.5. Suministro de agua para consumo humano.....  | 34        |
| 2.6. Problemática del abastecimiento, manejo y usos de agua en México.....  | 36        |
| 2.7. Fuentes de abastecimiento de agua superficiales y subterráneas en México....   | 39        |
| <b>Capítulo 3</b>   |           |
| <b>Evolución histórica de los caudales de agua que se que se suministran al<br/>Valle de México y Distrito Federal.....</b> | <b>41</b> |
| 3.1. Abastecimiento de agua para la subregión Valle de México.....  | 42        |
| 3.1.1. Evolución histórica del abastecimiento en el Valle de México.....  | 42        |
| 3.1.2. Importancia de los acuíferos subterráneos del Valle de México.....   | 44        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.3. Crecimiento poblacional en el Valle de México.....   | 46        |
| 3.2. Abastecimiento de agua para el Distrito Federal.....   | 49        |
| 3.2.1. Evolución histórica del abastecimiento de agua al D.F.....   | 50        |
| 3.2.2. Crecimiento poblacional en el D.F.....   | 50        |
| 3.3. Comparación entre los suministros de agua del Valle de México y Distrito Federal.....                                    | 58        |
| <br>  |           |
| <b>Capítulo 4</b>   |           |
| <b>Diagnóstico de la calidad del servicio y cobertura de agua potable por delegación en el Distrito Federal.....</b>          | <b>60</b> |
| <br>  |           |
| 4.1. Población en el Distrito Federal por delegación.....   | 60        |
| 4.2. Información estadística del servicio de agua potable por delegación en el Distrito Federal.....                          | 62        |
| 4.2.1. Abastecimiento de agua potable por delegación.....   | 62        |
| 4.2.2. Usos de agua por delegación.....   | 63        |
| 4.2.3. Fugas.....   | 66        |
| 4.2.4. Infraestructura de la red de agua potable del Distrito Federal.....  | 68        |
| 4.2.5. Viviendas con agua potable.....  | 69        |
| 4.2.6. Frecuencia de recepción de agua.....   | 70        |
| 4.3. Comparación de la calidad del servicio de agua potable entre las delegaciones del D.F.....                               | 71        |
| 4.4. Causas o motivos por los que existe una disparidad entre la calidad de los servicios de agua potable por delegación..... | 76        |
| 4.4.1. Heterogénea distribución de la población.....  | 76        |
| 4.4.2. Disparidad entre el PIB de las distintas delegaciones.....   | 77        |
| <br>  |           |
| Conclusiones.....   | 80        |
| <br>  |           |
| Apéndice I Regiones administrativas de la CNA.....  | 84        |
| Apéndice II La metodología del valor índice medio.....  | 87        |
| Apéndice III Glosario.....  | 93        |
| <br>  |           |
| Bibliografía.....   | 95        |

# Índice de tablas

## Capítulo 1

|   |    |
|---|----|
| 1.1 Reservas de agua en la tierra.....  | 5  |
| 1.2 Periodos de renovación de los recursos de agua en la tierra.....  | 8  |
| 1.3 Recursos renovables de agua dulce por continente.....   | 9  |
| 1.4 Países con más recursos de agua renovables.....   | 9  |
| 1.5 Histórico de población contra consumo de agua per cápita para uso personal (doméstico) en Nueva York 1979-2003..... | 14 |
| 1.6 Usos de agua (Estimados de la FAO para el año 2000).....  | 17 |
| 1.7 Marco de referencia establecido para la disponibilidad de agua por persona...                                       | 18 |
| 1.8 Disponibilidad de agua para algunos países del mundo.....   | 19 |
| 1.8.a Diagnóstico de la disponibilidad de agua para algunos países del mundo.....                                       | 19 |

## Capítulo 2

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Datos geográficos y socioeconómicos por región administrativa.....   | 23 |
| 2.2 Datos geográficos y socioeconómicos por entidad federativa.....  | 24 |
| 2.3 Componentes del ciclo hidrológico nacional, 2001-2002.....   | 27 |
| 2.4 Histórico del crecimiento poblacional y extracciones de agua en México.....  | 27 |
| 2.5 Población total de México, 1950-2025.....  | 28 |
| 2.6 Proyecciones de la disponibilidad de agua por habitante.....   | 29 |
| 2.7 Disponibilidad de agua por región administrativa.....  | 30 |
| 2.7a Diagnóstico de la disponibilidad de agua por región administrativa, (acumulativo).....                                | 32 |
| 2.8 Marco de referencia para clasificar el grado de presión sobre los recursos hídricos de una determinada zona.....       | 33 |
| 2.9 Grado de presión sobre el recurso hídrico en México.....   | 33 |
| 2.10 Agua suministrada por entidad federativa, 1996-2001 (m <sup>3</sup> /s).....  | 34 |
| 2.11 Suministro de agua, población y dotación de agua, 2001.....   | 35 |
| 2.12 Volúmenes de agua concesionados por región administrativa.....  | 37 |
| 2.13 Volúmenes de agua concesionados, disponibilidad natural media de agua, población y PIB por región administrativa..... | 38 |
| 2.14 Volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua Km <sup>3</sup> anuales.....                       | 39 |

## Capítulo 3

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Delegaciones y municipios que componen el Valle de México.....  | 42 |
| 3.2 Evolución del abastecimiento histórico de agua potable para el Valle de México (m <sup>3</sup> /s)..... | 43 |
| 3.3 Crecimiento poblacional del Valle de México, 1960-2000.....   | 46 |
| 3.4 Abastecimiento de agua potable y crecimiento poblacional para el Valle de México.....                   | 48 |
| 3.5 Datos de diversas fuentes de los caudales de agua que se suministran al D. F...                         | 50 |

|   |    |
|---|----|
| 3.6 Población D.F., 1900-2000.....  | 50 |
| 3.7 Distrito Federal: evolución de la dotación de agua por habitante, 1900-1994.... | 52 |
| 3.8 Caudales de agua que se han suministrado al D.F., 1900-2001.....                | 53 |
| 3.9 Población del D.F. de 1900 al 2001.....   | 55 |
| 3.10 Datos estimados del consumo de agua en México, 1900-2001.....                  | 56 |

## Capítulo 4

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Población y densidad de población en las delegaciones del D.F., 1997.....  | 61 |
| 4.2 Dotación de agua potable por habitante en el Distrito Federal, 1997 (l/h/d).....   | 63 |
| 4.3 Índice de población rural en el Distrito Federal.....  | 64 |
| 4.4 Uso total, doméstico e industrial de agua potable por delegación en el Distrito Federal, 1997 m <sup>3</sup> /s.....   | 65 |
| 4.5 Suministro, consumo y fugas de agua por delegación del Distrito Federal, 1997 m <sup>3</sup> /s.....   | 67 |
| 4.6 Longitud de la red de agua potable primaria y secundaria por delegación en el Distrito Federal, 1997.....  | 69 |
| 4.7 Viviendas con agua potable y población existente por delegación.....   | 70 |
| 4.8 Viviendas particulares habitadas según frecuencia de recepción de agua por delegación, 2000.....   | 71 |
| 4.9 Valores de cinco parámetros de calidad del servicio de agua potable, elegidos para determinar un “panorama” de las condiciones del servicio de agua potable en el D.F..... | 73 |
| 4.10 Jerarquía de las delegaciones evaluadas y calificaciones obtenidas en cada parámetro por delegación.....  | 74 |
| 4.11 Población contra valor índice medio.....  | 76 |
| 4.12 PIB por delegación contra el valor índice medio.....  | 77 |

## Índice de gráficas

### Capítulo 1

|  |    |
|--|----|
| 1.1 Crecimiento poblacional en Nueva York, 1979-2003.....  | 15 |
| 1.2 Evolución histórica del consumo de agua per cápita para uso personal en Nueva York, 1979-2003..... | 15 |

### Capítulo 2

|   |    |
|---|----|
| 2.1 Usos de agua concesionados en México..... | 36 |
|---|----|

### Capítulo 3

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Evolución del abastecimiento de agua para el Valle de México m <sup>3</sup> /s..... | 44 |
| 3.2 Crecimiento poblacional del Valle de México, 1960-2000.....                         | 47 |
| 3.3 Evolución del abastecimiento de agua para el Valle de México m <sup>3</sup> /s..... | 48 |
| 3.4 Crecimiento poblacional del Valle de México.....                                    | 49 |

|  |    |
|--|----|
| 3.5 Población D.F., 1900-2000.....   | 51 |
| 3.6 Caudales de agua que se han suministrado al D.F., 1975-2001.....             | 54 |
| 3.7 Población del D.F. de 1975 al 2001.....                                      | 55 |
| 3.8 Caudales de agua que se han suministrado al D.F. (estimados), 1900-2001..... | 57 |
| 3.9 Caudales de agua que se han suministrado al D.F. (estimados), 1975-2001..... | 58 |
| 3.10 Suministro de agua para el Valle de México y estimado para el D.F.....      | 59 |

#### **Capítulo 4**

|   |    |
|---|----|
| 4.1 Suministro de agua por delegación en el Distrito Federal, 1997 m <sup>3</sup> /s.....                     | 62 |
| 4.2 Orden de la población contra orden dado por el VIM.....   | 77 |
| 4.3 Orden de cada delegación de acuerdo al PIB (X) contra orden de acuerdo al valor índice medio (Y).....     | 78 |
| 4.4 Recta de regresión tomando en cuenta el orden de acuerdo al PIB (Y) y el orden de acuerdo al VIM (X)..... | 79 |

### **Índice de figuras**

#### **Capítulo 1**

|   |    |
|---|----|
| 1.1: El ciclo hidrológico.....                              | 7  |
| 1.2: Disponibilidad de agua a nivel mundial, 1950-2025..... | 21 |

#### **Capítulo 2**

|  |    |
|--|----|
| 2.1: Regiones administrativas de la CNA.....               | 23 |
| 2.2: Componentes del Ciclo hidrológico Nacional, 2001..... | 26 |
| 2.3: Disponibilidad de agua por región administrativa..... | 31 |

#### **Capítulo 3**

|  |    |
|--|----|
| 3.1: Región XIII, Valle de México..... | 41 |
| 3.2: Valle de México.....              | 42 |



## Introducción

El agua dulce está surgiendo como uno de los problemas más críticos de los recursos naturales que enfrenta la humanidad. Al correr de los años, la población mundial está creciendo rápidamente. Pero la tierra no tiene más agua ahora que 2000 años atrás, cuando estaba habitada por menos del 3% de la población actual.

El agua es, literalmente, la fuente de vida en la tierra. El 70% del cuerpo humano es agua. Una persona comienza a sentir sed después de perder solo 1% de líquido corporal y corre peligro de muerte si la pérdida de líquido se aproxima al 10%. El ser humano puede sobrevivir por sólo unos pocos días sin agua dulce[37]. Pero en un número creciente de lugares los habitantes están extrayendo agua de ríos, lagos y fuentes subterráneas más rápidamente de lo que demora en renovarse. En la actualidad, 31 países en su mayoría en África y el Cercano Oriente encaran estrés hídrico [8] (ver apéndice III).

Además, el suministro de agua potable de que dispone la humanidad se está reduciendo a raíz de la creciente contaminación de muchos de los cuerpos de agua. En algunos países los lagos y ríos se han transformado en receptáculos de variedad de desechos, aguas negras municipales, afluentes industriales tóxicos y sustancias químicas de las actividades agrícolas que contaminan y degradan las aguas superficiales y subterráneas, por lo cual las hacen inutilizables.

Así, el abastecimiento de agua dulce se ha convertido en un asunto no sólo de supervivencia biológica, sino de un claro interés económico y estratégico de los gobiernos. A menudo los políticos suelen hablar acerca de un desarrollo sustentable<sup>1</sup> para la nación, y bajo este esquema, se debe solucionar entre otros recursos naturales el problema del manejo y uso adecuado del agua.

Hasta hace poco tiempo, los conflictos bélicos eran por razones exclusivamente económicas; la guerra del Golfo Pérsico fue sin duda la primer guerra ocasionada por un recurso natural no renovable y se piensa que tal vez las guerras en un futuro lleguen a ser ocasionadas por la escasez del agua.

El desequilibrio ambiental, el agotamiento y mal manejo de los recursos hídricos apuntan hacia posibles enfrentamientos provocados por la obtención de agua. Los problemas podrían surgir, en particular, en varias zonas donde el uso de agua dulce ya ha alcanzado o sobrepasado los límites naturales. En estas regiones, sobre todo en el norte de África y el Cercano Oriente, los países no sólo enfrentan una competencia interna creciente por suministros limitados de agua como resultado del veloz crecimiento de la población y la

---

<sup>1</sup> El desarrollo sustentable es aquel que satisface las demandas del presente sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Bajo este concepto, cuando se habla de “solucionar entre otros recursos naturales el problema del manejo adecuado del agua”, lo está contradiciendo, porque en la actualidad se toman los recursos y no se aplican medidas para solucionar el problema, sino más bien para abastecer la demanda actual, lo que significa que para las generaciones futuras estas dificultades agravarán.

ascendente demanda, sino que también se ven envueltos en disputas con los países vecinos por los derechos del agua.

Y no se tiene que ir tan lejos, existen disputas muy fuertes por el agua del río Bravo, que se encuentra en la frontera entre Estados Unidos y México. El gobierno de Estados Unidos, específicamente el estado de Texas, fronterizo con México, reclama a México, amparado en un tratado de 1944 que cierta cantidad de agua del río Bravo se le debe y exige el pago de una deuda de unos 2,000 millones de metros cúbicos de agua.

Los problemas por el agua son de una índole muy diversa, pero los podemos ubicar dentro de las categorías de abastecimiento, calidad, distribución, política de precios y competencia entre usos de agua.

Esta tesis presenta de manera específica el problema del abastecimiento y consumo de agua potable en el Distrito Federal. Sin embargo, la parte más importante de este trabajo será la referente a la investigación y manejo de información obtenida del recurso agua, se hace hincapié en este punto, pues la información existente acerca de este recurso en México es muy escasa, además, inspira muy poca confianza. Entonces, primero se tratará de lograr una familiarización con los datos acerca del recurso agua, lo que se quiere decir con esto, es que se verá cuales son los aspectos que se deben tomar en cuenta para realizar estudios de agua y con base en estas ideas se verá si las cantidades de agua que se manejan son coherentes, además, se explicará todos los términos usados en este trabajo, que no serán otros que los que usen las referencias consultadas, para esto incluimos un glosario en el apéndice III.

Los objetivos que se tratará de alcanzar en esta tesis serán:

- Identificar la situación de distribución y disponibilidad del recurso agua dulce en México.
- Determinar los problemas de manejo de información que se tienen respecto al recurso agua dulce en nuestro país y en el Distrito Federal.
- Lograr una buena comprensión acerca de los problemas de escasez y manejo de los recursos de agua en el valle de México.
- Diagnosticar la calidad del servicio agua potable en el Distrito Federal.

Para lograra los objetivos de este trabajo:

- En el primer capítulo se describen gran parte de los conceptos que se manejarán a lo largo de esta tesis, como ya se mencionó, también se incluyó el apéndice III para que cada término usado pueda ser fácilmente comprendido. Se verá cuáles son los aspectos que se deben tomar en cuenta para realizar cualquier estudio del agua. Adicionalmente se presentará una perspectiva de este recurso a escala global, y se conocerá cuáles son los países que cuentan con mayor cantidad de recursos de agua, cuál es la situación de los usos de agua a nivel mundial, y cómo está ubicado México en este plano.

- En el segundo capítulo se centrará el estudio en México, y se identificará cuál es la situación del agua en el ámbito nacional, qué dicen los datos oficiales acerca de la cantidad de recursos totales, usos, extracciones de agua en nuestro país. Aquí se verá qué instituciones son las que se encargan de generar la información estadística acerca del recurso agua en el país y cómo lo hacen, de nuevo existirán aspectos que se tendrá que tomar en cuenta para poder conocer la información del recurso agua en México.
- El objetivo del tercer capítulo será el de conocer la evolución del suministro de agua para el Distrito Federal, para esto será necesario tener una familiarización con el crecimiento poblacional de nuestra zona de estudio. Además, se mostrarán las dificultades que se presentaron al querer conocer cuales han sido y son los caudales de agua suministrados al valle de México y D.F.
- En el cuarto capítulo se analizará a detalle el problema del suministro y usos de agua en el Distrito Federal. Se mostrará que es muy difícil encontrar algunos datos específicos acerca del agua en esta entidad. Lo anterior se hará implícitamente al realizar un estudio para conocer las delegaciones que cuentan con un mejor servicio de agua potable. Será implícito pues para realizar este estudio se presentará toda la información que se obtuvo del Distrito Federal referente a varios aspectos del recurso agua. Para realizar este estudio describiremos una técnica estadística usada en geografía para clasificar un conjunto de unidades territoriales con base en un índice obtenido a partir de diversos parámetros, esto lo haremos a detalle en el apéndice II.
- Por último se presentarán las conclusiones del trabajo y propuestas para líneas de investigación relacionadas con el recurso agua en el Distrito Federal en un futuro.

# Capítulo 1

## Introducción conceptual

El tema central de este trabajo de tesis, está totalmente relacionado con el agua potable, así que se empezará construyendo un marco teórico a través de términos y conceptos que se utilizarán a lo largo de todo este trabajo. Se tratará de hacer esto de la forma más amena y concisa posible presentando definiciones, estadísticas y datos acerca de los recursos de agua que se consideraron importantes y que ayudarán a hacer más entendibles las ideas que se manejarán, además, de que proporcionarán un buen panorama de lo que representa el recurso agua dulce a nivel mundial.

En este punto es importante recalcar la diferencia entre dos conceptos que se manejarán, en ningún caso indistintamente, en este trabajo; el agua dulce y el agua potable.

El agua potable y el agua dulce no son sinónimos, el agua dulce es simplemente el complemento del agua salada y se encuentra en ríos, lagos, depresiones subterráneas y como más adelante se verá en la atmósfera, mientras que el agua potable es un subconjunto del agua dulce que cumple con las siguientes características:

- No debe contener sustancias nocivas para la salud, es decir, carecer de contaminantes: biológicos (microbios y/o gérmenes patógenos), químicos, tóxicos (orgánicos o inorgánicos), y radiactivos.
- Poseer una proporción determinada tanto de gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ), como de sales inorgánicas disueltas (as).
- Debe ser incolora o translúcida, inodora y de sabor agradable.

El uso racional y la protección del recurso de agua dulce para proveer a la especie humana con agua potable, es hoy uno de los problemas técnicos y científicos más agudos y complejos.

Las propiedades del agua, incluyendo el cambio en su estado, la habilidad para purificarse y su movimiento a través del planeta mediante el ciclo hidrológico han permitido al agua dulce mantener su pureza, cantidad y calidad a través del tiempo. Esto dio nacimiento a la ilusión de que el agua dulce siempre se podría encontrar pura y disponible, como si fuera un regalo de la naturaleza.

Debido a las malas decisiones tomadas en el pasado, la situación ha cambiado drásticamente, en las últimas décadas en muchas regiones y países. La escasez de agua potable, la creciente contaminación de los cuerpos de agua y la incesante demanda de líquido, se han convertido en factores limitantes del desarrollo económico y social, aún en países que no se localizan en zonas áridas.

Bajo estas condiciones el contar con un cálculo fiable de los recursos hídricos es extremadamente importante, particularmente una estimación cuantitativa de los mismos, que responda a las preguntas; ¿cuánta agua hay?, ¿cuánta se está usando? entre otras. Con

estos datos se podrían realizar estimaciones acerca de cómo evolucionará el consumo de agua en una determinada zona, determinar si existe escasez de agua, planificar el suministro de agua entre otras.

### 1.1. Reservas mundiales de agua

El conocimiento de estimaciones que proporcionen una aproximación confiable de la cantidad de agua almacenada en varios cuerpos de agua y en diferentes estados físicos es muy importante para entender el ciclo hidrológico y el efecto que las actividades humanas pueden tener en este recurso. Datos que fueron recopilados por científicos rusos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 1.1: Reservas de agua en la tierra**

| Tipo de agua                                  | Área de distribución<br>(km <sup>2</sup> x10 <sup>3</sup> ) | Volumen<br>(km <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup> ) | Porcentaje de las reservas mundiales de agua |               |
|---|---|--|--|---------------|
|   |   |  | Del total de agua                            | De agua dulce |
| Océanos del mundo                             | 361300  | 1338000  | 96.5   | -             |
| Agua subterránea                              | 134800  | 23400 <sup>a</sup>                             | 1.7  | -             |
| Agua dulce                                    | -   | 10530  | 0.76   | 30.06         |
| Humedad de la tierra                          | -   | 16.5   | 0.001  | 0.05          |
| <b>Glaciares y capas permanentes de nieve</b> | 16232   | 24064.1  | 1.74   | 68.7          |
| Ártico  | 13980   | 21600  | 1.56   | 61.7          |
| Groenlandia                                   | 1802  | 2340   | 0.17   | 6.68          |
| Islas Árticas                                 | 226   | 83.5   | 0.006  | 0.24          |
| Regiones montañosas                           | 224   | 40.6   | 0.003  | 0.12          |
| Capa permanente de hielo subterráneo          | 21000   | 300  | 0.022  | 0.86          |
| <b>Reservas de agua en lagos</b>              | 2058.7  | 176.4  | 0.013  | -             |
| Dulce   | 1236.4  | 91   | 0.007  | 0.26          |
| Salada  | 822.3   | 85.4   | 0.006  | -             |
| Pantanos                                      | 2682.6  | 11.47  | 0.0008                                       | 0.03          |
| Ríos  | 148800  | 2.12   | 0.0002                                       | 0.006         |
| Agua biológica                                | 510000  | 1.12   | 0.0001                                       | 0.003         |
| Agua atmosférica                              | 510000  | 12.9   | 0.001  | 0.04          |
| <b>Reservas totales de agua</b>               |   | 1385968.11                                     | 100  | -             |
| <b>Reservas totales de agua dulce</b>         |   | 35029.21                                       | 2.53   | 100           |

Fuente: [5]

<sup>a</sup> El rubro agua subterránea debe ser la suma del agua dulce y la humedad en la tierra, sin embargo, esta suma no cuadra, esto es porque se hizo una estimación para el agua subterránea en el Ártico, pero no se contabilizó.

Esta tabla es muy interesante, pues suministra una idea de las cantidades de agua existentes en el planeta. De acuerdo a ésta, las reservas de agua dulce suman 35 millones de  $\text{Km}^3$ , sólo el 2.5% de las reservas totales de agua. La mayor cantidad de agua dulce (68 % del agua total) se encuentra en forma de hielo y nieve en las regiones Árticas. El agua de ríos y lagos que son las principales fuentes de agua para consumo humano únicamente llegan al 0.26 % del agua total. La otra importante fuente de agua para consumo humano es la subterránea que cuenta un 0.76% del agua total y 30% del agua dulce en el mundo, no sobra decir que es extremadamente costoso extraer el agua del subsuelo.

## 1.2. Movimiento de agua en la hidrosfera- el ciclo hidrológico

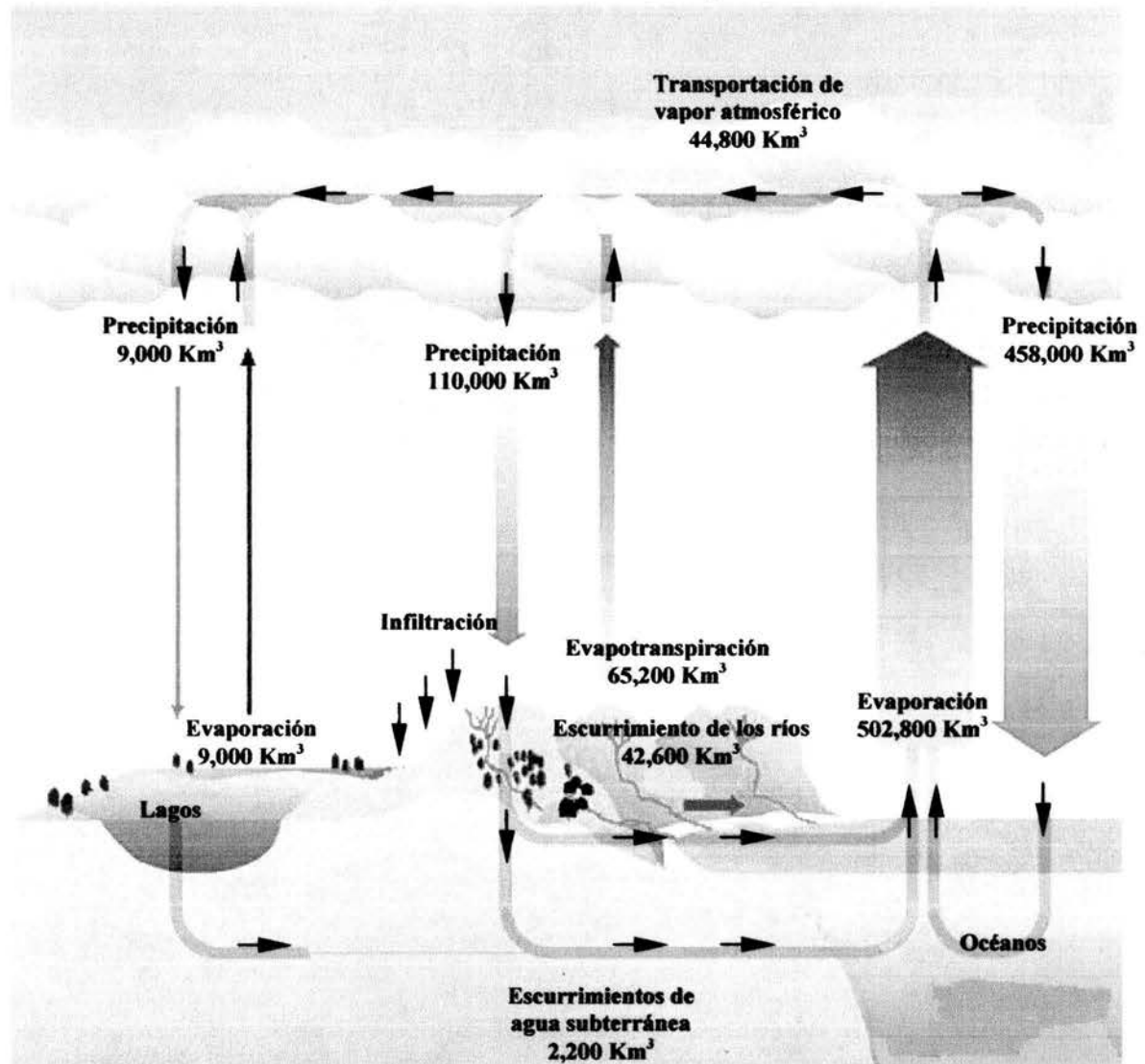
El agua en el planeta interactúa mientras pasa de un estado a otro y se va moviendo del océano a la tierra y de regreso al océano bajo la influencia de la energía solar y la gravedad, a este proceso se le conoce como el ciclo hidrológico. Para ver esto de forma más gráfica se presenta la figura 1.1.

Para llevar a cabo cualquier estudio acerca del recurso agua es indispensable conocer el ciclo hidrológico, así que lo describiremos a continuación.

Una enorme cantidad de agua, igual a  $502,800 \text{ Km}^3$  de acuerdo con las estimaciones actuales, se evapora de la superficie del océano. De esta cantidad, cerca del 90% ( $458,000 \text{ Km}^3$ ) regresa al océano en forma de lluvia, y el otro 10% cae a tierra firme. El vapor de agua proveniente del océano y el que se acumula por la evaporación de las plantas, lagos y ríos generan  $119,000 \text{ Km}^3$  al año de agua que cae en forma de precipitación a tierra. De esta cantidad  $44,800 \text{ Km}^3$  de agua regresan al mar en forma de escurrimiento superficial y subterráneo volviendo así a iniciar el ciclo.

Como comentario interesante, se puede decir que hasta hace unos años, se pensaba que el ciclo del agua era cerrado, es decir, no existía ningún otro factor externo que impactara el equilibrio del proceso de movimiento de agua alrededor de nuestro planeta. Sin embargo, actualmente se ha llegado a la conclusión de que el ciclo hidrológico no es cerrado, pues una cantidad de alrededor de  $0.01 \text{ Km}^3$  al año de agua llega del espacio exterior a la tierra, mientras que otra cantidad (en promedio) de  $0.1 \text{ Km}^3$  de agua escapa de la fuerza de gravedad de tierra en forma de vapor.

Figura 1.1: El ciclo hidrológico



Fuente: [33] (con algunas modificaciones)

El eslabón fundamental del ciclo del agua es el intercambio de agua entre el océano y la tierra, que no sólo incluye una renovación cuantitativa del agua, sino también cualitativa.

Mediante el ciclo hidrológico, todos los tipos de agua se renuevan anualmente, sin embargo los tiempos de movimiento y renovación son diferentes dependiendo del estado y ubicación del agua, lo cual se presenta en la tabla 1.2

Los datos contenidos en la tabla 1.2 son periodos promedio de renovación de agua y se derivan directamente del ciclo del agua que se acaba de describir. Por ejemplo el periodo de renovación del agua del lago Baikal, uno de los lagos más grandes del mundo que se encuentra en Rusia, es de 380 años. Esto da una idea del impacto que puede llegar a ocasionar la contaminación de un cuerpo de agua. De hecho aquí es de donde cobra sentido la frase “el agua potable se acaba”, pues como se ha visto las cantidades de agua dulce no se modifican ni se pierden a través del tiempo (en gran medida), pero lo que si cambia es la

cantidad de agua potable existente en el planeta debido al impacto que ha tenido el hombre en los recursos de agua.

**Tabla 1.2: Periodos de renovación de los recursos de agua en la tierra**

| Agua de la hidrosfera     | Periodo de renovación |
|---------------------------|-----------------------|
| Océanos del mundo         | 2500 años             |
| Agua subterránea          | 1400 años             |
| Hielo polar               | 9700 años             |
| Capa de nieve montañosa   | 1600 años             |
| Capa de hielo subterráneo | 10000 años            |
| Lagos                     | 17 años               |
| Pantanos                  | 5 años                |
| Humedad de la tierra      | 1 año                 |
| Ríos, canales, arroyos    | 16 días               |
| Humedad atmosférica       | 8 días                |
| Agua biológica            | varias horas          |

Fuente: [8]

### 1.3. Distribución de agua escala mundial

El agua dulce no está equitativamente distribuida en el mundo, ni en todas las estaciones del año, ni de año a año. En algunos casos el agua no está donde habitan las poblaciones humanas, ni en la cantidad suficiente. En otros casos se tiene demasiada agua en lugares en donde no existe gran cantidad de población y cuando no hace falta. Todo esto, debido al ciclo hidrológico del agua.

El ciclo hidrológico no ofrece garantías a la humanidad. De acuerdo a datos de la FAO<sup>1</sup> en el año 2000 Asia contaba con la mayor cantidad de recursos hídricos por continente con un 32% del total, increíblemente este también es el continente más poblado, y decimos increíblemente porque esto generalmente no es así, veamos por ejemplo a Sur América, cuenta con el 27% de los recursos de agua dulce y sólo contiene el 5% de la población mundial, aún más, la mayor parte de estos recursos provienen de los escurrimientos que se originan en la cuenca amazónica en donde habita una minúscula cantidad de población de Sur América. Para ver que los recursos de agua no se encuentran homogéneamente distribuidos conforme a las poblaciones humanas se muestran las tablas 1.3 y 1.4.

<sup>1</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations - Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas.



Tabla 1.3: Recursos renovables de agua dulce por continente

| Continente          | Población 2000    | Porcentaje de la población mundial | Recursos renovables de agua dulce Km <sup>3</sup> /año | Porcentaje de los recursos de agua dulce |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|--|--|
| Europa              | 737737000         | 9.67                               | 2901   | 6.48                                     |
| Norte América       | 766956363         | 10.06                              | 8235   | 18.39                                    |
| África              | 793374000         | 10.40                              | 4460   | 9.96                                     |
| Asia                | 4956733000        | 64.99                              | 14490  | 32.36                                    |
| Sur América         | 345737000         | 4.53                               | 12212  | 27.27                                    |
| Australia y Oceanía | 26249537          | 0.34                               | 2478   | 5.53                                     |
| <b>Mundial</b>      | <b>7626786900</b> | <b>100</b>                         | <b>44776</b>   | <b>100</b>                               |

Fuente:

Segunda columna: [16]

Tercera columna: [5]

Tabla 1.4: Países con más recursos de agua renovables

| Ranking | País           | Recursos totales de agua renovables Km <sup>3</sup> /año | %     | Población total | %     |
|---------|----------------|--|-------|-----------------|-------|
| 1       | Brasil         | 8233   | 13.35 | 170406000       | 2.23  |
| 2       | Rusia          | 4507.25  | 7.31  | 145491000       | 1.91  |
| 3       | Estados Unidos | 3069.4   | 4.98  | 283230000       | 3.71  |
| 4       | Canadá         | 2902   | 4.71  | 30757000        | 0.40  |
| 5       | China          | 2896.57  | 4.70  | 1282437000      | 16.81 |
| 10      | Perú           | 1913   | 3.10  | 25662000        | 0.34  |
| 11      | India          | 1907.76  | 3.09  | 1008937000      | 13.23 |
| 13      | Venezuela      | 1233.17  | 2.00  | 24170000        | 0.32  |
| 17      | Chile          | 922  | 1.49  | 15211000        | 0.20  |
| 20      | Argentina      | 814  | 1.32  | 37032000        | 0.49  |
| 22      | Bolivia        | 622.53   | 1.01  | 8329000         | 0.11  |
| 28      | México         | 457.22   | 0.74  | 98872000        | 1.30  |
| 29      | Ecuador        | 432  | 0.70  | 12646000        | 0.17  |
| 48      | Francia        | 203.7  | 0.33  | 59238000        | 0.78  |
| 50      | Italia         | 191.3  | 0.31  | 57530000        | 0.75  |
| 56      | Alemania       | 154  | 0.25  | 82017000        | 1.08  |
| 59      | Inglaterra     | 147  | 0.24  | 59634000        | 0.78  |

Fuente:

Tercera y quinta columnas: [16]

Para elaborar estas tablas se tomó en cuenta la información disponible en la página de la FAO, que contenía la cantidad de agua existente en cada país de un total de 185<sup>2</sup>. Tal vez no se tiene toda la exactitud que se desearía, pero el porcentaje que se muestra debe ser un buen indicativo de cuales son los países a nivel mundial que tienen más agua y en que cantidad, además, son tantos países en el mundo que incluir a más países en la lista no debe alterar mucho los porcentajes, aparte de esto, se están contando los países que se sabe cuentan con la mayor cantidad de recursos de agua dulce a nivel mundial.

Es realmente impresionante constatar lo que se venía diciendo en párrafos anteriores, Brasil es el país que cuenta con más recursos hídricos a nivel mundial con alrededor del 13.35% del total de agua dulce, seguido inmediatamente por Rusia con un 7%, es el segundo país que cuenta con más recursos de agua en el mundo y el único país que lo supera tiene casi el doble, como podemos ver estos dos países no contienen a gran cantidad de población dentro de sus fronteras. Después de estos dos países, los porcentajes decaen muy rápidamente, Canadá que es el cuarto país que más agua tiene, cuenta con un 5% de este recurso y con sólo un 0.4% de la población mundial. Dentro de los treinta países con más agua a nivel mundial México se encuentra en la lista, en el lugar número 28, pero tiene ya sólo un 0.74% del precioso líquido. Esto nos hace ver claramente la gran disparidad que existe en la distribución del recurso agua a escala mundial.

Como se puede ver, México, es uno de los países que cuenta con mayor cantidad de recursos de agua dulce en el mundo, y también se puede notar que los países de Europa central, se encuentran muy abajo en la tabla, por ejemplo Francia se encuentra en el lugar número 48, Italia en el 50, Alemania en el 56 e Inglaterra hasta el 59 y los demás aún más abajo.

Hay que hacer notar, que no es lo mismo la cantidad total de agua dulce existente en un país, que la cantidad de agua usada en el mismo país. Más adelante se verá cuáles son los países que usan más agua y cuáles son las cantidades que se manejan, pero antes se presentarán más conceptos.

#### **1.4. Aspectos a tomar en cuenta para realizar estudios acerca de los recursos de agua dulce**

Además de las condiciones climáticas y geográficas de cada región, la experiencia ha mostrado que son dos los factores que determinan las cantidades de agua usadas en un país o zona y son;

- Crecimiento poblacional.
- Crecimiento demotécnico

---

<sup>2</sup> Esta página contenía la información para más de 200 países, los no incluidos no tenían registros de datos acerca de los recursos de agua dulce.

### 1.4.1. Crecimiento poblacional

Las poblaciones humanas crecen exponencialmente, entonces, se tiene que cobrar conciencia de que la cantidad de agua dulce que se puede extraer de los cuerpos de agua no puede crecer a la par con el crecimiento poblacional.

La utilización de agua potable siempre ha estado gobernada por la creciente demanda, así es constantemente sobre-explotada en respuesta al constante crecimiento de las poblaciones humanas. Además, cada incremento en el suministro de agua dulce a una determinada región trae como consecuencia un aumento en la demanda, ya que en la sociedad contemporánea, el control voluntario del consumo no es posible a menos que conlleve beneficios económicos.

### 1.4.2. Crecimiento demotécnico

Los inminentes problemas de carencia de agua no son sólo el resultado del crecimiento poblacional. También son el resultado del crecimiento tecnológico, ambos directamente han aumentado el consumo de todos los recursos naturales mediante la producción y el consumo e indirectamente en que la tecnología ha llevado todavía más lejos los límites del crecimiento poblacional y la urbanización. La importancia del crecimiento demotécnico se centra en el hecho de la utilización del medio ambiente para la producción y consumo de productos tecnológicos.

Las demandas que el crecimiento demotécnico ha impuesto sobre los recursos de agua dulce son monumentales. Todo el mundo piensa “inocentemente” que un requerimiento de 2 litros por persona al día es el que consume un ser humano, pero, ¿en esta cuenta se están tomando en consideración las demandas tecnológicas?. El consumo doméstico de agua promedio es de 250 litros por persona al día, en países desarrollados, esto incluye el agua para bañarse, la que se ocupa para lavar la ropa, cocinar además la del inodoro, entre otros. El promedio de consumo industrial por persona al día es de 1500 litros en países del primer mundo, además, la agricultura invierte varios miles de litros por persona al día en países con climas cálidos o secos. Estas cifras más adecuadas a la realidad del recurso agua potable hacen sentir la importancia y el grado de necesidad que se tiene hacia este recurso, no sólo para subsistir, sino para mantener los estándares de vida que marca la sociedad contemporánea[9].

Además, otro aspecto que se debe tomar en cuenta para realizar estudios relativos al agua dulce es que la cantidad de agua dulce de que se dispone es mucho menor que el total de recursos de agua renovables, debido a varios factores:

1. Las poblaciones humanas no se encuentran distribuidos adecuadamente en relación con los suministros de agua, esta disparidad genera grandes gastos de recursos para llevar agua desde los lugares en donde abunda, hasta los conglomerados humanos.
2. Debido al crecimiento demotécnico, ha sido posible llevar agua a sitios de muy baja precipitación y climas muy cálidos, resultando en una desproporcionada cantidad de

agua para satisfacer las demandas de esos lugares, debido a las pérdidas extras por fugas y evaporación al llevar el agua de un lugar a otro.

3. Quizá potencialmente, el problema más serio sea el crecimiento demotécnico, ya que degrada y contamina el agua que ocupa al producir bienes para consumo, consecuentemente no se puede reutilizar este recurso para ninguna otra actividad.

## 1.5. Usos de agua

Mundialmente, el agua dulce principalmente se usa para fines:

- Domésticos.
- Industriales.
- Agrícolas.

### 1.5.1. Uso doméstico

Este uso incluye la extracción, tratamiento y distribución del agua dulce para fines domésticos en las ciudades, pueblos y empresas privadas. El agua para fines domésticos también se canaliza a la industria que consume agua dulce de alta calidad.

El volumen de agua para uso doméstico depende del número de personas a las que se dirige el suministro, el grado de desarrollo de la red hidráulica con el que cuenten los habitantes de la región y de los servicios de que puedan disponer estos habitantes. Usualmente de 150 a 250 litros por persona al día (l/p/d), incluyendo el agua para beber, cocinar, lavado de ropa e inodoro son considerados suficientes para satisfacer las demandas personales. Para la operación de empresas municipales y el mantenimiento de la limpieza de la ciudad se requieren de 150 a 200 l/p/d adicionalmente. [8],[5]

### 1.5.2. Uso industrial

El agua que usa la industria es empleada para el enfriamiento de equipo, mecanismos e instrumentos que requieran enfriarse; para la transportación y lavado, como solvente, y en algunas industrias el agua es parte del producto final. También se emplea agua para mantener la higiene de los trabajadores. Sin embargo la industria que utiliza más agua es la que genera energía eléctrica por medio de plantas de energía termal y nuclear.

Los volúmenes de agua usados por la industria difieren tanto en el tipo de industria como en el grado de desarrollo tecnológico del proceso de manufactura empleado.

Por ejemplo para producir una tonelada de: celulosa<sup>3</sup> se necesitan entre 1000-1100 m<sup>3</sup> de agua, de fibras sintéticas y plásticos alrededor de 2500-5000 m<sup>3</sup> de agua.[8]

---

<sup>3</sup> Es el principal componente en la manufactura de papeles y cartones. También, en pequeñas cantidades, se encuentra en productos como el rayón, películas fotográficas, celofanes, explosivos.

### 1.5.3. Uso agrícola

La agricultura usa más agua que los otros dos sectores y se destina principalmente para el riego de cultivos.

En el plano mundial, la agricultura representa un 69% de todas las extracciones anuales de agua; la industria, un 23%, y el uso doméstico, un 8%. [19]

Existen grandes diferencias por región. En África se estima que 88% del agua dulce se utiliza para la agricultura, 7% para fines domésticos y 5% para la industria. En Asia el agua también se utiliza sobre todo para la agricultura, que según las estimaciones representa el 86% del uso total, mientras que la industria sólo representa el 8% y el uso doméstico, el 6%. En Europa, el agua se utiliza en su mayor parte para la industria, con 54% del total, mientras la agricultura representa el 33% y el uso doméstico el 13%. [19]

### 1.6. El agua dulce y el desarrollo económico

El nivel de desarrollo económico de un país se refleja en el volumen de agua dulce que éste consume. Las regiones del mundo en desarrollo usan mucha menos agua por habitante que en regiones desarrolladas. La cantidad de agua por habitante para uso personal es igual a la cantidad de agua destinada para uso doméstico en la región, entre el número de habitantes. En África, la extracción de agua anual por habitante para uso personal tiene un promedio de 17 metros cúbicos solamente al año (igual a 47 litros de agua por día), y en Asia, 31 metros cúbicos al año (igual a 87 litros por día). Por contraste, se estima que un uso comparable de agua en el Reino Unido sería de 122 metros cúbicos por año (334 litros por día), y en los Estados Unidos, 211 metros cúbicos por año (578 litros por día). [19]

El último dato para consumo doméstico de agua por persona en Estados Unidos parece impresionante, pero se cuenta con una tabla de datos para el estado de Nueva York que confirma esto.

**Tabla 1.5: Histórico de población contra consumo de agua per cápita para uso personal (doméstico) en Nueva York<sup>4</sup> 1979-2003**

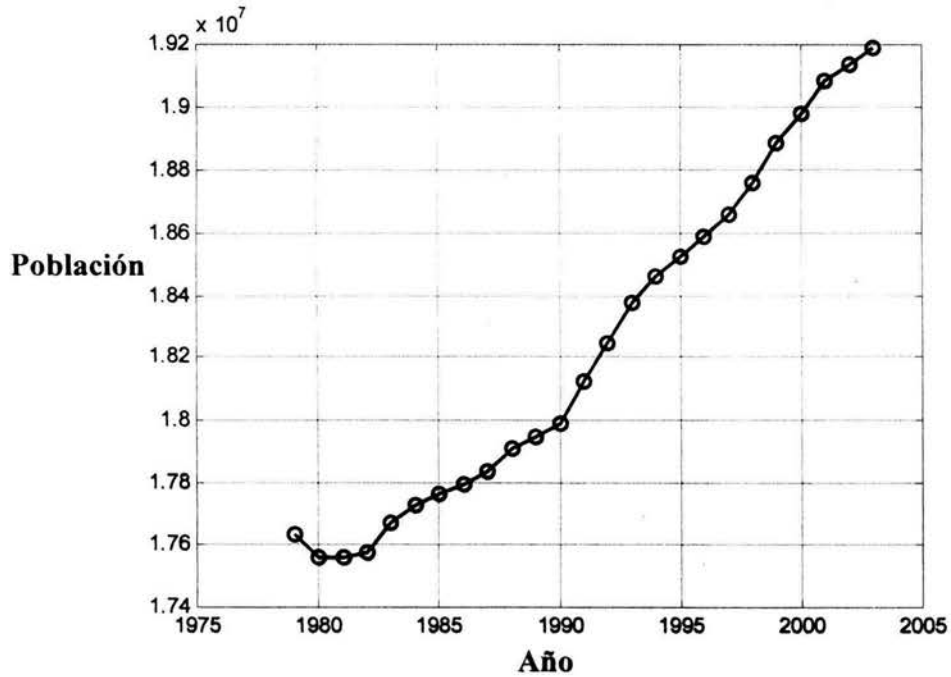
| Año  | Población | litros por persona al día (l/p/d) |
|------|-----------|-----------------------------------|
| 1979 | 17633646  | 715                               |
| 1980 | 17558165  | 711                               |
| 1981 | 17558616  | 687                               |
| 1982 | 17575543  | 740                               |
| 1983 | 17670287  | 762                               |
| 1984 | 17726860  | 784                               |
| 1985 | 17762230  | 710                               |
| 1986 | 17794996  | 721                               |
| 1987 | 17835577  | 764                               |
| 1988 | 17909420  | 789                               |
| 1989 | 17950000  | 750                               |
| 1990 | 17990778  | 762                               |
| 1991 | 18122510  | 773                               |
| 1992 | 18246653  | 707                               |
| 1993 | 18374954  | 707                               |
| 1994 | 18459470  | 702                               |
| 1995 | 18524104  | 685                               |
| 1996 | 18588460  | 671                               |
| 1997 | 18656546  | 623                               |
| 1998 | 18755906  | 630                               |
| 1999 | 18882725  | 639                               |
| 2000 | 18976457  | 641                               |
| 2001 | 19084350  | 585                               |
| 2002 | 19134293  | 537                               |
| 2003 | 19190115  | 517                               |

Fuente: segunda columna-censos de Nueva York en los años correspondientes, tercer columna - [26]

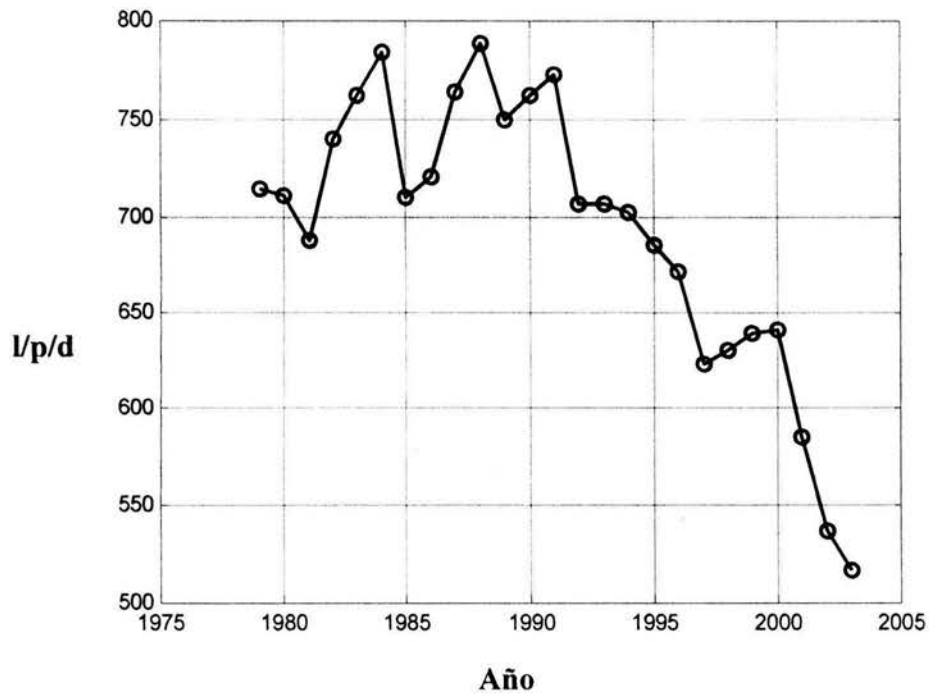
<sup>4</sup> Esta información se encontró en Internet después de navegar por alrededor de 15 min. Para México ya se ha ido a la CNA Insurgentes, al archivo histórico del agua en la calle de Balderas, buscado en las bibliotecas de los institutos de Geografía, Ingeniería y Geofísica, se ha navegado por internet días enteros y todavía no se cuenta con un histórico de este tipo, ni siquiera para el D.F.

A continuación se muestran las gráficas de los datos de la tabla 1.5:

**Gráfica 1.1: Crecimiento poblacional en Nueva York 1979-2003**



**Gráfica 1.2: Evolución histórica del consumo de agua per-cápita para uso personal en Nueva York 1979-2003**



En las gráficas 1.1 y 1.2 se puede ver una cosa muy interesante, conforme avanza el tiempo, va disminuyendo la cantidad de litros que consume una persona al día, esto es debido a que el recurso agua no puede crecer al mismo ritmo que la población, por tanto la cantidad de agua per cápita va disminuyendo o tal vez por algunas políticas de ahorro de agua, sin embargo la primera hipótesis parece la más acertada o puede ser una combinación de ambas.

Los países en desarrollo dedican casi toda el agua disponible a la agricultura. La India, por ejemplo, utiliza 86% del agua para la agricultura, 6% para la industria y 8% para uso doméstico. Cuanto más alto es el nivel de desarrollo, más agua se utiliza para fines domésticos e industriales y menos para la agricultura. Pero hay algunas importantes excepciones a la regla. Japón, por ejemplo, aún utiliza la mayor parte del agua dulce para el riego de los arrozales. También en algunas zonas áridas de Europa, como España y Portugal, la mayor parte del agua disponible se utiliza para la agricultura de regadío. [19],[16]

En todo el mundo, la demanda de agua dulce per cápita se está elevando considerablemente a medida que los países se desarrollan económicamente. La extracción de agua ha aumentado en las tres categorías principales del uso para satisfacer la creciente demanda industrial, la creciente demanda doméstica, y la creciente dependencia del riego para la producción de alimentos

### **1.6.1. Urbanización**

El nivel de uso del agua también pone de manifiesto el nivel de urbanización de un país. El bajo uso doméstico en muchos países en desarrollo a menudo refleja lo difícil que es obtener agua dulce. Los sistemas de agua por tubería son raros en las zonas rurales. Dos tercios de la población mundial, en su mayor parte en los países en desarrollo, obtienen el agua en fuentes públicas, pozos comunales, ríos y lagos, o el agua de lluvia recogida de los techos. Con frecuencia, la población rural, generalmente mujeres y niñas, deben caminar varios kilómetros y pasar muchas horas en busca de agua para la familia.

Con la urbanización, el uso de agua aumenta notablemente. En 1900, por ejemplo, la familia norteamericana utilizaba sólo 10 metros cúbicos de agua por año, en comparación con más de 200 metros cúbicos hoy día. ¿Por qué? Cien años atrás, casi todos los habitantes de Estados Unidos extraían el agua de pozos y tomas de agua públicas. La mayoría de los hogares no disponían de agua corriente, excepto en las grandes ciudades, y la mayor parte de la población vivía en zonas rurales. Hoy, en cambio, prácticamente todos los hogares de Estados Unidos tienen agua corriente, que les cuesta muy poco a los usuarios. [19]

A continuación se muestra la tabla 1.6 con los países que consumen más agua en el mundo, además también se presenta el porcentaje que cada país destina para cada uno de los tres usos; doméstico, agrícola e industrial.



**Tabla 1.6: Usos de agua**  
(Estimados de la FAO para el año 2000)

| Ranking de acuerdo al consumo de agua | País           | Ranking de acuerdo a la cantidad de población | Uso Total (km <sup>3</sup> /año) | Uso Agrícola (%) | Uso Industrial (%) | Uso Doméstico (%) |
|---------------------------------------|----------------|---|----------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| 1                                     | India          | 2   | 645.84                           | 86.46            | 5.45               | 8.09              |
| 2                                     | China          | 1   | 630.29                           | 67.72            | 25.70              | 6.58              |
| 3                                     | Estados Unidos | 3   | 479.29                           | 41.26            | 46.05              | 12.70             |
| 4                                     | Pakistan       | 7   | 169.38                           | 96.03            | 2.05               | 1.93              |
| 5                                     | Japón          | 9   | 88.43                            | 62.46            | 17.87              | 19.68             |
| 6                                     | Thailand       | 19  | 87.07                            | 95.04            | 2.46               | 2.49              |
| 7                                     | Indonesia      | 4   | 82.77                            | 91.34            | 0.68               | 8.00              |
| 8                                     | Bangla Desh    | 8   | 79.39                            | 96.17            | 0.65               | 3.19              |
| 9                                     | México         | 11  | 78.22                            | 77.14            | 5.48               | 17.37             |
| 10                                    | Rusia          | 6   | 76.69                            | 17.79            | 63.45              | 18.75             |
| 14                                    | Brasil         | 5   | 59.3                             | 61.77            | 17.96              | 20.27             |
| 17                                    | Canadá         | 34  | 45.97                            | 11.77            | 68.68              | 19.56             |

Fuente: [16]

La primer columna, el ranking de acuerdo al consumo de agua, es el lugar que tiene cada país si se ordena de forma descendente de acuerdo al país que consume más agua al que consume menos, y la tercera columna, ranking de acuerdo a la cantidad de población, es exactamente la misma idea sólo que ahora se ordena tomando en cuenta a la cantidad de población existente en cada país.

De la tabla 1.6 primero hay que notar que los países más poblados del mundo, coinciden con los que consumen más agua, aunque, evidentemente no en el mismo orden. Esto apunta claramente que el consumo de agua en una cierta región es una función de la población. México que como se sabe es uno de los países más poblados del mundo, también se encuentra dentro de la lista de los que consumen más agua.

En lo referente a los usos de agua, es interesante observar lo que se venía comentando anteriormente, los países más desarrollados dedican más agua al uso doméstico e industrial que al uso agrícola, por ejemplo Estados Unidos, Rusia y Canadá son casos muy interesantes, pues dedican más agua a la industria que a la agricultura, esto indica que son países que tienen un grado de desarrollo muy alto.

Cuando se observa la tabla anterior con cuidado y se compara a México con otros países, por ejemplo con la India o Brasil, nace la pregunta ¿por qué México dedica menos agua a la industria que estos países?, se sabe que México al igual que la India y Brasil es un país en desarrollo, por eso, esto presenta matices de incertidumbre. En el capítulo siguiente se verá si los datos oficiales cuadran con esta información y se presentará el caso de México ya en una forma mucho más particular.

## 1.7. Disponibilidad de agua

Un indicador ampliamente usado en el mundo para saber si la cantidad de agua dulce en una región alcanza para satisfacer los requerimientos de agua que los habitantes de esa zona puedan causar<sup>5</sup>, es la **disponibilidad de agua por habitante**, que se define como la cantidad total de recursos de agua dulce existentes en la zona (en metros cúbicos) entre el número de habitantes, todo en el periodo de un año. Además existe un marco de referencia para clasificar a cada región o país de acuerdo a su disponibilidad, éste se muestra en la tabla 1.7.

La escala de la tabla 1.7 se determinó totalmente con base a la experiencia de mediciones hechas desde 1950 en los países y continentes del mundo. Es importante conocer este criterio de comparación pues varios organismos internacionales como la ONU y el Banco Mundial lo utilizan para hacer diagnósticos acerca de la disponibilidad de agua en un país o región, además también la Comisión Nacional del Agua en México lo ha adoptado.

**Tabla 1.7: Marco de referencia establecido para la disponibilidad de agua por persona**

| Disponibilidad natural media per-cápita (m <sup>3</sup> /hab/año) | Clasificación          |
|---|------------------------|
| <1,000  | Catastróficamente baja |
| (1,000 , 2,000]   | Muy baja               |
| (2,000, 5,000]  | Baja                   |
| (5,000, 10,000]   | Media                  |
| (10,000, 20,000]  | Alta                   |
| >20,000   | Muy Alta               |

Fuente: [8]

Una disponibilidad por debajo de los 1700 m<sup>3</sup>/hab/año se considera como situación de **estrés hídrico**, donde puede faltar con frecuencia el abastecimiento de agua para las diversas actividades (sobre todo en países con propensión a sufrir sequías). Cuando el valor de disponibilidad está por debajo de 1000 m<sup>3</sup>/hab/año las consecuencias pueden ser más severas y comprometer seriamente la producción de alimentos, el desarrollo económico del país y la protección de sus ecosistemas. En estas circunstancias con frecuencia se carece transitoriamente de agua en determinados lugares y es preciso tomar decisiones que involucran prioridades de uso entre las actividades agrícolas, industriales o el abasto a la población urbana y rural.

La disponibilidad per-cápita de agua por país o por región también presenta patrones distintos de distribución. Además obviamente si la población aumenta el consumo de agua

<sup>5</sup> Nos referimos a cualquier gasto de agua que cause una persona en una determinada región, ya sean de tipo doméstico o la inversión de agua que se dedica por persona para los usos de agua agrícola e industrial.

aumenta y la disponibilidad de agua por habitante baja. A continuación se muestra la tabla 1.8. para ejemplificar esto en el periodo de 1950 al 2025.

**Tabla1.8: Disponibilidad de agua para algunos países del mundo ( $m^3 \times 10^3$  al año por habitante)**

| País                  | Calculado |      |      |      |      |      | Pronosticado |      |      |
|-----------------------|-----------|------|------|------|------|------|--------------|------|------|
|                       | 1950      | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000         | 2010 | 2025 |
| <b>Brasil</b>         | 138       | 103  | 77.5 | 59.2 | 48.2 | 43.3 | 40.1         | 34.7 | 29.3 |
| <b>Canadá</b>         | 240       | 184  | 154  | 137  | 123  | 119  | 113          | 107  | 103  |
| <b>Cuba</b>           | 6         | 4.7  | 3.8  | 3    | 2.7  | 2.6  | 2.4          | 2.2  | 2    |
| <b>Francia</b>        | 4.13      | 3.77 | 3.37 | 3.25 | 3.07 | 3.06 | 3.03         | 2.99 | 2.8  |
| <b>México</b>         | 13        | 9.3  | 6.3  | 4.4  | 3.6  | 3.1  | 2.7          | 2.2  | 1.9  |
| <b>Rusia</b>          | 49        | 41   | 36   | 32.6 | 30.7 | 28.6 | 28.8         | 29   | 30.6 |
| <b>Estados Unidos</b> | 18.6      | 15.5 | 13.6 | 12.1 | 11.1 | 10.6 | 10.2         | 9.5  | 9    |

Fuente: [8]

Se tomaron sólo países que tuvieran información registrada desde 1950 (el cálculo y el pronóstico son parte del mismo estudio)

Esto se leería así, en términos de disponibilidad de agua:

**Tabla1.8.a: Diagnóstico de la disponibilidad de agua para algunos países del mundo**

| País                  | Calculado |          |          |          |          |          | Pronosticado |          |          |
|-----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|
|                       | 1950      | 1960     | 1970     | 1980     | 1990     | 1995     | 2000         | 2010     | 2025     |
| <b>Brasil</b>         | Muy Alta  | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta     | Muy Alta | Muy Alta |
| <b>Canadá</b>         | Muy Alta  | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta     | Muy Alta | Muy Alta |
| <b>Cuba</b>           | Media     | Baja     | Baja     | Baja     | Baja     | Baja     | Baja         | Baja     | Muy baja |
| <b>Francia</b>        | Baja      | Baja     | Baja     | Baja     | Baja     | Baja     | Baja         | Baja     | Baja     |
| <b>México</b>         | Alta      | Media    | Media    | Baja     | Baja     | Baja     | Baja         | Baja     | Muy baja |
| <b>Rusia</b>          | Muy Alta  | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta | Muy Alta     | Muy Alta | Muy Alta |
| <b>Estados Unidos</b> | Alta      | Alta     | Alta     | Alta     | Alta     | Alta     | Alta         | Media    | Media    |

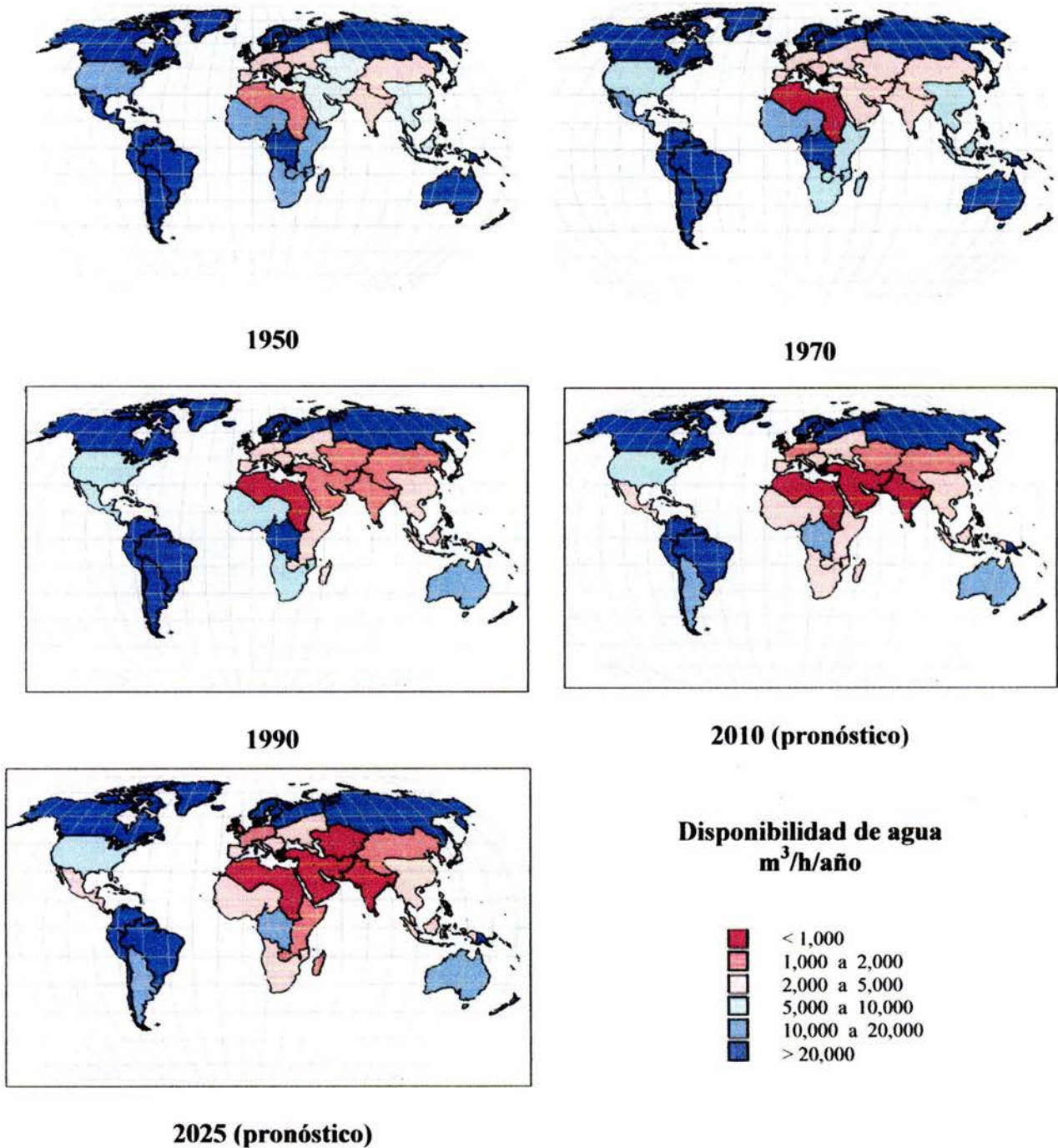
Es impresionante observar cómo para algunos países va cambiando la situación de disponibilidad de agua en el tiempo y para otros (Brasil, Canadá y Rusia) no se modifica, aquí también se puede ver que la distribución de los recursos de agua dulce en el mundo es totalmente heterogénea. Para México la tabla 1.8.a indica que los recursos de agua dulce ya no alcanzan para satisfacer completamente las necesidades de la población, y al parecer esto parece ineludible. En 1995 ya había carencia de recursos de agua, para el 2000 la población de México evidentemente creció por lo que la disponibilidad será baja.

Estos valores fueron arrojados en un estudio que hizo un grupo científicos e hidrólogos rusos en el año de 1996. Como se aprecia no arroja resultados muy alentadores para, México, sin embargo, en el capítulo siguiente se mostrara en detalle que datos utilizaron las personas que realizaron este estudio, a que dificultades se enfrentaron y además se

compararan sus resultados con los datos que maneja actualmente la Comisión Nacional del Agua (CNA), para saber si los pronósticos rusos se ajustan a lo que sucede actualmente con la disponibilidad del recurso agua en México.

Para concluir este capítulo se presentan los resultados del estudio ruso desde una perspectiva gráfica y a nivel mundial. Es interesante ver como disminución en la disponibilidad de agua en el mundo representada por el cambio a un rojo más nítido va devorando a la mayor parte del mundo, para entender esto ver la figura 1.2.

**Figura 1.2: Disponibilidad de agua a nivel mundial 1950-2025**



Fuente: [34]

## Capítulo 2

# México: Recursos hídricos, disponibilidad, extracciones y usos de agua a nivel nacional

En este capítulo se dirigirá el estudio hacia México. Para ello se cuenta con información estadística acerca del recurso agua obtenida en las publicaciones; Estadísticas del Agua en México de la Comisión Nacional del Agua (CNA) ediciones 2003 y 2004 y del Programa Hidráulico Nacional 2001-2006 de la misma CNA. Además, también se cuenta con el estudio realizado en 1996 por los científicos rusos del recurso agua a nivel mundial<sup>1</sup> que se mencionó en el capítulo anterior. Entonces el objetivo de este capítulo será el de mostrar toda la información del recurso agua en México para dar una idea clara de cuál es la situación de este recurso en el país. Además, cuando haya posibilidad de comparar los datos de la CNA con los datos del estudio ruso, se hará. Esto con la intención de revisar si existen discrepancias o si se han cumplido los pronósticos que se tenían para México acerca de la disponibilidad de agua.

Evidentemente como lo que es de mayor interés para este trabajo es la situación que guarda el recurso agua en el Distrito Federal, se pondrá especial atención hacia esta zona, sin embargo, también se dará una perspectiva del recurso agua a nivel nacional.

### 2.1. Regiones Administrativas

En México, la Comisión Nacional del Agua, organismo encargado de administrar y calcular estadísticas e impartir información acerca del recurso agua en México, dividió al país en 13 regiones administrativas, estas regiones administrativas están constituidas por cuencas y municipios y están diseñadas con el objetivo de poder realizar cualquier estudio y planeación hidráulica.

Entonces, toda la información acerca del recurso agua en México se maneja a través de las regiones administrativas definidas por la CNA. En el apéndice I se describe que estados y municipios forman parte de cada una de estas regiones, es importante tener una buena idea de esta conformación, pues casi toda la información que se presenta en este capítulo será referente a estas regiones. Para tener una buena idea de la constitución de cada una de las regiones administrativas, en la figura 2.1 se presenta un mapa señalando cada una de ellas.

---

<sup>1</sup> Este estudio se encuentra en el libro World Water Resources at the Beginning of the 21st Century.

**Figura 2.1: Regiones administrativas de la CNA**



En la tabla 2.1 se muestra la información relativa a la extensión territorial, población, densidad de población y PIB para las distintas regiones administrativas.

**Tabla 2.1: Datos geográficos y socioeconómicos por región administrativa**

| Regiones administrativas                 | Extensión Territorial continental Km <sup>2</sup> | Extensión Territorial continental % | Población Diciembre del 2003 (millones) | Población Diciembre del 2003 % | Densidad de población 2003 (hab/Km <sup>2</sup> ) | PIB (%)    |
|--|---|-------------------------------------|---|--------------------------------|---|------------|
| XIII Valle de México y Sistema Cutzamala | 16400   | 0.84                                | 20.86                                   | 19.91                          | 1272  | 31         |
| VIII Lerma Santiago Pacífico             | 190400  | 9.72                                | 20.22                                   | 19.30                          | 106   | 16         |
| VI Río Bravo                             | 379600  | 19.38                               | 10.36                                   | 9.89                           | 27  | 14.6       |
| IV Balsas                                | 119200  | 6.08                                | 10.65                                   | 10.16                          | 89  | 6.7        |
| X Golfo Centro                           | 104600  | 5.34                                | 9.67                                    | 9.23                           | 92  | 5.5        |
| XII Península de Yucatán                 | 137800  | 7.03                                | 3.55                                    | 3.39                           | 26  | 4.2        |
| I Península de Baja California           | 145500  | 7.43                                | 3.31                                    | 3.16                           | 23  | 4.1        |
| IX Golfo Norte                           | 127200  | 6.49                                | 4.99                                    | 4.76                           | 39  | 3.7        |
| VII Cuencas Centrales del Norte          | 202400  | 10.33                               | 3.95                                    | 3.77                           | 20  | 3.3        |
| III Pacífico Norte                       | 151900  | 7.75                                | 4.1                                     | 3.91                           | 27  | 2.9        |
| XI Frontera Sur                          | 101800  | 5.20                                | 6.41                                    | 6.12                           | 63  | 2.9        |
| II Noroeste                              | 205300  | 10.48                               | 2.54                                    | 2.42                           | 12  | 2.8        |
| V Pacífico Sur                           | 77100   | 3.94                                | 4.17                                    | 3.98                           | 54  | 2.1        |
| <b>Total</b>                             | <b>1959200</b>                                    | <b>100</b>                          | <b>104.78</b>                           | <b>100</b>                     | <b>53</b>   | <b>100</b> |

Ordenado de forma descendente de acuerdo al PIB

Fuente: columna 2 INEGI, 2000, columna 4 proyecciones CONAPO, 2003, columna 7 INEGI, 2001.

Es importante conocer esta información, pues nos da una idea general de cuáles son las condiciones generales de cada una de estas regiones, por ejemplo: para cualquier estudio relacionado con el recurso agua en una determinada zona, es indispensable conocer la población existente en la región, pues como se ha visto, el consumo de agua es una función de la población.

Es muy interesante observar el grado de centralización en el que se encuentra México, revisando los datos para la región XIII Valle de México y sistema Cutzamala, se tiene que en esta zona se encuentra el D.F., ocupa menos del 1% del territorio nacional, en ella habita casi el 20% de la población del país y se genera el 31% del PIB nacional, por contraste, la región II Noroeste, que es la segunda más grande del país después de la región VI Río Bravo, es 12 veces más grande que la del Valle de México, pero sólo concentra a un 2.4 % de la población nacional y genera un 3% del PIB. Según los datos de la tabla 2.1, la región que le seguiría en importancia a la del Valle de México, es VIII Lerma Santiago Pacífico, esto, tomando en cuenta el PIB que se genera y la cantidad de población existente; en esta zona se encuentra la mayor parte del estado de México.

Si vemos esta información para cada estado del país, se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 2.2: Datos geográficos y socioeconómicos por entidad federativa**

| Entidad Federativa | Extensión territorial continental Km <sup>2</sup> | Población (diciembre) 2003 (millones) | Densidad de población 2003 (hab/km <sup>2</sup> ) | PIB (%) 2001 |
|--------------------|---|---------------------------------------|---|--------------|
| Distrito Federal   | 1500  | 8.81                                  | 5873  | 23.2         |
| México             | 22300   | 14.33                                 | 643   | 9.6          |
| Nuevo León         | 64200   | 4.15                                  | 65  | 7.2          |
| Jalisco            | 78600   | 6.73                                  | 86  | 6.4          |
| Chihuahua          | 247500  | 3.34                                  | 13  | 4.2          |
| Veracruz           | 71900   | 7.26                                  | 101   | 4            |
| Puebla             | 34300   | 5.45                                  | 159   | 3.6          |
| Guanajuato         | 30600   | 5.01                                  | 164   | 3.5          |
| Baja California    | 71500   | 2.83                                  | 40  | 3.3          |
| Coahuila           | 151400  | 2.49                                  | 16  | 3.2          |
| Tamaulipas         | 80200   | 3.08                                  | 38  | 3.1          |
| Sonora             | 179500  | 2.43                                  | 14  | 2.5          |
| Michoacán          | 58700   | 4.21                                  | 72  | 2.1          |
| Sinaloa            | 57300   | 2.74                                  | 48  | 1.9          |
| Guerrero           | 63600   | 3.25                                  | 51  | 1.8          |
| Chiapas            | 73700   | 4.33                                  | 59  | 1.7          |
| Querétaro          | 11700   | 1.56                                  | 133   | 1.7          |
| San Luis Potosí    | 61200   | 2.39                                  | 39  | 1.7          |
| Oaxaca             | 93300   | 3.68                                  | 39  | 1.5          |



|                       |                |               |           |            |
|-----------------------|----------------|---------------|-----------|------------|
| Quintana Roo          | 42500          | 1.04          | 24        | 1.5        |
| Yucatán               | 39700          | 1.78          | 45        | 1.4        |
| Campeche              | 57700          | 0.76          | 13        | 1.3        |
| Durango               | 123400         | 1.55          | 13        | 1.3        |
| Hidalgo               | 20900          | 2.36          | 113       | 1.3        |
| Morelos               | 4900           | 1.69          | 345       | 1.3        |
| Aguascalientes        | 5600           | 1.02          | 182       | 1.2        |
| Tabasco               | 24700          | 2.04          | 83        | 1.2        |
| Zacatecas             | 75400          | 1.42          | 19        | 0.7        |
| Baja California Sur   | 73900          | 0.49          | 7         | 0.6        |
| Colima                | 5600           | 0.58          | 104       | 0.6        |
| Nayarit               | 27900          | 0.98          | 35        | 0.6        |
| Tlaxcala              | 4000           | 1.05          | 263       | 0.5        |
| <b>Total Nacional</b> | <b>1959200</b> | <b>104.83</b> | <b>54</b> | <b>100</b> |

Ordenado de forma descendente de acuerdo al PIB

Fuente: columna 2 INEGI, 2000, columna 3 proyecciones CONAPO, 2003, columna 5 INEGI, 2001.

Aquí, se puede ver que los estados que generan la disparidad entre regiones administrativas son los que se habían mencionado, el Estado de México es superado en PIB, sólo por el D.F., por arriba de Jalisco y Nuevo León.

## 2.2. Ciclo Hidrológico Nacional

Como se vio en el capítulo anterior, el comportamiento del ciclo hidrológico es un factor determinante para conocer la distribución del recurso agua en una determinada región, esta información se tiene establecida en los datos oficiales.

Se consiguieron los datos del ciclo hidrológico para el 2001 y para el 2002, aquí se muestran los datos del 2001 pues a partir de la precipitación media histórica desglosan la cantidad de agua de tal forma que finalmente muestran los porcentajes de agua destinados para los distintos usos a escala nacional, para una más clara idea se presenta la figura 2.2, cabe resaltar que para el año 2002, no fueron tan lejos y se limitaron a mostrar sólo los datos del ciclo hidrológico, también se presentan estos datos al final de la sección, pero ya resumidos.

La lógica del diagrama de flujo que se muestra en la figura 2.2 es la siguiente:

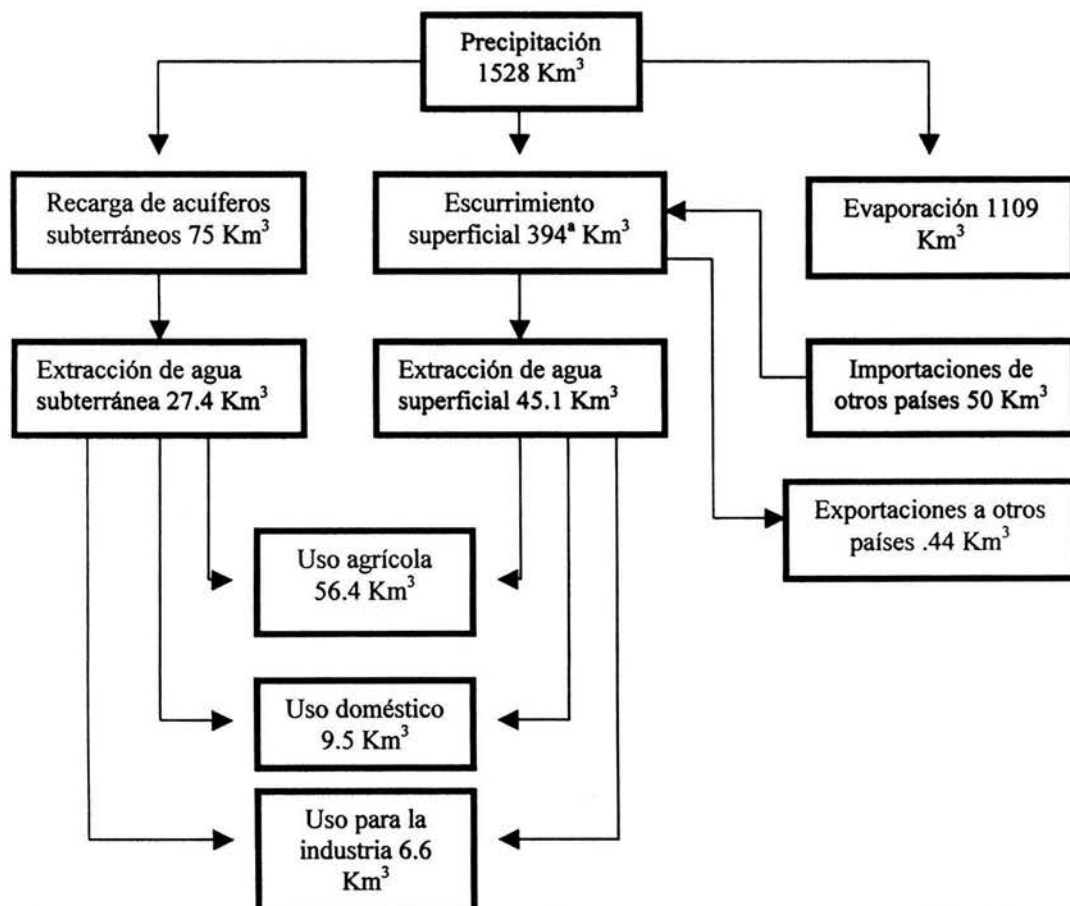
La precipitación, es el resultado de las mediciones desde 1941 al 2001 y es una media de los valores observados en ese rango de años. Como ya se comentó en las secciones anteriores, los escurrimientos superficial y subterráneo, son ya sólo el remanente de lo que queda después de que un importante porcentaje del agua proveniente de la precipitación se evapora, en este caso, se tiene que el porcentaje de agua que se está evaporando es el 70.2%, el cual ya no es aprovechado. Entonces quedan 75 Km<sup>3</sup>/año de agua subterránea y 344 Km<sup>3</sup>/año de agua superficial en promedio al año, que se pueden aprovechar, si a esto se suman las importaciones y se restan las exportaciones de agua de otros países tendríamos

468.5 Km<sup>3</sup>/año en total, esta cantidad sería lo que se maneja normalmente como el total de recursos renovables por región.

La importación de otros países es la cantidad de agua que inicialmente no fue escurrimiento dentro del territorio nacional, pero entró proveniente de otros países; por ejemplo, el agua que cae de la precipitación en los EUA que se integra al río Bravo y siguiendo su cauce entra a México, pero originalmente se cuenta que fue de EUA, la exportación es exactamente el proceso inverso. Después, se muestra el agua extraída de las fuentes superficiales que es de 45.1 Km<sup>3</sup> y de las subterráneas que es de 27.4 km<sup>3</sup> que suman 72.5 Km<sup>3</sup>, todos estos valores del año 2001 y representan el agua que se usó en México en ese año.

Por último, a partir del agua que se extrae, ya se tiene un estimado de cuanto agua se usa para cada actividad, aproximadamente; 77.79% es para uso agrícola, un 13.10 % es para uso doméstico, y sólo un 6.6% es para uso industrial.

**Figura 2.2: Componentes del Ciclo hidrológico Nacional 2001  
(Valores anuales en Km<sup>3</sup>)**



\* Es el resultado de sumar 344 Km<sup>3</sup> que quedan después de la evaporación, más los 50 Km<sup>3</sup> de la importación y restar .44 Km<sup>3</sup> de la exportación (se redondea).

Fuente: [3]

En la tabla 2.3 se presentan los datos de los años 2002 y 2001 para compararlos ya sintetizados

**Tabla 2.3: Componentes del ciclo hidrológico nacional 2001-2002**

| Valores anuales                       | 2002<br>Km <sup>3</sup> | 2001<br>Km <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Precipitación                         | 1511                    | 1528                    |
| Evaporación                           | 1084                    | 1109                    |
| Escurrimiento superficial             | 399                     | 394                     |
| Recarga de los acuíferos subterráneos | 77                      | 75                      |
| Total de recursos de agua renovables  | 476                     | 469                     |
| Extracción total de agua              | 72.6                    | 72.5                    |

Fuente: [3]

En la tabla 2.3 se puede ver que los valores son muy parecidos, sin embargo, hay años en los que llueve más, hay mayor o menor grado de evaporación, en general existen pequeñas variaciones debidas los cambios del ciclo hidrológico de año en año, pero los valores no se modifican en gran medida.

En el capítulo anterior se mencionó un estudio que realizaron los rusos en 1996, ellos hicieron una investigación y obtuvieron una serie histórica para la cantidad total de recursos de agua renovables en México y de esa serie de datos histórica obtuvieron un promedio, sin embargo, los rusos consideraron como recursos totales renovables sólo al escurrimiento superficial, despreciaron la recarga de los acuíferos subterráneos pues son mucho menores y no se renuevan tan rápidamente como los superficiales. Entonces su valor para el total de recursos de agua renovables fue de sólo 348 km<sup>3</sup>/año que claramente es mucho menor que los 476 Km<sup>3</sup>/año que manejo la CNA para el 2002. Entonces evidentemente la disponibilidad de agua que ellos manejan es menor que la que maneja la CNA, esto lo veremos a detalle más adelante.

Por otro lado, en el estudio ruso también se cuenta con datos para las cantidades de agua que son extraídas en México al año, además, de algunos pronósticos para los años 2000, 2010 y 2025, a continuación se presenta la tabla 2.4. con esa información. Además en la tabla 2.5. también se muestra el histórico de crecimiento poblacional de México para realizar algunas comparaciones.

**Tabla 2.4: Histórico del crecimiento poblacional y extracciones de agua en México**

|                                     | Cálculo |      |      |      |      |      | Pronóstico |      |      |
|-------------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------------|------|------|
|                                     | 1950    | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 1995 | 2000       | 2010 | 2025 |
| Población (millones)                | 25.8    | 35   | 50.7 | 69.4 | 84.5 | 94.8 | 109        | 128  | 150  |
| Extracciones (Km <sup>3</sup> /año) | 18.2    | 33   | 45   | 60.8 | 73.9 | 83   | 92.1       | 102  | 111  |

Fuente: [8]

**Tabla 2.5: Población total de México, 1950-2025**

| Año  | Total     |
|------|-----------|
| 1950 | 25791017  |
| 1960 | 34923129  |
| 1970 | 48225238  |
| 1990 | 81249645  |
| 1995 | 91158290  |
| 2000 | 97483412  |
| 2003 | 103636353 |
| 2010 | 111120810 |
| 2025 | 123997975 |

Fuente: 1950-2000 [31], todos excepto 1995 son datos a partir de censos, para 1995 sólo fue un conteo de población. De 2003 a 2025 [32].

Primero que nada se observa que la población de la tabla 2.4 en general está sobre estimada, en particular para el 2000, el INEGI calculó 97 millones de habitantes en México, mientras que los datos de la tabla 2.4 indican que en el mismo año ya había 109 millones de personas. Por este motivo los pronósticos de las extracciones de agua suben impresionantemente. Como ya se ha visto el agua que se usa en una determinada región está en función de la población.

Si se regresa a la tabla 1.4 y 1.6 de la FAO<sup>2</sup> que se presentó en el capítulo anterior, podremos ver que los datos se aproximan bastante; el total aprovechable, tabla 1.4, es de 457.22 Km<sup>3</sup>/año y en el caso de los datos de México que se acaban de presentar, es de 469 Km<sup>3</sup>, y el de total de agua extraída según la FAO, tabla 1.6, es de 78.22 Km<sup>3</sup> y según lo que muestra la CNA es de 72.5 Km<sup>3</sup>. Por otro lado en la tabla de la FAO se habían considerado los porcentajes 77.14, 17.3 y 5.48 para usos agrícola, doméstico e industrial respectivamente, que como se aprecia no están tan alejados, de los que estima la CNA actualmente 77.79, 13.10 y 6.6 %.

Con esto no se quiere decir que los datos de la CNA son los que están bien o los que van más de acuerdo a la realidad, por el momento es imposible validar su información, pero resulta muy interesante comparar los datos de ambas fuentes. Por otro lado los rusos, se enfrentaron a muchos problemas de falta de información estadística del recurso de agua en México y tuvieron que asumir muchas cosas para realizar su estudio, es por eso que en este punto se observa que sus resultados no son tan exactos. Se cree que los datos presentados por la FAO y la CNA se ajustan, pues la FAO debe obtener esta información directamente de las fuentes oficiales. Además el problema de credibilidad de la CNA, deriva directamente de que es el organismo encargado de administrar las aguas nacionales y a su vez también se encarga de calcular las estadísticas de este recurso, por lo que su información siempre va a cuadrar.

<sup>2</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations - Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas.

### 2.3. Disponibilidad de agua en México

Se ha mostrado a lo largo de este trabajo que la cantidad de agua disponible varía considerablemente de un país a otro y la población que se asienta en cada país no necesariamente corresponde con esta disponibilidad. Para decidir que regiones del país tienen problemas de disponibilidad de agua la CNA adoptó el indicador que se refiere a la **disponibilidad natural media per- cápita** que se describió en el primer capítulo.

Utilizando el marco de referencia para clasificar la disponibilidad de agua que se presentó en el primer capítulo, tabla 1.7, los datos de la CNA para los totales de recursos de agua renovables para todo México<sup>3</sup> la población de todo el país que manejan INEGI y CONAPO, se construyó la tabla 2.6.

**Tabla 2.6: Proyecciones de la disponibilidad de agua por habitante**

| Año  | Población Total | Recursos totales promedio anuales de agua (Km <sup>3</sup> ) | Disponibilidad de agua (m <sup>3</sup> /h/año) | Diagnóstico |
|------|-----------------|--|--|-------------|
| 1950 | 25791017        | 472.5  | 18320  | Alta        |
| 1960 | 34923129        | 472.5  | 13530  | Alta        |
| 1970 | 48225238        | 472.5  | 9798   | Media       |
| 1990 | 81249645        | 472.5  | 5815   | Media       |
| 1995 | 91158290        | 472.5  | 5183   | Media       |
| 2000 | 97483412        | 472.5  | 4847   | Baja        |
| 2004 | 104790554       | 472.5  | 4509   | Baja        |
| 2005 | 105909000       | 472.5  | 4461   | Baja        |
| 2010 | 111120810       | 472.5  | 4252   | Baja        |
| 2020 | 120236157       | 472.5  | 3930   | Baja        |
| 2025 | 123997975       | 472.5  | 3811   | Baja        |
| 2050 | 129704901       | 472.5  | 3643   | Baja        |

Fuente: Segunda columna: 1950-2000 [31], 2005 en adelante [32], tercera, cuarta y quinta columna elaboración propia.

En la tabla 2.6 se tomen 348<sup>4</sup> o 472.5 km<sup>3</sup>/año como total de recursos de agua renovables, la disponibilidad de agua para México como país sigue y seguirá siendo baja, esto quiere decir, que en general en nuestro país es y será cada vez más difícil satisfacer todas las demandas de agua que causa la población existente.

<sup>3</sup> Se tomó en cuenta los recursos de agua totales del 2001 y 2002 para obtener un promedio (472.5). Este dato no debe variar mucho, a menos de que las condiciones climáticas cambien drásticamente.

<sup>4</sup> Esto es lo que tomaron los rusos en su estudio de 1996 en [8]

Como se puede apreciar, lo que está ocasionando que la disponibilidad de agua baje es que los recursos totales de agua se mantienen “constantes” a través del tiempo mientras que la población continúa creciendo. Además otra cuestión muy importante acerca de la disponibilidad de agua en México, es que varía de región en región, para mostrar esto se presenta la tabla 2.7.

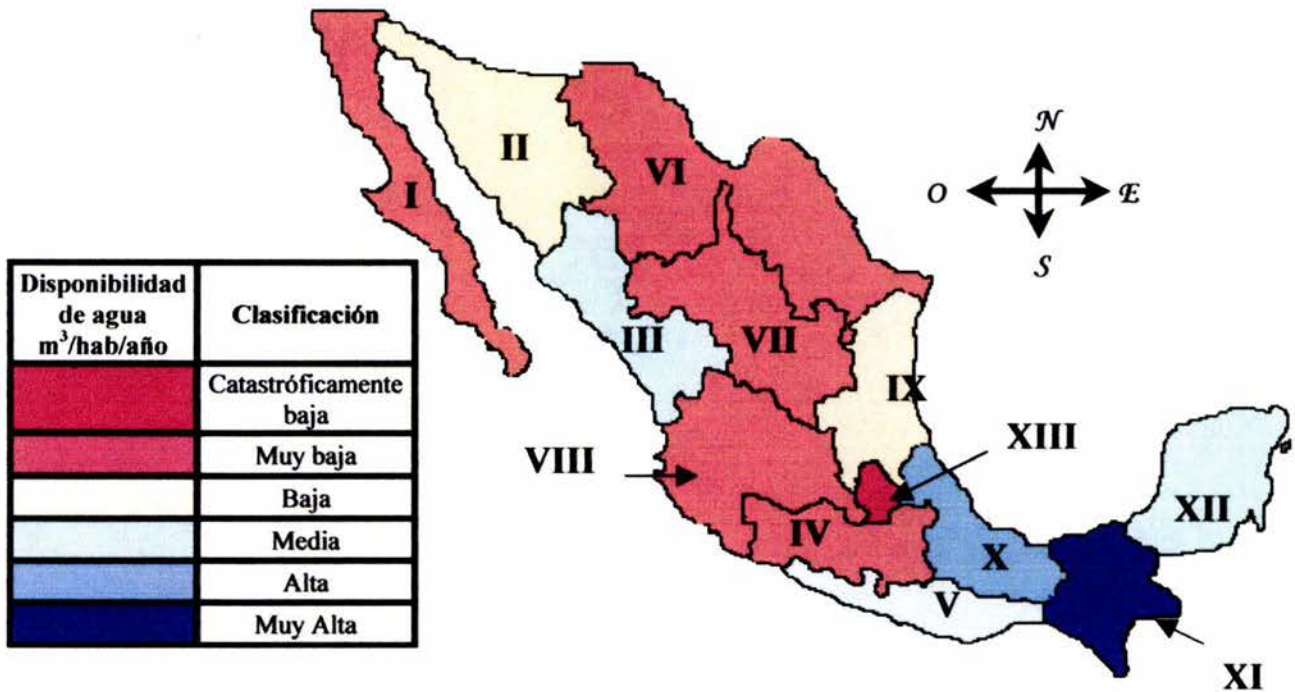
**Tabla 2.7: Disponibilidad de agua por región administrativa**

| Regiones administrativas                 | Recursos totales de agua (Km <sup>3</sup> ) | Población 2003 (millones) | Disponibilidad natural media per cápita (m <sup>3</sup> /hab) | Diagnóstico            |
|--|---|---------------------------|---|------------------------|
| XI Frontera Sur                          | 157.999                                     | 6.41                      | 24649   | Muy Alta               |
| X Golfo Centro                           | 102.546                                     | 9.67                      | 10605   | Alta                   |
| XII Península de Yucatán                 | 29.063                                      | 3.55                      | 8187  | Media                  |
| V Pacífico Sur                           | 33.177                                      | 4.17                      | 7956  | Media                  |
| III Pacífico Norte                       | 24.741                                      | 4.1                       | 6034  | Media                  |
| IX Golfo Norte                           | 23.347                                      | 4.99                      | 4679  | Baja                   |
| II Noroeste                              | 8.214                                       | 2.54                      | 3234  | Baja                   |
| IV Balsas                                | 28.909                                      | 10.65                     | 2714  | Baja                   |
| VIII Lerma-Santiago-Pacífico             | 39.68                                       | 20.22                     | 1962  | Muy Baja               |
| VII Cuencas Centrales del Norte          | 6.836                                       | 3.95                      | 1731  | Muy Baja               |
| I Península de Baja California           | 4.423                                       | 3.31                      | 1336  | Muy Baja               |
| VI Río Bravo                             | 13.718                                      | 10.36                     | 1324  | Muy Baja               |
| XIII Valle de México y Sistema Cutzamala | 3.803                                       | 20.86                     | 182   | Catastróficamente Baja |
| <b>Total Nacional</b>                    | <b>476.456</b>                              | <b>104.78</b>             | <b>4547</b>   | <b>Baja</b>            |

Fuente: segunda columna [3], tercera columna ya manejada anteriormente.

Observando los datos de la tabla 2.7 se tiene que casi el 33% de la población del país vive en un estado de **estrés hídrico**, lo que significa, que la disponibilidad de agua está por de bajo de los 1,700 m<sup>3</sup>/h/año y en esas regiones con frecuencia puede faltar el abastecimiento de agua para las diversas actividades. Pero aún más crítica es la situación de la región XIII Valle de México, en donde la disponibilidad de agua es **catastróficamente baja**, esto quiere decir, que en estas circunstancias con frecuencia se carece transitoriamente de agua en determinados lugares, y es preciso tomar decisiones que acerca de, a qué actividades destinar el agua existente y qué otras actividades suprimirles esa agua, pues los recursos hídricos existentes ya no alcanzan para satisfacer todas las necesidades de la región. Gráficamente esto se ve en la siguiente figura.

**Figura 2.3: Disponibilidad de agua por región administrativa**



Fuente: Elaboración propia con datos de [3]

Se muestra la tabla 2.7a para realizar un análisis partiendo del diagnóstico de la disponibilidad de agua en México. Para elaborar esta tabla, simplemente se tomaron los porcentajes relativos a la disponibilidad natural media de agua per-cápita, población y PIB de los datos que se venían manejando y se sumaron acumulativamente para cada región de diagnóstico, esto con el objetivo de ver cuales son las diferencias entre las diferentes regiones que mayor y menor disponibilidad de agua tienen.

De la tabla 2.7a se aprecia, que las regiones que cuentan con mayor disponibilidad de agua: Frontera Sur, Centro, Península de Yucatán, Pacífico Sur y Norte tienen un 27% de la población y generan el 17.6% del PIB, por contraste, las regiones que menos agua tienen disponible, el 8.75%, concentran a un 56% de la población nacional y generan 70% del PIB del país. Aquí se ve claramente que los recursos hídricos a nivel nacional no están en las zonas de mayor población ni de mayor actividad económica.

Entonces la escasez de agua se origina principalmente por la disparidad de la distribución geográfica de los recursos hídricos en relación con los asentamientos humanos, ya que las zonas que concentran a la mayoría de la población cuentan con un bajo porcentaje de las fuentes de abastecimiento de agua. Entonces, existe un desequilibrio entre la oferta y la demanda de recursos hídricos.

**Tabla 2.7a: Diagnóstico de la disponibilidad de agua por región administrativa, (acumulativo)**

| Regiones administrativas                 | Diagnóstico acerca de la Disponibilidad de Agua | Disponibilidad natural media per-cápita (% Acumulado) | Población Diciembre del 2003 (% Acumulado) | PIB (% Acumulado) |
|--|---|---|--|-------------------|
| XI Frontera Sur                          | De Muy Alta a Media                             | 76.99   | 26.63                                      | 17.6              |
| X Golfo Centro                           |   |   |  |                   |
| XII Península de Yucatán                 |   |   |  |                   |
| V Pacífico Sur                           |   |   |  |                   |
| III Pacífico Norte                       |   |   |  |                   |
| IX Golfo Norte                           | Baja  | 14.25   | 17.35                                      | 13.2              |
| II Noroeste                              |   |   |  |                   |
| IV Balsas                                |   |   |  |                   |
| VIII Lerma-Santiago-Pacífico             | De Muy Baja a Extremadamente baja               | 8.75  | 56.02                                      | 70                |
| VII Cuencas Centrales del Norte          |   |   |  |                   |
| I Península de Baja California           |   |   |  |                   |
| VI Río Bravo                             |   |   |  |                   |
| XIII Valle de México y Sistema Cutzamala |   |   |  |                   |
| <b>Total</b>                             |   | <b>100</b>  | <b>100</b>                                 | <b>100</b>        |

Fuente: Elaboración propia (con datos que se venían manejando)

## 2.4. Grado de presión sobre los recursos hídricos en México

Otra forma de evaluar la disponibilidad de agua es mediante la determinación de lo que se conoce como el *grado de presión del recurso* (GPR), que representa la proporción del agua que se extrae en una zona ya sea para fines agrícolas, públicos, industriales u otros<sup>5</sup>. De acuerdo con este valor, la Comisión para el Desarrollo Sustentable de la ONU define cuatro categorías, éstas se presentan en la tabla 2.8.

En la tabla 2.9 se muestran los datos acerca del grado de presión de los recursos hídricos en México. En el ámbito nacional se tiene un valor de GPR del 15% estimado para el año 2000, entonces, según el marco de referencia presentado, se encuentra en la categoría de presión moderada. El valor relativamente bajo de la presión sobre el recurso hídrico que presenta México, se debe a que en el sur del país existen zonas con una disponibilidad de agua alta, ya que regiones como la Frontera Sur, Golfo Centro, Península de Yucatán y Pacífico Sur no extraen más del 5% de su agua disponible; en contraste, las regiones de Baja California, Noroeste, Río Bravo, Cuencas Centrales y el Valle de México se

<sup>5</sup> Grado de presión sobre los recursos hídricos = extracción de líquido anual/ total de recursos hídricos de la zona o región al año por 100.



encuentran en una situación completamente diferente, ya que su grado de presión tiene valores superiores al 40%, lo que las coloca en la condición de alto estrés hídrico.

**Tabla 2.8: Marco de referencia para clasificar el grado de presión sobre los recursos hídricos de una determinada zona**

| Clasificación | Grado de presión |
|---------------|------------------|
| Fuerte        | >40%             |
| Media-fuerte  | 20-40%           |
| Moderada      | 10-20%           |
| Escasa        | <10%             |

**Tabla 2.9: Grado de presión sobre el recurso hídrico en México**

| Regiones administrativas                 | Recursos totales de agua anuales (Km <sup>3</sup> ) | Extracciones al año (Km <sup>3</sup> ) 2000 | GPR (%)      | Diagnóstico     |
|--|---|---|--------------|-----------------|
| XI Frontera Sur                          | 157.999   | 1.841                                       | 1.17         | Escasa          |
| X Golfo Centro                           | 102.546   | 3.946                                       | 3.85         | Escasa          |
| XII Península de Yucatán                 | 29.063  | 1.307                                       | 4.50         | Escasa          |
| V Pacífico Sur                           | 33.177  | 1.557                                       | 4.69         | Escasa          |
| IX Golfo Norte                           | 23.347  | 5.217                                       | 22.35        | Media-fuerte    |
| IV Balsas                                | 28.909  | 7.73  | 26.74        | Media-fuerte    |
| VIII Lerma-Santiago-Pacífico             | 39.68   | 14.514                                      | 36.58        | Media-fuerte    |
| III Pacífico Norte                       | 24.741  | 9.224                                       | 37.28        | Media-fuerte    |
| VI Río Bravo                             | 13.718  | 8.01  | 58.39        | Fuerte          |
| VII Cuencas Centrales del Norte          | 6.836   | 4.172                                       | 61.03        | Fuerte          |
| II Noroeste                              | 8.214   | 6.028                                       | 73.39        | Fuerte          |
| I Península de Baja California           | 4.423   | 3.836                                       | 86.73        | Fuerte          |
| XIII Valle de México y Sistema Cutzamala | 3.803   | 4.801                                       | 126.24       | Fuerte          |
| <b>Total Nacional</b>                    | <b>476.456</b>                                      | <b>72.183</b>                               | <b>15.15</b> | <b>Moderada</b> |

Ordenado de forma ascendente de acuerdo al GPR

Fuente: segunda columna [3], tercer columna [36]

Es impresionante ver que la zona Valle de México extrae el 126% de los recursos de agua totales con los que cuenta, y no está mal ni es imposible, lo que pasa es que las demandas de agua de esta zona son demasiado grandes y se tiene que abastecer por medio de fuentes de agua externas.

## 2.4. Suministro de agua para consumo humano

Para satisfacer las necesidades de agua de los habitantes de México a nivel nacional en el año 2001 se suministraron 315,030 litros por segundo para consumo humano, sin embargo existen grandes disparidades entre los suministros de agua de los diferentes estados, se presentan parte de estos datos en la tabla 2.10.

**Tabla 2.10: Agua suministrada por entidad federativa, 1996-2001 (m<sup>3</sup>/s)**

| Num | Entidad federativa  | 1996          | 1997          | 1998          | 1999          | 2000          | 2001          |
|-----|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1   | México              | 36.39         | 36.40         | 36.82         | 36.82         | 36.52         | 36.54         |
| 2   | Distrito Federal    | 35.50         | 35.50         | 35.50         | 35.50         | 35.50         | 35.73         |
| 3   | Veracruz            | 14.54         | 14.55         | 14.55         | 17.00         | 19.37         | 20.45         |
| 4   | Jalisco             | 18.90         | 18.90         | 18.90         | 18.90         | 18.60         | 19.03         |
| 5   | Chihuahua           | 13.43         | 14.00         | 14.00         | 16.48         | 15.51         | 16.42         |
| 28  | Quintana Roo        | 2.45          | 2.91          | 2.91          | 2.99          | 3.26          | 3.83          |
| 29  | Colima              | 2.49          | 2.59          | 2.59          | 2.59          | 2.80          | 2.80          |
| 30  | Nayarit             | 2.67          | 2.67          | 2.67          | 2.67          | 2.69          | 2.75          |
| 31  | Baja California Sur | 2.00          | 2.00          | 2.00          | 2.00          | 2.44          | 2.45          |
| 32  | Tlaxcala            | 1.80          | 1.80          | 2.69          | 2.69          | 2.69          | 1.94          |
|     | <b>Nacional</b>     | <b>277.14</b> | <b>283.63</b> | <b>294.57</b> | <b>309.74</b> | <b>312.01</b> | <b>315.30</b> |

Ordenado de forma descendente de acuerdo al agua suministrada para el 2001. De acuerdo a ese orden se muestran los primeros y últimos 5 estados.

Fuente: [36]

Usando los datos para el 2001 de la tabla 2.10 se puede generar la tabla 2.11 acerca de la dotación de agua en litros por habitante al día para los mismos estados.

En la tabla 2.11 se tiene que el promedio nacional de litros por habitante al día en el 2001 era de 269, sin embargo existen grandes desviaciones. Tenemos que el Distrito Federal, Chihuahua, Quintana Roo, Colima y Baja California Sur se destinaban arriba de 350 l/h/d. En particular Baja California Sur contaba con una dotación altísima de 477 l/h/d. Por otro lado en Tlaxcala sólo se cuenta con 168 l/h/d y los demás estaban alrededor de 250 l/h/d.

**Tabla 2.11: Suministro de agua, población y dotación de agua 2001**

| Num | Entidad Federativa  | Suministro de agua m <sup>3</sup> /s | Población        | Dotación de agua (l/h/d) |
|-----|---------------------|--------------------------------------|------------------|--------------------------|
| 1   | México              | 36.54                                | 13626197         | 231.69                   |
| 2   | Distrito Federal    | 35.73                                | 8812627          | 350.3                    |
| 3   | Veracruz            | 20.45                                | 7181652          | 246.03                   |
| 4   | Jalisco             | 19.03                                | 6540182          | 251.4                    |
| 5   | Chihuahua           | 16.42                                | 3157512          | 449.31                   |
| 28  | Quintana Roo        | 3.83                                 | 918465           | 360.29                   |
| 29  | Colima              | 2.8                                  | 557839           | 433.67                   |
| 30  | Nayarit             | 2.75                                 | 965982           | 245.97                   |
| 31  | Baja California Sur | 2.45                                 | 443885           | 476.88                   |
| 32  | Tlaxcala            | 1.94                                 | 995677           | 168.34                   |
|     | <b>Nacional</b>     | <b>315.3</b>                         | <b>101208925</b> | <b>269.17</b>            |

Fuente: columna tres manejada en la tabla 2.10, columna cuatro [32], columna cinco es sólo la columna dos entre la columna tres y realizar una conversión de m<sup>3</sup>/s a litros al día.

Es muy importante recalcar que la dotación en litros por habitante al día, que se está manejando aquí, representa la cantidad de agua que en teoría se destina para cada habitante de cada estado, para todos los usos de agua existentes en ese estado en particular; doméstico, industrial y servicios. Es importante recalcar esto pues a veces se manipula la información (o no se aclara) y se menciona que los habitantes de por ejemplo: el Distrito Federal usan en promedio cada uno 351<sup>6</sup> litros al día, y hay una gran diferencia entre una y otra aseveración, la última implica que una persona consume para uso personal (doméstico) 351 litros al día, y la primera, que el abastecimiento de agua en la región está diseñado para que los 351 litros al día se inviertan en los requerimientos de agua que en total pueda causar una persona de esa región, para cada uno de los usos de agua existentes en esa zona.

<sup>6</sup> Se esta tomando esta cifra sólo como un indicativo y porque en varios documentos oficiales se hace referencia a esta cifra para hacer creer que la población desperdicia mucha agua – por ejemplo: Informe Anual: Agua, Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F., 2003 página de internet <http://www.paot.org.mx/centro/paot/induccin/pdf/proaire/cap02.pdf>

## 2.5. Problemática del abastecimiento, manejo y usos de agua en México

El siguiente párrafo fue extraído textualmente del libro; Estadísticas del Agua en México 2004 de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

*No se sabe con exactitud cuanta agua se utiliza en el país; sin embargo, se cuenta con el Registro Público de Derechos de Agua (Repda) en el cual se tienen los volúmenes concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales. Se infiere que los usuarios utilizan aproximadamente el mismo volumen que tienen concesionado o asignado y se considera que la gran mayoría de los usuarios ya se encuentran inscritos en el Repda.*

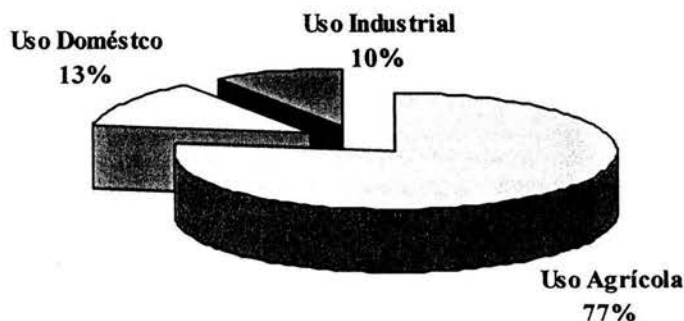
Tomando lo anterior en cuenta, se puede decir que los datos acerca del consumo de agua en México, no se tienen bien validados, aunque se cuenta con estimaciones.

El total nacional de volumen de agua concesionado<sup>7</sup> es de 72.643 Km<sup>3</sup> en el año 2002, este dato ya se ha presentado varias veces, es el resultado de sumar la extracción subterránea y la extracción superficial de agua.

Si se piensa un poco acerca de cómo se obtuvo esta cantidad de agua que es extraída al año, se llega a que es imposible controlar dicha cifra, por ejemplo, en una cierta zona, no se pueden registrar todas las tomas de agua ilegales que se realizan directamente de los cuerpos de agua, y no se sabe si realmente las personas que controlan el suministro de agua, están manejando los datos reales de las cantidades que proveen a cada región o para cada uso. Sin embargo, es importante presentar los datos oficiales de los usos de agua en México, porque es el estimado con el que se cuenta.

Según la CNA el total nacional de volumen para uso agrícola es de 56.07 Km<sup>3</sup>, para uso doméstico 9.6 Km<sup>3</sup> y para uso industrial es de 6.94 Km<sup>3</sup>, partiendo de un total de 72.643 Km<sup>3</sup>, como ya se había visto. Utilizando estos datos se puede hacer la siguiente gráfica 2.1.

**Gráfica 2.1.: Usos de agua concesionados en México**



<sup>7</sup> Contrato por el cual el gobierno otorga a empresas, estados o a particulares la gestión y la explotación de ciertos bienes públicos.

Estén bien o mal los datos, el uso agrícola tiene que dominar, no puede haber un error tan grande en la estimación, pues es casi siete veces mayor a los otros dos usos.

La mayor parte del territorio nacional tiene clima árido, así que los cultivos no se desarrollarían sin irrigación. Alrededor del 30% de los cultivos son irrigados, y estos proporcionan el 50% de las cosechas totales. Sin embargo no existe una relación entre las regiones que necesitan agua para la agricultura y su disponibilidad. Por ejemplo existen 1.5 millones de hectáreas de tierra fértil en el norte de la costa del pacífico que no se ha cultivado por la falta de agua. Ha habido planes para hacer transferencias de las zonas que cuentan con agua hacia esta región, pero la inversión que se necesita es demasiado grande, además el sector agrícola genera menos del 4% del PIB, por lo que antes que nada deben emplearse tecnologías y métodos que lo hagan más productivo.

También se cuenta con estos datos por región administrativa, para compararlos se presentan en forma de porcentajes en la tabla 2.12.

**Tabla 2.12: Volúmenes de agua concesionados por región administrativa**  
(Cifras acumuladas para Diciembre del 2002)

| Regiones administrativas                 | Volumen Total Concesionado (%) | Agrícola (%) | Doméstico (%) | Industria (%) |
|--|--------------------------------|--------------|---------------|---------------|
| VIII Lerma-Santiago-Pacífico             | 17.63                          | 18.84        | 19.67         | 4.96          |
| III Pacífico Norte                       | 14.3                           | 17.55        | 4.98          | 0.92          |
| IV Balsas                                | 13.99                          | 10.75        | 7.56          | 49.03         |
| VI Río Bravo                             | 10.52                          | 11.93        | 6.97          | 4.06          |
| II Noroeste                              | 8.74                           | 9.71         | 9.07          | 0.45          |
| X Golfo Centro                           | 6.24                           | 3.8          | 7.58          | 24.11         |
| XIII Valle de México y Sistema Cutzamala | 6.14                           | 4            | 20.1          | 4.11          |
| IX Golfo Norte                           | 5.49                           | 6.02         | 4.11          | 3.18          |
| I Península de Baja California           | 5.2                            | 5.5          | 4.32          | 4.05          |
| VII Cuencas Centrales del Norte          | 5.01                           | 5.66         | 3.73          | 1.53          |
| XI Frontera Sur                          | 2.68                           | 2.56         | 4.46          | 1.15          |
| XII Península de Yucatán                 | 2.2                            | 1.76         | 4.73          | 2.26          |
| V Pacífico Sur                           | 1.86                           | 1.92         | 2.72          | 0.19          |
| <b>Total Nacional</b>                    | <b>100</b>                     | <b>100</b>   | <b>100</b>    | <b>100</b>    |

Ordenado de forma descendente tomando en cuenta el volumen de agua concesionado

Fuente: [3]

Si se da una ojeada rápida a los usos de agua para cada región, se nota que la que mayor agua dedica a la agricultura es la región de Lerma-Santiago-Pacífico, esto quiere decir que esta región es una de las más importantes del país en lo que se refiere a agricultura y cría de ganado. En el uso doméstico, la región del valle de México es la que tiene un consumo más

alto, seguida de nuevo por la región de Lerma-Santiago-Pacífico. Para uso industrial, la región que más consume agua es Balsas, hay que tomar en cuenta que esta zona, entre algunos otros, incluye parte de los estados de Puebla, México y Jalisco que como se sabe, son de los estados que cuentan con mayor industria en el país.

Para analizar la relación que existe entre el volumen de agua concesionado, la disponibilidad de agua, la población y el PIB se ha construido la tabla 2.13..

**Tabla 2.13: Volúmenes de agua concesionados, disponibilidad natural media de agua, población y PIB por región administrativa**  
(Cifras acumuladas para Diciembre del 2002)

| Regiones administrativas                 | Volumen Total Concesionado (%) | Disponibilidad natural media per cápita (%) | Población Diciembre del 2003 % | PIB (%)    | Ranking de acuerdo al PIB |
|--|--------------------------------|---|--------------------------------|------------|---------------------------|
| VIII Lerma-Santiago-Pacífico             | 17.63                          | 2.63  | 19.30                          | 16         | 2                         |
| III Pacífico Norte                       | 14.30                          | 8.09  | 3.91                           | 2.9        | 10                        |
| IV Balsas                                | 13.99                          | 3.64  | 10.16                          | 6.7        | 4                         |
| VI Río Bravo                             | 10.52                          | 1.77  | 9.89                           | 14.6       | 3                         |
| II Noroeste                              | 8.74                           | 4.34  | 2.42                           | 2.8        | 12                        |
| X Golfo Centro                           | 6.24                           | 14.21                                       | 9.23                           | 5.5        | 5                         |
| XIII Valle de México y Sistema Cutzamala | 6.14                           | 0.24  | 19.91                          | 31         | 1                         |
| IX Golfo Norte                           | 5.49                           | 6.28  | 4.76                           | 3.7        | 8                         |
| I Península de Baja California           | 5.20                           | 1.79  | 3.16                           | 4.1        | 7                         |
| VII Cuencas Centrales del Norte          | 5.01                           | 2.32  | 3.77                           | 3.3        | 9                         |
| XI Frontera Sur                          | 2.68                           | 33.07                                       | 6.12                           | 2.9        | 11                        |
| XII Península de Yucatán                 | 2.20                           | 10.96                                       | 3.39                           | 4.2        | 6                         |
| V Pacífico Sur                           | 1.86                           | 10.67                                       | 3.98                           | 2.1        | 13                        |
| <b>Total Nacional</b>                    | <b>100</b>                     | <b>100</b>                                  | <b>100</b>                     | <b>100</b> |                           |

Ordenado de forma descendente tomando en cuenta el volumen de agua concesionado

Fuente: Elaboración propia utilizando los datos de [3]

La población, la disponibilidad natural media per cápita y el PIB ya se han manejado, la única columna nueva es el volumen total de agua concesionado. Al parecer la tabla 2.13 muestra las razones por las cuales se les concede una cantidad mayor de agua a algunas regiones que a otras, esto se describe a continuación.

La región que tiene más agua concesionada es la de Lerma-Santiago-Pacífico, sin embargo, esta región es una de las que tiene menor disponibilidad natural media per cápita, pero hay que tener cuidado, los porcentajes pueden ser engañosos, si se revisan los datos de la tabla 2.7, tenemos que las regiones sur y centro cuentan con una cantidad mucho mayor de recursos totales de agua que la de Lerma, esta región también cuenta naturalmente con una gran cantidad de agua, pero aún así tiene una mayor cantidad de agua concesionada que las

otras dos, esto tiene que ser así pues la región de Lerma cuenta con la mayor cantidad de población en el país y un porcentaje importante del PIB, y además por lo que habíamos dicho anteriormente, cuenta con el sector agrícola más importante del país. Ahora, si se ven los datos para la zona del Valle de México, tiene un porcentaje menor de agua concesionada y cuenta con una gran cantidad de población y el mayor PIB del país, sin embargo, en el Valle de México no se usa tanta agua para el sector agrícola, que es el que más agua requiere.

Por otro lado se tiene que la región frontera sur es la que mayor cantidad y disponibilidad de agua tiene en el país y sin embargo es una región que tiene uno de los porcentajes más bajos concesionados de agua, utilizando el mismo razonamiento, vemos que genera un porcentaje menor del PIB, el 2.9% nacional y cuenta con un porcentaje de la población del 6.12% en el ámbito nacional y casi no se usa el agua para la agricultura.

## 2.6. Fuentes de abastecimiento de agua superficiales y subterráneas en México

Como se ha visto cada región del país usa de manera distinta el agua y en distintas cantidades, aquí se mostrará que el agua que proviene de fuentes superficiales y subterráneas no es usada de la misma forma, para esclarecer esto, se presenta la tabla 2.14.

**Tabla 2.14: Volumen de agua concesionado para usos fuera del cuerpo de agua Km<sup>3</sup> anuales**

| Uso   | Origen      |             | Volumen Total | Porcentaje de extracción |
|---|-------------|-------------|---------------|--------------------------|
|   | Superficial | Subterráneo |               |                          |
| <b>Agrícola</b>   | 38.3        | 17.8        | 56.1          | 77.27                    |
| <b>Doméstico (incluye industria conectada a la red)</b> | 3.3         | 6.3         | 9.6           | 13.22                    |
| <b>Industria (incluye termoeléctricas)</b>              | 5.3         | 1.6         | 6.9           | 9.50                     |
| <b>Total Nacional</b>                                   | 46.9        | 25.7        | 72.6          | 100                      |

Fuente: [3]

En esta tabla, se tiene que más de la mitad del agua que se usa para la agricultura proviene de fuentes superficiales, de igual manera el agua que se usa para consumo industrial, por el contrario, el agua para uso doméstico, proviene en su mayor medida de fuentes subterráneas, esto es debido a que en muchos casos las corrientes superficiales sirven como drenajes para los muchos asentamientos humanos, así la calidad de las aguas existentes en ríos, lagos y arroyos es poco utilizable para el uso o consumo humano.

En los capítulos siguientes se centrará toda la atención en lo que es el Valle de México, que es una subregión de la región administrativa XIII Valle de México y sistema Cutzamala, por lo que para finalizar este capítulo es conveniente hacer algunas observaciones

importantes acerca de esta zona a las que se ha llegado después de revisar la información del presente capítulo:

- La disponibilidad de agua es catastróficamente baja, esto quiere decir, que en estas circunstancias con frecuencia se carece transitoriamente de agua, y es preciso tomar decisiones acerca de a qué actividades destinar el agua existente y qué otras actividades suprimirles esa agua, pues los recursos hídricos existentes ya no alcanzan para satisfacer todas las necesidades de la región.
- El grado de presión sobre los recursos hídricos sobrepasa el 100%, esto significa, que se están sobre-explotando los recursos de agua de la región y que para satisfacer las necesidades de agua, se ha tenido que recurrir a fuentes externas de agua pues las propias ya no alcanzan para satisfacer los requerimientos de la población.
- Se genera la mayor actividad económica y es una de las zonas más pobladas del país.

Este es el marco que presenta la zona de estudio que se ha elegido.



## Capítulo 3

# Evolución histórica de los caudales de agua que se suministran al Valle de México y Distrito Federal

Este capítulo se dedicará a presentar los datos referentes a la evolución histórica del abastecimiento de agua en el Valle de México y Distrito Federal, además, implícitamente se mostrará que la información obtenida de diversas fuentes en los mismos periodos de tiempo no se ajusta y por lo tanto a lo más que se puede aspirar es a tener una idea de por donde deben estar los datos reales. Así, el objetivo de este capítulo será el de obtener una serie histórica, en la que podamos tener cierta confianza, para la evolución de los caudales de agua que se suministran al D.F.

Como se vio el capítulo anterior, el Distrito Federal se encuentra dentro de la región hidrológica XIII, Valle de México, para fines de planeación, esta región se subdivide a su vez en las subregiones: Valle de México (se llama igual que la región) y Tula; comprende, además del Distrito Federal, 56 municipios del estado de México, 39 de Hidalgo y cuatro de Tlaxcala.

**Figura 3.1: Región XIII, Valle de México**



Se empezará por describir a grandes rasgos los datos acerca del abastecimiento de agua en la subregión Valle de México la cual se compone del Distrito Federal, y de 18 municipios del estado de México, es muy importante hacer esta diferencia, pues a veces por Distrito Federal y Valle de México se entiende exactamente lo mismo. Para fines de planeación y manejo de información es imperativo recalcar la diferencia, esto se verá claramente más adelante, pues los datos son totalmente distintos. Con la información para el Valle de México se analizará el caso para el Distrito Federal. Se presentará la información en este orden pues el Distrito Federal está contenido en el Valle de México, por lo que los datos para uno se deben ir modificando para el otro, pero de una forma secuencial dependiendo de cómo vaya creciendo la población, también se hará énfasis si

existe esta relación para verificar si los datos entre una y otra zona van guardando cohesión entre sí.

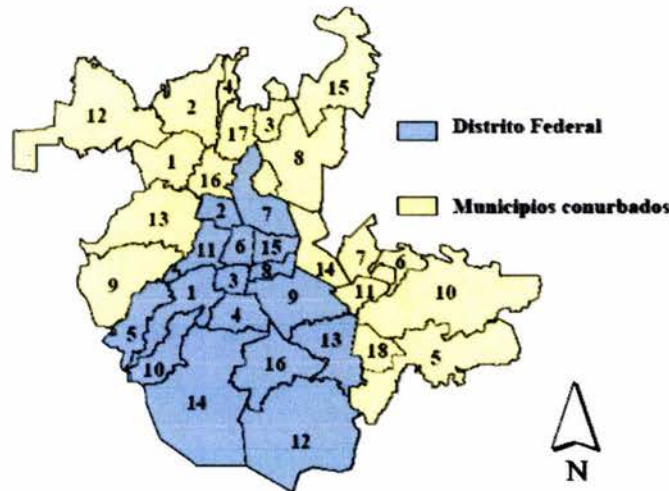
### 3.1. Abastecimiento de agua para la subregión Valle de México

Explícitamente y para que no haya confusión en la tabla 3.1 se despliegan y enumeran cuáles son los municipios y delegaciones que conforman la subregión Valle de México, comúnmente conocida simplemente como Valle de México:

**Tabla 3.1: Delegaciones y municipios y que componen el Valle de México**

| Distrito Federal (Delegaciones) |                        | Estado de México (Municipios) |                    |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|
| 1 Álvaro Obregón                | 9 Iztapalapa           | 1 Atizapán de Zaragoza        | 10 Ixtapaluca      |
| 2 Azcapotzalco                  | 10 Magdalena Contreras | 2 Cuautitlán Izcalli          | 11 La Paz          |
| 3 Benito Juárez                 | 11 Miguel Hidalgo      | 3 Coacalco                    | 12 Nicolás Romero  |
| 4 Coyoacán                      | 12 Milpa Alta          | 4 Cuautitlán                  | 13 Naucalpan       |
| 5 Cuajimalpa                    | 13 Tláhuac             | 5 Chalco                      | 14 Nezahualcóyotl  |
| 6 Cuauhtémoc                    | 14 Tlalpan             | 6 Chicoloapan                 | 15 Tecámac         |
| 7 Gustavo A. Madero             | 15 Venustiano Carranza | 7 Chimalhuacán                | 16 Tlalnepantla    |
| 8 Iztacalco                     | 16 Xochimilco          | 8 Ecatepec                    | 17 Tultitlán       |
|                                 |                        | 9 Huixquilucan                | 18 Valle de Chalco |

**Figura 3.2: Valle de México**



#### 3.1.1. Evolución histórica del abastecimiento de agua potable en el Valle de México

Históricamente el Valle de México se había abastecido del agua del acuífero que subyace en el fondo del mismo valle, sin embargo la explotación intensiva de estos cuerpos de agua ocasionó hundimientos del Distrito Federal a principios del siglo XX, además hubo peligro de salinización en el agua obtenida debido a que se le estaba extrayendo de pozos muy profundos. Estos factores y el desmesurado crecimiento de la población en los años 30, hicieron evidente que las fuentes subterráneas no serían suficientes para abastecer la demanda de miles de nuevos habitantes, entonces, se tomó

la decisión de llevar el agua de la cuenca del Alto Lerma, al Valle de México para satisfacer la incesante demanda. La primer obra que llevaría agua de esta cuenca al valle se culminó en 1951 y después de esta obra se siguieron algunas otras en esta misma región, sin embargo, el agotamiento de los recursos hídricos de la cuenca de Lerma, los conflictos regionales y, sobre todo, los hundimientos progresivos del subsuelo de la ciudad de México por la extracción del agua, determinaron que se debía obtener más agua de una segunda fuente, y se pensó en Cutzamala, esta segunda cuenca empezó a aportar sus aguas al Valle de México en 1982 y lo ha seguido haciendo hasta la fecha al igual que el Lerma.

Desdichadamente, no se pudo conseguir información acerca de la evolución histórica del suministro de agua en el Valle de México de año en año. Sin embargo, haciendo un trabajo de investigación se consiguieron los datos de la tabla 3.2 para las cantidades de agua que se han suministrado para el Valle de México provenientes de las cuencas de Lerma, Cutzamala y de las fuentes subterráneas y superficiales del mismo Valle.

**Tabla 3.2: Evolución del abastecimiento histórico de agua potable para el Valle de México (m<sup>3</sup>/s)**

| Fuentes de abastecimiento | Años      |           |             |           |             |           |           |              |
|---------------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------------|
|                           | 1979      | 1988      | 1992        | 1995      | 1996        | 1997      | 1999      | 2003         |
| Valle de México           | 45        | 45        | 44.4        | 45        | 44.5        | 44.6      | 47.78     | 45.37        |
| Cuenca del Lerma          | 11        | 7         | 5.3         | 7         | 6           | 5.9       | 5.72      | 5.86         |
| Cuenca de Cutzamala       | 0         | 12        | 10.6        | 10        | 13          | 14.5      | 11.51     | 13.46        |
| <b>TOTAL</b>              | <b>56</b> | <b>64</b> | <b>60.3</b> | <b>62</b> | <b>63.5</b> | <b>65</b> | <b>65</b> | <b>64.69</b> |

Nota: el rubro Valle de México, representa las fuentes superficiales y subterráneas del propio Valle Integración Propia

Fuentes:

Columna 2 [13], columna 3 [15], columna 4 [30] columna 5 [12], Columna 6 [1], Columna 7 [2]

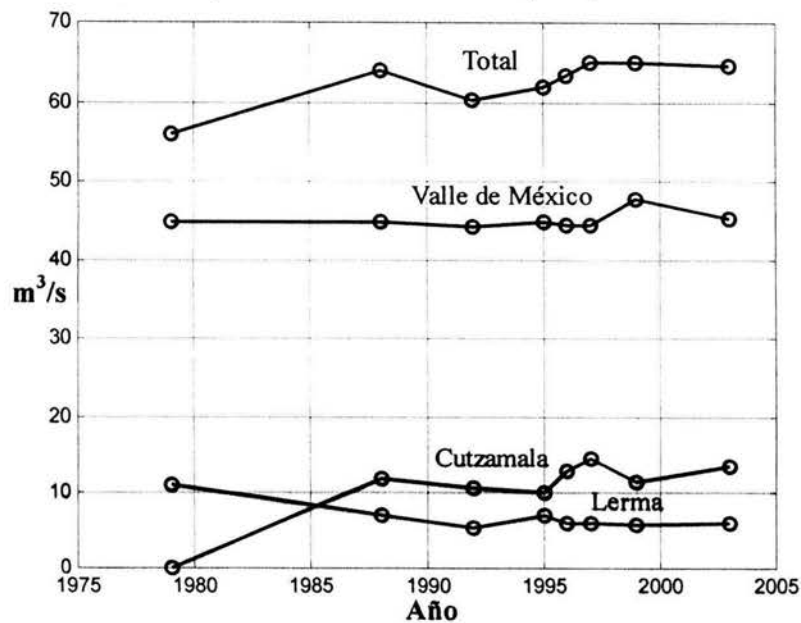
Columna 8: [4] Columna 9: [27]

Estos datos se obtuvieron de diferentes años y de diversas fuentes; como se puede observar no presentan gran variación en general. Ver gráfica 3.1.

En la gráfica 3.1 se puede ver que Lerma empezó dando grandes cantidades de agua al Valle de México, y en un momento dado, tal vez por los conflictos regionales entre el estado de México y el Distrito Federal se disminuyeron los caudales que se estaba mandando al Valle, pues obviamente, gran parte del agua que Lerma manda al Valle de México se canaliza al Distrito Federal y esto es lo que ocasiona los conflictos.

Así, Lerma disminuyó el caudal de agua que mandaba al Valle de México yendo de 11 m<sup>3</sup>/s en el año de 1979 hasta 5.9 m<sup>3</sup>/s en el 2003, y por el contrario, el agua que manda el sistema Cutzamala va en aumento, seguramente para suplir el agua que Lerma ha dejado de aportar, mencionamos esto pues el agua que suministra el mismo Valle casi no ha tenido variación, va de 45 a 44.5 y de nuevo a 45 m<sup>3</sup>/s.

**Gráfica 3.1: Evolución del abastecimiento de agua potable para el Valle de México ( $m^3/s$ )**



Fuente: Elaboración Propia (con los datos mostrados en la tabla 3.2)

### 3.1.2. Importancia de los acuíferos subterráneos del Valle de México

Se tiene que señalar que de la mayor parte de la extracción de agua que se realiza del Valle de México, alrededor del 95% es agua que se extrae de pozos subterráneos, esto equivale a alrededor de  $43 m^3/s$  en promedio. Estos pozos se encuentran en diferentes partes del Distrito Federal y de los municipios del estado de México que forman parte del valle.

Actualmente se considera que existe una sobreexplotación de los acuíferos subterráneos del valle, esto quiere decir, que la extracción de agua de los pozos existentes en el valle supera a su recarga debida a la infiltración de agua por medio del escurrimiento subterráneo, además como se puede ver en la gráfica 3.1 el valle no ha disminuido los caudales de agua que aporta, por este motivo además de Lerma y Cutzamala ya se piensa en otras fuentes externas para satisfacer las demandas de agua de la creciente población de esta zona, algunas de estas fuentes son el río Amacuzac o Temascaltepec.

Obtener la información de velocidad de recarga de los pozos, sus capacidades de almacenamiento y un histórico de extracciones de agua, sería magnífico para construir un modelo y saber si los pozos se van a secar o cuanto tiempo van a durar, sin embargo no se sabe si esta información existe y es confiable, de hecho en las fuentes oficiales la información que se da al respecto es poca y muy oscura, como ejemplo presentamos tres párrafos extraídos textualmente de estas fuentes:

*Sobreexplotación de los acuíferos. La condición de sobreexplotación, en especial en la subregión Valle de México, se presenta en forma global, con una extracción total que excede en 140% la magnitud de recarga. Como consecuencia de esta extracción excesiva de los acuíferos, se producen fuertes hundimientos en algunas zonas de la ZMVM<sup>1</sup>.*

*Fuente: [16]*

*Anualmente el acuífero de la subregión del Valle de México percibe una infiltración de 689 millones de m<sup>3</sup>; sin embargo por medio de pozos se extrae un volumen mayor a 1500 millones de m<sup>3</sup> al año; lo que significa que anualmente el acuífero pierde un volumen de agua de 811 millones de m<sup>3</sup>. El déficit acumulado en el Distrito Federal alcanza 3 m<sup>3</sup>/segundo, mientras que el déficit en el estado de México ya llegó a los 10 m<sup>3</sup>/s.*

*Fuente: [27]*

*En relación con la cuantificación de agua subterránea para la ZMCM<sup>2</sup>, el último balance disponible (octubre de 1987) señalaba que: 172 millones de m<sup>3</sup> por año provienen del cerro de Las Cruces; la infiltración asciende a 70 millones; la salida subterránea hacia Azcapotzalco alcanza los 24.3 millones; la extracción por bombeo es de 243.5 millones de m<sup>3</sup> y un cambio de almacenamiento negativo por 25.4 millones de m<sup>3</sup> anuales, lo cual indicaba ya un déficit cuantioso para esos años.*

*Fuente: [4]*

El último párrafo es verdaderamente difícil de entender y al parecer es el que tiene mayor cantidad de información.

Otra línea de estudio acerca de los acuíferos subterráneos podría ser analizar la calidad del agua que se consume en el Valle de México o Distrito Federal, esto viene a colación por los párrafos anteriores pues casi todas las fuentes superficiales de agua de las que se podría abastecer el valle se encuentran contaminadas ya que la gran mayoría de las veces se usan como drenajes naturales a cielo abierto, entonces, se usa generalmente el agua proveniente de fuentes subterráneas porque se considera que es de mejor calidad (no está contaminada), sin embargo ésta también puede presentar contaminación, por ejemplo:

La localización de los primeros grandes basureros no contó con ninguna planeación, así, basureros como el de San Lorenzo Tezonoco y Santa Catarina presentan comunicación hidráulica con pozos de agua subterráneos. Otra línea interesante de estudio es la de los panteones, pues la ubicación de estos sitios sólo siguió criterios religiosos o de disponibilidad de espacio. En terrenos de panteones como el de San Lorenzo Tezonoco se encuentran pozos de abastecimiento urbano. Tres de ellos fueron clausurados por presentar contaminación bacteriológica.

<sup>1</sup> ZMVM- Zona Metropolitana del Valle de México.

<sup>2</sup> ZMCM- Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

### 3.1.3. Crecimiento poblacional en el Valle de México

A lo largo de este trabajo se ha mostrado que la cantidad de agua que se consume en una determinada zona o región depende en gran medida de la cantidad de población existente en esa región en particular.

A continuación se revisará como ha ido creciendo la población del Valle de México y con base en esto, se determinará si realmente los datos del abastecimiento de agua que se recopilaron se ajustan al crecimiento poblacional de la zona, esto con el objetivo de validar la información con la que se cuenta. Se recopiló la siguiente información:

**Tabla 3.3: Crecimiento poblacional del Valle de México 1960-2000**

| Año  | Población Total del Valle de México | Distrito Federal | Municipios pertenecientes al Estado de México |
|------|-------------------------------------|------------------|---|
| 1960 | 5125000                             | 4870876          | 254124  |
| 1970 | 8816000                             | 6874165          | 1941835                                       |
| 1980 | 12333000                            | 8831079          | 3501921                                       |
| 1990 | 15047000                            | 8235744          | 6811256                                       |
| 1995 | 17089000                            | 8489007          | 8599993                                       |
| 2000 | 18210000                            | 8605239          | 9604761                                       |
| 2003 | 19481829                            | 8813006          | 10668823                                      |

Fuente: segunda columna: [27], tercer columna: [31] hasta el 2000, el 2003 [32], cuarta columna: elaboración propia.

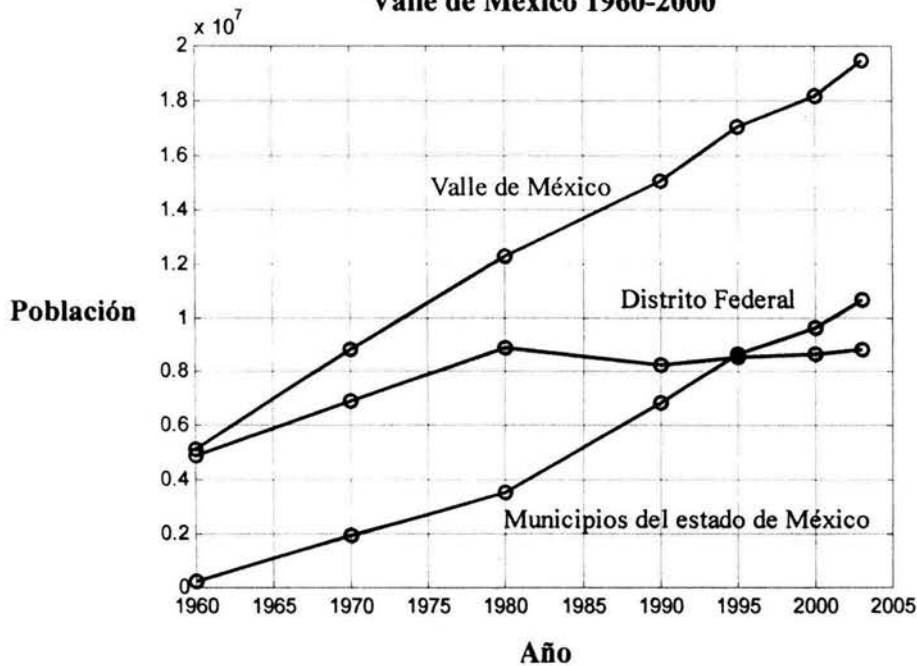
La tabla 3.3 se trató de construir a partir de datos del INEGI y CONAPO, pero hubo algunos problemas para conseguir la información acerca del crecimiento poblacional para los municipios del Estado de México, pues no se cuenta con ello, sólo se tenía el histórico para todo el estado de México o con la población por municipio sólo del 2000, así que se buscó otra fuente y se encontró en la página a la que se hace referencia, sin embargo, hay que tener un poco de reserva pues los datos para el Distrito Federal de esta Fuente no cuadraban exactamente con los del INEGI, sólo se aproximaban, así que se prefirió tomar los datos del D.F. del INEGI y hacer una resta para obtener los datos para los municipios del estado de México.

La gráfica 3.2 muestra el crecimiento poblacional del Valle de México, Distrito Federal y de los Municipios del Valle de México pertenecientes al estado de México.

El comportamiento del crecimiento poblacional de la gráfica 3.2, se puede leer de la siguiente forma: en los años cincuenta y sesenta se produjo la expansión espacial del Distrito Federal, pues gente proveniente de todo el país quiso asentarse en esta capital y lo hacían, pues llegaban en busca de mejores oportunidades de trabajo, mejores servicios educativos de salud etc, en ese entonces el 99% de la población del Valle de México habitaba en el D.F.. En esta época el crecimiento demográfico de la región fue impresionantemente alto. En los años setenta, la zona metropolitana rebasó los límites del Distrito Federal y se extendió al estado de México, ya para los años 80 el Distrito Federal dejó de ser el principal punto de migración interna y se convirtió en expulsor de población hacia las ciudades del Norte y Centro del país, algunos de los factores que propiciaron este cambio fueron: las políticas de descentralización económica, de

planificación familiar, la mala calidad del ambiente y la escasez de espacio para la vivienda. Esta década marcó el cambio en las tendencias de crecimiento urbano en el Valle de México; a partir de entonces, el crecimiento poblacional se produjo en mayor medida en el territorio del estado de México. De hecho, la migración hacia éste proviene también del Distrito Federal.

**Gráfica 3.2: Crecimiento poblacional del Valle de México 1960-2000**



Se cuenta con información del suministro de agua para el Valle de México en el rango de años de 1979 al 2003 y se quiere comparar la evolución de este abastecimiento de agua con el crecimiento de la población, entonces se usará un spline cúbico para interpolar la población de los años intermedios a 1960 y 2003 para a partir de la población original, obtener una aproximación de la población de los años en los que se cuenta con información acerca del abastecimiento de agua en el Valle de México, así, se obtiene la tabla 3.4. Además para observar de una forma más sencilla la evolución del crecimiento poblacional y abastecimiento de agua, se presentan las gráficas por separado de cada uno de estos factores.

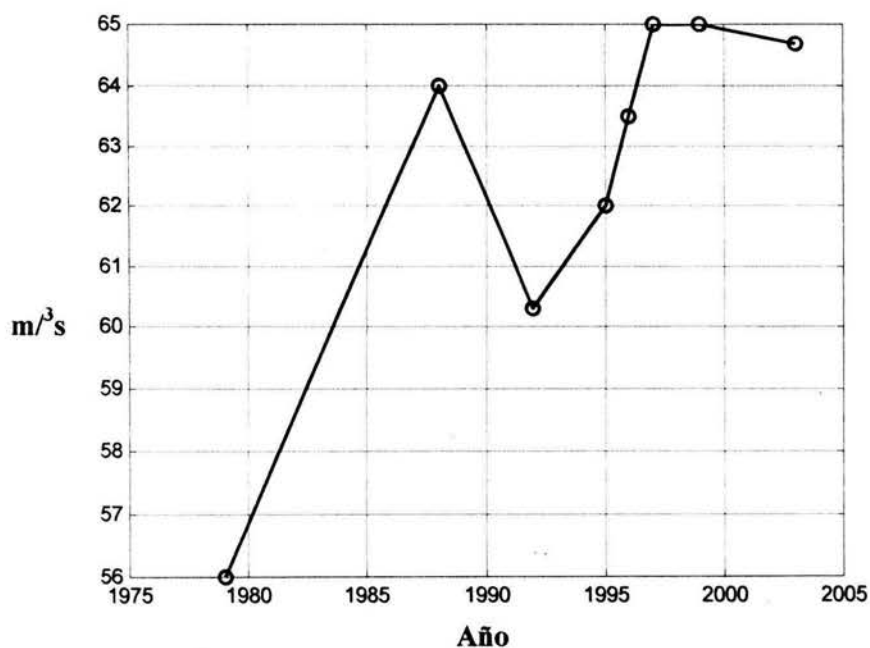
**Tabla 3.4.: Abastecimiento de agua potable y crecimiento poblacional para el Valle de México**

| Año  | m <sup>3</sup> /s | Población |
|------|-------------------|-----------|
| 1979 | 56                | 12052622  |
| 1988 | 64                | 14342824  |
| 1992 | 60.3              | 15903887  |
| 1995 | 62                | 17089000  |
| 1996 | 63.5              | 17359027  |
| 1997 | 65                | 17574919  |
| 1999 | 65                | 17969185  |
| 2003 | 64.69             | 19481829  |

Fuente: Elaboración propia

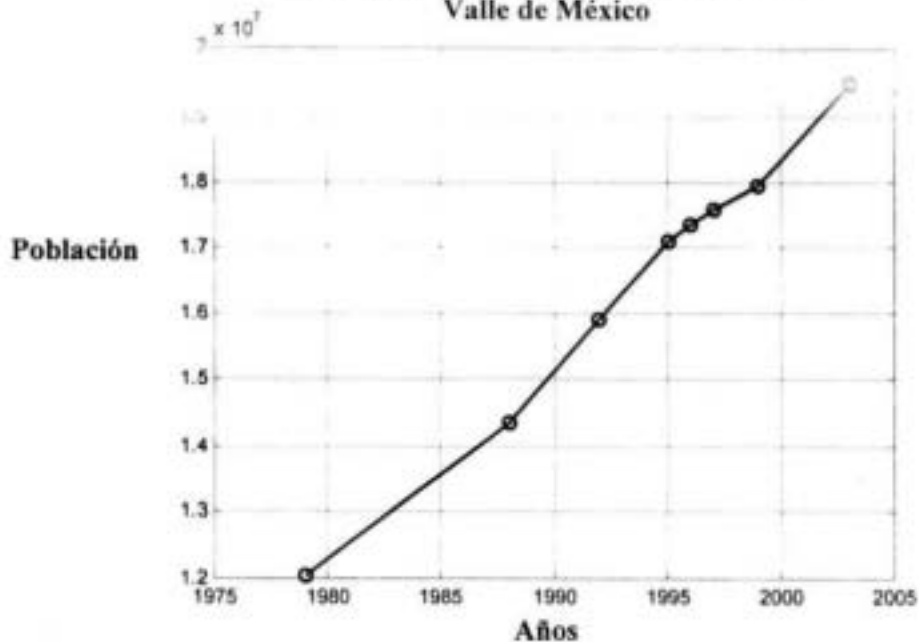
Los datos del abastecimiento de agua ya se habían manejado anteriormente, para obtener la población únicamente se usó un spline cúbico para interpolarla y obtener los años que se muestran

**Gráfica 3.3: Evolución del abastecimiento de agua para el Valle de México m<sup>3</sup>/s**





**Gráfica 3.4: Crecimiento poblacional del Valle de México**



Antes que nada, se tiene que recordar que la cantidad de agua que se abastece a una determinada región no puede aumentar al mismo ritmo que la población, y cuando aumenta, lo hace muy lentamente, además de esto, también hay que considerar que no en todos los años cae la misma cantidad de lluvia, la evaporación no es la misma entre otros factores, por lo que puede haber ligeras variaciones en la cantidad de agua que se manda de un año a otro, y éstas no se deben considerar anormales, pues dependen de factores totalmente ajenos a las personas que se encargan de distribuir el agua.

De la gráfica 3.4 se observa que la población del Valle de México de los años de 1979 al 2003 va creciendo, entonces intuitivamente se pensaría que el abastecimiento de agua a la zona debe ir aumentando, aunque sea insignificamente, no obstante, en la gráfica 3.3 de la evolución el abastecimiento de agua al valle, se nota que al principio crece rápidamente, luego decrece de forma muy drástica pasando de  $64\text{m}^3/\text{s}$  a  $60.3\text{m}^3/\text{s}$  en el periodo de 1988 a 1992, se considera drástico pues es un cambio de casi  $4\text{m}^3/\text{s}$ . Después crece y casi se mantiene constante con algunas pequeñas variaciones, se puede pensar que tal vez, en ese rango de tiempo pasó algo extraño o alguno de los datos; el de 1998 o 1992 está mal, sin embargo a menos que se cuente con más datos, no se puede asegurar nada. Más adelante se verá si los datos del abastecimiento de agua para el Valle de México que se acaban de presentar son consistentes con los datos para el Distrito Federal que se mostrarán en la siguiente sección. Esto servirá para cotejar y validar la información de esta sección y de la siguiente.

### 3.2. Abastecimiento de agua para el Distrito Federal

El Distrito Federal representa casi un 40% del área del Valle de México, es importante tener conciencia de esto, pues el caudal de agua que llega al D.F. forma parte del caudal de agua que llega al valle, por lo que se tiene una dependencia.

### 3.2.1. Evolución histórica del abastecimiento de agua al D.F.

Para el caso del Distrito Federal se encontraron series de datos muy interesantes y de los mismos años, sin embargo, en algunos casos existen grandes desviaciones entre datos del mismo año. Como la información se obtuvo de diversas fuentes, la primer columna de la tabla 3.5 hace referencia a la fuente de donde se obtuvieron los datos.

**Tabla 3.5: Datos de diversas fuentes de los caudales de agua que se suministran al D.F. (m<sup>3</sup>/s)**

| Fuente       | 1979 | 1990  | 1991  | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996   | 1997  | 1998  | 1999   | 2000 | 2001  |
|--------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|------|-------|
| Referencia 1 | 38.2 |       |       |       |       |       |       |        |       |       |        |      |       |
| Referencia 2 |      |       |       |       |       |       |       | 35     |       |       |        |      |       |
| Referencia 3 |      | 34.52 | 35.31 | 34.8  | 35.31 | 36.55 | 35.44 | 34.869 | 35.46 | 34.57 |        |      |       |
| Referencia 4 |      | 30.87 | 32.62 | 33.06 | 33.12 | 34.62 | 33.28 | 34.705 | 35.63 | 34.16 | 35.309 |      |       |
| Referencia 5 |      |       |       |       |       |       |       |        |       | 35.41 |        |      |       |
| Referencia 6 |      |       |       |       |       |       |       |        | 35.4  |       |        |      |       |
| Referencia 7 |      |       |       | 35.3  |       |       |       |        |       |       |        |      |       |
| Referencia 8 |      |       |       |       |       |       |       |        |       |       | 35.5   | 35.5 | 35.73 |

Fuentes: Integración propia

Referencia 1 [13], Referencia 2 [1], Referencia 3 [11], Referencia 4 [27], Referencia 5 [7], Referencia 6 [35], Referencia 7 [30], Referencia 8 [31]

En la tabla 3.5 la información acerca de los caudales de agua que llegan al Distrito Federal, de las distintas Referencias<sup>3</sup>, para los mismos años no coincide, pero se aproximan entre sí, por lo que si bien no se pueden conocer los datos exactos, sí se tiene un marco de referencia que indica por donde deben estar los datos reales.

### 3.2.2. Crecimiento poblacional en el D.F.

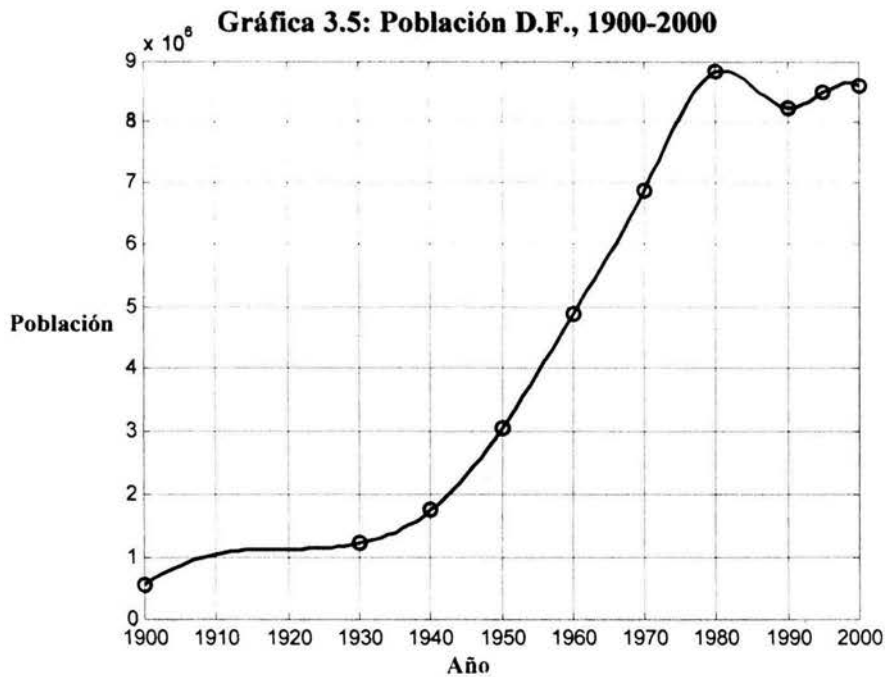
En la página de Internet del INEGI [31] se obtuvo la siguiente información:

**Tabla 3.6: Población D.F., 1900-2000**

| Año  | Población |
|------|-----------|
| 1900 | 541516    |
| 1930 | 1229576   |
| 1940 | 1757530   |
| 1950 | 3050442   |
| 1960 | 4870876   |
| 1970 | 6874165   |
| 1980 | 8831079   |
| 1990 | 8235744   |
| 1995 | 8489007   |
| 2000 | 8605239   |

<sup>3</sup> En las secciones siguientes se abreviará Referencia por sólo Ref.

La gráfica 3.5 se hizo interpolando la población presentada en la tabla 3.6 de cada año mediante un spline cúbico considerando la población del D.F. consultada en el INEGI, se destacan los valores referentes a los datos del INEGI mediante círculos. Más adelante se usarán los valores interpolados.



En cierto sentido el comportamiento de la gráfica 3.5 ya se había descrito, pues el D.F. se relaciona muy estrechamente con el Valle de México.

La gráfica es creciente hasta los años de 1981 y 1982 y a partir de estos años, decrece, debido a las políticas de descentralización y planificación familiar que empezaron en esos años.

Con esta información, se puede ir viendo cuales son los datos de abastecimiento de agua que llega al Distrito Federal de entre los que se tienen que más se ajustan al comportamiento del crecimiento de la población, y así poder inferir cuales son los datos que son más confiables.

Pero antes de esto, se presenta la siguiente tabla que aportara más datos acerca del caudal de agua que llega al D.F.

**Tabla 3.7: Distrito Federal: evolución de la dotación de agua por habitante, 1900-1994**

| Año  | Población | Dotación 1<br>l/h/d | Dotación 2<br>l/h/d | Ref 9<br>m <sup>3</sup> /s 1 | Ref 10<br>m <sup>3</sup> /s 2 |
|------|-----------|---------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1900 | 541516    |                     | 168                 |                              | 1.05                          |
| 1930 | 1229576   |                     | 216                 |                              | 3.07                          |
| 1960 | 4870876   |                     | 86                  |                              | 4.85                          |
| 1975 | 8095188   |                     | 326                 |                              | 30.54                         |
| 1984 | 8697816   | 384                 |                     | 38.66                        |                               |
| 1985 | 8604462   | 396                 | 399                 | 39.44                        | 39.74                         |
| 1986 | 8505451   | 416                 | 420                 | 40.95                        | 41.35                         |
| 1987 | 8409915   | 410                 | 414                 | 39.91                        | 40.30                         |
| 1988 | 8327012   | 390                 | 392                 | 37.59                        | 37.78                         |
| 1989 | 8265903   | 375                 | 378                 | 35.88                        | 36.16                         |
| 1990 | 8235744   | 361                 | 362                 | 34.41                        | 34.51                         |
| 1991 | 8242649   | 363                 | 364                 | 34.63                        | 34.73                         |
| 1992 | 8280547   | 358                 | 359                 | 34.31                        | 34.41                         |
| 1993 | 8340318   | 350                 | 352                 | 33.79                        | 33.98                         |
| 1994 | 8412844   | 362                 | 358                 | 35.25                        | 34.86                         |
| 1995 | 8489007   |                     | 347                 |                              | 34.09                         |
| 1996 | 8559689   |                     | 355                 |                              | 35.17                         |

Fuente:

Segunda columna: elaboración propia usando los datos del INEGI y una interpolación cúbica, tercera columna (dotación 1) [4], cuarta columna (dotación 2) [12], quinta y sexta columna elaboración propia usando los datos de las columnas correspondientes.

El cálculo de la dotación en litros por habitante al día es simplemente dividir la cantidad total de agua que llega a una determinada zona (en m<sup>3</sup>/s) entre la población (todo en el tiempo *t*) y hacer una conversión<sup>4</sup>, en este caso los datos que se encontraron fueron los de la dotación media por habitante, así que se hizo el proceso inverso (se multiplicó la población por los litros por habitante al día y se hizo una conversión a m<sup>3</sup>/s); la población se puede conocer por medio de una interpolación cúbica, entonces se pueden obtener los m<sup>3</sup>/s que llegaban al D.F. en esos años.

Con estas dos series de datos estimados, se puede validar la información con la que se cuenta, además, de que también se conoce como va creciendo la población.

Ahora se integrará la información acerca de los caudales de agua que se han obtenido; los que se acaban de estimar y los que se han presentado en la tabla 3.5, para identificar los datos que se estimaron en la tabla 3.7 (los caudales de agua en m<sup>3</sup>/s), se identificarán como referencias 9 y 10 respectivamente. La información acerca de los caudales de agua suministrados al D.F. se presenta ya integrada en la tabla 3.8.

Entonces ya se puede graficar cada una de las referencias 1 a 10 y observar si los datos con los que se cuenta guardan un comportamiento secuencial que dé una idea de por donde deben estar los valores reales.

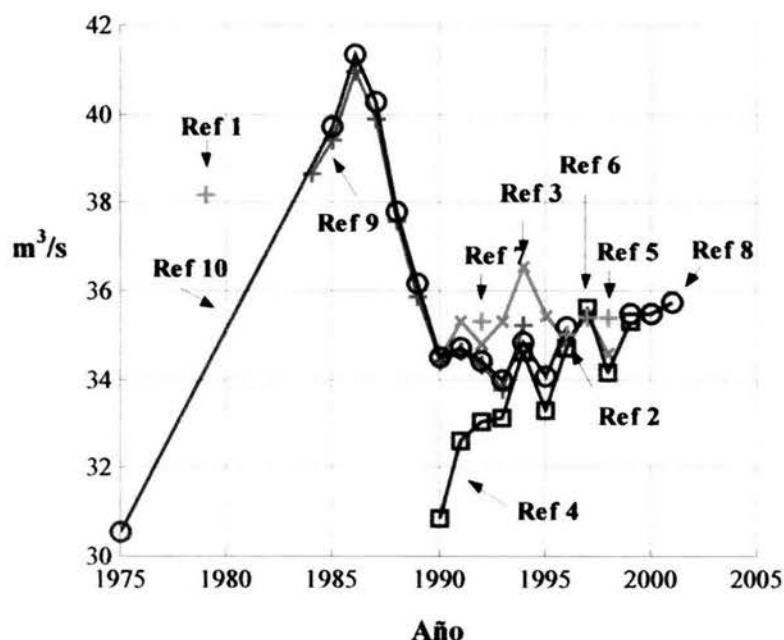
<sup>4</sup> Hay que tomar en cuenta que 1m<sup>3</sup>=1000 litros y 1 día tiene 86400 segundos.

**Tabla 3.8: Caudales de agua que se han suministrado al D.F. 1900-2001 (varias fuentes)**

| Año  | Ref 1 | Ref 2 | Ref 3  | Ref 4  | Ref 5 | Ref 6 | Ref 7 | Ref 8 | Ref 9 | Ref 10 |
|------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1900 |       |       |        |        |       |       |       |       |       | 1.05   |
| 1930 |       |       |        |        |       |       |       |       |       | 3.07   |
| 1960 |       |       |        |        |       |       |       |       |       | 4.85   |
| 1975 |       |       |        |        |       |       |       |       |       | 30.54  |
| 1979 | 38.2  |       |        |        |       |       |       |       |       |        |
| 1984 |       |       |        |        |       |       |       |       | 38.66 |        |
| 1985 |       |       |        |        |       |       |       |       | 39.44 | 39.74  |
| 1986 |       |       |        |        |       |       |       |       | 40.95 | 41.35  |
| 1987 |       |       |        |        |       |       |       |       | 39.91 | 40.30  |
| 1988 |       |       |        |        |       |       |       |       | 37.59 | 37.78  |
| 1989 |       |       |        |        |       |       |       |       | 35.88 | 36.16  |
| 1990 |       |       | 34.52  | 30.87  |       |       |       |       | 34.41 | 34.51  |
| 1991 |       |       | 35.31  | 32.62  |       |       |       |       | 34.63 | 34.73  |
| 1992 |       |       | 34.8   | 33.06  |       |       | 35.3  |       | 34.31 | 34.41  |
| 1993 |       |       | 35.31  | 33.12  |       |       |       |       | 33.79 | 33.98  |
| 1994 |       |       | 36.55  | 34.62  |       |       |       |       | 35.25 | 34.86  |
| 1995 |       |       | 35.44  | 33.28  |       |       |       |       |       | 34.09  |
| 1996 |       | 35    | 34.869 | 34.705 |       |       |       |       |       | 35.17  |
| 1997 |       |       | 35.46  | 35.63  |       | 35.4  |       |       |       |        |
| 1998 |       |       | 34.57  | 34.16  | 35.41 |       |       |       |       |        |
| 1999 |       |       |        | 35.309 |       |       |       | 35.5  |       |        |
| 2000 |       |       |        |        |       |       |       | 35.5  |       |        |
| 2001 |       |       |        |        |       |       |       | 35.73 |       |        |

Fuente: columnas 2-9 presentados en la tabla 3.5, columna 10 y 11 estimados en la tabla 3.7

**Gráfica 3.6: Caudales de agua que se han suministrado al D.F. 1975-2001 (varias fuentes)**



Fuente: datos Ref 1 a 8 presentados en la tabla 3.5, datos Ref 9 y 10 estimados en la tabla 3.7. Todos los puntos aislados se graficaron con una cruz (+) verde.

Los datos para los años de 1900 a 1960 de la referencia 10 no se grafican pues hacen que la gráfica 3.6 se más confusa de lo que ya es.

A partir de la gráfica 3.6 se tratará de obtener la mejor información posible. Los caudales de agua en metros cúbicos por cada segundo de las referencias 9 y 10 que se estimaron a partir de la dotación de agua por habitante y la población obtenida mediante interpolación, son un buen puente de enlace entre Ref 1 y los datos de las demás referencias. Además, Ref 9 y 10 crecen casi de la misma forma que Ref 3 en el periodo de 1990 a 1994 y de 1993 a 1994 Ref 3, 4, 9 y 10 crecen mostrando el mismo comportamiento, entonces Ref 9 y 10 no parecen una mala estimación hasta este periodo. Ahora por otra parte en 1995 Ref 10, 3 y 4 no siguen el mismo comportamiento, sin embargo de 1996 a 1998 Ref 3, 4 y 10 se traslapan y de 1998 al 2001 sólo quedan Ref 4 y Ref 8 que se conectan casi en el mismo punto 1999.

Entonces los datos que se muestran más consistentes con la evolución del abastecimiento de agua en el D.F. son los de la Ref 3 que se acopla por periodos a la información aportada por cuatro de las otras referencias.

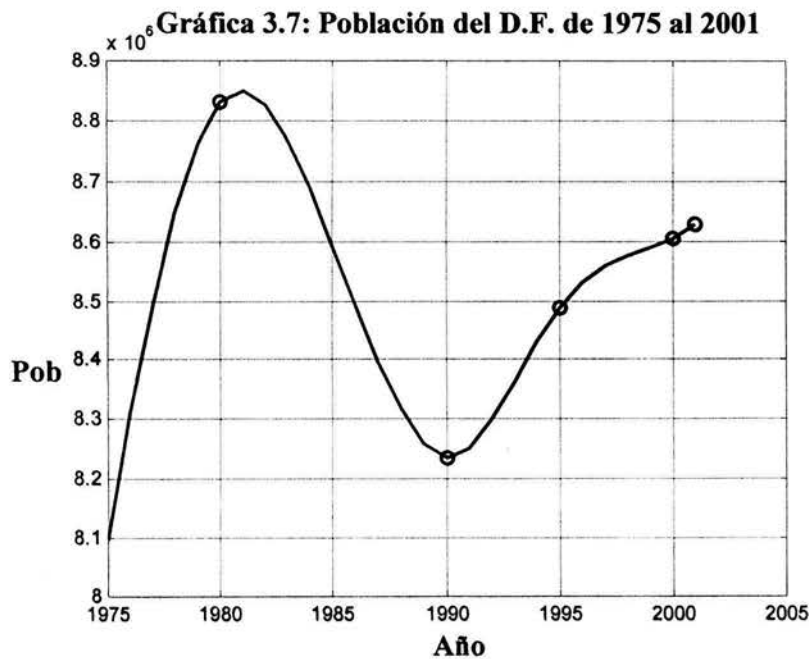
A continuación se comparará esta gráfica con la del crecimiento poblacional, se cotejará únicamente el periodo de 1975 al 2001, para no perder de vista el rango de tiempo en el que se tiene información, pero no se cuenta con la población para el 2001, entonces se extrapolará linealmente usando los datos originales del INEGI de 1995 y 2000. Se decidió realizar una extrapolación lineal, pues es un método fácil y rápido de realizar y como sólo es para un año, se piensa que no se pierde mucha exactitud. Entonces se obtiene la siguiente tabla.

**Tabla 3.9: Población del D.F. de 1900 al 2001**

| Año  | Población |
|------|-----------|
| 1900 | 541516    |
| 1930 | 1229576   |
| 1940 | 1757530   |
| 1950 | 3050442   |
| 1960 | 4870876   |
| 1970 | 6874165   |
| 1980 | 8831079   |
| 1990 | 8235744   |
| 1995 | 8489007   |
| 2000 | 8605239   |
| 2001 | 8628485   |

Fuente: de 1900 al 2000, INEGI, para el 2001 dato extrapolado linealmente usando los años de 1995 y 2000.

Ahora interpolando a partir de esta tabla con un spline cúbico y extrayendo los datos para los años de 1975 al 2001 para obtener la información que se necesita, entonces graficando.



Fuente: INEGI (datos originales en círculos)

Ahora hay que comparar esta gráfica con la gráfica 3.6 de los caudales de agua que se mostró anteriormente.

De las gráficas 3.6 y 3.7 evidentemente los datos que tienen más afinidad con el crecimiento poblacional son los de las referencias 9 y 10, que se obtuvieron a partir de la población, sin embargo, el dato de la Ref 1, se consultó de una fuente oficial de 1979 y los datos de la Ref 9 y 10 son un buen nexo con este dato pues los datos de las demás referencias son de 1990 en adelante.

Como se había visto los datos de la referencia 3 son los que guardan más afinidad en general con los de las demás fuentes, sin embargo, el dato para 1994 de esta referencia es muy alto y eso hace que su comportamiento no sea afín con el del crecimiento de la población, ya que la población decrece desde 1982 a 1990 y luego crece, en cambio los datos de la referencia 3 fluctúan entre crecimiento y decrecimiento en el rango de 1990 y 1998, tal vez estas variaciones se deban a los cambios del ciclo hidrológico de año en año, esto se cree pues son variaciones de alrededor de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  solamente, sin embargo de todas formas estas fluctuaciones se ven muy confusas.

Por lo tanto los datos que parecen más confiables hasta ahora son: Ref 1, Ref 10 (tomando sólo Ref 10 en el rango en donde no se traslapa con Ref 3) y Ref 8 (no tenemos otras opciones en estos periodos de tiempo) y los de la Ref 3, que se ha mostrado más consistente que Ref 4. Integramos esta información en la tabla 3.10.

**Tabla 3.10 : Datos estimados del consumo de agua en México 1900-2001**

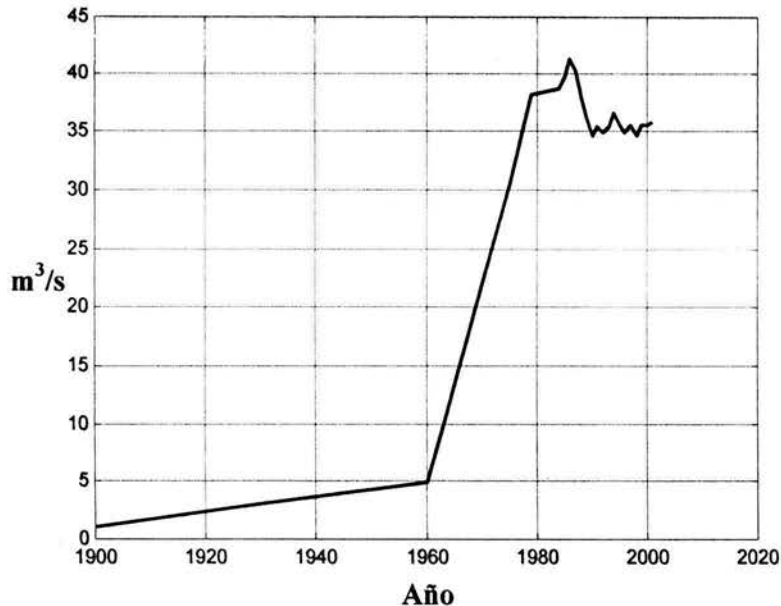
| Año  | $\text{m}^3/\text{s}$ |
|------|-----------------------|
| 1900 | 1.05                  |
| 1930 | 3.07                  |
| 1960 | 4.85                  |
| 1975 | 30.54                 |
| 1979 | 38.2                  |
| 1984 | 38.66                 |
| 1985 | 39.74                 |
| 1986 | 41.35                 |
| 1987 | 40.30                 |
| 1988 | 37.78                 |
| 1989 | 36.16                 |
| 1990 | 34.52                 |
| 1991 | 35.31                 |
| 1992 | 34.8                  |
| 1993 | 35.31                 |
| 1994 | 36.55                 |
| 1995 | 35.44                 |
| 1996 | 34.869                |
| 1997 | 35.46                 |
| 1998 | 34.57                 |
| 1999 | 35.5                  |
| 2000 | 35.5                  |
| 2001 | 35.73                 |

Datos obtenidos  
integrando las  
Referencias 1, 3, 8  
y 10 de la Tabla  
3.8.



Anteriormente no se mostraron los datos del suministro de agua para los años de 1900 a 1960 de la referencia 10, pues al graficar para comparar con las demás referencias, estos datos, ocasionaban que la comparación se hiciera de forma más confusa, pero ahora en la gráfica 3.8 se presenta la serie de datos en su forma completa.

**Gráfica 3.8: Caudales de agua que se han suministrado al D.F. (estimados) 1900-2001**



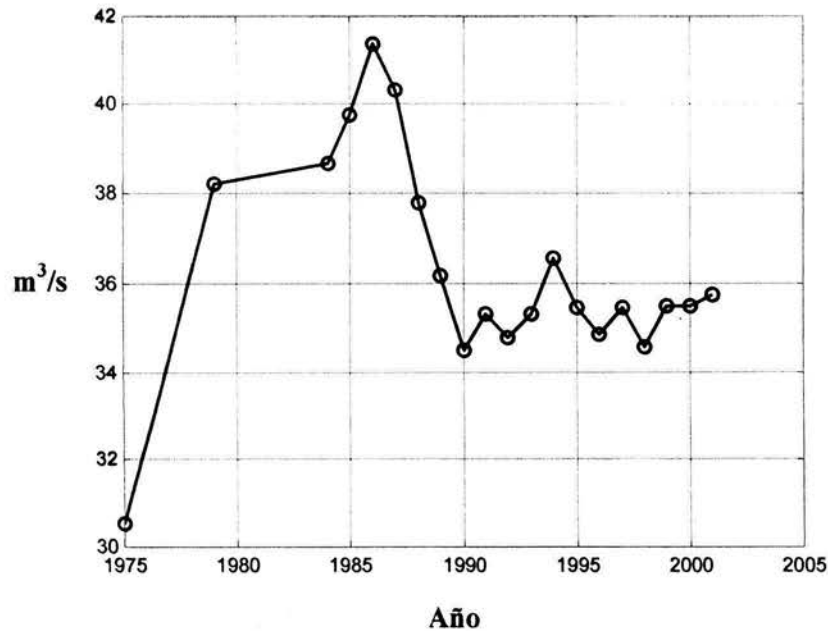
La gráfica 3.8 se puede leer de la siguiente forma: el crecimiento de la población del Distrito Federal de 1900 a 1930 fue lento y paulatino, por lo que las cantidades de agua suministradas al D.F. se comportaron de la misma forma, sin embargo, a partir de 1930 el ritmo de crecimiento de la población de la zona aumentó, lo que trajo consigo un alza en las extracciones de agua de los pozos del Valle de México y del Distrito Federal. Para los años 40 el ritmo de crecimiento fue aún mayor y dado que la gente encargada del suministro de agua se dio cuenta que si extraía agua del subsuelo del valle, éste se hundía por su consistencia arcillosa, entonces se tuvo que traer el líquido de fuentes externas. Lerma empezó a aportar sus aguas al Distrito Federal en 1950, pero lo hizo paulatinamente, al mismo tiempo el acuífero del Valle de México siguió explotándose pero a mayores profundidades para “tratar” de evitar el hundimiento de la zona. De 1960 a 1970 el ritmo de crecimiento de la población no disminuyó, se mantuvo casi igual que en los años 40 y 50, pero ya era una población considerablemente grande y con un ritmo de crecimiento muy alto, por lo cual en este periodo se empezó a explotar el acuífero del valle a su máxima capacidad y se tuvieron que hacer obras para traer más agua de Lerma, esto se mantuvo de esta forma hasta principios de los 80.

Empezaron a existir conflictos entre el estado de México y el Distrito Federal por el agua de Lerma, además, ésta ya no alcanzaba para satisfacer las necesidades de la capital, así, se pensó en Cutzamala y para 1982 esta cuenca empezó a dar sus aguas al valle y al Distrito Federal, pero al principio sólo fue supliendo el agua que Lerma estaba dejando de proporcionar. Para los 80 la población del D.F. disminuyó, además, de que existieron políticas de ahorro de agua, entonces, para principios de los 90 el suministro bajó y ha continuado fluctuando desde entonces, sin embargo, la población a mediados

de los 90 ha empezado a crecer de nuevo, por lo que al parecer el suministro va en aumento y de hecho ya se piensa en más fuentes externas de agua para el valle.

Por último, se presenta la gráfica 3.9 que es la información de 1975 al 2001 de la tabla 3.10 que se utilizará en la siguiente sección para comparar la información que se ha obtenido del D.F. con la del Valle de México que se manejó en la primer sección del capítulo. Además de que la gráfica vista sólo en ese rango de años da una mejor idea de cómo se comporta actualmente el suministro de agua al D.F.

**Gráfica 3.9: Caudales de agua que se han suministrado al D.F. (estimados) 1975-2001**

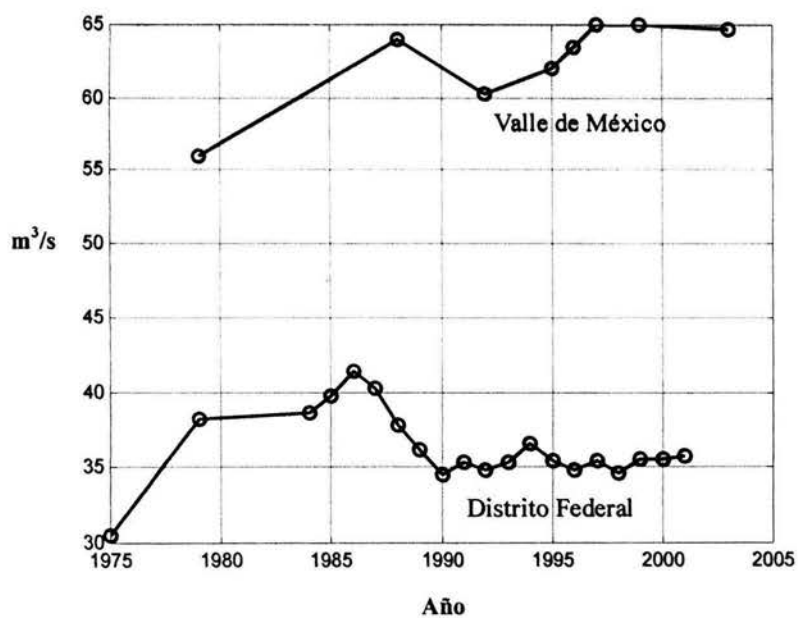


### 3.3. Comparación entre los suministros de agua del Valle de México y Distrito Federal

Una vez que se ha presentado toda la información con la que se cuenta acerca de los suministros de agua para el Valle de México y Distrito Federal, ahora sólo queda comparar los resultados que se han obtenido y ver si existe alguna relación entre los datos para ambas cuencas.

En la gráfica 3.10 se presentan los datos para los caudales de agua para el Valle de México y para el Distrito Federal. Al parecer estos datos se ajustan bastante bien, sólo que falta más información acerca del suministro de agua para el Valle de México. Entonces los datos de la tabla 3.10 para el suministro de agua al Distrito Federal son los que después de todo parecen más confiables.

Gráfica 3.10: Suministro de agua para el Valle de México y estimado para el D.F.



## Capítulo 4

# Diagnóstico de la calidad del servicio y cobertura de agua potable por delegación en el Distrito Federal

A continuación lo que se propone es analizar el problema del suministro y consumo de agua potable en el Distrito Federal, pero ahora tomando como unidad de estudio a cada una de las 16 delegaciones que lo componen. Este estudio se realizará de forma mucho más concreta y minuciosa, mostrando muchos factores que no se presentaron anteriormente, esto es posible pues para las distintas delegaciones que componen el D.F. existe información mucho más específica.

El estudio se realizará tomando los datos oficiales más confiables, la aclaración se hace, pues en la sección anterior se mostró el tipo de problemas que uno tiene cuando consulta la información referente al abastecimiento de agua. Otra importante aclaración se refiere al periodo de tiempo al cual pertenece la información con la que se realizará el estudio. Esta aclaración se hace pues la mayor cantidad de información es de 1997, no se tiene idea del por qué de esta situación pero así es, de hecho en algunas fuentes de 2004 mencionan que es la información más reciente acerca del recurso agua y se corrobora pues casi todos los documentos consultados presentan información de ese año. (aunque con pequeñas variaciones)

El objetivo de este capítulo será el de conocer cuál es la calidad del servicio de agua potable en el Distrito Federal, además, de poner en evidencia la disparidad entre la calidad y cobertura del servicio del suministro de agua potable que existe entre las diferentes delegaciones. Por último se tratará de conocer los motivos por los cuales existe esta heterogeneidad e implícitamente se irán conociendo los datos acerca del consumo, usos y disponibilidad de agua en el D.F.

De acuerdo con lo anterior este capítulo se compondrá de tres secciones, la primera contiene la información referente a infraestructura, abastecimiento, usos de agua y las diferentes realidades en torno al suministro y consumo de agua de cada una de las delegaciones que componen el D.F., esto para dar una idea general de la situación. En la segunda sección se hace un análisis comparativo de cada una de las delegaciones, conjuntado la información presentada en la primer sección, esto con el objetivo de emitir un diagnóstico acerca de cuáles son las delegaciones que cuentan con un mejor servicio de agua potable. En la tercer sección, se tratará de mostrar las causas por las que existe esta diferencia en la calidad del servicio de agua potable en cada delegación.

### 4.1. Población en el Distrito Federal por delegación

Se conoce la región administrativa en la que se encuentra el Distrito Federal, su ubicación, también se ha manejado la población del mismo y además se tiene una buena idea de cómo ha ido evolucionando el abastecimiento de agua a esta subregión, entonces existe un muy

buen cimiento para empezar a mostrar más información, se comenzará mostrando la población y densidad de población por delegación en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1: Población y densidad de población en las delegaciones del D.F. 1997**

| Delegación              | Población      | Extensión Km <sup>2</sup> | Densidad de Población (h/Km <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|----------------|---------------------------|--|
| Iztacalco               | 418982         | 23.18                     | 18075                                      |
| Cuauhtémoc              | 540382         | 35.55                     | 15201                                      |
| Iztapalapa              | 1696609        | 113.46                    | 14953                                      |
| Venustiano Carranza     | 485623         | 33.78                     | 14376                                      |
| Gustavo A. Madero       | 1256913        | 88.06                     | 14273                                      |
| Benito Juárez           | 369956         | 26.53                     | 13945                                      |
| Azcapotzalco            | 455131         | 33.74                     | 13489                                      |
| Coyoacán                | 653489         | 53.94                     | 12115                                      |
| Miguel Hidalgo          | 364398         | 46.31                     | 7869                                       |
| Álvaro Obregón          | 676930         | 95.88                     | 7060                                       |
| Magdalena Contreras     | 211898         | 63.51                     | 3336                                       |
| Tlahuac                 | 255891         | 86.35                     | 2963                                       |
| Xochimilco              | 332314         | 119.16                    | 2789                                       |
| Cuajimalpa              | 136873         | 70.81                     | 1933                                       |
| Tlalpan                 | 552516         | 308.71                    | 1790                                       |
| Milpa Alta              | 81102          | 287.5                     | 282  |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>8489007</b> | <b>1486.47</b>            | <b>5711</b>                                |

Ordenado de forma descendente de acuerdo a la densidad de población  
Fuente: segunda columna [35] recurren al INEGI, tercera columna [4]

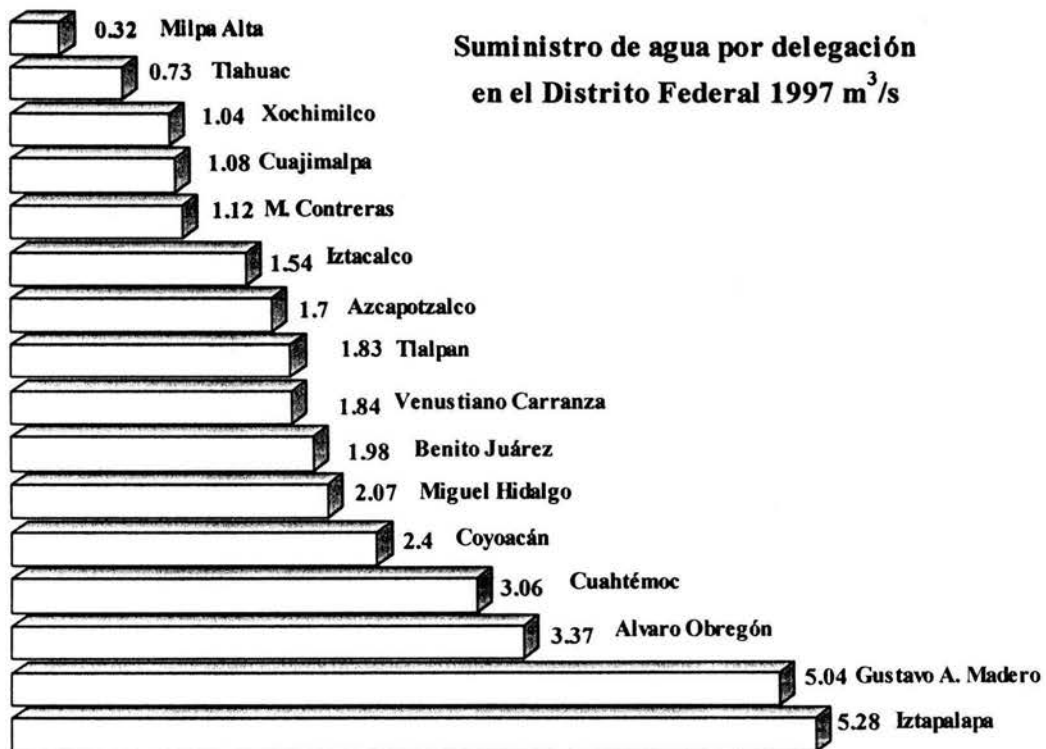
La tabla 4.1 indica que Iztacalco, Cuauhtémoc, Iztapalapa y Venustiano Carranza son las delegaciones más densamente pobladas del Distrito Federal, mientras que Xochimilco Cuajimalpa, Tlalpan y Milpa Alta están en el otro extremo. Es importante tomar esto en cuenta, pues la disponibilidad de agua de una región va en función directa de la población existente en esa misma región.

## 4.2. Información estadística del servicio de agua potable por delegación en el Distrito Federal

### 4.2.1. Abastecimiento de agua potable por delegación

En la gráfica 4.1 se muestra la información del abastecimiento total de agua potable por delegación, en el año de 1997, como se vio en el capítulo anterior, tabla 3.10, en este año se suministraron 35.4 m<sup>3</sup>/s al Distrito Federal.

Gráfica 4.1



Fuente: [35] recurren a SEDECO<sup>1</sup> 1998

Aquí ya empieza a haber grandes disparidades, Iztapalapa y Gustavo Madero reciben más de 5 m<sup>3</sup>/s, mientras que Milpa Alta y Tlahuac disponen de menos de 1 m<sup>3</sup>/s, sin embargo esto no dice nada, para tener una mejor perspectiva en la tabla 4.2 se muestra la dotación de agua por habitante por delegación, que es el resultado de dividir la cantidad total de agua que se suministra en la zona entre la población, éste es un mejor indicador, pues tal vez en una región puede haber mucho agua pero si se divide entre un número muy grande de personas al final no representa gran beneficio.

<sup>1</sup> Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Distrito Federal.

**Tabla 4.2: Dotación de agua potable por habitante en el Distrito Federal 1997 (l/h/d)**

| Delegación              | Población      | Suministro total m <sup>3</sup> /s | Dotación l/h/d | Ranking de acuerdo al suministro total de agua |
|-------------------------|----------------|------------------------------------|----------------|--|
| Cuajimalpa              | 136873         | 1.08                               | 681.74         | 13   |
| Miguel Hidalgo          | 364398         | 2.07                               | 490.80         | 6  |
| Cuauhtémoc              | 540382         | 3.06                               | 489.25         | 4  |
| Benito Juárez           | 369956         | 1.98                               | 462.41         | 7  |
| Magdalena Contreras     | 211898         | 1.12                               | 456.67         | 12   |
| Alvaro Obregón          | 676930         | 3.37                               | 430.13         | 3  |
| Gustavo A. Madero       | 1256913        | 5.04                               | 346.45         | 2  |
| Milpa Alta              | 81102          | 0.32                               | 340.90         | 16   |
| Venustiano Carranza     | 485623         | 1.84                               | 327.37         | 8  |
| Azcapotzalco            | 455131         | 1.7                                | 322.72         | 10   |
| Iztacalco               | 418982         | 1.54                               | 317.57         | 11   |
| Coyoacán                | 653489         | 2.4                                | 317.31         | 5  |
| Tlalpan                 | 552516         | 1.83                               | 286.17         | 9  |
| Xochimilco              | 332314         | 1.04                               | 270.39         | 14   |
| Iztapalapa              | 1696609        | 5.28                               | 268.88         | 1  |
| Tlahuac                 | 255891         | 0.73                               | 246.48         | 15   |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>8489007</b> | <b>35.4</b>                        | <b>360.30</b>  |  |

Ordenado de forma descendente de acuerdo a la dotación de agua por habitante

Fuente:

Segunda columna [35] recurren al INEGI, tercera columna presentada anteriormente (gráfica), cuarta columna resultado de dividir la columna 3 entre la columna 2 y realizar una conversión, quinta columna simplemente se asigno el número correspondiente a la jerarquía que ocupaba cierta delegación de acuerdo a la cantidad total de agua que se le suministraba.

Cuajimalpa que es de las delegaciones que menos agua recibe es la que cuenta con la mayor dotación de agua por habitante, y esto es obvio pues es una de las delegaciones que cuenta con menor población, el caso contrario es Iztapalapa que es la delegación que más agua recibe, sin embargo, es la que cuenta con un mayor número de habitantes.

#### 4.2.2. Usos de agua por delegación

Existen tres usos corrientes de agua en todo el mundo; agrícola, industrial y doméstico, sin embargo, la proporción de agua usada para cada uso varía de región en región, dependiendo del grado de desarrollo y de las actividades económicas preponderantes de cada zona. Esto viene a colación pues en el Distrito Federal el uso agrícola es mínimo y sólo se presenta en las delegaciones de; Xochimilco, Milpa Alta, Cuajimalpa, Tlahuac, Tlalpan, y en todavía menor medida en la Magdalena Contreras y Álvaro Obregón. Para respaldar este punto se muestra la tabla 4.3.

**Tabla 4.3: Índice de población rural en el Distrito Federal**

| Delegación              | Índice de población rural |
|-------------------------|---------------------------|
| Xochimilco              | 0.12                      |
| Milpa Alta              | 0.04                      |
| Cuajimalpa              | 0.03                      |
| Tlahuac                 | 0.03                      |
| Tlalpan                 | 0.03                      |
| Magdalena Contreras     | 0.01                      |
| Alvaro Obregón          | 0.003                     |
| Azcapotzalco            | 0                         |
| Benito Juárez           | 0                         |
| Coyoacán                | 0                         |
| Cuauhtémoc              | 0                         |
| Gustavo A. Madero       | 0                         |
| Iztacalco               | 0                         |
| Iztapalapa              | 0                         |
| Miguel Hidalgo          | 0                         |
| Venustiano Carranza     | 0                         |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>0.26</b>               |

Ordenada de forma descendente de acuerdo al índice de población rural  
Fuente: [4]

El índice de población rural no es otra cosa que la densidad de población que se dedica a la agricultura en cada una de las delegaciones, esto quiere decir que es igual a la cantidad de personas cuya actividad económica es de índole agrícola entre la superficie de la delegación en cuestión.

La tabla 4.3. muestra que la cantidad de personas que se dedican a la actividad agrícola en el Distrito Federal es mínima, además, el tipo de riego preponderante es el de temporal, por lo tanto asumimos que el agua para uso agrícola del D.F. es despreciable.

Así, en el Distrito Federal existen solamente dos usos de agua, el uso doméstico y el industrial, en este último uso se incluyen la industria, comercio y servicios.

La información referente a las cantidades de agua destinadas para cada uno de los usos existentes de agua en el D.F. por delegación se presenta en la siguiente tabla:



**Tabla 4.4: Uso total, doméstico e industrial de agua potable por delegación en el Distrito Federal 1997 m<sup>3</sup>/s**

| Delegación              | Uso total    | Uso Doméstico                              |            |               | Uso Industrial                             |            | Rank 1 | Rank 2 | Rank 3 |
|-------------------------|--------------|--|------------|---------------|--|------------|--------|--------|--------|
|                         |              | Total de agua canalizada m <sup>3</sup> /s | %          | l/h/d         | Total de agua canalizada m <sup>3</sup> /s | %          |        |        |        |
| Miguel Hidalgo          | 1.35         | 1.3  | 8.04       | 308.23        | 0.05                                       | 0.83       | 5      | 15     | 11     |
| Cuajimalpa              | 0.47         | 0.42                                       | 2.60       | 265.12        | 0.05                                       | 0.93       | 14     | 14     | 15     |
| Alvaro Obregón          | 1.87         | 1.61                                       | 9.96       | 205.49        | 0.26                                       | 4.52       | 3      | 9      | 3      |
| Magdalena Contreras     | 0.85         | 0.45                                       | 2.78       | 183.48        | 0.40                                       | 6.92       | 13     | 6      | 14     |
| Coyoacán                | 1.59         | 1.36                                       | 8.42       | 179.81        | 0.23                                       | 3.98       | 4      | 10     | 4      |
| Tlalpan                 | 1.26         | 1.12                                       | 6.93       | 175.14        | 0.14                                       | 2.47       | 6      | 11     | 5      |
| Benito Juárez           | 1.27         | 0.73                                       | 4.52       | 170.49        | 0.54                                       | 9.34       | 10     | 4      | 10     |
| Xochimilco              | 0.71         | 0.59                                       | 3.65       | 153.40        | 0.12                                       | 2.02       | 12     | 12     | 12     |
| Gustavo A. Madero       | 2.94         | 2.22                                       | 13.74      | 152.60        | 0.72                                       | 12.49      | 2      | 3      | 2      |
| Milpa Alta              | 0.18         | 0.14                                       | 0.87       | 149.15        | 0.04                                       | 0.61       | 16     | 16     | 16     |
| Azcapotzalco            | 1.12         | 0.76                                       | 4.70       | 144.27        | 0.36                                       | 6.19       | 8      | 7      | 8      |
| Cuauhtémoc              | 2.07         | 0.9  | 5.57       | 143.90        | 1.17                                       | 20.26      | 7      | 1      | 6      |
| Iztapalapa              | 3.52         | 2.73                                       | 16.89      | 139.03        | 0.79                                       | 13.58      | 1      | 2      | 1      |
| Tlahuac                 | 0.51         | 0.41                                       | 2.54       | 138.43        | 0.10                                       | 1.80       | 15     | 13     | 13     |
| Iztacalco               | 0.99         | 0.67                                       | 4.15       | 138.16        | 0.32                                       | 5.47       | 11     | 8      | 9      |
| Venustiano Carranza     | 1.25         | 0.75                                       | 4.64       | 133.44        | 0.50                                       | 8.58       | 9      | 5      | 7      |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>21.94</b> | <b>16.16</b>                               | <b>100</b> | <b>164.47</b> | <b>5.78</b>                                | <b>100</b> |        |        |        |

Fuente: [35] recurren a SEDECO

Comentarios:

El uso industrial incluye; industria, comercio y servicios.

Datos ordenados de forma descendente tomando en cuenta los litros que se destinan por habitante al día (l/h/d) por delegación para uso doméstico.

**Rank 1:** Es el orden en el que le corresponde cada delegación si se hubieran ordenado los datos de forma descendente de acuerdo al total de agua canalizada para uso doméstico.

**Rank 2:** Es el orden en el que estaría cada delegación si se hubieran ordenado los datos de forma descendente de acuerdo al total de agua canalizada para uso industrial.

**Rank 3:** Es el orden en el que estaría cada delegación si se hubieran ordenado los datos de forma descendente de acuerdo a la cantidad de población existente en cada delegación .

En la tabla 4.4 primero hay que notar que el agua usada en total por todas las delegaciones del Distrito Federal que se muestra es de 21.94 m<sup>3</sup>/s; al parecer esta cantidad presenta gran variación con los 35.4 m<sup>3</sup>/s que se suministran al Distrito Federal, esto se debe a que aquí sólo se presenta el agua usada, la que se pierde por fugas se desglosara más adelante. De hecho este es uno de los motivos por los que elegimos los datos de esta fuente; SEDECO, toma en cuenta la pérdida de agua por fugas, que se suponía estaba entre 30 y 40%<sup>2</sup>.

El otro motivo por el que se toman los datos de SEDECO para realizar este estudio y de hecho el más importante, es que los datos guardaban cohesión en si mismos, lo que se

<sup>2</sup> Estas suposiciones fueron resultado de consultar varios documentos referentes al abastecimiento de agua en el D.F.

quiere decir aquí es que al hacer las operaciones y conversiones se obtenían variaciones mínimas, además, el dato de esta fuente para el total de agua que se debió suministrar al D.F. en el año de 1997,  $35.4 \text{ m}^3/\text{s}$  va de acuerdo con lo que se estimó en el capítulo precedente, tabla 3.10.

Las cuatro delegaciones a las que se canaliza más agua para consumo doméstico son: Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Alvaro Obregón y Coyoacán, en ese orden; como se puede ver guardan ese mismo orden de acuerdo a la cantidad de población existente en cada una de ellas. En el caso contrario, están las delegaciones de Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Tlahuac y Milpa Alta.

En el aspecto de litros por habitante al día que en sí es un mejor parámetro para medir el bienestar económico, se tiene que las siguientes delegaciones son las que cuentan con una mayor disposición; Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Magdalena Contreras, todas por arriba de los 180 l/h/d. Estas delegaciones son las menos pobladas a excepción de la Álvaro Obregón que también cuenta con una cantidad importante de población dentro de sus límites, de hecho es la tercer delegación más poblada. Contrariamente Iztapalapa, Tláhuac Iztacalco y Venustiano Carranza están por debajo de los 140 l/h/d que es en promedio la mitad de lo que recibe la Miguel Hidalgo.

El dato de 164.47 l/h/d que se muestra para el Distrito Federal no es un promedio, es el resultado de hacer las mismas cuentas que se hicieron para cada delegación pero ahora tomando en cuenta los  $21.94 \text{ m}^3/\text{s}$  que se usan en el D.F. y la población del año 1997 de 8,489,007 habitantes. El promedio es de 173.76 l/h/d y la desviación estándar de 49.1 l/h/d.

Todos estos datos de litros por habitante al día para consumo doméstico están muy por arriba de continentes como África en donde en promedio cada habitante consume 47 l/h/d, pero muy por debajo de Nueva York con sus 517 l/h/d, aunque no se tiene idea si contemplan fugas, de todas formas se está muy lejos de ese consumo.

Para uso industrial, sólo entre las delegaciones de Cuauhtémoc, Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Benito Juárez se consume el 56% del agua destinada para este uso. Ahora, el caso contrario lo conforman las delegaciones de Tláhuac, Cuajimalpa, Miguel Hidalgo y Milpa Alta que en total cuentan con únicamente el 4% del agua destinada para este fin.

#### **4.2.3. Fugas**

Es muy difícil encontrar información acerca del recurso agua en nuestro país, sobre todo cuando necesitamos conocer algunos aspectos específicos. Se hace referencia a este punto pues la información que se obtuvo acerca de las cantidades de agua pérdida debido a las fugas fue un golpe de suerte, pues se piensa que debe ser un dato bastante oscuro por así decirlo.

El suministro de agua para el Distrito Federal en el año de 1997, como ya hemos mencionado es de  $35.4 \text{ m}^3/\text{s}$  y el consumo alcanza los  $21.94 \text{ m}^3/\text{s}$ , el resto  $13.5 \text{ m}^3/\text{s}$  se pierde por fugas, estas se valoran a través del volumen no medido de agua, tomas

clandestinas, tomas para riego de parques y jardines y fugas, esto equivale a un 38.14% de agua perdida por fugas.

Se estima que la mayor parte de las pérdidas corresponde a fugas de las tomas domiciliarias, alrededor de 7.7 m<sup>3</sup>/s (57 %), y después fugas en la red primaria 5.5 m<sup>3</sup>/s (40%); el resto corresponde a pérdidas no detectadas 3%. Los datos por delegación se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4.5: Suministro, consumo y fugas de agua por delegación del Distrito Federal 1997 m<sup>3</sup>/s**

| Delegación              | Suministro de agua potable m <sup>3</sup> /s | Consumo total m <sup>3</sup> /s | Fugas m <sup>3</sup> /s | Porcentaje de Fugas 1 | Porcentaje de Fugas 2 | Rank 1 | Rank 2 | Rank 3 |
|-------------------------|--|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
| Cuajimalpa              | 1.08   | 0.47                            | 0.61                    | 4.52                  | 56.48                 | 13     | 8      | 1      |
| Milpa Alta              | 0.32   | 0.17                            | 0.15                    | 1.11                  | 46.88                 | 16     | 16     | 2      |
| Alvaro Obregón          | 3.37   | 1.86                            | 1.51                    | 11.19                 | 44.81                 | 3      | 3      | 3      |
| Gustavo A. Madero       | 5.04   | 2.94                            | 2.1                     | 15.56                 | 41.67                 | 2      | 1      | 4      |
| Iztacalco               | 1.54   | 0.98                            | 0.56                    | 4.15                  | 36.36                 | 11     | 12     | 5      |
| Benito Juárez           | 1.98   | 1.27                            | 0.71                    | 5.26                  | 35.86                 | 7      | 7      | 6      |
| Miguel Hidalgo          | 2.07   | 1.35                            | 0.72                    | 5.33                  | 34.78                 | 6      | 6      | 7      |
| Azcapotzalco            | 1.7  | 1.11                            | 0.59                    | 4.37                  | 34.71                 | 10     | 10     | 8      |
| Coyoacán                | 2.4  | 1.59                            | 0.81                    | 6.00                  | 33.75                 | 5      | 5      | 9      |
| Iztapalapa              | 5.28   | 3.51                            | 1.77                    | 13.11                 | 33.52                 | 1      | 2      | 10     |
| Cuauhtémoc              | 3.06   | 2.06                            | 1                       | 7.41                  | 32.68                 | 4      | 4      | 11     |
| Venustiano Carranza     | 1.84   | 1.25                            | 0.59                    | 4.37                  | 32.07                 | 8      | 9      | 12     |
| Xochimilco              | 1.04   | 0.71                            | 0.33                    | 2.44                  | 31.73                 | 14     | 13     | 13     |
| Tlalpan                 | 1.83   | 1.26                            | 0.57                    | 4.22                  | 31.15                 | 9      | 11     | 14     |
| Tlahuac                 | 0.73   | 0.51                            | 0.22                    | 1.63                  | 30.14                 | 15     | 15     | 15     |
| M. Contreras            | 1.12   | 0.84                            | 0.28                    | 2.07                  | 25.00                 | 12     | 14     | 16     |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>35.4</b>                                  | <b>21.9</b>                     | <b>13.5</b>             | <b>100</b>            | <b>38.14</b>          |        |        |        |

Fuente: [35] recurren a SEDECO

Ordenado de forma descendente de acuerdo al encabezado porcentaje de fugas 2.

**Porcentaje de fugas 1:** es el porcentaje de las fugas tomando como el 100% 13.5 el total de agua pérdida por fugas

**Porcentaje de fugas 2:** es el porcentaje de fugas tomando como total el suministro de agua por delegación p.ej para Milpa Alta tomo como el 100% .32 m<sup>3</sup>/s (es el total de agua que se le suministra a Milpa Alta), entonces .15 m<sup>3</sup>/s (lo que la delegación Milpa Alta pierde por fugas) es el 46.77%.

**Rank 1:** Es el orden que le corresponde cada delegación si se hubieran ordenado los datos de forma descendente de acuerdo al suministro total de agua por delegación.

**Rank 2:** Es el orden que le corresponde cada delegación si se hubieran ordenado los datos de forma descendente de acuerdo al porcentaje de fugas 1

**Rank 3:** Es el orden que le corresponde cada delegación tal como se encuentra.

Las delegaciones en las que se pierde la mayor cantidad de agua por fugas son Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Álvaro Obregón y Cuauhtémoc; tan sólo estas cuatro delegaciones

concentran el 47% del total de agua que se pierde por fugas. Por otro lado en las delegaciones de Xochimilco, M. Contreras, Tlahuac y Milpa Alta se encuentra sólo un 7.26% del agua pérdida por fugas. Aunque por lógica las delegaciones que tienen más agua a su disposición tendrían que ser las que pierden más agua por fugas, aunque esto no necesariamente tiene que ser así. En este caso el interés radica en saber en que delegación se tiene un mejor manejo del agua, por eso se calcula el porcentaje de fugas 2 para saber qué delegaciones pierden más y menos agua, tomando como parámetro el agua que se le suministra a cada delegación (proporcional).

De acuerdo a lo anterior; Cuajimalpa, Milpa Alta, Alvaro Obregón y Gustavo A. Madero pierden más del 40% del agua que se les suministra. En el caso contrario se encuentra Xochimilco, Tlalpan, Tlahuac y M. Contreras que pierden menos del 32% del agua que se les otorga.

#### **4.2.4. Infraestructura de la red de agua potable del Distrito Federal**

El agua potable cuenta con una red primaria y una red secundaria, que en conjunto sumaban 12,924.9 kilómetros en 1997. La distribución de estas redes también es desigual en las delegaciones. A pesar que en Iztapalapa existe mayor número de kilómetros de redes (2,207.4), es la que tiene menor infraestructura por habitante. (1.30 metros por habitante (m/h)). Caso contrario es Milpa Alta, en donde sólo existen 262.4 kilómetros de redes, pero por su poca densidad poblacional la relación es mayor (3.24 m/h). Para tener una mejor idea de estos aspectos véase la tabla 4.6.

**Tabla 4.6: Longitud de la red de agua potable primaria y secundaria por delegación en el Distrito Federal 1997**

| Delegación              | Primaria Km   | Secundaria Km   | Total          | Población      | Infraestructura por habitante m/h | Rank 1 | Rank 2 |
|-------------------------|---------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|--------|--------|
| Milpa Alta              | 6.4           | 256             | 262.4          | 81102          | 3.24                              | 16     | 1      |
| Cuajimalpa              | 19.8          | 290.5           | 310.3          | 136873         | 2.27                              | 14     | 2      |
| Miguel Hidalgo          | 52.3          | 726.3           | 778.6          | 364398         | 2.14                              | 7      | 3      |
| Tlahuac                 | 52.5          | 478.8           | 531.3          | 255891         | 2.08                              | 13     | 4      |
| Xochimilco              | 35            | 617.7           | 652.7          | 332314         | 1.96                              | 9      | 5      |
| Benito Juárez           | 44.8          | 600.4           | 645.2          | 369956         | 1.74                              | 10     | 6      |
| Cuauhtémoc              | 67.07         | 780.85          | 847.92         | 540382         | 1.57                              | 6      | 7      |
| Tlalpan                 | 54.7          | 796.8           | 851.5          | 552516         | 1.54                              | 5      | 8      |
| Magdalena Contreras     | 21.3          | 288             | 309.3          | 211898         | 1.46                              | 15     | 9      |
| Gustavo A. Madero       | 135.69        | 1686.28         | 1821.97        | 1256913        | 1.45                              | 2      | 10     |
| Coyoacán                | 59.4          | 876.8           | 936.2          | 653489         | 1.43                              | 3      | 11     |
| Venustiano Carranza     | 32.3          | 643.5           | 675.8          | 485623         | 1.39                              | 8      | 12     |
| Azcapotzalco            | 50.81         | 580.1           | 630.91         | 455131         | 1.39                              | 11     | 13     |
| Iztacalco               | 38.9          | 524.9           | 563.8          | 418982         | 1.35                              | 12     | 14     |
| Alvaro Obregón          | 64.7          | 834.9           | 899.6          | 676930         | 1.33                              | 4      | 15     |
| Iztapalapa              | 146.5         | 2060.9          | 2207.4         | 1696609        | 1.30                              | 1      | 16     |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>882.17</b> | <b>12042.73</b> | <b>12924.9</b> | <b>8489007</b> | <b>1.52</b>                       |        |        |

Fuente: [4]

**Rank 1:** es el orden que le corresponde a cada delegación si la tabla se ordena de forma descendente tomando en cuenta la longitud total de la red de agua potable que existe en la misma delegación

**Rank 2:** es el orden que le corresponde a cada delegación si se ordena de forma descendente de acuerdo a la infraestructura por habitante (la tabla esta ordenada de esta forma).

La columna seis es simplemente el resultado de dividir los datos de la columna cinco entre la columna cuatro y hacer una conversión de kilómetros a metros.

#### 4.2.5. Viviendas con agua potable

Es interesante saber cuantas viviendas cuentan con agua potable, esto da una idea de la cobertura que tiene el servicio de agua potable por delegación, a veces se mide este rubro con base a las tomas de agua existentes en cada delegación, pero parece un mejor indicador el dividir el número de viviendas que disponen agua potable entre el número de habitantes. Esta información se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4.7: Viviendas con agua potable y población existente por delegación**

| Delegación              | Viviendas particulares habitadas con agua entubada en la vivienda | Población      | Vivi/ hab          |
|-------------------------|---|----------------|--------------------|
| Benito Juárez           | 115899  | 369956         | 0.313277795        |
| Cuauhtémoc              | 148362  | 540382         | 0.274550226        |
| Tlahuac                 | 67875   | 255891         | 0.265249657        |
| Miguel Hidalgo          | 94700   | 364398         | 0.259880680        |
| Coyoacán                | 162851  | 653489         | 0.249202358        |
| Cuajimalpa              | 33327   | 136873         | 0.243488489        |
| Azcapotzalco            | 109666  | 455131         | 0.240954802        |
| Venustiano Carranza     | 117002  | 485623         | 0.240931752        |
| Alvaro Obregón          | 161213  | 676930         | 0.238153133        |
| M. Contreras            | 49766   | 211898         | 0.234858281        |
| Milpa Alta              | 18980   | 81102          | 0.234026288        |
| Iztapalapa              | 395725  | 1696609        | 0.233244666        |
| Tlalpan                 | 128085  | 552516         | 0.231821341        |
| Iztacalco               | 97116   | 418982         | 0.231790387        |
| Gustavo A. Madero       | 291322  | 1256913        | 0.231775787        |
| Xochimilco              | 72832   | 332314         | 0.219166210        |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>2064721</b>  | <b>8489007</b> | <b>0.243222912</b> |

Fuente: INEGI

La información que nos la tabla 4.7 es un indicador intuitivo de cuantas personas se están beneficiando con cada vivienda que cuenta con agua entubada.

Tal vez por ahora esta información parezca confusa, pero más adelante nos servirá para calcular un índice y saber que delegación tiene mejor servicio de agua potable en el Distrito Federal.

#### 4.2.6. Frecuencia de recepción de agua

En el Censo de General de Población y Vivienda del 2000 (el último realizado) se incluyó, en el cuestionario, la pregunta en relación a la frecuencia de recepción de agua por delegación, los resultados arrojados se describen en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8: Viviendas particulares habitadas según frecuencia de recepción de agua por delegación 2000**

| Delegación              | Viviendas particulares habitadas con agua entubada en la vivienda <sup>1</sup> | Frecuencia de Recepción de agua |                   |                     |                   | Total %    |
|-------------------------|--|---------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------|
|                         |  | Diariamente %                   | Cada tercer día % | Otra <sup>2</sup> % | No especificado % |            |
| Benito Juárez           | 115899   | 98.92                           | 0.57              | 0.39                | 0.12              | 100        |
| Azcapotzalco            | 109666   | 98.67                           | 0.79              | 0.44                | 0.1               | 100        |
| Iztacalco               | 97116  | 98.62                           | 0.63              | 0.23                | 0.52              | 100        |
| Miguel Hidalgo          | 94700  | 98.6                            | 0.59              | 0.61                | 0.2               | 100        |
| Venustiano Carranza     | 117002   | 98.41                           | 0.79              | 0.64                | 0.16              | 100        |
| Cuauhtémoc              | 148362   | 98.21                           | 0.73              | 0.54                | 0.52              | 100        |
| Tlahuac                 | 67875  | 96.69                           | 1.72              | 1.4                 | 0.19              | 100        |
| Gustavo A. Madero       | 291322   | 93.99                           | 3.42              | 2.36                | 0.23              | 100        |
| Alvaro Obregón          | 161213   | 93.94                           | 3.57              | 2.23                | 0.26              | 100        |
| M. Contreras            | 49766  | 93.85                           | 2.8               | 3.15                | 0.2               | 100        |
| Coyoacán                | 162851   | 93.81                           | 3.17              | 2.72                | 0.3               | 100        |
| Cuajimalpa              | 33327  | 88.2                            | 6.9               | 4.76                | 0.14              | 100        |
| Xochimilco              | 72832  | 78.23                           | 13.13             | 8.34                | 0.3               | 100        |
| Iztapalapa              | 395725   | 74.44                           | 5.15              | 19.92               | 0.49              | 100        |
| Tlalpan                 | 128085   | 69.01                           | 8.08              | 22.14               | 0.77              | 100        |
| Milpa Alta              | 18980  | 53.86                           | 22.79             | 21.11               | 2.24              | 100        |
| <b>Distrito Federal</b> | <b>2064721</b>   | <b>89.22</b>                    | <b>4.68</b>       | <b>5.69</b>         | <b>0.42</b>       | <b>100</b> |

El 100% se obtiene al sumar el porcentaje del total de recepción diaria, más el porcentaje de cada tercer día, otra recepción y no especificado.

<sup>1</sup>Incluye: las viviendas particulares habitadas con agua entubada dentro de la vivienda y fuera de la vivienda pero dentro del terreno.

<sup>2</sup>Incluye: dos veces por semana, una vez por semana, de vez en cuando.

Fuente: INEGI, XIII Censo general de Población y Vivienda 2000, Tabulados de la Muestra Censal, México

De las 2,064,721 viviendas particulares habitadas con agua entubada, dentro y fuera de la vivienda. Las viviendas que reciben agua diariamente son 89.2 % (todo el día o parte del día), cada tercer día 4.7%, en el rubro de “otras” (incluye la recepción de una o dos veces por semana, o de vez en cuando) 5.7%; las no especificadas .4%.

### 4.3. Comparación de la calidad del servicio de agua potable entre las delegaciones del D.F.

Se ha presentado toda la información acerca del servicio de agua potable en el Distrito Federal, por delegación, que se tiene, sin embargo, no se ha hecho una comparación formal entre cada una de las delegaciones, para tener conciencia de cuál es la calidad del servicio de agua potable en el Distrito Federal y revisar si existen diferencias entre la calidad del servicio para las distintas delegaciones.

Para realizar esta comparación, se utilizará la metodología del valor índice medio, que consiste en la obtención de un índice capaz de reflejar las condiciones generales de cada uno de los aspectos evaluados, “midiendo”, para ello el comportamiento conjunto de los parámetros originales que lo caracterizan. Esta técnica se describe con más detalle y paso a paso en el apéndice II, en esta sección sólo mostraremos los resultados más representativos.

Los parámetros utilizados para construir el índice medio para cada delegación, se muestran en la tabla siguiente;

### Parámetros

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Parámetro 1</b> | Consumo doméstico de agua l/h/d   |
| <b>Parámetro 2</b> | Viviendas con agua entubada que cuentan con mayor frecuencia de recepción de agua (diariamente) |
| <b>Parámetro 3</b> | Infraestructura de la red de agua potable por habitante m/h                                     |
| <b>Parámetro 4</b> | Agua canalizada efectivamente por cada delegación (complemento de fugas)                        |
| <b>Parámetro 5</b> | Viviendas que disponen agua potable entre habitantes  |

Los datos para cada parámetro están en unidades distintas, litros por habitante al día, porcentaje, metros por habitante. Sin embargo uno de los pasos de esta técnica es normalizar y estandarizar cada uno de los datos para cada parámetro, entonces cada dato siempre va a estar en un rango entre  $-3$  y  $3$ , esto es lo que permite compararlos, puede haber desviaciones que están por debajo de  $-3$  o por arriba de  $3$  pero deben ser mínimas.

Un comentario que vale la pena realizar y que va implícito en esta metodología, es que un dato para cada parámetro va a ser considerado mejor que otro si su valor es mayor, ese es el motivo por el cual elegimos el complemento de las fugas y no las fugas como un parámetro. Dicho de otra manera, se quiere que todos los parámetros estén dados de forma que al ser mayor el valor de cada dato del parámetro se considere como positivo, evidentemente si existe una gran cantidad de agua pérdida por fugas no es positivo.

Entonces se llega a la siguiente tabla, que presenta los parámetros y datos elegidos para evaluar la calidad del servicio de agua potable por delegación en el Distrito Federal.



**Tabla 4.9: Valores de cinco parámetros de calidad del servicio de agua potable, elegidos para determinar un “panorama” de las condiciones del servicio de agua potable en el D.F.**

| Delegación          | Consumo doméstico de agua l/h/d | Viviendas que cuentan con agua entubada con mayor frecuencia de recepción de agua (diariamente) | Infraestructura por habitante m/h | Agua canalizada efectivamente por cada delegación (complemento de fugas) | Vivi/ hab |
|---------------------|---------------------------------|---|-----------------------------------|--|-----------|
| Alvaro Obregón      | 205.49                          | 93.94   | 1.33                              | 55.19  | 0.31      |
| Azcapotzalco        | 144.27                          | 98.67   | 1.39                              | 65.29  | 0.27      |
| Benito Juárez       | 170.49                          | 98.92   | 1.74                              | 64.14  | 0.27      |
| Coyoacán            | 179.81                          | 93.81   | 1.43                              | 66.25  | 0.26      |
| Cuajimalpa          | 265.12                          | 88.2  | 2.27                              | 43.52  | 0.25      |
| Cuauhtémoc          | 143.90                          | 98.21   | 1.57                              | 67.32  | 0.24      |
| Gustavo A. Madero   | 152.60                          | 93.99   | 1.45                              | 58.33  | 0.24      |
| Iztacalco           | 138.16                          | 98.62   | 1.35                              | 63.64  | 0.24      |
| Iztapalapa          | 139.03                          | 74.44   | 1.30                              | 66.48  | 0.24      |
| Magdalena Contreras | 183.48                          | 93.85   | 1.46                              | 75.00  | 0.23      |
| Miguel Hidalgo      | 308.23                          | 98.6  | 2.14                              | 65.22  | 0.23      |
| Milpa Alta          | 149.15                          | 53.86   | 3.24                              | 53.13  | 0.23      |
| Tlahuac             | 138.43                          | 96.69   | 2.08                              | 69.86  | 0.23      |
| Tlalpan             | 175.14                          | 69.01   | 1.54                              | 68.85  | 0.23      |
| Venustiano Carranza | 133.44                          | 98.41   | 1.39                              | 67.93  | 0.23      |
| Xochimilco          | 153.40                          | 78.23   | 1.96                              | 68.27  | 0.22      |

Datos presentados anteriormente

A continuación se presenta la tabla final de la metodología del valor índice medio, con el índice correspondiente a cada delegación y la jerarquía alcanzada de acuerdo a los parámetros tomados en cuenta para este estudio. Con esta tabla claramente se ve qué delegaciones tienen mejor servicio que otras y en que aspectos sobresalen o se encuentran mal.

Los parámetros que nos ayudan a evaluar la calidad del servicio de agua potable por delegación fueron:

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Parámetro 1</b> | Consumo doméstico de agua por habitante   |
| <b>Parámetro 2</b> | Viviendas con agua entubada que cuentan con mayor frecuencia de recepción de agua (diariamente) |
| <b>Parámetro 3</b> | Infraestructura de la red de agua potable por habitante   |
| <b>Parámetro 4</b> | Agua canalizada efectivamente por cada delegación (complemento de fugas)                        |
| <b>Parámetro 5</b> | Viviendas que disponen agua potable entre habitantes  |

**Tabla 4.10: Jerarquía de las delegaciones evaluadas y calificaciones obtenidas en cada parámetro por delegación**

| Delegación          | Parámetro 1 | Parámetro 2 | Parámetro 3 | Parámetro 4 | Parámetro 5 | Valor índice medio | Jerarquías |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|------------|
| Miguel Hidalgo      | 6           | 5           | 5           | 4           | 2           | 4.4                | 2          |
| Benito Juárez       | 3           | 5           | 4           | 4           | 5           | 4.2                |            |
| Cuajimalpa          | 6           | 3           | 6           | 1           | 4           | 4                  |            |
| Azcapotzalco        | 2           | 5           | 2           | 4           | 6           | 3.8                | 3          |
| Coyoacán            | 4           | 4           | 2           | 4           | 5           | 3.8                |            |
| Tlahuac             | 2           | 5           | 5           | 5           | 2           | 3.8                |            |
| Alvaro Obregón      | 5           | 4           | 2           | 1           | 6           | 3.6                |            |
| Magdalena Contreras | 4           | 4           | 2           | 6           | 2           | 3.6                |            |
| Cuauhtémoc          | 2           | 5           | 3           | 4           | 3           | 3.4                |            |
| Venustiano Carranza | 2           | 5           | 2           | 5           | 2           | 3.2                |            |
| Iztacalco           | 2           | 5           | 2           | 3           | 3           | 3                  |            |
| Tlalpan             | 4           | 1           | 3           | 5           | 2           | 3                  |            |
| Xochimilco          | 3           | 2           | 4           | 5           | 1           | 3                  |            |
| Gustavo A. Madero   | 3           | 4           | 2           | 2           | 3           | 2.8                | 4          |
| Iztapalapa          | 2           | 1           | 2           | 4           | 3           | 2.4                |            |
| Milpa Alta          | 2           | 1           | 6           | 1           | 2           | 2.4                |            |

Fuente: Elaboración propia con los datos que hemos presentado anteriormente.

La metodología del valor índice medio, cuenta con el siguiente marco de referencia para facilitar la descripción de los datos de la tabla anterior

**Caracterización de las unidades territoriales de acuerdo a su valor índice medio**

| Jerarquía | Valor Índice Medio | Condición de la unidad territorial   |
|-----------|--------------------|--------------------------------------|
| 1         | mayor o igual a 5  | Muy superior a la media del conjunto |
| 2         | [4, 5)             | Superior a la media del conjunto     |
| 3         | [3, 4)             | cercana a la media del conjunto      |
| 4         | [2, 3)             | Inferior a la media del conjunto     |
| 5         | menor que 2        | Muy inferior a la media del conjunto |

Todas las delegaciones tienen alguna calificación de algún parámetro por debajo de la media (excepto Benito Juárez), además, ninguna delegación está en la jerarquía 1 que es la que implicaría una calidad óptima o muy superior a la media, y de hecho, sólo tres delegaciones se ubican por arriba de la jerarquía tres, y 10 en esta jerarquía, las demás en la cuatro, esto ya nos indica que el servicio de agua potable en el Distrito Federal no es de muy buena calidad, más bien es de calidad media, por así decirlo.

La delegación Miguel Hidalgo es la que cuenta con un mejor servicio de agua potable, el único punto débil es que muy pocas personas de esa delegación se benefician con el número de casa con servicio de agua potable. Luego le sigue Benito Juárez que es la delegación más estable, no tiene grandes fluctuaciones entre los parámetros evaluados, y en el tercer lugar se encuentra Cuajimalpa, cuyo gran problema es que desperdicia mucha agua debido a las fugas.

Al final de la tabla se encuentran; Gustavo A. Madero, Iztapalapa y Milpa Alta que al parecer tienen una calidad de servicio de agua paupérrima en general, sólo destaca Milpa Alta con la infraestructura de agua potable por habitante, pero eso es gracias a su poca densidad poblacional.

#### 4.4. Causas o motivos por los que existe una disparidad entre la calidad de los servicios de agua potable por delegación

Se tratará de dilucidar cuales son los motivos por los que existe esta disparidad entre la calidad de los servicios de agua por delegación. Se piensa que esta disparidad se debe principalmente a dos causas, la heterogénea distribución por delegación de la población y del PIB. Entonces a continuación se probarán estos supuestos.

##### 4.4.1. Heterogénea distribución de la población

Primero se revisará si existe una relación entre la cantidad de población existente y el índice de valor medio, para esto se realizó la tabla 4.11:

**Tabla 4.11: Población contra valor índice medio**

| Delegación          | Población Total | Valor índice medio | ORD (pob) | ORD (VIM) |
|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|-----------|
| Milpa Alta          | 81102           | 2.4                | 16        | 16        |
| Cuajimalpa          | 136873          | 4                  | 15        | 3         |
| Magdalena Contreras | 211898          | 3.6                | 14        | 8         |
| Tlahuac             | 255891          | 3.8                | 13        | 6         |
| Xochimilco          | 332314          | 3                  | 12        | 13        |
| Miguel Hidalgo      | 364398          | 4.4                | 11        | 1         |
| Benito Juárez       | 369956          | 4.2                | 10        | 2         |
| Iztacalco           | 418982          | 3                  | 9         | 11        |
| Azcapotzalco        | 455131          | 3.8                | 8         | 4         |
| Venustiano Carranza | 485623          | 3.2                | 7         | 10        |
| Cuauhtémoc          | 540382          | 3.4                | 6         | 9         |
| Tlalpan             | 552516          | 3                  | 5         | 12        |
| Coyoacán            | 653489          | 3.8                | 4         | 5         |
| Alvaro Obregón      | 676930          | 3.6                | 3         | 7         |
| Gustavo A. Madero   | 1256913         | 2.8                | 2         | 14        |
| Iztapalapa          | 1696609         | 2.4                | 1         | 15        |

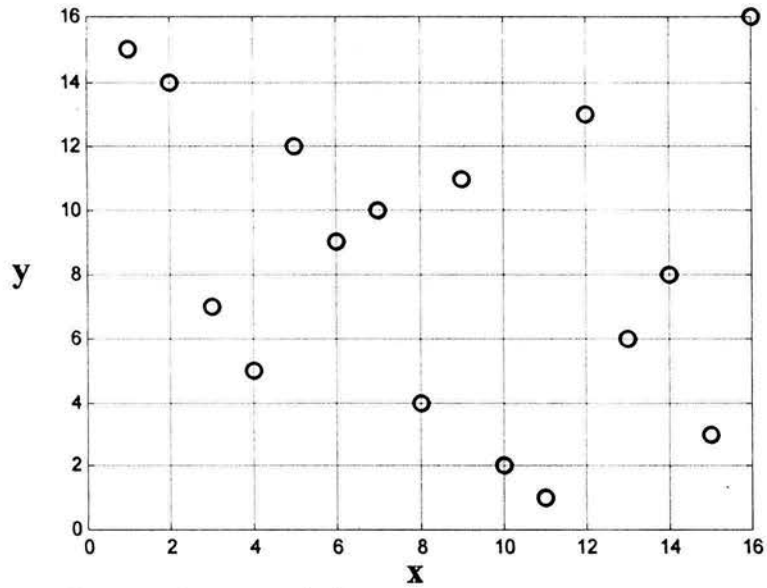
Fuente: elaboración propia

ORD(pob) y ORD(VIM) son el orden que le correspondería a cada delegación si la ordenáramos de forma descendente

Al parecer no se observa ninguna relación entre la población y el valor índice medio, pero gráficamente esto se ve a continuación.

Para simplificar el análisis, se define:  $x$  = orden de cada delegación de acuerdo a la población(ORD(pob)) e  $y$  = orden de cada delegación de acuerdo al valor índice medio (ORD(VIM))

**Gráfica 4.2: Orden de la población contra el orden dado por el VIM**



Claramente no se observa ninguna relación.

#### 4.4.2. Disparidad entre el PIB de las distintas delegaciones

Ahora se revisará si existe una relación entre el PIB y el valor índice medio. Para ello se generó la siguiente tabla:

**Tabla 4.12: PIB por delegación contra el valor índice medio**

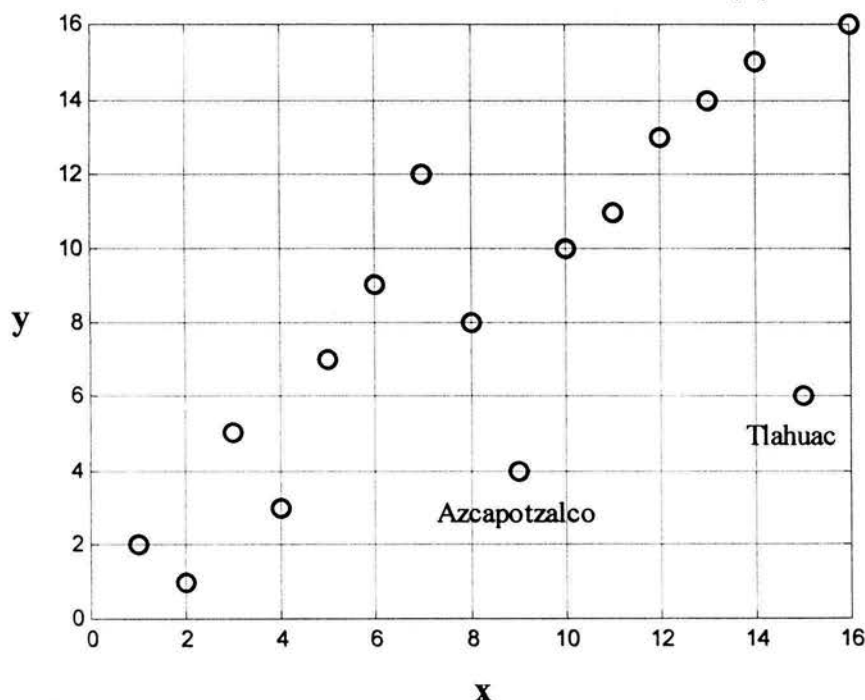
| Delegación          | PIB per cápita <sup>1</sup> | ORD(PIB) | ORD(IVM) |
|---------------------|-----------------------------|----------|----------|
| Benito Juárez       | 35594                       | 1        | 2        |
| Miguel Hidalgo      | 27819                       | 2        | 1        |
| Coyoacán            | 24943                       | 3        | 5        |
| Cuajimalpa          | 21927                       | 4        | 3        |
| Álvaro Obregón      | 21315                       | 5        | 7        |
| Cuauhtémoc          | 20018                       | 6        | 9        |
| Tlalpan             | 20015                       | 7        | 12       |
| Magdalena Contreras | 18356                       | 8        | 8        |
| Azcapotzalco        | 16203                       | 9        | 4        |
| Venustiano Carranza | 15032                       | 10       | 10       |
| Iztacalco           | 15027                       | 11       | 11       |
| Xochimilco          | 14806                       | 12       | 13       |
| Gustavo A. Madero   | 14556                       | 13       | 14       |
| Iztapalapa          | 12184                       | 14       | 15       |
| Tlahuac             | 11582                       | 15       | 6        |
| Milpa Alta          | 8206                        | 16       | 16       |

Fuente CONAPO, 2001 y elaboración propia.

<sup>1</sup>En dólares ajustados

Si se define  $x$  = orden de cada delegación de acuerdo al PIB  
 $y$  = orden de cada delegación de acuerdo al valor índice medio

**Gráfica 4.3: Orden de cada delegación de acuerdo al PIB (X) contra orden de acuerdo al valor índice medio (Y)**



Al parecer existe una relación lineal, pero hay algunas desviaciones, si quitamos el dato para Tláhuac y para Azcapotzalco que son *outliers* y se hace una regresión lineal para obtener la recta que ajuste los datos. Se tiene la gráfica 4.4 que muestra los datos y la recta de regresión. La recta obtenida es:  $y = .96x + 1.244$  con un coeficiente de correlación que indica que la variabilidad presente en los datos descritos por la recta es  $0.89 (R^2)$  que es bastante alto. No se comprobarán todos los supuestos de la regresión lineal, pero es evidente que hay una relación entre la calidad del servicio de agua potable y el PIB per cápita por delegación.

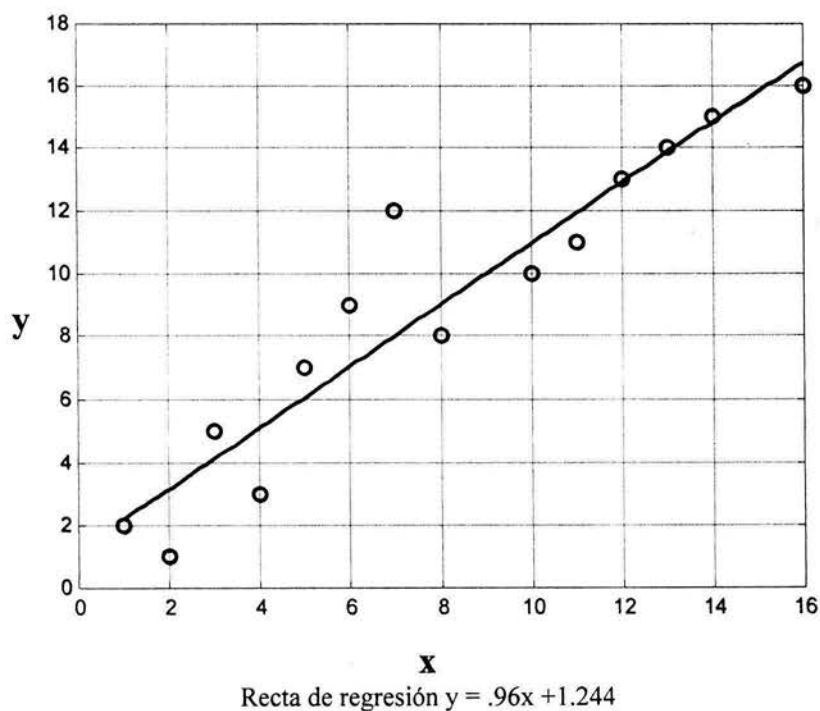
A manera de conclusión se puede decir que de acuerdo a los parámetros evaluados<sup>3</sup>, la calidad del servicio de agua potable para la capital del país en general fue media, además, claramente lo que determina la calidad del servicio agua potable por delegación es el poder económico de las personas que las habitan, aunque las autoridades digan que esto es así por

<sup>3</sup> Consumo doméstico de agua por habitante, viviendas con agua entubada que cuentan con mayor frecuencia de recepción de agua, infraestructura de la red de agua potable por habitante, agua canalizada efectivamente por cada delegación (complemento de fugas) y número de viviendas que disponen agua potable entre el número de habitantes

la situación geográfica que tiene cada delegación con respecto a las fuentes de abastecimiento.

También se ha cobrado conciencia de que se desperdicia gran cantidad de agua. En promedio el 38% del agua que se suministra se pierde por fugas, ya sea en la red o en las casas de capitalinos. Si se piensa acerca de la calidad del servicio de agua potable a nivel nacional y se puntualiza que la calidad del servicio de agua potable en el Distrito Federal es igual a la calidad de este mismo servicio para la mayoría de los estados del país, esto implicaría que a nivel nacional tranquilamente se debe desperdiciar un 30 o 35% de agua por fugas. Este dato no lo se pudo obtener en ningún lado, por supuesto, pero dado lo que se ha visto a lo largo de este trabajo no es muy descabellado pensar que esto debe ser cierto.

**Gráfica 4.4: Recta de regresión tomando en cuenta el orden de acuerdo al PIB (Y) y el orden de acuerdo al VIM (X)**



ESTA TESIS NO SALI  
DE LA BIBLIOTECA

## Conclusiones

La información constituye el cimiento del desarrollo sostenible y es fundamental para lograr una planificación y toma de decisiones exitosas. Si las decisiones se adoptan al margen de la información y de datos bien fundados, serán poco más que conjeturas y corren el riesgo de estar equivocadas. Existe una amplia gama de datos económicos y sociales que son relativamente confiables y fáciles de entender. La situación referente al recurso agua es diferente. La información de alta calidad y confiable a este respecto es un recurso escaso; encontrar información “precisa” puede suponer algunos problemas, pues obtener los datos resulta muy difícil. La adquisición de este tipo de datos es una necesidad básica en nuestro país.

En países como Estados Unidos, Canadá o Rusia la obtención, manejo y cantidad de información acerca del recurso agua es excepcional, estos países empezaron a recabar información acerca del balance y escurrimientos de agua alrededor del año 1890-1910, además cuentan con series históricas de extracciones, usos y disponibilidad de agua bastante sólidas, mientras que en México la medición de los escurrimientos y balance de agua se empezó a realizar en el año de 1940 con la ayuda de algunos especialistas de la ONU. Además, no se cuenta con históricos de extracciones, usos de agua, y demás datos acerca del recurso agua que vayan de acuerdo a la realidad de la situación, las series y datos de diferentes organismos difieren o no son confiables. En este trabajo de tesis se presentó la evidente falta de información confiable existente del recurso.

En el primer capítulo se vio que la disponibilidad de agua en México es baja, de acuerdo a los estándares internacionales establecidos para clasificar la misma. Además, las proyecciones son desalentadoras, pues parece que en unos años más se alcanzará el rango de muy bajo a extremadamente bajo, no importa que los pronósticos presentados no sean exactos dado el crecimiento de la población en nuestro país esto es casi ineludible. Aunado a esto, en el capítulo dos se muestra que la distribución de los recursos de agua en el país es completamente heterogénea, existiendo zonas con gran cantidad de recursos hídricos y poca población como Tabasco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Guerrero, Durango etc., regiones administrativas: Frontera Sur, Golfo Centro, Península de Yucatán, Pacífico Sur y Norte, mientras que en otras encabezadas por la zona del Valle de México en donde se encuentra el Distrito Federal, la situación es completamente inversa.

Además se adquirió conciencia de que cada quien maneja las estadísticas del recurso agua dulce como más le conviene, a veces en lugar de dotación dicen consumo, otras omiten mostrar las estadísticas, como en el caso de las fugas que se tienen para el Distrito Federal (con trabajos), pero para todo México este tipo de datos no se obtuvo, otras de plano se muestra lo que se quiere, por ejemplo se encontró el dato de que en el estado de México sólo se pierde el 15% de agua debido a las fugas, la misma fuente<sup>1</sup> dice que eso no va de acuerdo con la realidad de la situación. Igualmente no existen series históricas de datos de

---

<sup>1</sup> El Desafío del agua en la ciudad de México, página de internet:  
[http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/DesafioAgua/agua00\\_cont.htm](http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/DesafioAgua/agua00_cont.htm)



consumo, extracción y usos de agua en las que se pueda confiar para realizar modelos y así pronósticos. Además, todo esto bajo el marco de que el organismo encargado de administrar las aguas nacionales (CNA), también es el que calcula y distribuye las estadísticas de este recurso. Así, podemos decir que el panorama del recurso agua en México es un poco nebuloso.

Para el Distrito Federal existe mucha información, aunque toda del año 1997, es increíble que no haya un histórico de datos en distintos años para la capital del país y si existe es inaccesible.

Es difícil generar una planeación y tener una visión clara a partir de observaciones tan escasas y espaciadas para una región, sin embargo dado el inminente estado de centralización de nuestro país, la creciente población en el Distrito Federal es evidente que se necesita contar con más estadísticas acerca del recurso agua y que estas sean fiables.

No hay buenas perspectivas para la capital del país en referencia al suministro de agua potable, y existen muchas razones para apoyar este punto de vista, algunas son:

- Se encuentra situada en una región con disponibilidad de agua clasificada como catastróficamente baja, lo que quiere decir que no existen reservas de agua, que es muy difícil satisfacer las demandas de agua de la población que habita en la zona y que se tienen que tomar decisiones acerca de a que actividades dedicar el agua existente y a que otras suprimirles el agua, pues el líquido ya no alcanza para satisfacer los requerimientos de todas las actividades que requieren agua de la zona.
- Aunque la población del Distrito Federal ha disminuido su ritmo de crecimiento, la población del Valle de México sigue creciendo lo que en general implica un aumento en la demanda de líquido en toda la región.
- La casi inexistencia de fuentes superficiales de líquido de los que se pueda extraer agua potable ha generado gran presión sobre los acuíferos subterráneos del Valle, viendo los datos del capítulo 3, se aprecia que aunque las autoridades saben que existe una sobreexplotación de los pozos, la extracción de líquido ha sido casi la misma en los últimos años.
- Esta sobreexplotación de los recursos de agua subterránea está generado la desecación de los pozos y así el hundimiento de la ciudad. Además de que se ha tenido que traer agua de fuentes externas para satisfacer las demandas. Sin embargo, estas fuentes ya resultan insuficientes. Se está pensando en otros lugares que puedan aportar agua para satisfacer las necesidades del D.F., pero cada vez se encuentran más alejadas y a una menor altura que el Valle. Según datos del libro estadísticas del medio ambiente del D.F. 1999, trasladar 1 m<sup>3</sup> de agua de Cutzamala, situado a 127 Km de la capital y a 1000 metros por debajo del valle requirió una inversión de 23 millones de dólares.

- El mal manejo del recurso que se pierde por fugas en la red y desperdicio de los usuarios, que en algunos lugares alcanzando el 55% de líquido. En promedio en el D.F. estas pérdidas ascienden al 38% del agua que llega a la ciudad.
- Como siempre los que tienen más dinero son beneficiados por las autoridades, reciben más agua, con más frecuencia etc. y los que tiene menos reciben exactamente lo opuesto.

Con base en todo lo anterior, se puede decir que a futuro lo que parece claro es lo siguiente:

- La disponibilidad de agua seguirá bajando en el Valle de México y el grado de presión sobre los recursos seguirán en los puntos críticos en los que se encuentran actualmente y muy posiblemente continuarán moviéndose de forma negativa.
- Se traerá más agua de fuentes externas al Valle de México, esto ya es necesario y por lo tanto inevitable.
- Las cuotas de agua potable van a subir en gran medida. En este trabajo de tesis, no se trató este punto, sin embargo, se ha leído que todos los usuarios del servicio están siendo subsidiados y que los costos de traer agua de fuentes externas son muy altos, esto así es también ineludible.
- Las autoridades van a involucrar a la empresa privada para que administre, mida y suministre el agua en el Distrito Federal. No se tiene idea de si esto va a pasar dentro de 1 o 5 años pero ya empieza a haber estudios acerca de los beneficios que traería el involucrar a la empresa privada en el asunto. Este punto combinado con el anterior, van casi de la mano.

Por último, como otras líneas de investigación relacionadas con el tema del agua en el Distrito Federal se propondrían las siguientes:

- Obtener más información, acerca de los caudales de agua que se suministran al Distrito Federal, para llenar los huecos de los datos que se manejaron en esta tesis, además, de buscar métodos matemáticos que ayuden a depurar la información obtenida, de manera que se pueda contar con información para cada año y que esta sea lo más confiable posible. Con base en esta información generar un modelo para el suministro de agua para el Distrito Federal.
- Hacer una investigación acerca del agua que se está extrayendo de los pozos del Valle e investigar cuales son sus capacidades, tiempos de recarga, etc. Y generar un modelo que tome en cuenta el del suministro del agua para el Distrito Federal con el que ya contamos y algunos supuestos<sup>2</sup> para hacer proyecciones y saber ¿cuál será la situación de los acuíferos del Valle de México?.

<sup>2</sup> Por ejemplo el que se traiga más agua de fuentes externas o el que las condiciones se mantengan igual.

- Realizar un esquema de muestreo para monitorear la calidad del agua que los capitalinos están consumiendo y verificar si va de acuerdo con lo que dicen los datos oficiales.
- Investigar más al respecto de la localización de los basureros y panteones en relación con las fuentes subterráneas de agua. Existe muy poca información al respecto, sólo renglones, pero es un tema bastante interesante.

## Apéndice I

### Regiones administrativas de la CNA

Las regiones administrativas son 13. A continuación se describe que municipios y estados conforman cada región.

#### I Península de Baja California

Esta región comprende la totalidad de Baja California Norte y Baja California Sur, con cinco municipios cada uno, y la parte correspondiente a la superficie del distrito de riego 014 en el municipio de San Luis Río Colorado en Sonora. Para fines de planeación hidráulica, la región se divide en dos subregiones: Baja California con 70,000 km<sup>2</sup> y Baja California Sur con 79,000 km<sup>2</sup>.

#### II Noroeste

Esta región esta formada por el estado de Sonora con 72 municipios y siete municipios pertenecientes al estado de Chihuahua.

#### III Pacífico Norte

Incluye la totalidad del estado de Sinaloa y porciones de los estados de Durango, Chihuahua, Nayarit y Zacatecas; comprende 13 cuencas desde la del río Fuerte hasta la del San Pedro, las cuales para fines de planeación se agrupan en cinco subregiones: Norte, Centro Norte, Centro Sur, Tuxpan y Guadiana.

#### IV Balsas

Esta región incluye completamente al estado de Morelos y parcialmente a los estados de Tlaxcala, Puebla, México, Oaxaca, Guerrero, Michoacán y Jalisco con un total de 421 municipios.

#### V Pacífico Sur

Se integra con 357 municipios de los estados de Oaxaca y Guerrero, comprende seis subregiones de planeación: Costa Grande, Costa Chica, Río Verde, Costa de Oaxaca, Tehuantepec y Complejo Lagunar, las cuales agrupan a 23 cuencas.

#### VI Río Bravo

Abarca casi la mitad de la superficie de la cuenca del río Bravo, que es compartida con los Estados Unidos de América (EUA), por lo que ha sido motivo de acuerdos y convenios binacionales para lograr su aprovechamiento.

## **VII Cuencas Centrales del Norte**

Se encuentra conformada por 83 municipios pertenecientes a los estados de Durango, Zacatecas, Coahuila, San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas. Para fines de planeación, fue dividida en cinco subregiones: Mapimí, Nazas, Aguanaval, Comarca Lagunera-Parras y El Salado.

## **Región VIII Lerma Santiago Pacífico**

La Región Lerma-Santiago-Pacífico se ubica en el centro poniente de la república mexicana. Está conformada por los estados de Colima, Aguascalientes, Nayarit, Querétaro, México, Jalisco, Guanajuato, Michoacán y Zacatecas que en conjunto incluyen 326 municipios. La región comprende las cuencas de los ríos Lerma y Santiago, así como una porción importante de la costa del Océano Pacífico correspondiente a los Estados de Jalisco y Michoacán. Para fines de planeación hidráulica la región se subdivide en seis subregiones: alto, medio y bajo Lerma; alto y bajo Santiago; Costas de Jalisco y Michoacán.

## **IX Golfo Norte**

Está conformada por 154 municipios de ocho entidades federativas: 40 del estado de Hidalgo, 36 de San Luis Potosí, 30 de Tamaulipas, 23 de Veracruz, 14 de Querétaro, cinco de Guanajuato, cinco del Estado de México y uno de Nuevo León.

## **X Golfo Centro**

Se integra con 443 municipios: 187 de Veracruz, 161 de Oaxaca, 90 de Puebla y 5 de Hidalgo.

## **XI Frontera Sur**

Esta región está conformada por la totalidad de los estados de Chiapas y Tabasco, así como por áreas pequeñas de los estados de Campeche y Oaxaca.

## **XII Península de Yucatán**

Esta formada por los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Para efectos de planeación, la Región se divide en tres subregiones: Peninsular Oriente, que abarca los estados de Yucatán y Quintana Roo; Peninsular Poniente, que abarca la mayor parte del estado de Campeche con excepción de los municipios de Carmen, Escárcega, Candelaria y Palizada (este último forma parte de la Región XI) y la subregión Candelaria, que comprende una porción menor del estado de Campeche.

### **XIII Valle de México**

La región se ubica en la cuenca alta del río Pánuco y para fines de planeación está formada por dos subregiones: Valle de México y Tula. Incluye al Distrito Federal, 56 municipios del estado de México, 39 de Hidalgo y cuatro de Tlaxcala.

## Apéndice II

### La metodología del valor índice medio<sup>1</sup>

La metodología del valor índice medio es útil en la tarea de clasificar un conjunto de unidades territoriales con base en un índice obtenido a partir de la información aportada por diversos parámetros. Con esta técnica es posible precisar con facilidad las diferencias o similitudes entre unidades territoriales tomando como base los mismos parámetros en cada una de ellas.

Se busca determinar si la calidad en el servicio de agua potable por delegación es heterogénea, además, también es de interés el conocer que tan bueno es el servicio de agua potable en el D.F.. Entonces por principio de cuentas las unidades territoriales que se tomarán en cuenta serán la delegaciones.

A continuación se describen los demás pasos de la metodología:

1.- Cuando se tienen las unidades territoriales, se seleccionan algunos parámetros de manera que con ellos se pueda obtener nuestro índice. Para ello es indispensable trabajar con indicadores cuantitativos que expresen buenas condiciones del fenómeno por cuantificar.

Como consecuencia de lo anterior, se incluirán específicamente indicadores que mientras mayor valor numérico presenten, supongan mejores condiciones del parámetro evaluado y por ello se evitará la inclusión de indicadores negativos contrapuestos a los anteriores. Para el estudio que se está realizando, se cuenta con el porcentaje de fugas por delegación en el Distrito Federal (es uno de los parámetros de este estudio) y lo que se quiere conocer es si existen disparidades en la calidad del servicio de agua potable por delegación, evidentemente el porcentaje de fugas es un indicador negativo, por lo tanto se manejará el complemento de las fugas, en otras palabras, el agua que usan efectivamente las delegaciones del total de agua que se les destina.

Tomando en cuenta que lo que se quiere conocer es si existen disparidades en la calidad del servicio de agua potable por delegación y la información que se ha presentado en el capítulo 4 de este trabajo, se considerarán los siguientes parámetros:

---

<sup>1</sup> Para más información acerca de este método consúltese el boletín del Instituto de Geografía número 19, año 1989, en donde viene un artículo al respecto.

**Parámetros considerados para realizar un análisis de la calidad del servicio de agua potable por delegación en el D.F.**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Parámetro 1</b> | Consumo doméstico de agua l/h/d   |
| <b>Parámetro 2</b> | Porcentaje de viviendas con agua entubada que cuentan con mayor frecuencia de recepción de agua (diariamente) |
| <b>Parámetro 3</b> | Infraestructura de la red de agua potable por habitante m/h   |
| <b>Parámetro 4</b> | Porcentaje de agua canalizada efectivamente por cada delegación (complemento de fugas)                        |
| <b>Parámetro 5</b> | Viviendas que disponen agua potable entre habitantes  |

Entonces, se llega a la siguiente tabla de datos:

**Valores de cinco parámetros de calidad del servicio de agua potable, elegidos para determinar un “panorama” de las condiciones del servicio de agua potable en el D.F.**

| Delegación          | Parámetro 1 | Parámetro 2 | Parámetro 3 | Parámetro 4 | Parámetro 5 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Alvaro Obregón      | 205.49      | 93.94       | 1.33        | 55.19       | 0.31        |
| Azcapotzalco        | 144.27      | 98.67       | 1.39        | 65.29       | 0.27        |
| Benito Juárez       | 170.49      | 98.92       | 1.74        | 64.14       | 0.27        |
| Coyoacán            | 179.81      | 93.81       | 1.43        | 66.25       | 0.26        |
| Cuajimalpa          | 265.12      | 88.2        | 2.27        | 43.52       | 0.25        |
| Cuauhtémoc          | 143.90      | 98.21       | 1.57        | 67.32       | 0.24        |
| Gustavo A. Madero   | 152.60      | 93.99       | 1.45        | 58.33       | 0.24        |
| Iztacalco           | 138.16      | 98.62       | 1.35        | 63.64       | 0.24        |
| Iztapalapa          | 139.03      | 74.44       | 1.30        | 66.48       | 0.24        |
| Magdalena Contreras | 183.48      | 93.85       | 1.46        | 75.00       | 0.23        |
| Miguel Hidalgo      | 308.23      | 98.6        | 2.14        | 65.22       | 0.23        |
| Milpa Alta          | 149.15      | 53.86       | 3.24        | 53.13       | 0.23        |
| Tlahuac             | 138.43      | 96.69       | 2.08        | 69.86       | 0.23        |
| Tlalpan             | 175.14      | 69.01       | 1.54        | 68.85       | 0.23        |
| Venustiano Carranza | 133.44      | 98.41       | 1.39        | 67.93       | 0.23        |
| Xochimilco          | 153.40      | 78.23       | 1.96        | 68.27       | 0.22        |

2.- El segundo paso de la metodología del valor índice medio es una normalización (estándar) de los datos de cada parámetro, esto con el fin de evitar las amplias diferencias



que existen entre cada variable que se refieren a aspectos diversos expresados en unidades distintas.

Esto simplemente se hace restando a todo dato de cada parámetro la media del parámetro y luego dividiendo entre la desviación estándar del parámetro en cuestión. Así se llega a la siguiente tabla.

**Valores estandarizados de cinco parámetros de calidad del servicio de agua potable, elegidos para determinar un “panorama” de las condiciones del servicio de agua potable en el D.F.**

| Delegación          | Parámetro 1 | Parámetro 2 | Parámetro 3 | Parámetro 4 | Parámetro 5 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Alvaro Obregón      | 0.65        | 0.35        | -0.78       | -1.10       | 2.94        |
| Azcapotzalco        | -0.60       | 0.71        | -0.67       | 0.21        | 1.24        |
| Benito Juárez       | -0.07       | 0.73        | 0.03        | 0.06        | 0.83        |
| Coyoacán            | 0.12        | 0.34        | -0.58       | 0.34        | 0.59        |
| Cuajimalpa          | 1.86        | -0.08       | 1.06        | -2.62       | 0.12        |
| Cuauhtémoc          | -0.61       | 0.67        | -0.31       | 0.48        | -0.13       |
| Gustavo A. Madero   | -0.43       | 0.36        | -0.54       | -0.69       | -0.24       |
| Iztacalco           | -0.73       | 0.71        | -0.75       | 0.00        | -0.24       |
| Iztapalapa          | -0.71       | -1.11       | -0.83       | 0.37        | -0.36       |
| Magdalena Contreras | 0.20        | 0.35        | -0.52       | 1.48        | -0.51       |
| Miguel Hidalgo      | 2.74        | 0.70        | 0.80        | 0.20        | -0.54       |
| Milpa Alta          | -0.50       | -2.65       | 2.95        | -1.37       | -0.58       |
| Tlahuac             | -0.72       | 0.56        | 0.68        | 0.81        | -0.64       |
| Tlalpan             | 0.03        | -1.52       | -0.36       | 0.68        | -0.64       |
| Venustiano Carranza | -0.82       | 0.69        | -0.66       | 0.56        | -0.64       |
| Xochimilco          | -0.41       | -0.82       | 0.46        | 0.60        | -1.20       |

Como se puede apreciar estas unidades ya son independientes de las originales, y la gran mayoría de los valores debe quedar en un rango de -3 a 3 pues lo único que se hizo es estandarizar los datos. Lo importante aquí es que estos valores ya se pueden comparar entre sí.

3.- La tercera parte de la metodología consiste en categorizar, para cada caso, las variables normalizadas, de acuerdo con su posición en la media aritmética de la variable respectiva, proponiéndose una “calificación” para ella, según los datos que se muestran en la siguiente tabla:

| Calificaciones propuestas para las variables de cada caso según su valor normalizado |  |   |
|--|--|---|
| Valor normalizado del parámetro en cada caso   | Condición del valor del parámetro en cada caso con respecto a la media | Calificación del valor del parámetro en cada caso |
| >1   | Muy superior a la media  | 6   |
| de .5 a 1  | Superior a la media  | 5   |
| de 0 a .49   | Cercana(superior) a la media   | 4   |
| de -.49 a 0  | Cercana(inferior) a la media   | 3   |
| de -.5 a -1  | Inferior a la media  | 2   |
| <-1  | Muy inferior a la media  | 1   |

Para justificar el porqué de la definición de seis rangos calificativos para las variables evaluadas, se tiene que asumir que la mayoría de estos datos se encuentran cerca de la media, que en este caso es cierta y que también se comporten de forma “regular”, pero como se está tomando información de distintos parámetros para diversas delegaciones esto también se cumple. Entonces siguiendo el procedimiento de la metodología, se llega a la siguiente tabla:

**Calificaciones logradas por los datos de cada parámetro siguiendo los criterios establecidos en la tabla anterior**

| Delegación          | Parámetro 1 | Parámetro 2 | Parámetro 3 | Parámetro 4 | Parámetro 5 | Valor índice medio |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|
| Miguel Hidalgo      | 6           | 5           | 5           | 4           | 2           | 4.4                |
| Benito Juárez       | 3           | 5           | 4           | 4           | 5           | 4.2                |
| Cuajimalpa          | 6           | 3           | 6           | 1           | 4           | 4                  |
| Azcapotzalco        | 2           | 5           | 2           | 4           | 6           | 3.8                |
| Coyoacán            | 4           | 4           | 2           | 4           | 5           | 3.8                |
| Tlahuac             | 2           | 5           | 5           | 5           | 2           | 3.8                |
| Alvaro Obregón      | 5           | 4           | 2           | 1           | 6           | 3.6                |
| Magdalena Contreras | 4           | 4           | 2           | 6           | 2           | 3.6                |
| Cuauhtémoc          | 2           | 5           | 3           | 4           | 3           | 3.4                |
| Venustiano Carranza | 2           | 5           | 2           | 5           | 2           | 3.2                |
| Iztacalco           | 2           | 5           | 2           | 3           | 3           | 3                  |
| Tlalpan             | 4           | 1           | 3           | 5           | 2           | 3                  |
| Xochimilco          | 3           | 2           | 4           | 5           | 1           | 3                  |
| Gustavo A. Madero   | 3           | 4           | 2           | 2           | 3           | 2.8                |
| Iztapalapa          | 2           | 1           | 2           | 4           | 3           | 2.4                |
| Milpa Alta          | 2           | 1           | 6           | 1           | 2           | 2.4                |

Se incluye también el valor que da nombre a esta metodología, el valor índice medio, que no es otra cosa que calcular el promedio para cada delegación tomando en cuenta todos los parámetros.

4.- El paso final de esta metodología consiste en ordenar la tabla obtenida de acuerdo al índice medio, ya se hizo, y agrupar los datos para conformar unidades territoriales con características similares. Para realizar esto último se propone la siguiente escala, que no es más que una extensión de la tabla de calificaciones propuestas.

| <b>Caracterización de las unidades territoriales de acuerdo a su valor índice medio</b> |                           |   |
|---|---------------------------|---|
| <b>Jerarquía</b>  | <b>Valor índice medio</b> | <b>Condiciones de la unidad territorial</b> |
| 1   | de 5 a 6                  | Muy superiores a la media del conjunto      |
| 2   | de 4 a 4.99               | Superior a la media del conjunto            |
| 3   | de 3 a 3.99               | Cercana a la media del conjunto             |
| 4   | de 2 a 2.99               | Inferior a la media del conjunto            |
| 5   | de 1 a 1.99               | Muy Inferior a la media del conjunto        |

Utilizando este marco de referencia se puede agrupar a cada una de las unidades territoriales (delegaciones) de la siguiente forma.

**Jerarquías alcanzadas por cada delegación según su valor índice medio**

| Delegación          | Parámetro 1 | Parámetro 2 | Parámetro 3 | Parámetro 4 | Parámetro 5 | Valor índice medio | Jerarquías |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|------------|
| Miguel Hidalgo      | 6           | 5           | 5           | 4           | 2           | 4.4                | 2          |
| Benito Juárez       | 3           | 5           | 4           | 4           | 5           | 4.2                |            |
| Cuajimalpa          | 6           | 3           | 6           | 1           | 4           | 4                  |            |
| Azcapotzalco        | 2           | 5           | 2           | 4           | 6           | 3.8                | 3          |
| Coyoacán            | 4           | 4           | 2           | 4           | 5           | 3.8                |            |
| Tlahuac             | 2           | 5           | 5           | 5           | 2           | 3.8                |            |
| Alvaro Obregón      | 5           | 4           | 2           | 1           | 6           | 3.6                |            |
| Magdalena Contreras | 4           | 4           | 2           | 6           | 2           | 3.6                |            |
| Cuauhtémoc          | 2           | 5           | 3           | 4           | 3           | 3.4                |            |
| Venustiano Carranza | 2           | 5           | 2           | 5           | 2           | 3.2                |            |
| Iztacalco           | 2           | 5           | 2           | 3           | 3           | 3                  |            |
| Tlalpan             | 4           | 1           | 3           | 5           | 2           | 3                  |            |
| Xochimilco          | 3           | 2           | 4           | 5           | 1           | 3                  |            |
| Gustavo A. Madero   | 3           | 4           | 2           | 2           | 3           | 2.8                | 4          |
| Iztapalapa          | 2           | 1           | 2           | 4           | 3           | 2.4                |            |
| Milpa Alta          | 2           | 1           | 6           | 1           | 2           | 2.4                |            |

Una observación importante consiste en puntualizar que la unidad territorial que tenga todos sus parámetros calificados con 6, alcanzará un valor índice medio de 6, esto será el máximo posible, lo cual implicará que esa unidad territorial muestra condiciones óptimas del fenómeno cuantificado. A la inversa sucede lo mismo, mientras más se acerque a uno el valor índice medio (el mínimo posible), querrá decir que esa unidad territorial muestra las condiciones más adversas.

En este caso se han formado tres grupos y ninguno de ellos alcanzo un valor índice medio superior a 4.99, por lo que ninguna de nuestras delegaciones muestra condiciones óptimas en lo que se refiere a la calidad del servicio de agua potable. Por otra parte diez delegaciones se ubican en una jerarquía intermedia y cuatro en una jerarquía que implica condiciones adversas.

Ahora para ver cuáles son las diferencias entre delegaciones simplemente hay que remitirse a los valores normalizados para cada parámetro y así se puede comparar fácilmente qué valores para cada delegación están haciendo la diferencia y cuáles son las disparidades entre delegaciones.

## Apéndice III

### Glosario

**Atmósfera:** cubierta gaseosa que envuelve a la tierra.

**Humedad en la tierra:** es el agua contenida en profundidades desde 0 hasta 2 metros en el subsuelo.

**Agua biológica:** es el agua contenida en todos los organismos vivos como plantas y animales.

**Agua en la atmósfera:** es el vapor de agua que se encuentra en el aire.

**Hidrosfera:** envoltura acuosa que envuelve a la tierra (toda en agua de la tierra en cualquiera de sus estados).

**Cuerpos de agua:** son todos aquellos lugares en donde se encuentra almacenada el agua en el planeta en cualquiera de sus estados, por ejemplo: el océano, lagos, ríos, arroyos, pantanos, las regiones árticas etc.

**Recursos totales de agua:** la cantidad total de agua que existe en una región y esta contenida en los cuerpos de agua, esta puede fluctuar dependiendo de las variaciones en el ciclo hidrológico.

**Recursos hídricos:** son los recursos de agua existentes en una región.

**Recursos renovables de agua dulce:** agua dulce que se repone continuamente por el ciclo hidrológico y puede extraerse dentro de límites razonables de tiempo, como el agua de los ríos, lagos o estanques que se llenan con las precipitaciones. La capacidad de renovación de una fuente de agua depende tanto del ritmo natural de reposición como del ritmo a que se extrae el agua para uso humano.

**Escorrentía (runoff):** agua que se origina como precipitación sobre la tierra y luego se escurre por la tierra hasta llegar a los ríos, corrientes y lagos, llegando finalmente a los océanos, mares interiores o acuíferos, a menos que primero se evapore.

**El agua por habitante para uso personal (doméstico):** es igual a la cantidad de agua destinada para uso doméstico en la región, entre el número de habitantes de la zona.

**Disponibilidad de agua por habitante:** es la cantidad total de recursos de agua dulce existentes en la zona (en metros cúbicos) entre el número de habitantes, todo en el periodo de un año.

**Escasez de agua:** según el consenso creciente de los hidrólogos, un país tiene escasez de agua cuando el suministro anual de agua dulce renovable es inferior a 1000 metros cúbicos

por persona. Esos países probablemente experimenten condiciones crónicas y extendidas de escasez de agua que han de obstruir su desarrollo.

**Tensión hídrica:** un país tiene tensión hídrica cuando el suministro anual de agua dulce renovable está entre los 1000 y 1700 metros cúbicos por persona. Esos países probablemente experimenten condiciones temporales o limitadas de escasez de agua.

**Cuenca:** es un espacio físico-geográfico de drenaje común definido por sistemas topográficos y geológicos que permiten delimitarlo territorialmente, en donde interactúan los sistemas físico-bióticos y socio-económicos. Las cuencas están estructuradas jerárquicamente, esto es, una cuenca está formada por subcuencas, las que a su vez están conformadas por microcuencas. Esto permite delimitar áreas tan grandes o pequeñas como lo requiera un esquema de manejo particular. Por lo tanto, la cuenca es la unidad natural, lógica y práctica para el análisis, la planeación y el manejo de múltiples recursos; permite el análisis de las relaciones entre el uso de suelo y los procesos hidrológicos, geomorfológicos y biológicos complejos.

**Región administrativa:** área territorial definida de acuerdo a criterios hidrológicos en la que se considera a la cuenca como la unidad básica más apropiada para el manejo del agua y al municipio como la unidad mínima administrativa del país. Como ya vimos, la república Mexicana se ha dividido en 13 regiones administrativas.

**Grado de presión sobre los recursos hídricos:** es la proporción de recursos de agua extraída en una zona, tomando como el 100% los recursos de agua totales de la zona.

**Dotación en litros por habitante al día:** es la cantidad total de agua que se suministra a una zona entre el número de habitantes en esa región.

**Consumo de agua per-capita para uso doméstico:** es la cantidad de agua destinada para uso doméstico a una zona entre la población de esa región.

**Central Termoeléctrica:** es una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador y, por tanto, obtener la energía eléctrica, se obtiene a partir del vapor formado al hervir el agua en una caldera. El vapor generado tiene una gran presión, y se hace llegar a las turbinas para que en su expansión sea capaz de mover los álabes de las mismas.

## Bibliografía

### Obras consultadas

- [1] Agua para la ciudad más grande del mundo, Boletín del Gobierno de la Ciudad de México, 1996.
- [2] Agua para millones de Mexicanos, sistema Cutzamala, Boletín de la Comisión Nacional del Agua, 1997.
- [3] Estadísticas del Agua en México, 2004 / Comisión Nacional del Agua.- México: CNA, ediciones 2003 y 2004.
- [4] Estadísticas del medio ambiente del D.F. y Zona Metropolitana, INEGI, 1999
- [5] Gleick P.H.(ed) *Water in Crisis: A Guide to the worlds fresh water resources*. New York: Oxford University Press 1993.
- [6] Global Environmental Outlook, United Nations Environmental Programme, 2002
- [7] Guzmán Ramos Elizabeth, “*El problema del suministro y consumo de agua potable en el Distrito Federal*”, Boletín del archivo histórico del agua 2004, enero-abril
- [8] I.A. Shiklomanov y John C. Rodda (ed), *World Water Resources at the Beginning of the 21<sup>st</sup> Century*, Cambridge University Press, 2003
- [9] Wetzel A. Robert, *Limnology, Lake and Rivers Ecosystems*, Academic Press, 2001.
- [10] Loza de León García Armando, “*La metodología del valor índice medio*”, Boletín del Instituto de Geografía número 19, año 1989
- [11] Anaya Reyes Concepción María, Héctor Vladimir Liberos, et al., “*Gestión del Agua en el Distrito Federal*”, UNAM, México 2004
- [12] Otto Stephan Erwin (coordinador), “*El agua en la Cuenca de México; sus problemas históricos y perspectivas de solución*”, Tomos I y II, Patronato del parque ecológico de Xochimilco, 2003
- [13] Programa Hidráulico del Distrito Federal, Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, 1979.

- [14] Programa Nacional Hidráulico, 2001-2006 / Comisión Nacional del Agua.- México: CNA, 2001.
- [15] Sistema Cutzamala, Boletín de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1987.

#### **Páginas de Internet consultadas**

- [16] <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/index.stm>
- [17] [http://www.pacinst.org/reports/basic\\_water\\_needs/](http://www.pacinst.org/reports/basic_water_needs/)
- [18] <http://www.worldwater.org/>
- [19] <http://www.infoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14chap1.shtml>
- [20] [http://www.eurosur.org/medio\\_ambiente/bif110.htm](http://www.eurosur.org/medio_ambiente/bif110.htm)
- [21] <http://www.jornada.unam.mx/2001/feb01/010226/eco-b.htm>
- [22] <http://www.consumidordom.com/articulos/agua.htm>
- [23] <http://lanic.utexas.edu/la/Mexico/water/ch1esp.html>
- [24] <http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/97/0897agua2.html>
- [25] <http://www.cna.gob.mx>
- [26] <http://www.nylovesbiz.com/nysdc/popandhous/ESTIMATE.asp>
- [27] <http://www.paot.org.mx/centro/paot/induccin/pdf/proaire/cap02.pdf>
- [28] [http://www.mexicotm.com/interior/vm/vm\\_agua.html](http://www.mexicotm.com/interior/vm/vm_agua.html)
- [29] <http://www.planeta.com/ecotravel/mexico/ecologia/97/0897agua.html>
- [30] <http://lanic.utexas.edu/la/Mexico/water/libro.html>
- [31] <http://www.inegi.gob.mx>
- [32] <http://www.conapo.gob.mx>
- [33] <http://www.unep.org/vitalwater/freshwater.htm>
- [34] <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>
- [35] <http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones.htm>
- [36] <http://www.semarnat.gob.mx>
- [37] [http://www.pacinst.org/reports/basic\\_water\\_needs/basic\\_water\\_needs.pdf](http://www.pacinst.org/reports/basic_water_needs/basic_water_needs.pdf)