



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – PLANEACIÓN

DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
LUIS FELIPE SANTILLÁN HERNÁNDEZ

TUTOR PRINCIPAL
DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA, FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. SEPTIEMBRE 2013

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M.I. Fuentes Zenón Arturo
Secretario: M.I. García Martínez Mariano Antonio
Vocal: Dr. Suárez Rocha Javier
1^{er}. Suplente: M.I. Ferat Toscano Catalina
2^{d o}. Suplente: M.I. De León Ardón Rita Victoria

Lugar donde se realizó la tesis: POSGRADO DE INGENIERÍA, UNAM.

TUTOR DE TESIS:

DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA

FIRMA

DEDICATORIA

A mis padres, Felipe Santillán Cruz e Irene Hernández Mateos, que con su amor infinito siempre han estado apoyándome, ayudándome y alentándome a que siempre siga adelante y logre mis metas.

También a mi hermana Gianelli Santillán Hernández que al igual que mis papás siempre me apoyo y ha creído en mí.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios que me dio la vida y está conmigo, a mis papás por su apoyo y amor hacia mí. A mi hermana por todo el apoyo, a mi hermoso sobrino Emiliano por todas las alegrías que me da.

A mi hermano Ju por siempre mostrarme otra visión del mundo. A mis tíos Blanca y José Luis por su apoyo, Alfredo y a Brenda por todos los momentos que hemos vivido.

A mi Yoyis, a Maribel, Alex, Mariana y Marai porque siempre son parte de mí.

A mi tía Olvia y toda mi familia que siempre me dan su amor y cariño, y que siempre me lo demuestran en todo momento.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser la mejor universidad y darme una gran preparación no solo en lo académico sino para la vida.

A mi tutor Dr. Javier Suárez Rocha que siempre me impulsó para seguir adelante, además de transmitir sus conocimientos y valores.

A mis profesores por todos los conocimientos brindados con ética.

A mis amigos que siempre estuvieron para ayudar, disfrutar, conversar y divertirnos juntos durante este tiempo que vivimos.

A CONACYT por darme el apoyo económico para poder tener una preparación mayor.

Contenido

Resumen.....	9
Abstract	9
Capitulo 1. Formulación de la Problemática	10
1. Aspectos generales.....	10
1.1. El Concepto de diagnóstico.....	10
1.2. Tipos de diagnóstico.....	11
1.3. El papel del diagnóstico en la solución de problemas.....	12
2. Problemática para realizar un diagnóstico.....	13
2.1. Dificultades para elaborar un diagnóstico.....	13
2.2. Insuficiencia de estrategias para elaborar un diagnóstico.	14
3. Justificación de la tesis.....	15
4. Objetivo general y específicos.	16
5. Conclusiones	16
Capitulo 2. Marco de Referencia Teórico.	18
1. El Concepto de Enfoque de Sistemas.	18
2. El diagnóstico como un sistema.....	22
3. El Diagnóstico como parte de las metodologías de planeación.....	24
4. La planeación como un proceso básico en la conducción (el proceso de planeación de Ovsei Gelman).....	42
5. Etapas para elaborar un Diagnóstico.....	54
6. Conclusiones	58
Capitulo 3. Caso de aplicación “Diagnóstico de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca”.....	60
1. Definición del objeto de estudio.	60
1.1. Antecedentes.....	60
1.2. Localización	60
1.2.1. Macro localización	60

1.2.2.	Micro localización	61
1.3.	Superficie	62
1.4.	División política.....	62
1.5.	Fisiografía	65
1.6.	Hidrología superficial	66
1.6.1.	Región hidrológica y cuenca	66
1.6.2.	Cuenca Alzate	67
1.6.3.	Cuenca Ignacio Ramírez.....	67
1.6.4.	Clima.....	67
1.6.5.	Infraestructura hidráulica.....	68
1.6.6.	Hidrografía.....	69
1.7.	Geología	70
1.8.	Hidrogeología	71
1.9.	Demografía	72
1.10.	Población económicamente activa.....	75
1.11.	Producto Interno Bruto (PIB).....	76
1.12.	Agricultura.....	79
1.12.1.	Superficie	79
1.12.2.	Principales cultivos (estadísticas agrícolas)	80
1.13.	Industria	81
2.	Elaboración del estado normativo.....	82
2.1.	Parámetros de Hidrología	83
2.2.	Parámetros de medio ambiente	84
2.3.	Parámetros de Vida.....	85
2.4.	Parámetros de política.	86
2.5.	Cálculo global WSI.	87
3.	Descripción del estado actual y pasado.	87
3.1.	Disponibilidad del agua.	87
3.1.1.	Disponibilidad natural	87
3.1.2.	Balance hídrico.....	89
3.1.3.	Balance hídrico actualizado y disponibilidad de agua subterránea.	90
3.1.4.	Calidad del agua.....	91
3.2.	Componente Ambiental.....	94
3.2.1.	Áreas naturales protegidas	95
3.2.2.	Humedales.....	96
3.2.3.	Otros sitios importantes para la conservación	97

3.2.4.	Zonas forestales	97
3.3.	Componente Social	99
3.3.1.	Explosión demográfica	99
3.3.2.	Proyecciones demográficas en el Valle de Toluca	99
3.3.3.	Índice de desarrollo humano	101
3.3.4.	Índice de marginación	105
3.4.	Componente Institucional	106
3.4.1.	Organización institucional	106
3.4.2.	Manejo de la información	107
3.5.	Calculo del índice WSI para la Cuenca del AVT.	108
4.	Identificación de discrepancias y análisis de sus causas.....	109
5.	Elaboración del estado deseado.....	109
6.	Desarrollo del Pronóstico del sistema.....	115
7.	Identificación de problemas futuros y análisis de sus causas.....	117
8.	Planteamiento del problema.....	120
Conclusiones.....		122
Bibliografía y mesografía.....		125
ANEXOS.....		127

Índice de tablas.

Tabla 1.	Municipios del Valle de Toluca	63
Tabla 2.	Localidades por municipio del Valle de Toluca	65
Tabla 3.	Crecimiento de la población en el Valle de Toluca	72
Tabla 4.	Población rural y urbana en el Valle de Toluca	74
Tabla 5.	Población económicamente activa en el Valle de Toluca	76
Tabla 6.	Producto Interno Bruto en el Valle de Toluca.....	77
Tabla 7:	Producto Interno Bruto por sector.....	77
Tabla 8.	Hectáreas destinadas al sector agrícola.....	80
Tabla 9.	Superficie por principales cultivos en el Valle de Toluca	80
Tabla 10.	Producción obtenida por producto.....	81
Tabla 11.	Parámetros de Hidrología.....	84
Tabla 12.	Parámetros de Medio Ambiente.....	85
Tabla 13.	Parámetros de Desarrollo Humano.....	85
Tabla 14.	Parámetros de Política.....	86
Tabla 15.	Balance hídrico 1970 - 2000	90

Tabla 16: Actualización del balance hídrico 2009	91
Tabla 17. Superficie de áreas naturales protegidas	95
Tabla 18. Índice de desarrollo humano por municipio en el Valle de Toluca.....	102
Tabla 19: Ingreso per cápita anual por municipio en el Valle de Toluca	103
Tabla 20. Índice de salud y educación por municipio en el Valle de Toluca.....	105
Tabla 21. Calculo del índice WSI para la Cuenca del AVT.	108
Tabla 22. Alineación del Programa Detallado de Acciones con los objetivos del Programa Nacional Hídrico.	115

Índice de figuras.

Fig. 1. Representación "compuesta" del sistema a través del proceso de construcción por composición.....	20
Fig. 2. Representación "entera" del sistema a través del uso del proceso de construcción por descomposición.....	21
Fig. 3. Conceptualización completa de un sistema.	22
Fig. 4. Ciclo de Planeación Interactiva.....	26
Fig. 5. El procedimiento de diagnóstico identificado en el proceso.	27
Fig. 6. Sistema de la Planeación.....	30
Fig. 7. Subsistema de diagnóstico	31
Fig. 8. El proceso de planeación de Ozbekhan de manera operativa.	34
Fig. 9. Elementos de diagnóstico del proceso de planeación de Ozbekhan.	35
Fig. 10. El procedimiento de diagnóstico de Sachs.....	37
Fig. 11. Subsistema Planeación.....	40
Fig. 12. Etapa de Diagnóstico.	41
Fig. 13. Paradigmas del proceso de conducción.....	42
Fig. 14. Presentación funcional del sistema conducente.	44
Fig. 15. Esquema del uso del procedimiento de construcción por descomposición.	46
Fig. 16. Estructura del proceso de planeación (primer paso).....	47
Fig. 17. Estructura del subsistema control.....	48
Fig. 18. Estructura del subsistema planeación.	49
Fig. 19. Paradigma para la identificación de tres clases de problemas.....	50
Fig. 20. Esquema de la estructura de la etapa de diagnóstico.	51
Fig. 21. Estructura de la de la etapa de prescripción.	52
Fig. 22. Estructura de la etapa de Instrumentación de la Solución.....	53
Fig. 23. Regiones hidrológico - Administrativas.....	61
Fig. 24. Municipios de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca.	62
Fig. 25. Principales ríos y cuerpos de agua.....	70
Fig. 26. Sitios RAMSAR.	97
Fig. 27. Áreas deforestadas en el Valle de Toluca.....	98
Fig. 28. Grado de marginación por municipio en el Acuífero del Valle de Toluca.	106

Resumen.

La crisis ambiental que se presenta en los últimos años, ha despertado la preocupación por parte de las instancias de gobierno por cuidar nuestros recursos naturales. Uno de ellos es el Agua, y en el Valle de Toluca existe un acuífero, que sirve para abastecer del recurso a millones de personas. Sin embargo, se encuentra en una situación grave ya que ha sido sobreexplotado desde hace algún tiempo, además de que tiene altos niveles de contaminación.

Para realizar una planeación y preservar los recursos hídricos es necesario conocer la situación en la que se encuentra la **CUENCA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA**. La realización de un diagnóstico para conocer su situación actual es importante para la toma de decisiones.

Los distintos métodos para realizar un diagnóstico tienen enfoques diferentes, en este caso se eligió aplicar el proceso de conducción en su etapa de diagnóstico para conocer la situación actual de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca (AVT). Con este método se logra involucrar los distintos elementos que influyen en la Cuenca, aunque sean de distintas características y proporcionen datos cuantitativos y cualitativos para lograr un análisis de la situación de forma integral y poder identificar los problemas que afectan a la Cuenca del AVT.

Abstract

The environmental crisis presented in recent years, has aroused the concern of government bodies to care for our natural resources. One of them is water, and in the valley of Toluca aquifer exists, used to supply the resource to millions of people, however, is in a grave situation because it has been exploited for some time, in addition to has high levels of contamination.

To carry out planning to preserve water resources requires knowledge of the situation in which the basin is located in the Toluca Valley aquifer. The realization of a diagnostic to determine the current situation is important for decision-making.

The various methods for diagnosis have different approaches, in this case elected to apply the conduction process in the stage of diagnosis to know the current status of the basin Toluca Valley aquifer. This method does involve the different elements that influence AVT basin, albeit of different features and provide quantitative and qualitative data to make an analysis of the situation in a comprehensive manner and to identify problems affecting the basin AVT.

Capítulo 1. Formulación de la Problemática.

1. Aspectos generales.

1.1. El Concepto de diagnóstico.

Etimológicamente el concepto diagnóstico proviene del griego, tiene dos raíces, *dia-* que es a través de, por. Y *gignoskein* que es conocer, así etimológicamente diagnóstico significa conocer a través de. El concepto de este significado (imagen que representamos en la mente) es la identificación de la naturaleza o esencia de una situación o problema y de la causa posible o probable del mismo, es el análisis de la naturaleza de algo.

El diagnóstico puede definirse como un proceso de evaluación focalizado en un conjunto de variables de relevancia para la comprensión, predicción y control del comportamiento de algo que estemos analizando.

El concepto de diagnóstico se inscribe en un proceso de gestión preventivo y estratégico. Se constituye como un medio de análisis que permite el cambio planeado de un estado de incertidumbre a otro de conocimiento de la situación, para su adecuado manejo y mejor funcionamiento.

Para establecer conclusiones y obtener un conocimiento veraz y confiable, se recurre a procedimientos de recolección y análisis de información pertinente que permitan identificar, analizar y evaluar con precisión las diferentes características y variables de las organizaciones y sus personas.

El diagnóstico trata de conocer a fondo el estado actual de algo que estamos analizando para después compararlo con la esencia de ese algo que analizamos para determinar si cumple o no con esa esencia para lo que fue concebida. En caso de que el estado actual sea igual a lo que estaba pensado que pasaría, es decir, a la esencia de lo que estemos analizando, es señal de que se ha manejado adecuadamente y que está cumpliendo el propósito para el que fue creado. En caso contrario, es decir, que exista una desviación entre el estado actual y la esencia de ese algo, se dice que existe un problema el cual necesita ser resuelto.

1.2. Tipos de diagnóstico.

Como se mencionó en la sección anterior, el diagnóstico significa “conocer a través de”, y para conocer algo existen muchas formas las cuales dependen del contexto en el que se requiere realizar el diagnóstico, es por ello que también existen distintos tipos de diagnóstico, algunos de los más comunes o que se tratan con mayor frecuencia tanto en la teoría como en la práctica se presentan a continuación, sin embargo no son los únicos y esta selección está abierta a agregar otros tipos. Los tipos de diagnóstico son:

- **Diagnóstico médico:** Se centra en la etimología y en el trastorno orgánico, los datos son valorados para la identificación del problema del paciente y etiquetarlos en términos de una enfermedad específica. La valoración se hace por medio de la observación del paciente en el estado actual y comparándolo con el estado idealizado (buena salud).
- **Diagnóstico administrativo:** Es el proceso de acercamiento gradual al conocimiento analítico de un hecho o problema administrativo que permite destacar los elementos más significativos de una alteración en el desarrollo de las actividades de una institución. (Martínez, 2002).
- **Diagnóstico empresarial:** Es la determinación de las causas que dan como resultado el incumplimiento, o bien, limitaciones en las actividades de una empresa. Es una herramienta para dirigir, evaluar y garantizar la vida de tu empresa o negocio, como un modelo que da la pauta para la medición de las empresas con el fin de asegurar un tiempo de vida largo a estas. (Valdez, 1998).
- **Diagnóstico organizacional:** Se define como un proceso de evaluación focalizado en un conjunto de variables de relevancia para la comprensión, predicción y control del comportamiento organizacional. Tal evaluación se refiere a la organización como un todo y ha de considerar el rango completo de variables que comprende el comportamiento organizacional. Su objetivo es identificar el estado actual que guarda la organización reconociendo sus principales fuerzas impulsoras y restrictivas con el objeto de implementar un cambio planeado que conduzca al mejoramiento continuo de sus procesos. (Delgado Almanza, 2009).
- **Diagnóstico en la planeación:** En este contexto, el diagnóstico busca reducir la incertidumbre que existe en cuanto a medios, fines, situación actual y

situación deseada, por lo que se plantea la necesidad de adquirir conocimiento. (Perales, 1998).

1.3. El papel del diagnóstico en la solución de problemas

La importancia del Diagnóstico en la solución de problemas se centra en su utilidad para la identificación y conocimiento de las variables que se encuentran fuera de su rango de aceptación, las cuales nos indican en donde se localizan las desviaciones con respecto al estado deseado, con esto podemos promover el cambio necesario para alcanzar ese estado deseado y desarrollar las soluciones que resolverán los problemas identificados.

Para la realización de un diagnóstico, el cual sea integral y sirva para atacar las causas de los problemas y sea una solución de largo plazo y no solo sea una solución inmediata y parcial, se tienen que tomar en cuenta los siguientes criterios en su elaboración:

1. La organización tiene un pasado, un presente y un futuro. Esta cualidad implica que el diagnóstico debe tener en cuenta la historia y el porvenir de la institución y relacionarlos con su estado actual.
2. Las organizaciones consideradas como sistemas abiertos se mantienen en equilibrio y se adaptan e influyen en su medio. Esta característica implica que el diagnóstico deberá relacionar a la institución con el medio que la rodea.
3. La organización se crea para conseguir objetivos que son difíciles de lograr por unos cuantos individuos; por ello, el sistema es complejo. Esta complejidad hace que el diagnóstico incluya información organizada en forma significativa sobre el conjunto de elementos interrelacionados que integran la institución.
4. Si la organización es un sistema de partes relacionadas, la identificación de problemas y oportunidades de desarrollo deberá efectuarse bajo un criterio institucional.
5. Las organizaciones, consideradas como creaciones humanas, están impregnadas de la influencia de valores culturales; por tanto, el diagnóstico

deberá considerar la descripción de las normas sociales que rigen en las situaciones estudiadas.

6. La organización es dinámica y cambiante por su propia naturaleza. Esto implica que el diagnóstico debe ajustarse al tiempo disponible para que, oportunamente, pueda disponerse de información fidedigna sobre la situación de la institución¹.

2. Problemática para realizar un diagnóstico.

2.1. Dificultades para elaborar un diagnóstico.

Durante la elaboración de un diagnóstico de cualquier tipo, se presentan algunas dificultades que el consultor que lo está llevando a cabo debe de sortear para poder tener un diagnóstico lo más completo posible, el cual incluya todos los aspectos, tanto internos como externos, para que las decisiones tomadas en base a este trabajo sean las acertadas y que las soluciones que surjan sean de largo plazo y no solo se ataquen los problemas actuales, sino que sea la guía hacia el estado deseado.

Algunas de las dificultades que se presentan son:

- ✓ No se sabe con exactitud que se quiere diagnosticar.
- ✓ La poca cooperación de las personas para la etapa de recopilación de la información.
- ✓ La poca información existente sobre lo que estamos diagnosticando.
- ✓ La información se encuentra dispersa.
- ✓ El control y el acceso a la información se lleva a cabo de manera desvinculada.
- ✓ La duplicidad de información.
- ✓ Existencia de información contradictoria sobre un mismo tema.

¹ Martínez Chávez, Víctor Manuel. *Diagnóstico administrativo. Procedimientos, procesos, reingeniería y benchmarking*. 2002. P.41.

- ✓ Las restricciones de acceso a la obtención de la información.
- ✓ La poca actualización de la información.

2.2. Insuficiencia de estrategias para elaborar un diagnóstico.

Como hemos visto en puntos anteriores, el diagnóstico es una etapa importante en cualquier proceso u organización, para darle un rumbo específico a las acciones que se tienen que llevar a cabo para lograr alcanzar las metas y objetivos que se plantean y que se pueda alcanzar el estado deseado o ideal. Sin embargo, en muchas ocasiones el diagnóstico como una etapa, dentro de un proceso no está especificado ni definido con sus correspondientes pasos a seguir para obtener el resultado concreto que se pretende obtener del diagnóstico.

En un proceso general de solución de problemas que se sigue, en el contexto en el que se esté trabajando, el diagnóstico está presente, pero incluido en las etapas de dicho proceso y los pasos que lo componen están dispersos en las distintas etapas y en ocasiones están desordenados, ya que las etapas del proceso siguen su curso natural y no siguen el orden del diagnóstico por no estar especificado. Por lo mismo, los estudios realizados específicamente con respecto al diagnóstico no son suficientes para tener estrategias que permitan elaborar un diagnóstico. Se tienen estrategias específicas en algunas áreas para la realización del diagnóstico, pero estas estrategias no se pueden utilizar en todas las áreas.

Específicamente en la planeación, se han desarrollado distintos enfoques los cuales son el resultado de las inquietudes y experiencias de los investigadores quienes a través de los años se han dedicado al estudio, aplicación y desarrollo de la misma. Un gran número de enfoques de planeación bajo ciertos tipos de circunstancias y con fundamentos teóricos, el número y diversidad de enfoques a que se hace referencia, es el resultado de un proceso que se da en el tiempo, pues los mismos van surgiendo en respuesta a las necesidades más significativas de cada momento (Fuentes, 1990).

El proceso o método de planeación de los distintos enfoques que podemos encontrar, tienen diferencias en el aspecto operativo, los niveles que alcanzan, aplicación, objetivos, etc. Sin embargo, tienen principios generales que se pueden identificar con tres etapas que son:

- Formulación del problema.

- Identificación y diseño de soluciones.
- Implementación y control.

La formulación del problema es la etapa de diagnóstico, también es llamada definición del sistema de problemas o instancia de diagnóstico.

Por lo tanto, el diagnóstico al igual que los enfoques de planeación no es único, depende del contexto, función y estructura que se le asigne. Es por esto que las estrategias tienen que cambiar para adaptarse a las necesidades y no están establecidas.

3. Justificación de la tesis.

El presente trabajo que se desarrolla, intenta determinar la importancia de un diagnóstico para conocer de dónde vamos a partir y las condiciones en las que se encuentra el objeto de estudio, y del cual se va a realizar la planeación y después actuar para alcanzar el objetivo planteado.

Este diagnóstico se soportará en el **ENFOQUE DE LA PLANEACIÓN EN EL PROCESO DE CONDUCCIÓN**, presentado por Ovsei Gelman en 1982. Gelman toma como referencia el *Enfoque de Sistemas* para proponer el Proceso de Conducción utilizando los dos procesos de construcción de un sistema: Por composición y por descomposición, además que este enfoque es integral, transversal y holístico. Mediante el empleo de este enfoque, Gelman propuso el proceso de conducción el cual tiene dos planos, el conducente y el conducido, y sus relaciones de información y de ejecución, donde se define la responsabilidad que asumen los elementos de cada uno de los planos.

En el caso de aplicación que se desarrolla en este trabajo, que es la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca, las entidades de gobierno encargadas del agua se convierten en el sistema conducente y la Cuenca del AVT pasa a ser el sistema conducido. El motivo de que la Cuenca sea el sistema conducido es que se compone de varios elementos de distinta naturaleza (ecológicos, sociales y económicos) que interactúan entre ellos y que la Cuenca como sistema, tiene una reacción de las acciones ejecutadas sobre esta.

De esta metodología de planeación propuesta se usará solamente la etapa de Diagnóstico, por ser el objetivo que se pretende alcanzar, basado en el requerimiento del caso de aplicación.

El sistema conducido (en este caso, la cuenca del AVT) proporciona la información necesaria sobre los elementos que lo componen, tanto actual como histórico, para que el sistema conducente (Entidades de gobierno) analice la información y tome las decisiones sobre cómo se tiene que actuar sobre el sistema conducido. Además el sistema conducente se rige por ciertas normas y criterios tanto locales, nacionales e internacionales que son tomados en cuenta para las decisiones que se toman sobre la Cuenca del AVT.

4. Objetivo general y específicos.

El objetivo general del presente trabajo fue realizar el diagnóstico del Acuífero del Valle de Toluca para tener conocimiento de la situación en la que se encuentra, tomando en cuenta los factores técnicos, sociales, ambientales, y económicos implicados y que influyen en la toma de decisiones de las diferentes instituciones involucradas en la conservación del mismo.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar los aspectos de tipo técnico, social, ambiental y económico que tienen una incidencia en la problemática del Acuífero del Valle de Toluca.
- Desarrollar el Diagnóstico de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca tomando como base el modelo Cibernético desarrollado por Ovsei Gelman.
- Aplicar el índice de sostenibilidad integral de cuencas (WSI) desarrollado por la UNESCO como una parte básica del diagnóstico.

5. Conclusiones

El diagnóstico puede definirse como un proceso de evaluación focalizado en un conjunto de variables de relevancia para la comprensión, predicción y control del comportamiento de algo que estemos analizando.

El diagnóstico significa “conocer a través de”, y para conocer algo existen muchas formas las cuales dependen del contexto en el que se requiere realizar el diagnóstico, es por ello que también existen distintos tipos de diagnóstico, algunos son más comunes o se tratan con mayor frecuencia tanto en la teoría como en la práctica, sin embargo no son los únicos y se pueden adaptar a las necesidades de cada caso.

La importancia del Diagnóstico en la solución de problemas se centra en su utilidad para la identificación y conocimiento de las variables que se encuentran fuera de su rango de aceptación.

Por lo tanto, el diagnóstico al igual que los enfoques de planeación no es único, depende del contexto, función y estructura que se le asigne. Es por esto que las estrategias tienen que cambiar para adaptarse a las necesidades y no están establecidas.

Capítulo 2. Marco de Referencia Teórico.

1. El Concepto de Enfoque de Sistemas.

El enfoque sistémico es el marco metodológico que sirve para explicar un objeto de estudio, considerado “el sistema” y el resto de la realidad se razona el ambiente del sistema.

Se inicia en el año 1925 cuando el biólogo Ludwing Von Bertalanffy publica sus ideas sobre el sistema abierto. Pero, fue hasta el año 1945, durante la segunda guerra mundial, que la Teoría General de Sistemas fue considerada como una nueva área del conocimiento científico.

El enfoque sistémico es la aplicación de la teoría general de los sistemas en cualquier disciplina.

En un sentido amplio, la teoría general de los sistemas se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo interdisciplinarias.

En tanto paradigma científico, la teoría general de los sistemas se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen.

Los objetivos originales de la teoría general de sistemas son las siguientes:

- Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
- Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos y, por último,
- Promover una formalización (matemática) de estas leyes.

La Teoría General de Sistemas es un término que se ha adoptado para describir la construcción de modelos teóricos que describen, de manera empírica, a la naturaleza.

Sistema.- Un conjunto de elementos interrelacionados y estructurados que llevan a cabo un proceso de transformación con un objetivo determinado.

- ✓ El comportamiento de las partes afecta el todo.

- ✓ Las partes afectan a las otras.
- ✓ El comportamiento del todo no es explicado por el comportamiento de cada parte en particular.

El análisis sistémico es útil porque estudia los sistemas como una *entidad* más que como un conglomerado de partes.

Suprasistema.- Todo sistema forma parte de un sistema mayor, denominado suprasistema.

Subsistema.- Son sistemas menores del sistema.

Ambiente del sistema.- Es la porción inmediata de la realidad en la que se encuentra ubicado el sistema y el suprasistema.

Los principios del enfoque sistémico son:

- ✓ Dinámico.- Estudio de los procesos de cambio del sistema.
- ✓ Holístico.- Considera al objeto en estudio y a su entorno.
- ✓ Constructivista.- Considera la participación activa de los involucrados.
- ✓ Transdisciplinario.- Considera la interacción de todas las disciplinas del conocimiento.

El enfoque sistémico constituye una de las más poderosas armas del proceso epistemológico, ya que permite conceptualizar y, en su caso, diseñar objetos como sistemas.

En términos generales, la visualización del objeto de estudio como un sistema se hace a través del empleo, en forma complementaria, de dos procedimientos del método de construcción sistémica: por composición y por descomposición funcional.

El primero permite ver el objeto de estudio como un conjunto de elementos que, de una u otra forma, se encuentran relacionados entre sí y, más aún, organizados e interconectados de tal manera que, consecuentemente se llega a concebirlos como un todo integral con cierto papel o función en un entorno más amplio (Fig. 1).

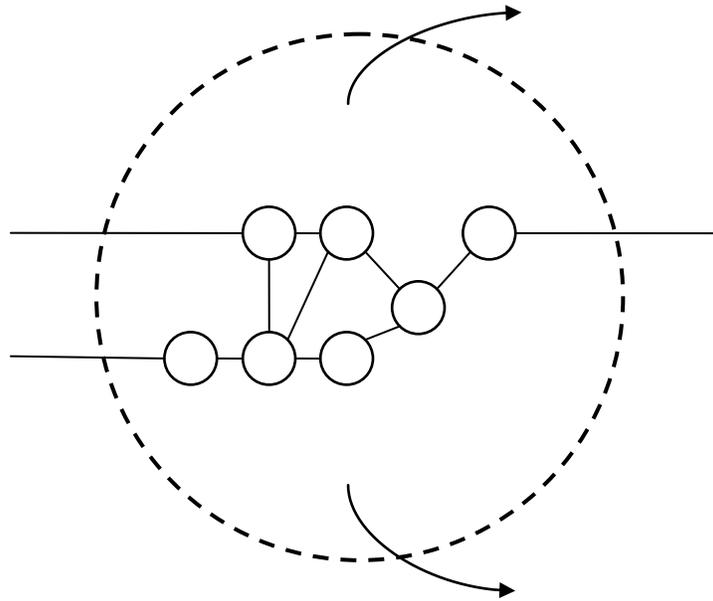


Fig. 1. Representación "compuesta" del sistema a través del proceso de construcción por composición

Además, permite detectar que esta totalidad tiene las propiedades sistémicas, que pueden deducirse de los elementos que la componen, así como de las funciones y relaciones que los vinculan; se llega así a visualizar determinada clase de sistemas con estructura isomórfica como un sistema gobernado por leyes comunes.

Con este procedimiento, que parte del elemento y busca llegar al sistema, se corre el riesgo de no comprender la naturaleza integral del mismo ni descubrir el papel que juega en un sistema mayor, denominado *suprasistema*. Por otro lado, su aplicación encuentra dificultades, debido a la necesidad de asegurar que se han contemplado todos los elementos relevantes y sus relaciones, ya que la falta de tomar en cuenta alguno puede disminuir la eficiencia del empleo del sistema conceptualizado en el proceso de planteamiento de problemas reales y su solución.

Con el segundo procedimiento, se parte del sistema hacia sus componentes y se basa en la descomposición funcional del sistema en subsistemas, esto es, en la identificación de un conjunto de integrantes, en tal forma que la operación de cada uno de ellos y en su totalidad asegura el funcionamiento del sistema (Fig. 2). Su empleo sucesivo a cada uno de los subsistemas, considerado a su vez como un sistema, permite llegar a niveles más profundos de desagregación, dependiendo del problema en consideración. De esta manera, los subsistemas se desmiembran

en partes, éstas en componentes, terminando en los elementos, considerados como las unidades indivisibles en el contexto del problema.

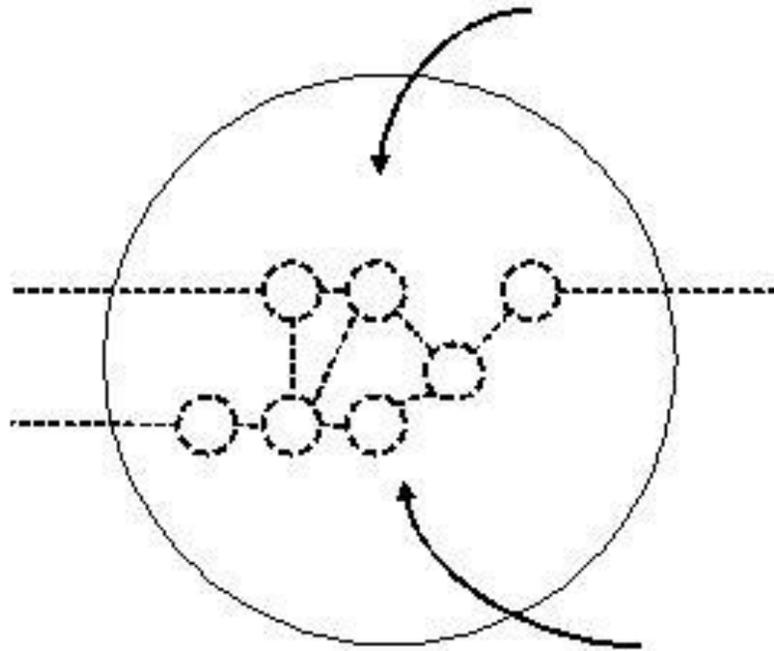


Fig. 2. Representación "entera" del sistema a través del uso del proceso de construcción por descomposición.

El método de la construcción sistémica toma en cuenta las *estructuras externa e interna* del sistema en consideración; la primera se determina mediante la identificación del papel que desempeña en el suprasistema y sus relaciones con otros sistemas; la segunda presenta al sistema como un agregado hipotético de subsistemas funcionales, en tal forma interconectados que se asegure el cumplimiento del objetivo del sistema en el suprasistema.

Debido a que ambos procedimientos son parciales, para el conocimiento más completo del sistema se tienen que emplear en forma complementaria (Fig. 3). Por ejemplo, con el empleo del procedimiento por descomposición, se conceptualiza al hombre como un sistema integrado por los diversos subsistemas u órganos, como es tradicional en medicina, lo que ha permitido conocer sólo un grupo de aspectos de este objeto de estudio. Por otro lado, con el empleo del procedimiento por composición, se visualiza al hombre como elemento del sistema social, a través de su papel en éste y de sus relaciones con otros componentes del mismo. Cada una de las conceptualizaciones, a pesar de ser muy fructífera, debe complementarse, con la otra, por medio de la integración o fusión de las mismas.

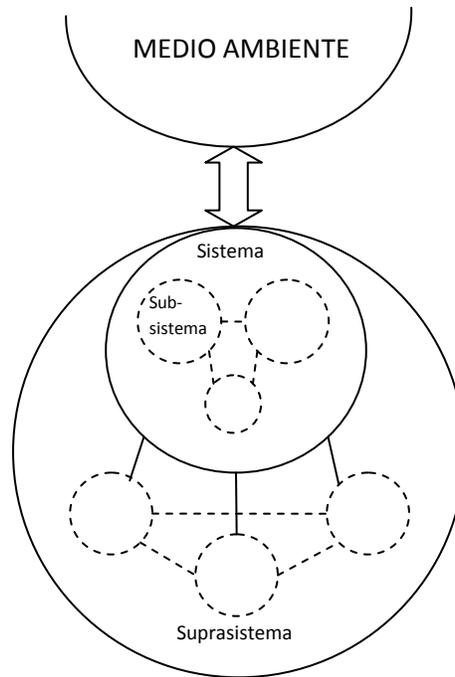


Fig. 3. Conceptualización completa de un sistema.

2. El diagnóstico como un sistema

Para establecer el diagnóstico como un sistema es necesario definirlo como una entidad que está compuesta de varias partes o elementos y que interactúan y se relacionan entre ellas (formando subsistemas) para lograr un fin común, que en el caso del diagnóstico es conocer a través de sus síntomas o signos la situación actual y determinar los problemas que afectan al objeto de estudio u organización.

Los subsistemas en este caso son los pasos o fases que componen el diagnóstico y los cuales tienen relaciones entre ellos, para determinar el estado actual del sistema u objeto de estudio y el estado normativo o idealizado que nos van a dar como resultado el planteamiento del problema.

También es necesario ubicarlo dentro de un suprasistema del cual forma parte como un elemento más y se relaciona con otros elementos. Además de que se encuentra inmerso en un medio ambiente que tiene cierto efecto en él.

El diagnóstico está inmerso en un suprasistema que es el proceso de planeación, que como se dijo anteriormente es de las primeras etapas de estos procesos y que tiene el propósito de obtener una formulación del problema.

Las características que se mencionan de un sistema, que en el caso del diagnóstico se tomaría como referencia los pasos, se describen de la siguiente forma:

- El comportamiento de las partes afecta el todo.

El diagnóstico está conformado por varios elementos, los cuales tienen influencia en el comportamiento o resultado del diagnóstico, es por eso que cada elemento tiene que estar bien determinado y estudiado para que no se dé un diagnóstico equivocado por alguno de sus elementos.

- Las partes afectan a las otras.

Cada uno de los elementos del diagnóstico está relacionado con los demás y tienen influencia en él, ya que dependiendo de su relación puede afectar ya sea las entradas que necesita el elemento, su funcionamiento o sus salidas o resultados.

- El comportamiento del todo no es explicado por el comportamiento de cada parte en particular.

Cada uno de sus elementos o partes tienen una función específica, sin embargo, el diagnóstico es el resultado de todos sus elementos y relaciones, y esto afecta el comportamiento resultante del diagnóstico, y cada uno de sus elementos tiene su propio comportamiento que solo es una cierta parte del todo pero no es el todo.

Dentro de los estudios específicos que se han hecho sobre el diagnóstico, el realizado por Perales (1988) en el cual describe las bases conceptuales y metodológicas del diagnóstico, propone una metodología de diagnóstico, tomando a éste como un ente dentro del enfoque de sistemas el cual lo conceptualiza como un conjunto de elementos interconectados que forman una integridad, y su estructura busca:

- Identificar las partes o componentes del diagnóstico.
- Establecer las propiedades de las partes.
- Identificar las relaciones de las partes.
- Reunir esta información, deducir el comportamiento y propiedades del diagnóstico.

3. El Diagnóstico como parte de las metodologías de planeación

El diagnóstico en la planeación es la base o principio de todo proceso de planeación, ya que nos da un conocimiento del objeto de estudio y su situación actual. En algunas metodologías de planeación propuestas por los estudiosos del tema, esta parte o etapa no está explícita en su proceso, sin embargo, si toman en cuenta esta etapa pero sus elementos están incluidos en algunas partes de su metodología, mientras que en otras metodologías si esta explícita esta etapa, ya sea con el nombre de "diagnóstico" o algún otro, haciendo referencia al propósito que tiene esta etapa.

A continuación se presentan las etapas de diagnóstico de algunos modelos de planeación.

1. Ackoff Rusell

Para Ackoff la planeación es un proceso que se construye hacia uno o varios futuros deseados que no son probables de ocurrir a menos que se haga algo, su concepto de planeación es el de un proceso continuo donde ningún plan es definitivo. Para el autor, un plan nunca debe ser el producto final del proceso de planear si no un informe provisional, de tal manera que las partes de un plan y las fases de un proceso de planeación al cual pertenecen, deben actuar entre sí.

Generalmente el facilitador se enfrenta con problemas interdependientes, los cuales requieren soluciones de tipo independientes, a este tipo de problemas se les llama problemática o bien sistema de problemas.

La planeación interactiva de Ackoff se basa en los principios de:

- Principio participativo: Todos los interesados participen en todas las etapas del proceso de planificación y se garantice la "objetividad". A través de la participación de los interesados se comprenden los roles que deben desempeñar cada una de las partes. El papel del planeador no es hacer el plan sino ayudar a planificar a los interesados por sí mismos.
- Principio de continuidad: Dado que los valores cambian y los imprevistos ocurren, los planes deben ser actualizados constantemente.
- Principio Holístico: La importancia de la interacción entre los componentes de un sistema que nos obliga a planificar de forma simultánea e interdependiente con todos los componentes y niveles de la organización como sea posible.

La planeación interactiva requiere de tiempo y esfuerzo, es usual que en ocasiones primero se trabaje con esta planeación a niveles superiores de la organización, para después extender su uso a toda la corporación.

El orden en que se presentan las etapas del ciclo de planeación interactiva antes presentado es el ideal para el autor, no obstante la experiencia del planeador definirá una de las siguientes etapas para iniciar:

- Formulación de la Problemática
- Planeación de los fines
- Planeación de los medios
- Diseño de la Implementación y control

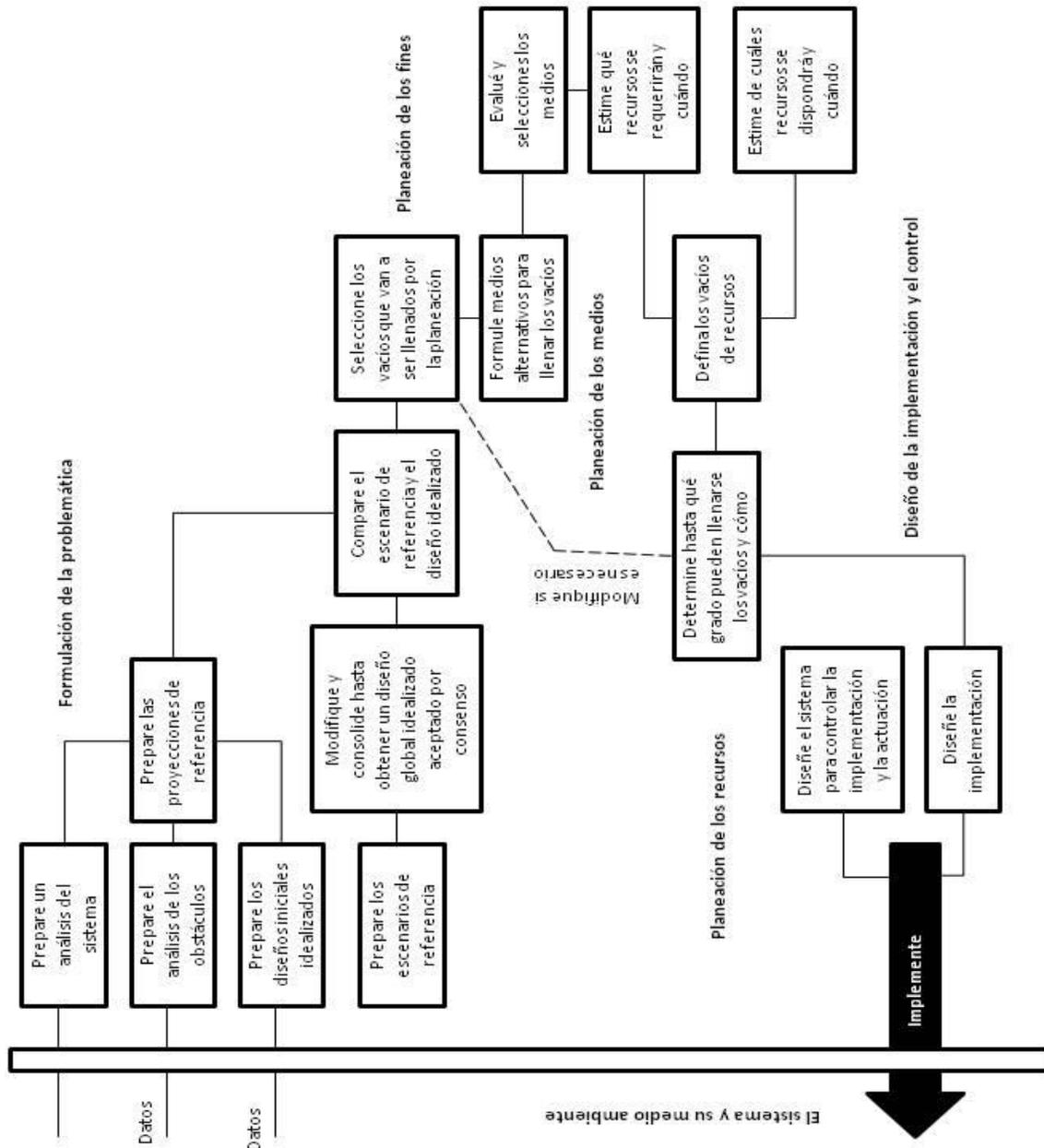


Fig. 4. Ciclo de Planeación Interactiva.

El procedimiento de diagnóstico de Ackoff

El modelo de planeación interactiva que define Rusell L. Ackoff, cuenta con cuatro etapas que integran su modelo hacia el futuro deseado.

La primera etapa de interés para el desarrollo del método del autor fue la formulación de la problemática, en ella se localizan elementos que son considerados como diagnóstico debido a que permiten formular la problemática sobre la que se va a planear.

El autor considera que el propósito de la problemática es la identificación de la naturaleza de las amenazas ocultas, pero además sugerir cambios que permitan incrementar la capacidad de la empresa para sobrevivir. En la Fig. 5 se detallan los elementos que forman parte del procedimiento de diagnóstico.

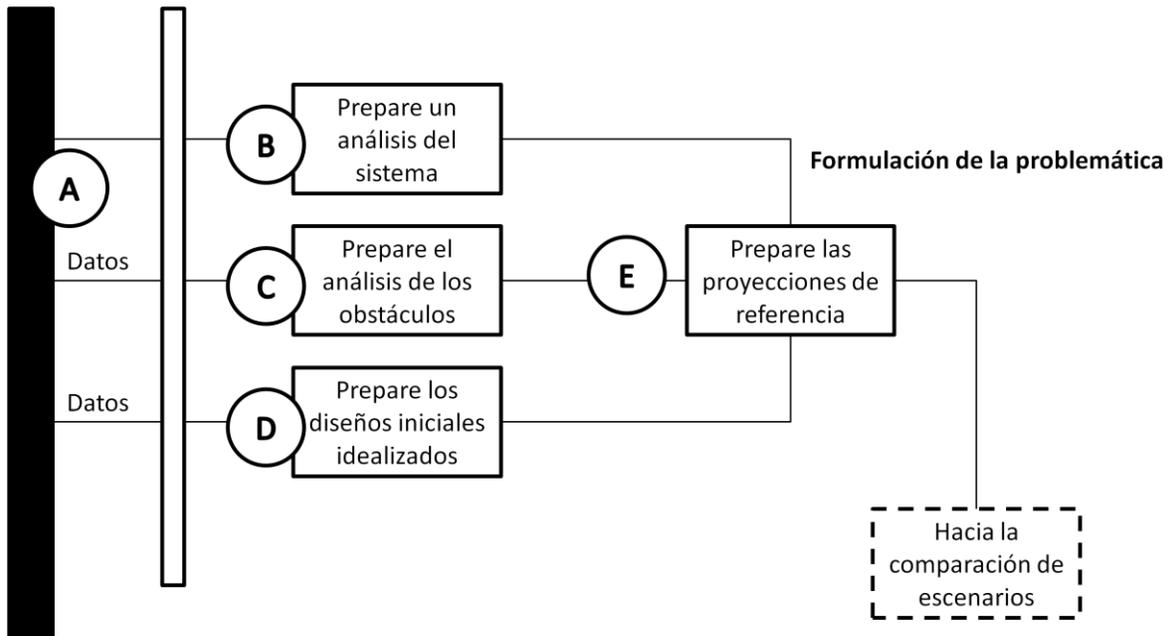


Fig. 5. El procedimiento de diagnóstico identificado en el proceso.

A. Datos. Los datos constituyen una relación con el sistema diseñado, el autor plantea que los datos son la base de la estructura. Vaihondo (2003), indica que los datos son registros estructurados o transacciones que las organizaciones precisan almacenar, además de que en ocasiones existe una fuerte dependencia de ellos. Los datos por otra parte tienden a describir parcialmente lo que sucede y rara vez permiten la toma de decisiones.

Ackoff consideró importante que los datos son la entrada de la preparación de análisis del sistema, de los obstáculos y de los diseños idealizados.

B. En la etapa de análisis del sistema el autor propone que el planeador encuentre a los involucrados del sistema, el ambiente interno y externo bajo el cual se desarrolla la empresa, a partir del entendimiento de esta etapa y las subsecuentes lograra empezar a construir el objeto de estudio.

C. La etapa de análisis de obstáculos, que incluye Ackoff, define que el planeador identifique y además caracterice los obstáculos que impiden, entre otras cosas, el desarrollo de la empresa, los obstáculos representan una barrera o bien un estorbo que frena el desarrollo de la empresa.

D. Los diseños iniciales idealizados permiten contemplar a la empresa en un futuro, en este caso es de interés para Ackoff definir al diseño idealizado.

E. Las proyecciones de referencia son extrapolaciones de la actuación de la empresa desde su pasado hasta su futuro.

De las proyecciones de referencia se pasa a la sub-etapa de escenarios de referencia que está dentro de la etapa de planeación de los fines.

2. Fuentes-Zenón y Sánchez-Guerrero

La propuesta que presentan Fuentes-Zenón y Sánchez-Guerrero es el desarrollo de un esquema metodológico que sirva para la solución de problemas. La metodología de planeación es concebida como un proceso lógico de adquisición de conocimiento, el conocimiento necesario para apoyar la toma de decisiones. El tipo de problemas son los que surgen en la dirección o administración de un sistema, al existir una discrepancia entre lo que se tiene y lo que se desea, esto lo expresan por medio de un esquema conceptual.

Un esquema conceptual como lo define Sánchez-Guerrero es una imagen que representa las relaciones conceptuales (estructura cognoscitiva y relaciones dinámicas) significativas de un objeto, con el propósito de descubrir, expresar y explorar su naturaleza. Viene siendo como una radiografía del contenido mental que un individuo tiene respecto a un objeto. Entendiendo por objeto todo aquello que puede ser sujeto de juicio.

Se puede decir que detrás de todas las metodologías y técnicas de planeación hay un esquema conceptual que permite estructurar el conocimiento en torno al problema que se desea resolver. Es tan importante el empleo de los esquemas

conceptuales, que en las primeras etapas del proceso de la planeación su construcción es vital para el éxito de la misma.

La incertidumbre, asociada a la creciente complejidad de los problemas, hace decir que el decisor no trata propiamente con problemas sino con estados de desorden, a partir de ello es que se establecen puntos de referencia muy específicos para estructurar un plan: definición de variables relevantes, relaciones causa-efecto, objetivos, metas, programas, proyectos, etc.

El procedimiento adoptado para el desarrollo de la propuesta fue el método de desagregación funcional que consiste en lo siguiente:

- Se concibió a la planeación como el proceso de transformación de un insumo (problemática) en un producto (acciones planificadas).
- Se definieron las actividades básicas que era necesario desarrollar para cumplir con dicho proceso de transformación: formulación del problema identificación y diseño de soluciones control de resultados.
- Cada una de estas funciones se consideró como un proceso de transformación y se identificaron las subactividades requeridas para su cumplimiento.
- Este mismo procedimiento se llevó hasta un tercer nivel de desagregación.
- la primera versión obtenida, basada en la lógica, fue corregida y enriquecida mediante la comparación con las propuestas de otros autores y a la luz de discrepancias -resultantes de fallas en la lógica u omisión de tareas significativas- se hicieron las enmiendas pertinentes.

En la figura 6 se observa de forma completa el sistema de planeación del cual analizaremos el subsistema de diagnóstico.

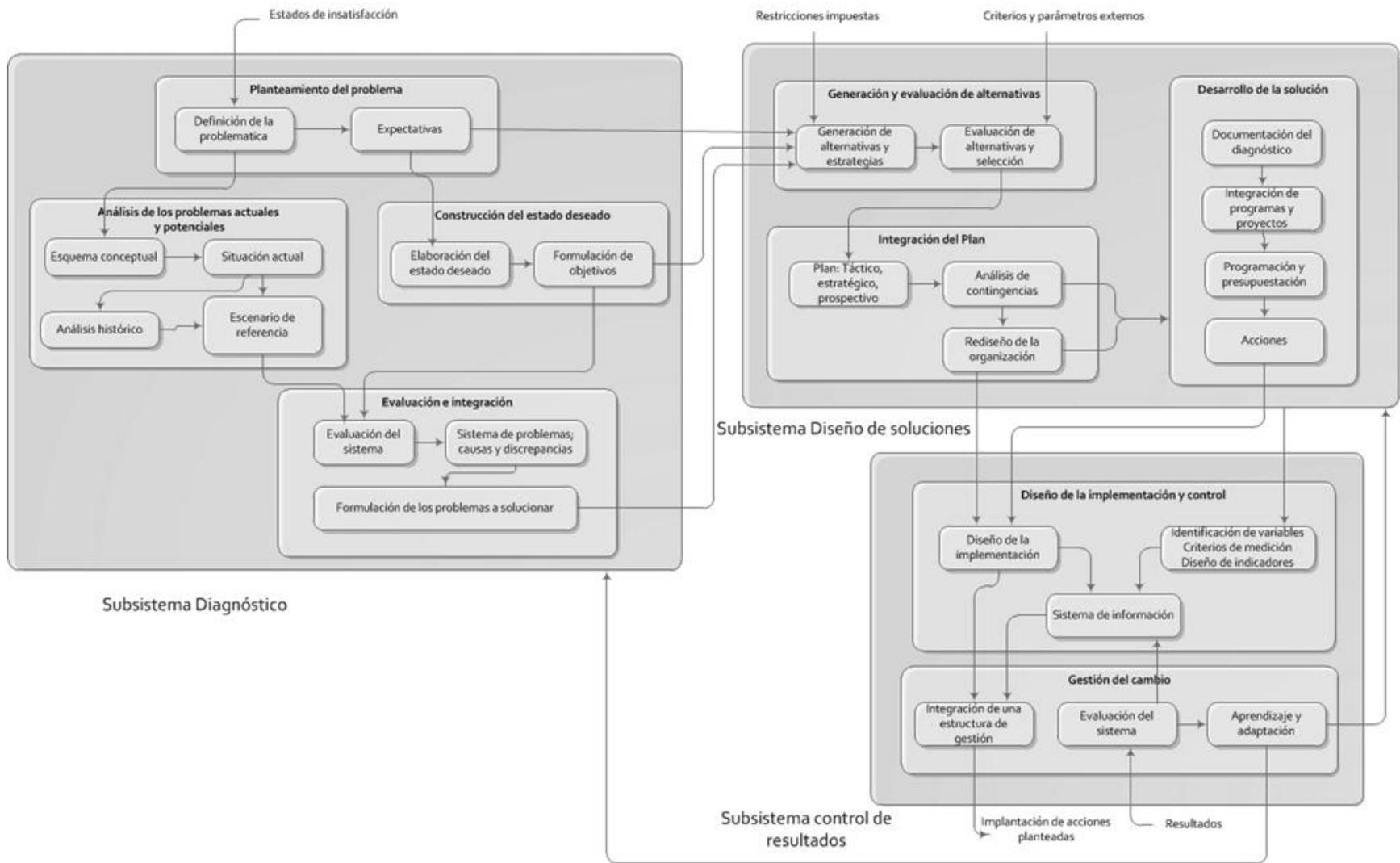


Fig. 6. Sistema de la Planeación

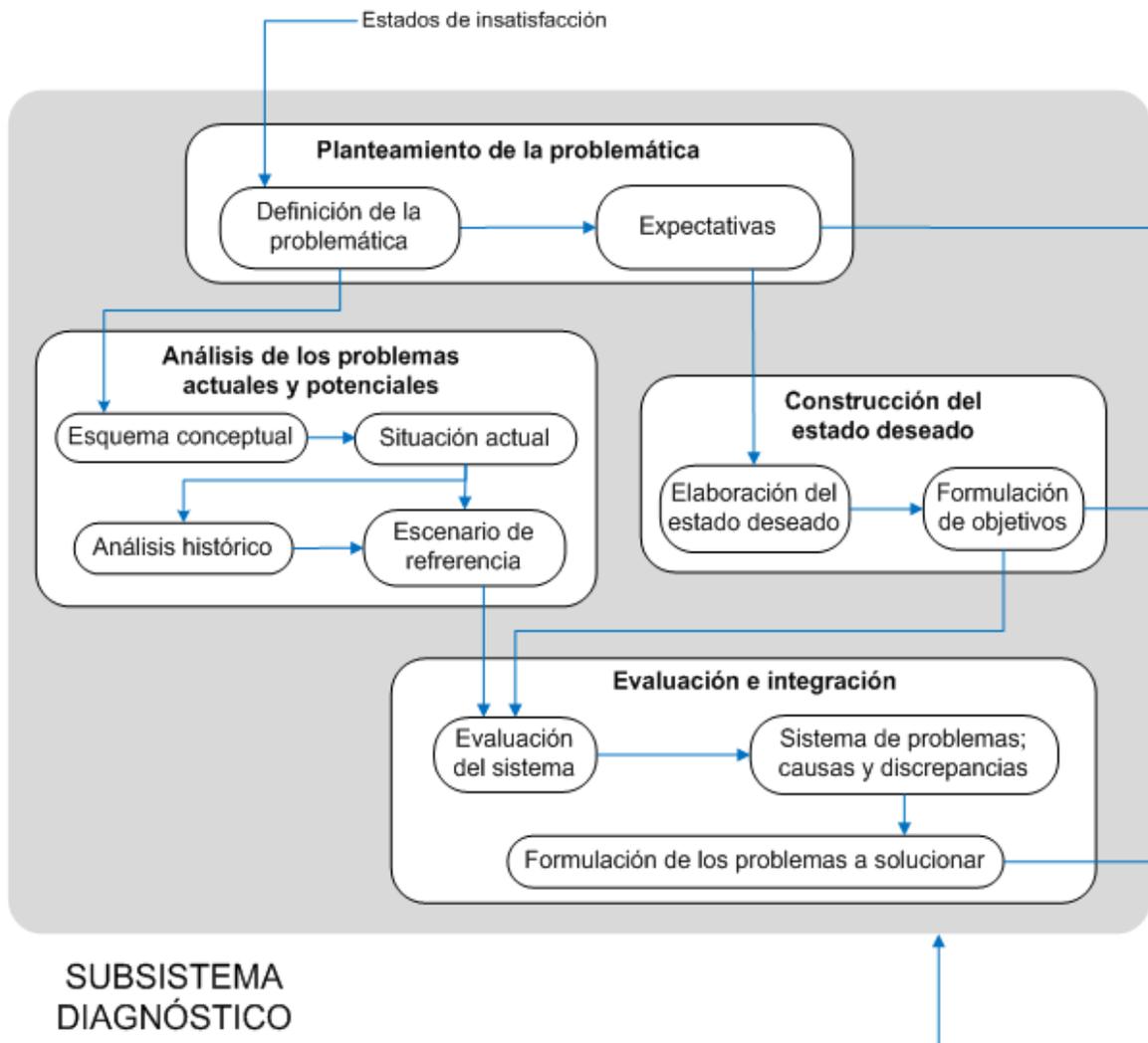


Fig. 7. Subsistema de diagnóstico

En el subsistema diagnóstico que vemos en la Figura 7 los autores definen 4 sub-etapas que a su vez se vuelven a desagregar. Es importante señalar que es de interés de los autores definir un sub-sistema completo como diagnóstico y no sólo una de sus sub-etapas.

El procedimiento de planeación está conformado por las etapas de:

A.1. Planteamiento de la Problemática.

a. *Definición de la problemática*

Para ello, se recabará información de las personas involucradas haciendo preguntas sobre el problema, sus antecedentes, sus efectos y soluciones.

b. Expectativa

El conocimiento de los resultados a los que se aspira, es necesario, pues ello es determinante para fijar la profundidad y tipo de estudios por realizar.

A.2. Análisis de los problemas actuales y potenciales.

Contiene 4 sub-etapas que son:

c. Esquema conceptual

Es una representación gráfica o escrita del problema y del objeto bajo consideración, los modelos obligan a ser claros en cuanto a lo que se estudia, así como identificar las conexiones entre los elementos que los forman, incluyen elementos de tipo estructural, de proceso, ambientales, etc.

d. Situación actual

Se refiere a la recopilación, procesamiento y análisis de la información, por la naturaleza de recopilación esta actividad demanda mayor cantidad de recursos, es natural llenarnos de datos e información que a larga produzca un atraso.

e. Análisis Histórico

El análisis histórico no consiste en capturar todo antecedente con la sola esperanza de un “hallazgo” que dé respuesta a las preguntas que ni siquiera hemos sido capaces de formular.

f. Escenario de Referencia

La planeación tiene que ver no sólo con las dificultades o propósitos del presente, sino también con las amenazas, oportunidades y aspiraciones para el mediano y largo plazo. Esta etapa, que consiste en la proyección de las variables relevantes y en la elaboración de una síntesis que describa el clima que se vivirá en el futuro.

A.3. Construcción del estado deseado

g. Elaboración del estado deseado

Parte de la crítica de lo observado o previsible en la realidad, ya que así se evita caer en consideraciones vagas y de poca utilidad para la planeación.

h. Formulación de los objetivos.

Respecto a los objetivos conviene distinguir entre lo que denominaremos como objetivos operacionales y objetivos de desarrollo. Los primeros buscan la corrección o el mejoramiento del desempeño del sistema, en tanto que los segundos establecen la imagen general hacia donde se pretende conducir al sistema (con un futuro a veces radicalmente distinto de lo actual y de lo previsto de acuerdo a las tendencias).

A.4. Evaluación e integración

i. Evaluación del sistema.

La evaluación del sistema tiene por propósito establecer las discrepancias entre lo que se desea y el estado actual o previsto; contando, para el efecto, con los elementos necesarios (el conocimiento del sistema y los objetivos) para dejar de lado las meras opiniones e inquietudes dadas en el planteamiento de la problemática.

j. Sistema de problemas causas y discrepancias.

Esta es una de las etapas básicas en la formulación del problema, consiste en establecer las relaciones causa-efecto que permiten explicar el porqué de las diferencias detectadas en la fase anterior y por este medio identificar sobre qué actuar para corregir o mejorar la funcionalidad del sistema.

k. Formulación de los problemas a solucionar.

Esta es la última fase del proceso de formulación del problema, tiene por propósito hacer una presentación clara y ordenada de los resultados hasta ahora obtenidos, a efecto de comunicarlos a quienes corresponda.

Entre los aspectos a contemplar destacan los siguientes:

- Proponer un título adecuado para el problema.
- Elaborar una descripción sumaria de la naturaleza del problema y de lo que se espera para el futuro.
- Determinar los principales factores y agentes (o departamentos) involucrados en el problema y por tanto en su solución.
- Plantear los objetivos y prioridades entre los distintos puntos por atender.
- Concluir con una breve descripción del procedimiento que se siguió y de los principales trabajos realizados.

3. Ozbekhan Hasan

Las principales características del enfoque de planeación definido por Ozbekhan son, en primer lugar, la necesidad de hacer explícitos los valores que determinan los ideales o fines últimos y la importancia asignada a estos como fuente de la cual se derivan los objetivos y las metas; y en segundo lugar, la necesidad de imaginar las consecuencias, no solo los resultados, de las acciones que se emprenden, lo cual significa que la situación observada se ha considerado como formada por problemas interdependientes, de manera tal que la solución a uno de ellos tiene consecuencias sobre el resto².

En una forma más operativa en la Figura 8, se describen los pasos que este enfoque propone para llevar a cabo el proceso de planeación.

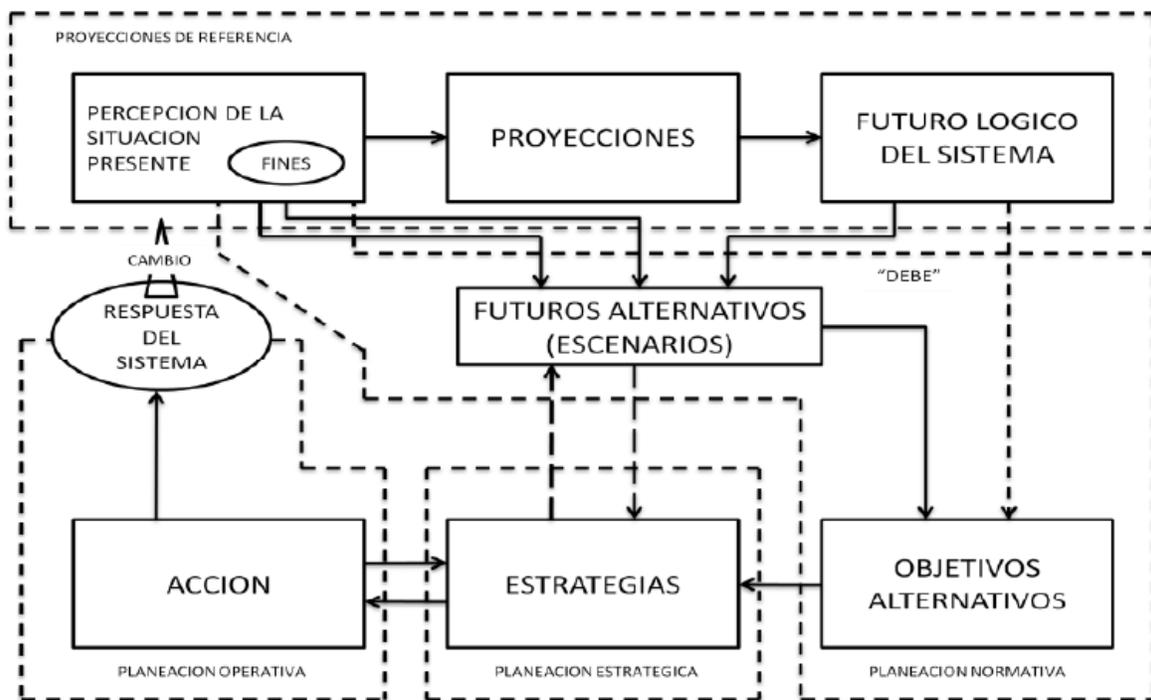


Fig. 8. El proceso de planeación de Ozbekhan de manera operativa.

El procedimiento de diagnóstico de Ozbekhan.

En la Figura 9 de la propuesta de Ozbekhan se identifican las etapas A, B, C, D y E que contienen elementos de diagnóstico, aunque en realidad no fue de interés para el autor definir el diagnóstico como etapa de su proceso de planeación.

² Algunos enfoques de planeación. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. Elizondo, Jorge. Noviembre 1978.

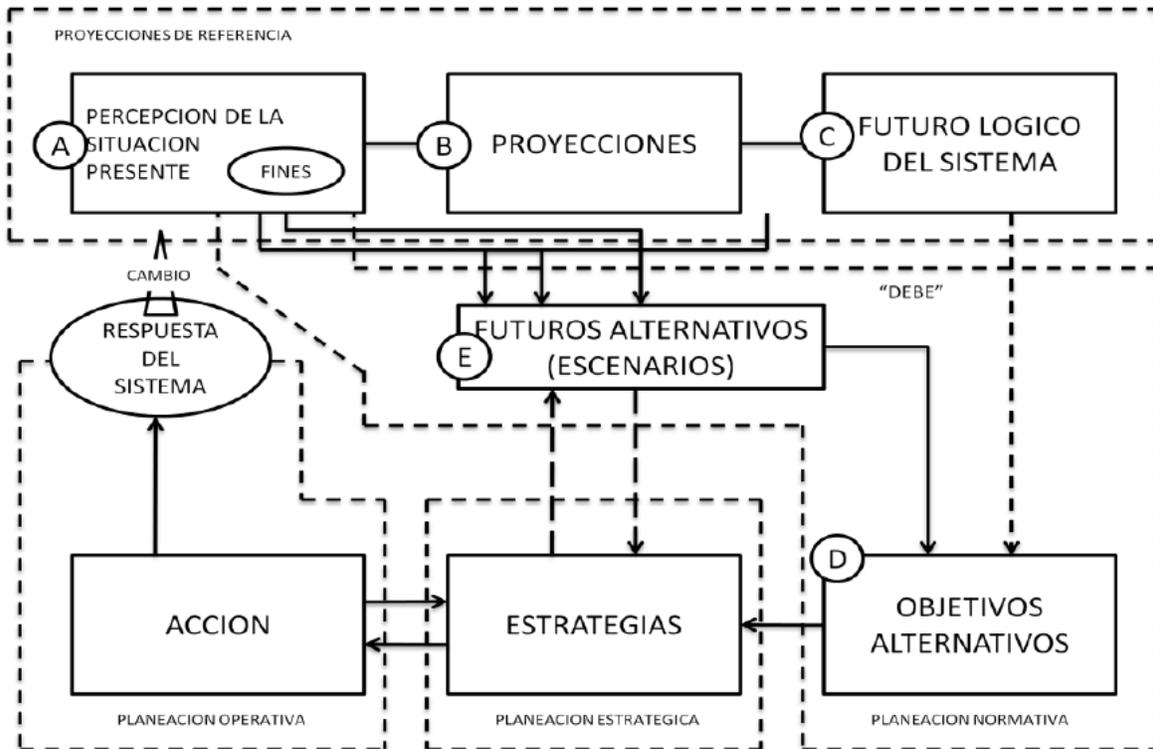


Fig. 9. Elementos de diagnóstico del proceso de planeación de Ozbekhan.

De la Figura 9 observamos que Ozbekahn define cuatro grandes etapas en su proceso de planeación:

- I. Proyección de de referencia
- II. Planeación Normativa
- III. Planeación Estratégica
- IV. Planeación Operativa

En la etapa de proyección de referencia, estructura los problemas y sus causas, en esta etapa se hace el estudio del ambiente interno así como las interacciones de sus componentes con el propósito de definir un futuro lógico.

Dentro de esta etapa de proyección de referencia se encuentra:

A. *Percepción de la situación presente.* Junto con sus fines, se refiere al análisis de la realidad, los ambientes donde se desarrolla, así como los fines que se pretende alcanzar.

B. *Proyecciones.* Pueden interpretarse como el estado de insatisfacción.

C. *Futuro lógico del sistema*. Es aquel que se llegará si no se hace nada, es decir son aquellos escenarios que nos van a permitir tomar decisiones.

Dentro de la etapa de planeación normativa se diseña el estado futuro que es deseable para el sistema por medio de los fines 6 y los objetivos 7, de esta etapa se toman dos sub-etapas como elementos del diagnóstico.

D. *Objetivos alternativos*

Integra los escenarios que fueron aceptados para así definir los objetivos a seguir así como las acciones necesarias para llegar al estado deseado. Cuando se llega a esta etapa, se tendrá claro el planteamiento del problema.

E. *Futuros alternativos*

Conforman los escenarios con un grado de probabilidad de ocurrencia que es posible alcanzar si se sigue uno u otro camino.

Dentro de la etapa de estrategias se definen los medios para alcanzar el futuro deseado. Finalmente en la etapa de planeación operativa se implantan las estrategias, sin embargo en estas dos últimas etapas no encontramos algún elemento de diagnóstico.

4. Sachs Wladimir

Sachs define a la prospectiva como una herramienta para la planeación y una disposición para la acción. El elemento central de la prospectiva es el futuro, el futuro es más que el presente y el pasado, ya que todavía no ha ocurrido, y contiene por lo tanto, un número infinito de posibilidades.

Para Sachs la planeación está de moda y el planear ha llegado a ser un predicamento para la humanidad. La planeación se define como una toma de decisiones anticipatoria, aunque la planeación es una actividad concerniente al presente, pero un presente que se extiende hacia el futuro del cuál es controlable bajo ciertos límites.

La planeación tradicional comienza por determinar cuáles futuros son factibles y luego selecciona el más deseable. La planeación prospectiva, consiste en determinar primero el futuro deseado creativamente y libre de restricciones; se diseña el futuro deseado, y el pasado y el presente no se toman como restricciones.

La planeación prospectiva que define Sachs está construida con base a la planeación tradicional, pero hace notar relevancia en tres elementos clave:

- La formulación del futuro deseado
- Extensión del alcance de los instrumentos disponibles
- Implantación de las decisiones

El procedimiento de diagnóstico de Sachs.

En la figura 10 que muestra la prospectiva de Sachs podemos identificar las etapas A, B, C, D, E que contienen algunos elementos de diagnóstico.

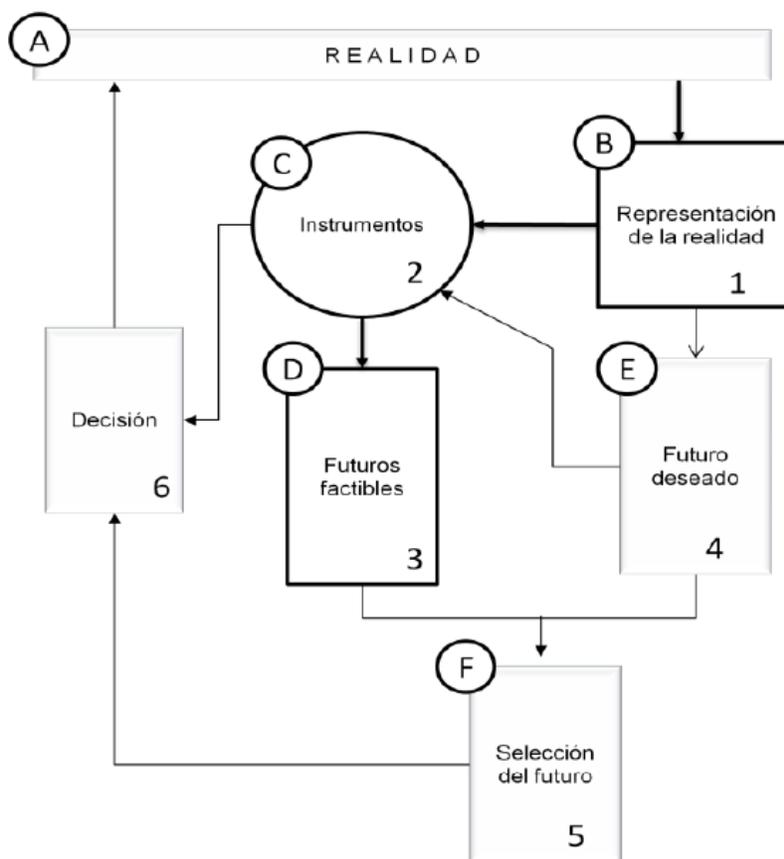


Fig. 10. El procedimiento de diagnóstico de Sachs.

Para Sachs el análisis de la prospectiva se divide en tres fases:

- Normativa
- Factibilidad
- Definicional

La fase normativa

Consiste en hacer explícita la visión del futuro deseado, es decir un sistema de valores que sirve de guía al decisor. La fase normativa incluye al menos, las siguientes clases de elementos:

- Lo que es de interés primordial.
- Lo que influyen en lo anterior y
- Lo que puede controlar al decisor.

Para la fase normativa, se hacen explícitos los valores en los que se basa la toma de decisiones, con frecuencia los valores se consideran por encima de las actividades humanas como absolutos intangibles, los valores sólo son afectados por la búsqueda de futuros factibles y la estimación de la realidad.

En la planeación, la crítica de la realidad se llama identificación de la problemática. La crítica consiste en identificar qué parte de la realidad se considera no deseada y las razones por las que así ocurre, esto lo podemos identificar como (A) realidad y (B) la representación de la realidad.

Los instrumentos (C) son los medios con los que el planificador va modificando su realidad.

La fase de factibilidad (D)

Consiste en la determinación los futuros factibles del objeto focal. Un futuro es factible cuando la trayectoria de la acción que se sigue vuelve probable el futuro. Para que el futuro pueda ser factible debe existir un conjunto de instrumentos que al ser aplicados vuelvan al futuro probable.

El número de futuros factibles puede ser grande, por lo que, no todos los futuros deberán considerarse en la fase de factibilidad.

La fase definicional

Determinación del objeto focal, el objeto focal es el objeto de interés primordial para el decisor, mientras que en la fase normativa se evalúa su desempeño, en las demás etapas se tratará de mantener el mejoramiento de la acciones alrededor del objeto focal.

El medio ambiente, es lo que influye en el objeto focal pero no forma parte de él. Algunos paradigmas modernos de la planeación indican que existe el medio ambiente necesario para el funcionamiento del objeto focal el cuál es denominado esencial y por otra parte el que no es necesario denominado no esencial. El medio ambiente es algo a lo que el objeto focal debe adaptarse, ambos permanecen en

constante interacción, una vez diseñados ambos serán utilizados para diseñar futuros deseables y factibles para el objeto focal.

El planificador dispone de un modelo de la realidad a considerar. Este modelo permite determinar los estados futuros de la realidad, dada alguna información sobre su estado actual de acuerdo a criterios especificados, pero además construye el futuro deseado (E) que constituye el alcance al que quiere llevar su realidad.

La problemática para Sachs tiene una relación estrecha con la formulación explícita del futuro lógico. La problemática se construye en parte con la evaluación y selección del futuro (F). Para formular la problemática no basta con determinar lo que no es deseable sino también explicar porque no lo es, así la prospectiva corrige las deficiencias. La problemática sirve de fuerza motivadora de la acción

5. Ovsei Gelman

Usando los procedimientos desarrollados bajo el enfoque sistémico, Gelman (1982) elabora un esquema general del proceso de planeación que contiene cuatro etapas interrelacionadas.

- Diagnóstico
- Prescripción
- Instrumentación
- Control

El autor reconoce el papel de la planeación como herramienta básica dentro del proceso de conducción orientado al cambio social dirigido.

El proceso de conducción al que se refiere el autor esta en gran parte relacionado con el proceso de toma de decisiones. El proceso de conducción es un sistema que consta de diferentes procesos interrelacionados.

Dentro del proceso de conducción, el proceso de planeación juega un papel de gran importancia con un especial énfasis en el planteamiento y la solución de problemas.

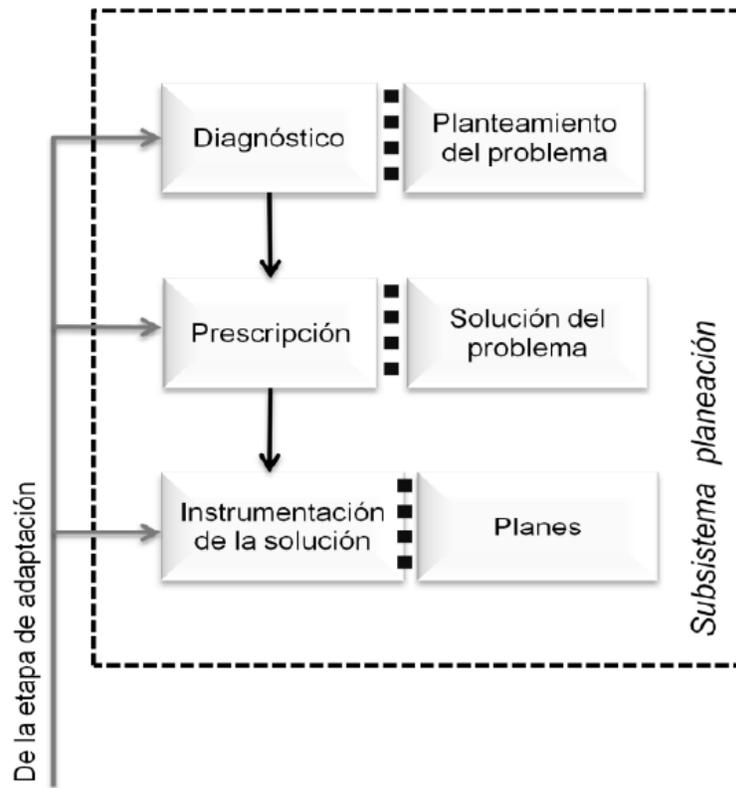


Fig. 11. Subsistema Planeación.

El procedimiento de diagnóstico de Gelman.

En la etapa de diagnóstico definida por Gelman se trata de detectar, definir y plantear los problemas que se quieren resolver a través del proceso de conducción del objeto, ésta etapa se forma con la siguiente estructura:

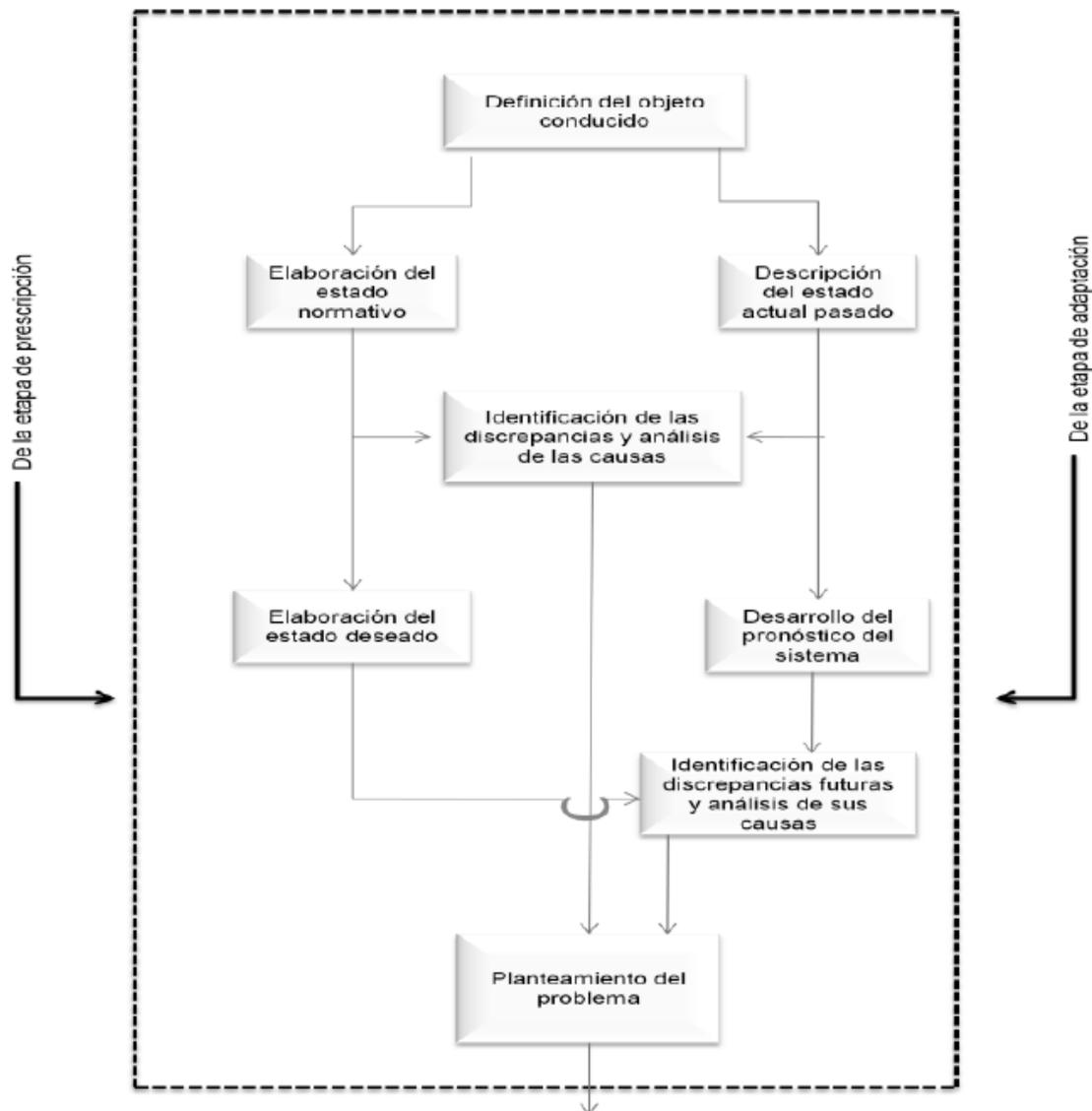


Fig. 12. Etapa de Diagnóstico.

La etapa presentada por Gelman define al objeto conducido como primer paso, para a partir de ahí describir el estado actual y pasado del objeto conducido, a la par se elabora el estado normativo. Por otra parte, el paso de identificación de las discrepancias define el planteamiento del problema en el diagnóstico de Gelman.

En la etapa de diagnóstico de Gelman se encuentra el paso de desarrollo del pronóstico del sistema, que junto con la identificación de las discrepancias futuras y análisis de sus causas permiten conjeturar lo futuros problemas. Finalmente se integra el paso de Planteamiento del problema.

En los siguientes temas de este trabajo se estudiará a profundidad la metodología de Gelman, ya que es la base del caso de aplicación.

4. La planeación como un proceso básico en la conducción (el proceso de planeación de Ovsei Gelman).

Con base en el procedimiento de la construcción sistémica por descomposición, el proceso de conducción se manifiesta como la relación determinante entre los subsistemas conducentes y objeto conducido. Esta relación se visualiza a través del análisis y contraposición de dos paradigmas: *conducción correctiva* y *conducción planificada*.

La primera se estipula por las presiones del momento, trata de mantener al objeto conducido en un estado deseado y lograr su optimización local.

El otro tipo de conducción se presenta cuando se ha preestablecido un estado futuro deseado del objeto conducido, así como ciertos criterios para seleccionar y organizar las actividades adecuadas, en forma de proyectos y programas, que contribuyan al cambio del estado actual al deseado. (Fig. 13).

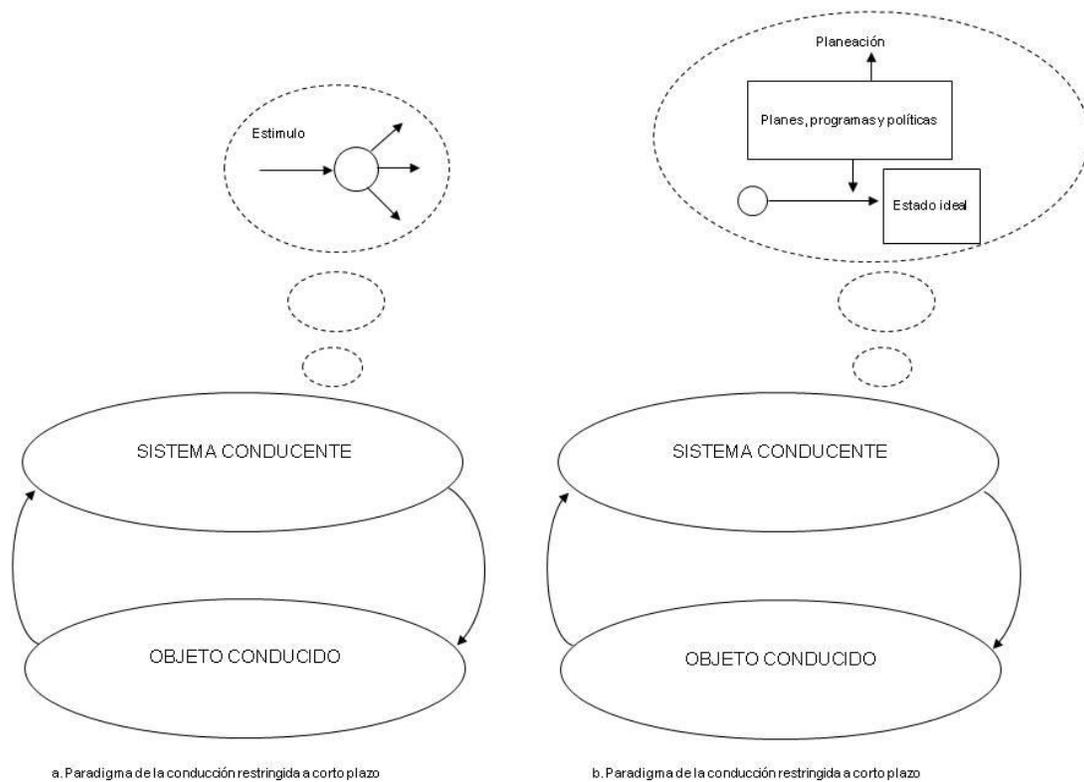


Fig. 13. Paradigmas del proceso de conducción.

En resumen, el concepto de conducción consiste en un proceso de cambio controlado (que incluye el caso de no cambio) del objeto conducido, según cierto objetivo, a través de actividades que lo garanticen, y sirve para seleccionar y realizar la trayectoria adecuada de cambio.

Con este marco de referencia, la planeación se considera una actividad adicional, que apoya al proceso de conducción, visualiza y especifica el objeto conducido, los objetivos de la conducción y las actividades que permiten realizar el cambio, de manera directa, a través de programas y proyectos, e indirecta, mediante criterios de selección contenidos en las políticas, las cuales son generales y, por esto, útiles al presentarse cambios imprevistos. Los elementos proporcionados por la planeación enriquecen el procedimiento de toma de decisiones del primer paradigma elaborado ya que brinda un marco conceptual, así como bases y criterios teóricos para ampliar la experiencia y tomar decisiones en forma no restringida, y prever y prevenir los problemas futuros o mitigarlos en caso de ocurrencia.

Representación funcional del sistema conducente.

Con base en el procedimiento de construcción por descomposición y en el análisis del proceso de conducción, se trata de especificar la estructura funcional del sistema conducente.

El subsistema fundamental es el de toma de decisiones, que se especifica en dos aspectos. El primero actúa según el momento presente y el futuro cercano; sus problemas son lo que surgen en el tiempo. No se presentan los objetivos ni se toman en cuenta los orígenes y fines del sistema en forma explícita, sino que son considerados como dados a través de la experiencia e información con que cuenta el tomador de decisiones.

El segundo de los aspectos, que de alguna manera se desvincula de las acciones inmediatas que requiere el sistema; se orienta hacia la construcción de objetivos y su logro a largo plazo, tratando de obtener soluciones integrales. Este tipo de toma de decisiones debe basarse en un proceso de previsión de actividades futuras y contar con un proceso de conducción, para lo cual se requiere identificar y evaluar los caminos desde un punto de vista de factibilidad en cuanto a la existencia de recursos, restricciones, etc. Se forma así una función básica denominada planeación, que apoya la toma de decisiones al proporcionar un marco de referencia y criterios para seleccionar soluciones inmediatas a los problemas presentados.

Para definir los demás subsistemas del sistema conducente es necesario analizar sus vínculos con el objeto conducido. (Fig. 14).

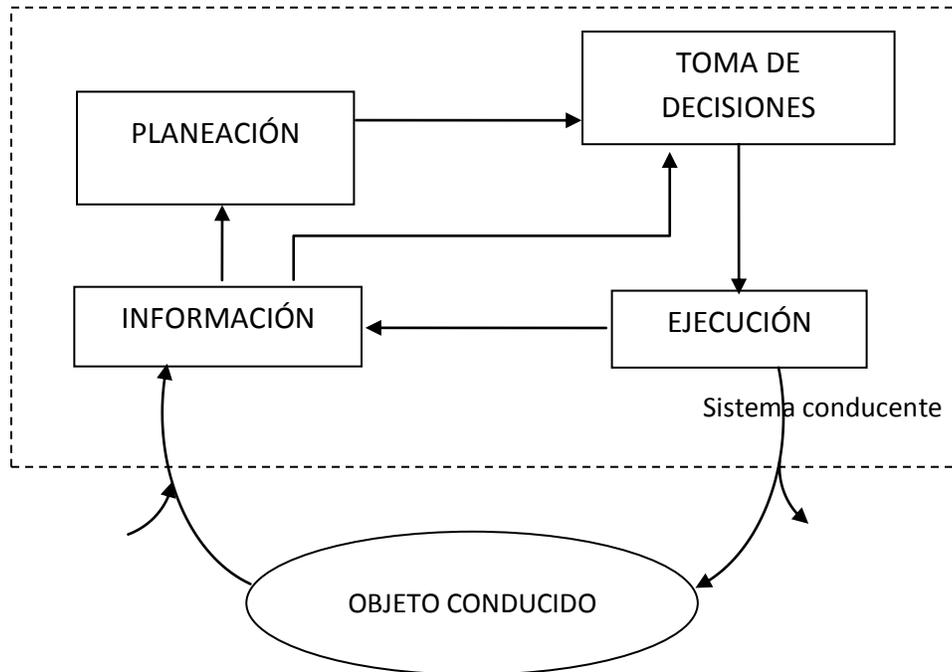


Fig. 14. Presentación funcional del sistema conducente.

El primer vínculo, la información, permitirá al proceso de toma de decisiones y al de planeación conocer los elementos necesarios para desempeñar sus funciones. Es necesario en cualquier momento conocer el estado actual del objeto conducido, de manera que el conductor capte la información a través de indicadores relevantes que provengan no únicamente del objeto conducido, sino de otros sistemas vinculados, de modo que la toma de decisiones sea adecuada al medio en que funciona el sistema. Para la planeación se requiere adicionar la información del desarrollo del objeto conducido y la de otros subsistemas interrelacionados. La eficacia del proceso de toma de decisiones y de planeación depende de la información disponible en el momento oportuno; de aquí la importancia de contar con un diseño conceptual del subsistema de información que permita captar, generar, seleccionar, transmitir, procesar y presentar la información. Este subsistema puede emplearse como retro alimentador del proceso de toma de decisiones al proporcionar la información sobre el estado actual del sistema, los resultados de las acciones ejecutadas y las condiciones de los sistemas exteriores.

El segundo vínculo entre el objeto conducido y el subsistema conducente es la ejecución de acciones como resultado del proceso de toma de decisiones.

Estructura del proceso de planeación.

El análisis de los cuatro subsistemas fundamentales del sistema conducente muestra que es el de planeación el encargado de satisfacer al tomador de decisiones en sus necesidades de conocimiento e información, estipulando los datos que requiere.

Es frecuente que el proceso de planeación se confunda o sustituya con captación de información, así lo señalan muchos autores, entre ellos McLoughlim al mencionar a Patrick Geddes, como profeta del movimiento de planeación, quien destacó la necesidad de información amplia y profunda para clasificar problemas y comprender el contexto en el que opera un plan. Se le interpretó de manera equivocada, a pesar de su preocupación manifiesta del diagnóstico antes que el remedio, entendimiento antes que acción, presentándose la tendencia a coleccionar información. Dicho autor menciona que la colección de información se transformó en un tratamiento ritual a pesar que muchos de los planes no requieren de grandes catálogos de información.

La literatura es abundante en ejemplos de sustitución del proceso de planeación por recopilación de datos y captación de información no relevante. Esto se explica por la falta de una estructura de planeación preestablecida. Es así que, al no tomar en cuenta la estructura del proceso de conducción y de planeación, ya sea por desconocimiento o por no presentarse de manera explícita, el resultado es tratar de captar toda la información disponible.

Se planteo la posibilidad de seguir dos caminos distintos: uno fue el estudio de la literatura, detectando y describiendo diversos esquemas de proceso de planeación, para generalizarlos y construir uno general; sin embargo, estos esquemas no sólo no son comparables, sino incompatibles por la falta de un enfoque general, un marco conceptual, un paradigma, que los ubique e integre. El otro camino consistió en desarrollar un esquema general que explique la estructura del proceso de planeación y que, además, sirva como paradigma para visualizar, entender y clasificar los esquemas empíricos.

La construcción lógica del esquema requiere de herramientas metodológicas, habiéndose seleccionado el procedimiento de construcción por descomposición funcional; conforme el cual, el proceso de planeación se desglosa, a través del análisis de sus funciones básicas, en un sistema organizado de subprocesos, lo que a su vez, de la misma forma, se descomponen en subprocesos en otro nivel y así sucesivamente. (Fig. 15).

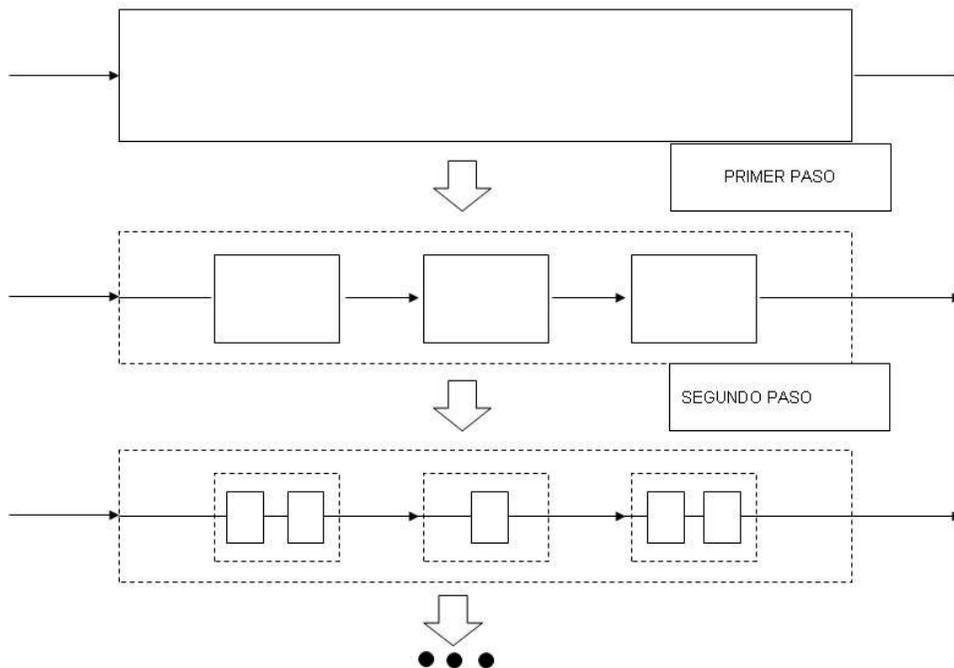


Fig. 15. Esquema del uso del procedimiento de construcción por descomposición.

En la última década se ha enfatizado la importancia de la continuidad en el proceso de planeación que no termina con la producción de planes y sus elementos; por lo que hay que distinguir entre el procedimiento y su producto. Esta postura se basa en la crítica de los planes rígidos y preestablecidos, ya que en el lapso en que se prepara e implanta un plan es posible surjan cambios en el entorno del proceso de planeación, esto es, en el sistema conducente, el objeto conducido o sus suprasistemas respectivos. Puede también darse el caso de que la información sea escasa o de mala calidad, y cometer ciertos errores al tomar decisiones.

Por lo anterior, los planes y sus elementos no pueden preestablecerse sino que deben sujetarse a evaluación periódica para realizar cambios y ajustes adecuados. Esto es, los resultados de la implantación de algunos elementos del plan y el cambio producido en el sistema conducido se evalúan considerando los logros alcanzados de acuerdo con lo esperado del plan; de no ser así, se analizan las causas probables de discrepancia a fin de obtener y realizar los ajustes apropiados.

La necesidad de un subproceso de retroalimentación y adaptación, coincidente con la planeación adaptativa definida por Ackoff, se debe a que la planeación no

se restringe a la producción de planes sino que incluye su implantación y revisión; es así que, en una primera fase del proceso de descomposición, el sistema planeación se descompone en cuatro subsistemas funcionales. (Fig. 16).

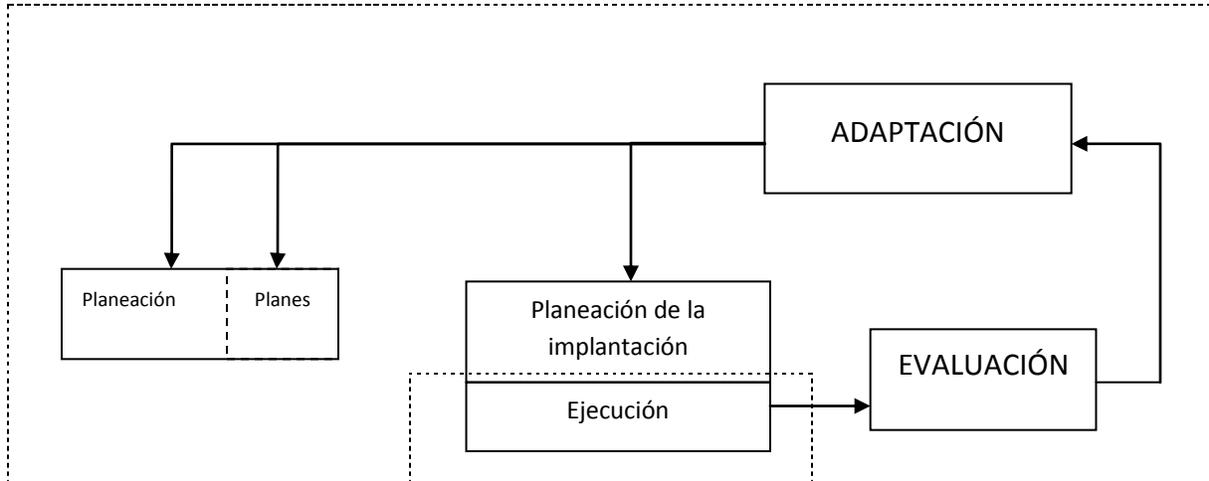


Fig. 16. Estructura del proceso de planeación (primer paso).

El subsistema planeación tiene como objetivos producir los planes con sus elementos (objetivos, políticas, metas, programas y proyectos).

El subsistema implantación constituye una actividad básica tanto del proceso de planeación, como de conducción. Ackoff también comenta que esta actividad consiste en el diseño de los procedimientos para tomar decisiones y de su organización para realizar el plan, por ello, la implantación se divide en dos aspectos: planeación de la ejecución y la ejecución propiamente dicha; el primero corresponde al proceso de planeación y el otro al de ejecución.

El subsistema evaluación de los resultados permite observar la eficiencia de los planes en su consecución de metas y objetivos, para realizar ajustes, cambios y adaptaciones que mejoren el proceso de planeación y de la conducción, constituyéndose así la función del subsistema adaptación.

En la literatura se ha definido la actividad de control como el procedimiento que permite prever o detectar los errores o fallas de un plan, y la forma de prevenirlos o corregirlos sobre una base de continuidad. Analizando este concepto se puede observar que los subsistemas de evaluación y adaptación se ajustan a la parte referida a la detección de errores o fallas de un plan; estos dos subsistemas y el de implantación, constituyen la etapa de control. (Fig. 17).

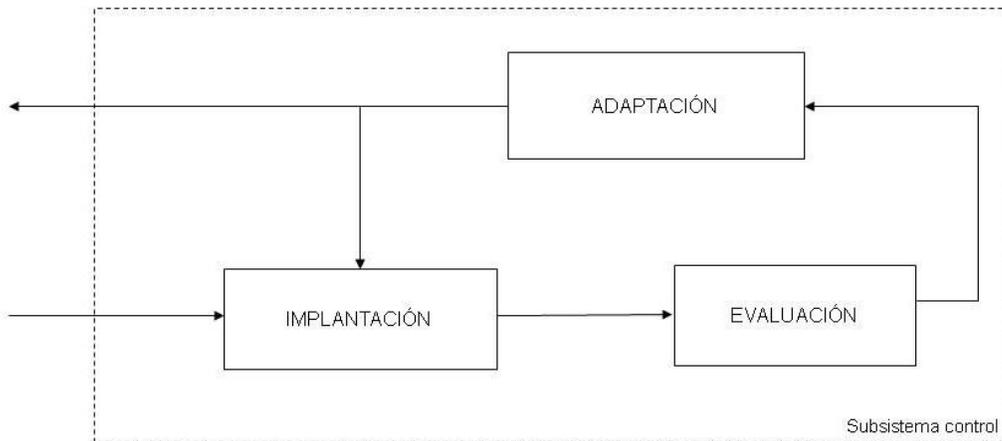


Fig. 17. Estructura del subsistema control.

El siguiente paso es la visualización del subsistema planeación, analizado con mayor detalle dada la importancia de sus productos. Algunos autores consideran que su desarrollo requiere de un proceso operativo que interprete ciertas soluciones de problemas del sistema objeto conducido y las transforme en planes; soluciones que serán alcanzadas por el futuro. Es así que al proceso de planeación se le considera como una herramienta de ayuda para resolver (aliviar) los problemas planteados.

El subsistema planeación se ha descompuesto en tres etapas: planteamiento del problema o diagnóstico, solución del problema o prescripción, y su transformación en planes, esto es, la instrumentación de la solución. (fig. 18).

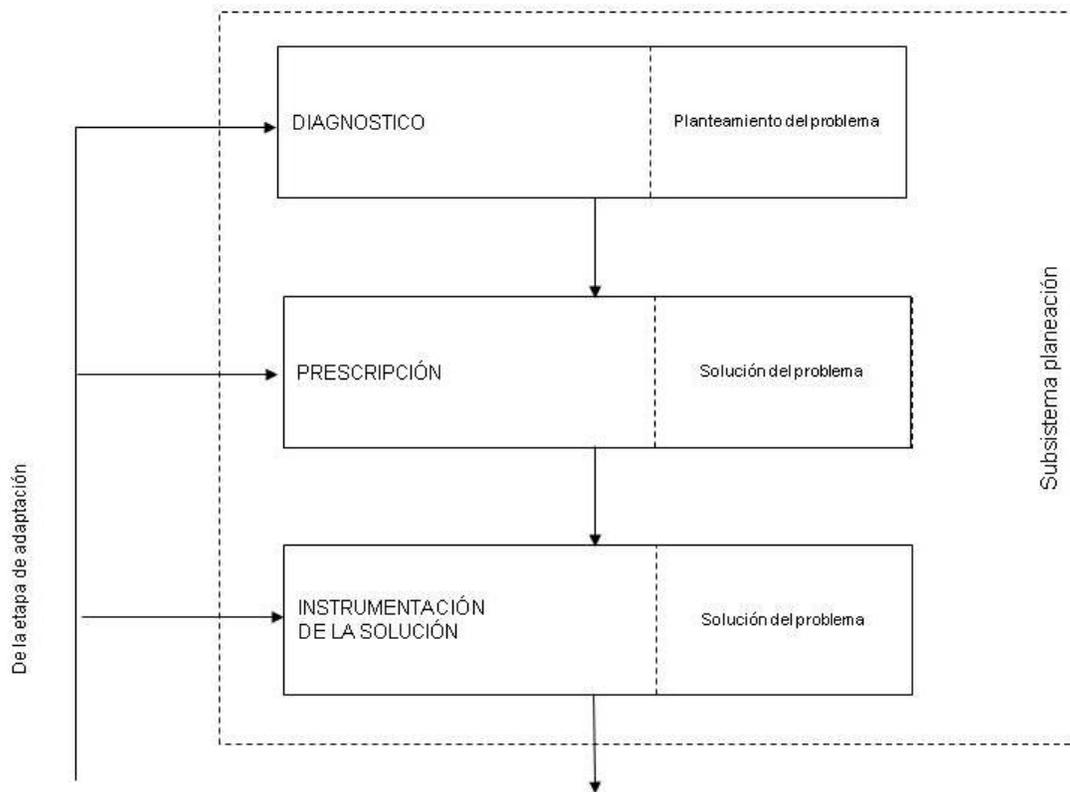


Fig. 18. Estructura del subsistema planeación.

El diagnóstico trata de detectar, definir y plantear los problemas que se quieren resolver a través del proceso de conducción. Es posible identificar un problema reconociendo su origen en la desviación, impedimento o conflicto entre los diferentes objetivos del objeto conducido, esto es, entre los de su suprasistema, los del propio sistema y los de sus subsistemas. Al considerar el esquema de conducción en su totalidad, se detectan tres modos distintos de visualizar los problemas (Fig. 19); uno de ellos de tipos interno, producido por la organización del proceso de conducción, esto es, por las relaciones del sistema conducente y el objeto conducido (I); y los otros dos externo, uno de los cuales es debido a la relación del objeto conducido con su suprasistema¹, con sus subsistemas y con otros objetos (II), y el otro por las relaciones entre el sistema conducente con su suprasistema y con otros sistemas conducentes (III). Es necesario destacar la importancia de definir al objeto conducido como sistema, esto es, visualizarlo como parte del suprasistema, relacionado con otros objetos, así como especificar sus subsistemas. Además, es importante su estudio para conocer sus estados anteriores y actual, cuya comparación con su estado normativo permite detectar y evaluar sus discrepancias y analizar sus causas. Además, con un análisis de las

causas de las posibles discrepancias futuras entre los pronósticos de los estados del sistema y su estado deseado, es posible identificar y plantear los problemas actuales y futuros. Estas actividades que constituyen la etapa del diagnóstico se presentan en la Fig. 20.

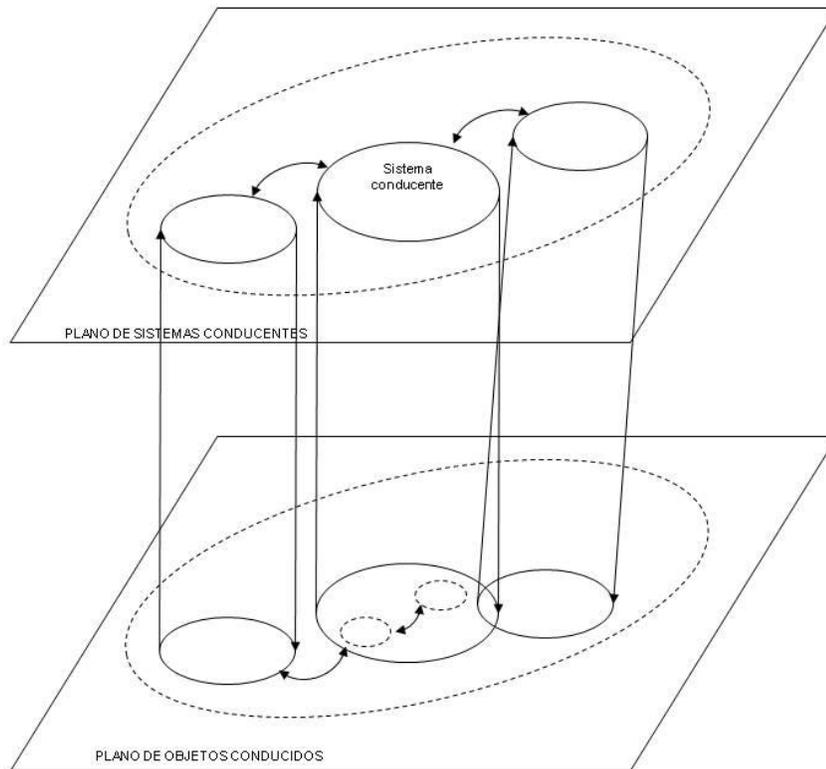


Fig. 19. Paradigma para la identificación de tres clases de problemas.

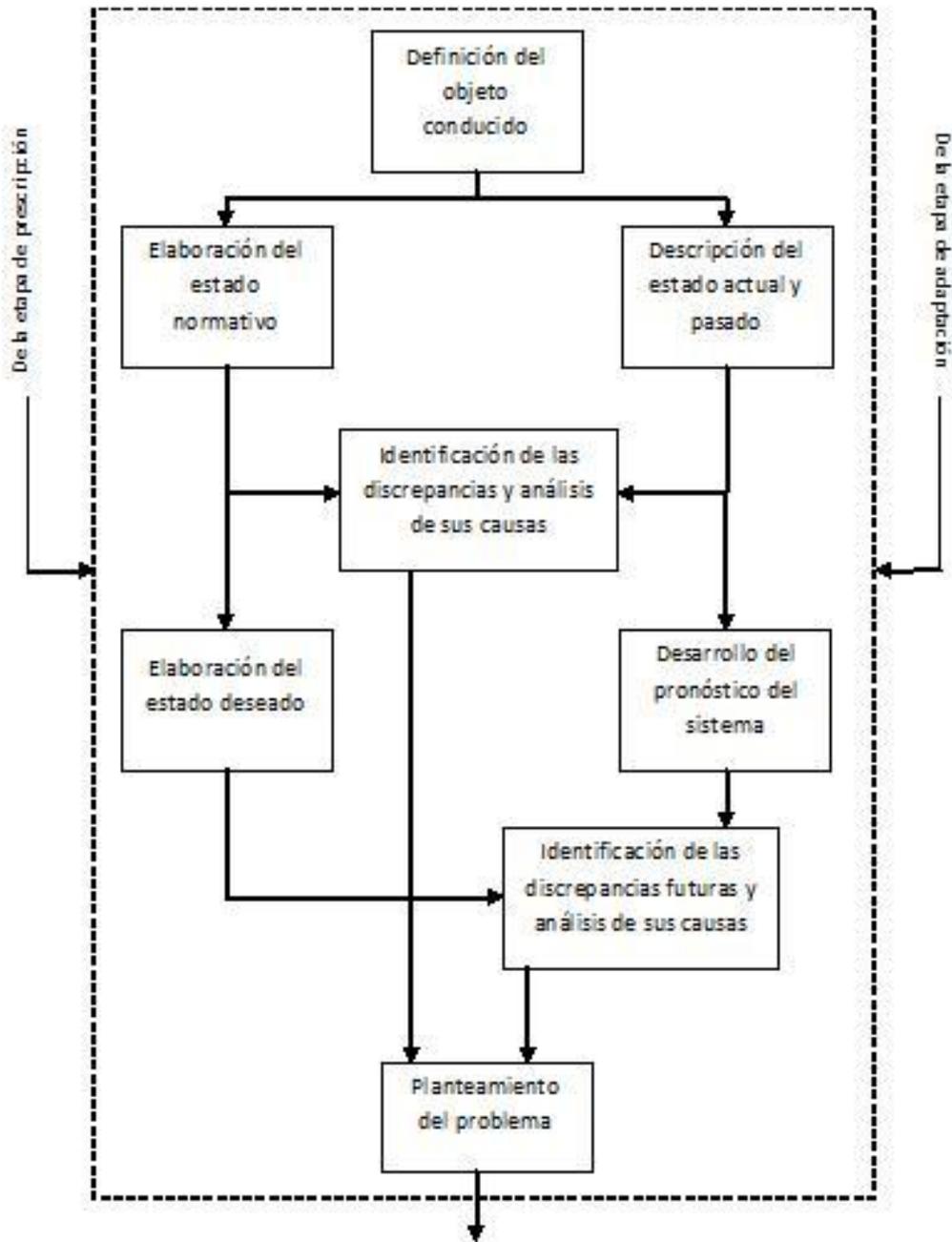


Fig. 20. Esquema de la estructura de la etapa de diagnóstico.

La etapa de prescripción trata de dar solución al problema planteado mediante el análisis de distintas alternativas factibles (con sus restricciones o limitaciones) para lograr un estado deseado (Fig. 21). Puede descomponerse en cuatro partes:

- Construcción de modelos para obtener y simular la solución del problema, así como para desarrollar en el diagnóstico el pronóstico del sistema.

- Definición de las distintas restricciones y formulación de criterios.
- Búsqueda de soluciones.
- Evaluación de las alternativas, a través de las diferentes técnicas de optimización y modelado, para seleccionar las factibles y mejorar según los criterios desarrollados.

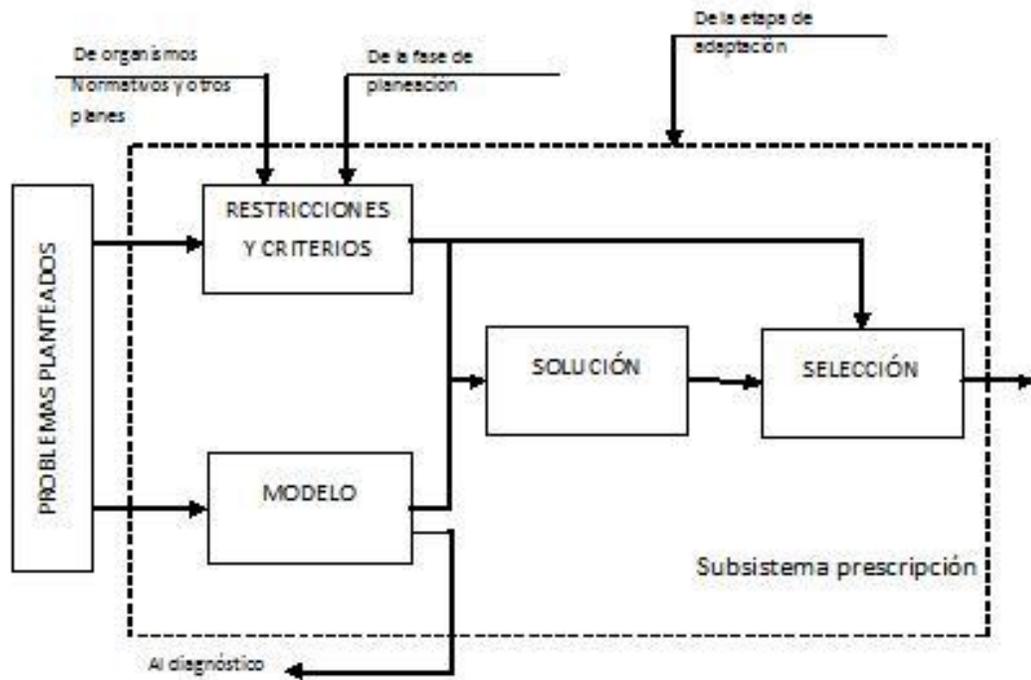


Fig. 21. Estructura de la de la etapa de prescripción.

La función básica de la tercera etapa, instrumentación de la solución, trata de formular los objetivos a lograr, de manera explícita, así como las políticas y programas, tomando en cuenta la asignación de los recursos. Para la definición de metas y formulación de programas, Ackoff señala que los elementos de la planeación se establezcan en forma jerárquica, mediante una planeación adecuada, esto es, los ideales por medio de la normativa, los objetivos por la estratégica, las metas por la táctica, los medios por la operacional, y por último, los recursos; interrelacionados todos a niveles diferentes (Fig. 22).

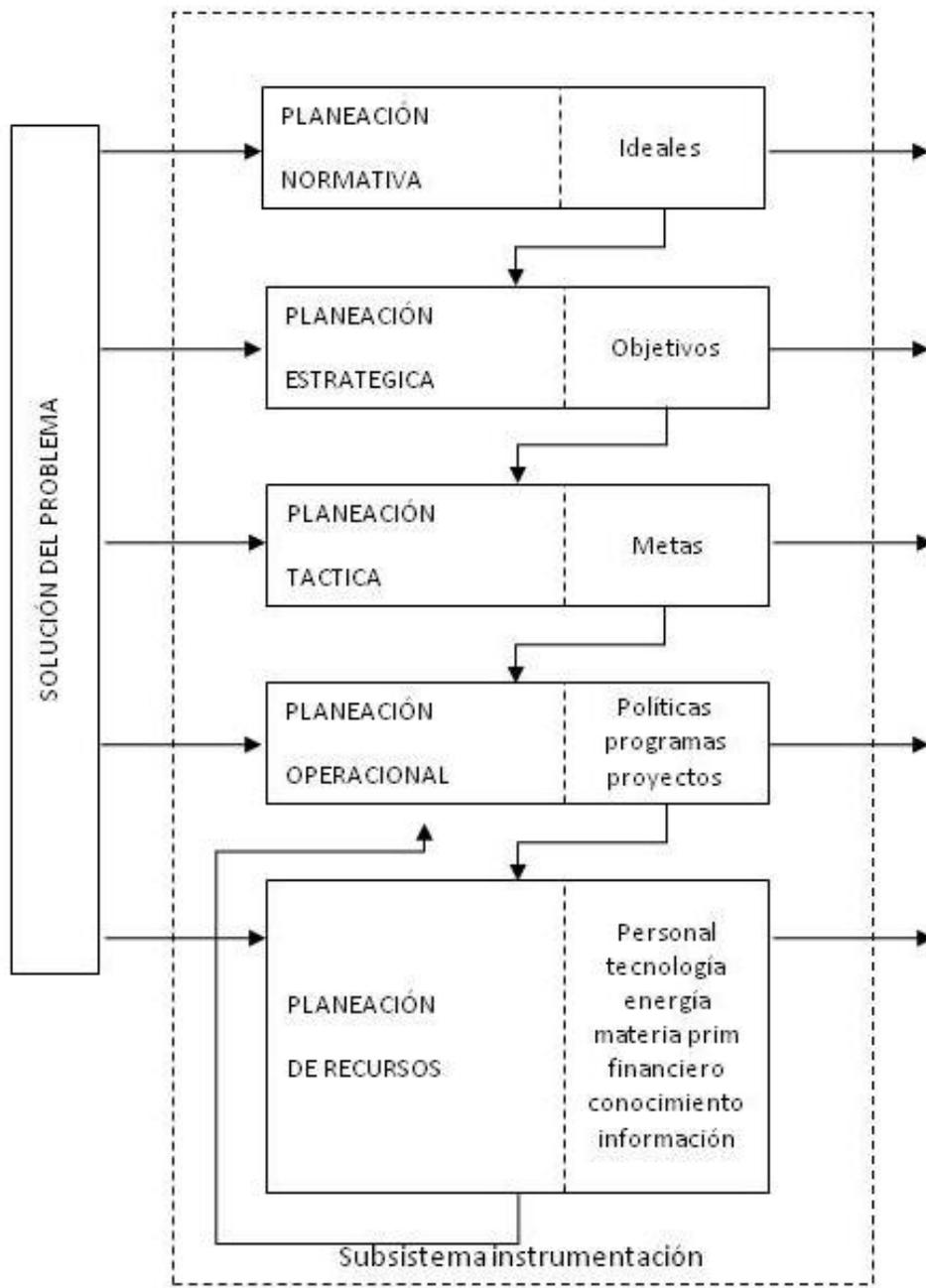


Fig. 22. Estructura de la etapa de Instrumentación de la Solución.

Al integrar los distintas etapas se enfatiza que el proceso de planeación no es lineal, sino que las interrelaciona en su desarrollo, produciendo ciclos.

5. Etapas para elaborar un Diagnóstico.

Un diagnóstico es un proceso el cual su función principal es conocer la situación actual del objeto de estudio u organización con respecto a su estado deseado, para así poder determinar los problemas que aquejan o que impiden que se logre ese estado idealizado.

En este trabajo estamos tomando como referencia la etapa de diagnóstico en el proceso de planeación propuesto por Ovsei Gelman, el cual se basa en el enfoque de sistemas, el paradigma cibernético y el proceso de conducción. A continuación se presenta un análisis y descripción de cada una de sus etapas, para después aplicarlas en la realización del diagnóstico de la cuenca del acuífero del valle de Toluca.

Definición del Objeto conducido.

Como ya se vio en el proceso de planeación es muy importante la definición correcta del objeto conducido, porque determina las partes que lo componen y como se comportan. Se ha detectado la necesidad de describir, analizar y explicar dicho objeto, ya que de no hacerlo puede producir alteraciones tanto a la planeación como al proceso de conducción, puesto que no es claro y puede estar incompleto.

Las características del objeto conducido son complejas y heterogéneas. Además, como es dinámico, durante su desarrollo histórico se hace más complejo. La evolución histórica del gobierno y la diferenciación de sus funciones ha dado lugar a descomponer la sociedad en distintos sistemas, objetos de conducción, de los que se encargan distintos organismos gubernamentales.

Para identificar los objetos conducidos deben analizarse las responsabilidades y atribuciones de los sistemas conducentes, tomando en cuenta la estructura jerárquica de dichos objetos conducidos.

La definición del objeto conducido consiste en conocer el papel que juega en otro más amplio, sus relaciones funcionales y estructurales con otros objetos del mismo nivel, así como analizar sus objetos parciales con sus funciones y estructura.

Elaboración del estado normativo.

Después de llevar a cabo la definición del objeto conducido y tenerlo bien identificado y definido, ya podemos saber sobre lo que vamos a trabajar y entonces podemos realizar un estado normativo, el cual consiste en elaborar una definición del objeto conducido con base en las normas y las directrices establecidas por la organización, como por los reglamentos y leyes que rigen su actividad, establecidas por organismos gubernamentales e internacionales.

Este estado normativo considera distintos niveles jerárquicos dentro de la organización y también como parte de un suprasistema en el cual tiene una función asignada y tiene que cumplir en conjunto con sus subsistemas los cuales a su vez, tienen que cumplir con su función apeándose a la normatividad correspondiente.

Durante la definición del objeto conducido se trata de conocer lo más posible la situación de este y sus elementos, los cuales también se tienen que someter a la observancia de la normatividad y tienen que ser considerados dentro de la elaboración del estado normativo.

Algo importante en este paso es la actualización de la información, ya que se tiene que estar al día en cuanto a los nuevos reglamentos y a las modificaciones a los ya establecidos, para que no se vaya a incurrir en algún incumplimiento que vaya a generar problemas. Además que, el estar actualizado nos puede proporcionar una ventaja con respecto a nuestra competencia.

Descripción del estado actual y pasado.

Al mismo tiempo que se lleva a cabo la elaboración del estado normativo, se realiza la descripción del estado actual y pasado. Esto se hace en base a que ya está bien definido el objeto conducido y ya sabemos con exactitud sobre los puntos que se van a trabajar, para no estar recabando información que no va a ser de utilidad para el fin que buscamos, ya que durante este proceso utilizamos recursos que si no son bien utilizados, se vuelven un gasto innecesario que se está desperdiciando.

Como su nombre lo dice, este paso está conformado por dos aspectos, la descripción del estado actual y la descripción del estado pasado. La descripción del estado actual se realiza haciendo la recolección de la información del objeto conducido, cómo se encuentra en ese momento, sobre las partes u objetos parciales que lo componen y sus relaciones entre sí, como también por las relaciones funcionales y estructurales que tiene el objeto conducido con otros objetos del mismo nivel y su suprasistema.

Para esta descripción del estado actual se recolecta información de varias fuentes, que pueden ser tanto internas como externas. Las fuentes internas son cada una de las partes que componen al objeto conducido y que intervienen en el proceso para alcanzar los objetivos planteados. Estas fuentes nos proporcionan información de distintas características y cómo influyen para que se tenga el estado de insatisfacción que se refleja en la problemática. Esta información nos proporciona datos como por ejemplo: si los suministros o los recursos son suficientes o son escasos; si los procesos que se llevan a cabo son los correctos o necesitan modificaciones o cambiarlos completamente; cuáles son los objetivos y metas que se establecieron para el objeto conducido, etc.

Las fuentes externas son organismos que te proporcionan información sobre el entorno en el que te desarrollas o tu medio ambiente. Estos organismos pueden ser gubernamentales, internacionales, asociaciones, agencias, de educación, universidades, cámaras, empresariales, etc. Esta información es importante porque proporciona datos que ayudan a entender el entorno, los movimientos que se llevan a cabo, las tendencias, los aspectos que influyen directamente sobre el objeto conducido, las actualizaciones, las nuevas tecnologías, etc.

En la descripción del estado pasado, también se utilizan las fuentes internas y externas para la recolección de la información. En este caso la información que se necesita es la información que se ha generado durante el tiempo transcurrido.

Las fuentes internas nos proporcionan datos estadísticos sobre cómo se ha comportado tanto el objeto conducido como sus partes desde su aparición hasta la actualidad. La información que proporciona es, por ejemplo: como se realizan los procesos internos y las modificaciones que se han llevado a cabo, la evolución en sus formas de operar, los resultados obtenidos, la utilización de los recursos y su aprovechamiento, etc.

Las fuentes externas, como se dijo anteriormente, nos dan datos del comportamiento del entorno y su medio ambiente, pero en este caso durante el tiempo. Los datos históricos que proporciona son, por ejemplo: las necesidades que está cubriendo el objeto conducido y la evolución de la necesidad, el comportamiento que han tenido los objetos conducidos que están a su nivel en el tiempo, las modificaciones del entorno y como se han adaptado a este, etc.

Identificación de las discrepancias y análisis de sus causas.

Las discrepancias son las desviaciones que se tienen con respecto a lo que se tenía pensado que sucedería en cierto tiempo establecido por el conducente tomando en cuenta su medio ambiente.

Cuando ya se tiene desarrollado el estado normativo así como el estado actual, se puede hacer una comparativa entre estos, para identificar en donde están las desviaciones y por qué existen. Durante esta comparativa el estado normativo es

lo que se tiene pensado o establecido que sucederá y que se debe de cumplir, eso está establecido tanto por el sistema conducente como por el entorno o medio ambiente.

Cuando ya se han identificado las discrepancias se tienen que analizar las causas que las provocaron para identificar su origen y realizar las modificaciones necesarias para que no se vuelvan a repetir y se puedan alcanzar los objetivos establecidos. Este análisis es muy importante ya que si solo se trata de corregir las discrepancias con “parches” para que continúe el proceso, la raíz de estas discrepancias permanecerán y tarde o temprano se volverán a repetir las desviaciones y esto afectará nuevamente al objeto conducido y el avance que haya tenido, así como a su entorno.

Elaboración del estado deseado.

Para la etapa de elaboración del estado deseado se tiene que tomar como base el estado normativo, ya que es éste el que guía y delimita el entorno tanto interno como externo en el que se puede mover el objeto conducido. El estado deseado es la idealización de cómo quieren que esté el objeto conducido dentro de cierto tiempo determinado. El estado deseado externo es como se quiere que se encuentre el objeto conducido con respecto a su suprasistema y con respecto a los otros objetos conducidos que se encuentran a su nivel, por ejemplo: su posición, su influencia, sus relaciones, etc. El estado deseado interno es cómo estará el objeto conducido en cierto tiempo con respecto a su funcionamiento interno, cuáles son sus subsistemas, como son sus relaciones entre subsistemas y con el exterior, sus procesos, etc.

La elaboración del estado deseado tiene que ser algo creíble y alcanzable, no se deben hacer unas proyecciones a muy largo tiempo porque no se sabe si todavía existirá el objeto conducido o se haya modificado o hayan cambiado sus objetivos y fines. Además, en este estado deseado se tienen que considerar todos sus elementos, ya que cada uno está conectado o relacionado con otros y todos tienen influencia en el objeto conducido.

Desarrollo del pronóstico del sistema.

Para lograr realizar el pronóstico del sistema es necesario tomar en cuenta la etapa de descripción del estado actual y pasado, ya que este pronóstico está basado en la situación en la que se encuentra el objeto conducido. La etapa anterior nos da la información del comportamiento que ha tenido durante un periodo de tiempo anterior y esta información sirve para saber cuál va a ser la tendencia del objeto conducido si no se realizan cambios sobre éste.

Este pronóstico del sistema a realizar tiene que tomar en cuenta cada uno de los elementos que forman parte de objeto conducido, ya que de no hacerlo puede no ser correcto y tener desviaciones con respecto a los acontecimientos futuros y no

estar preparados para manejar esta situación. Al tomar en cuenta todos los elementos, tendremos el comportamiento de cada uno como también del sistema en su conjunto. Ahora saber el comportamiento del elemento nos puede ayudar a identificar cuáles necesitan cambios en su actuar y cuáles no lo necesitan ya que el pronóstico es favorable.

Identificación de las discrepancias futuras y análisis de sus causas.

Después de elaborar el estado deseado y desarrollar el pronóstico del sistema, los resultados obtenidos de estas dos etapas anteriores se comparan, para identificar las diferencias entre éstos y hacer un análisis del por qué existen tales diferencias. El estado deseado es el que se toma de referencia para el análisis, ya que traza la línea que se debe seguir y cuando el pronóstico del sistema se compara con éste, ayuda a determinar cuáles son las desviaciones y las causas que las están originando.

La identificación de las discrepancias futuras y sus causas es una etapa muy importante en el proceso, ya que al conocer las causas, podemos tomar decisiones antes de que existan o continúen en el futuro y evitar problemas. Como se ha dicho en los pasos anteriores, es importante que se tomen en cuenta todos los elementos aunque sean de distinta naturaleza, que influyen en el sistema.

Planteamiento del problema.

Al final del proceso se recopila la información resultante del paso de *identificación de las discrepancias y análisis de sus causas*, y de la etapa de *identificación de las discrepancias futuras y análisis de sus causas*, para determinar el sistema de problemas que va a existir durante el periodo de tiempo determinado y tomar las acciones necesarias para eliminar o disminuir este sistema de problemas y alcanzar los objetivos que se plantearán en el proceso de planeación.

6. Conclusiones

El enfoque sistémico es la aplicación de la teoría general de los sistemas en cualquier disciplina.

La teoría general de los sistemas se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo interdisciplinarias. Se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen.

El diagnóstico está compuesto por subsistemas que son las partes que lo componen y dentro de un suprasistema que en este caso es el proceso de

planeación. Además, forma parte importante de las distintas metodologías de planeación, ya sea explícitamente como una parte de la metodología o sus pasos que lo componen dentro de otras partes de la metodología.

Por las características del caso de aplicación se selecciono al proceso de planeación de Gelman en su etapa de diagnóstico como base, ya que tiene una base en el enfoque de sistemas y define a un objeto conducido y un sistema conducente, así como las relaciones que existen entre ellos tanto de información como de ejecución. Además de que una de sus características principales es ser multidisciplinario.

Capítulo 3. Caso de aplicación “Diagnóstico de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca”

1. Definición del objeto de estudio.

1.1. Antecedentes

El Valle de Toluca forma parte de la Cuenca Alta del Río Lerma, junto con el Valle de Ixtlahuaca, tiene un buen potencial de aguas subterráneas el cual ha sido mermado por la explotación, las extracciones han rebasado la potencialidad de los acuíferos, es decir, el monto de la recarga media anual, ante el aumento de una demanda siempre creciente, que se reflejan en un abatimiento de los niveles piezométricos y deformación del terreno.

La importancia del manejo y administración de las aguas subterráneas es evidente, más aún en aquellas regiones donde es significativa su participación como fuente de abastecimiento; por otro lado, el establecimiento de políticas de manejo puede resultar una tarea compleja, ante esta situación se determinó la nueva regionalización hidrológica-administrativa y en la Gerencia Regional Lerma-Santiago-Pacífico, con sede en la ciudad de Guadalajara, quedó comprendido el **ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA** en la cuenca alta del Río Lerma, mediante acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 18 de mayo de 1998.

1.2. Localización

1.2.1. Macro localización

La Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca pertenece a la región Hidrológico-Administrativa VIII Lerma-Santiago-Pacífico, como se aprecia en la figura 23.

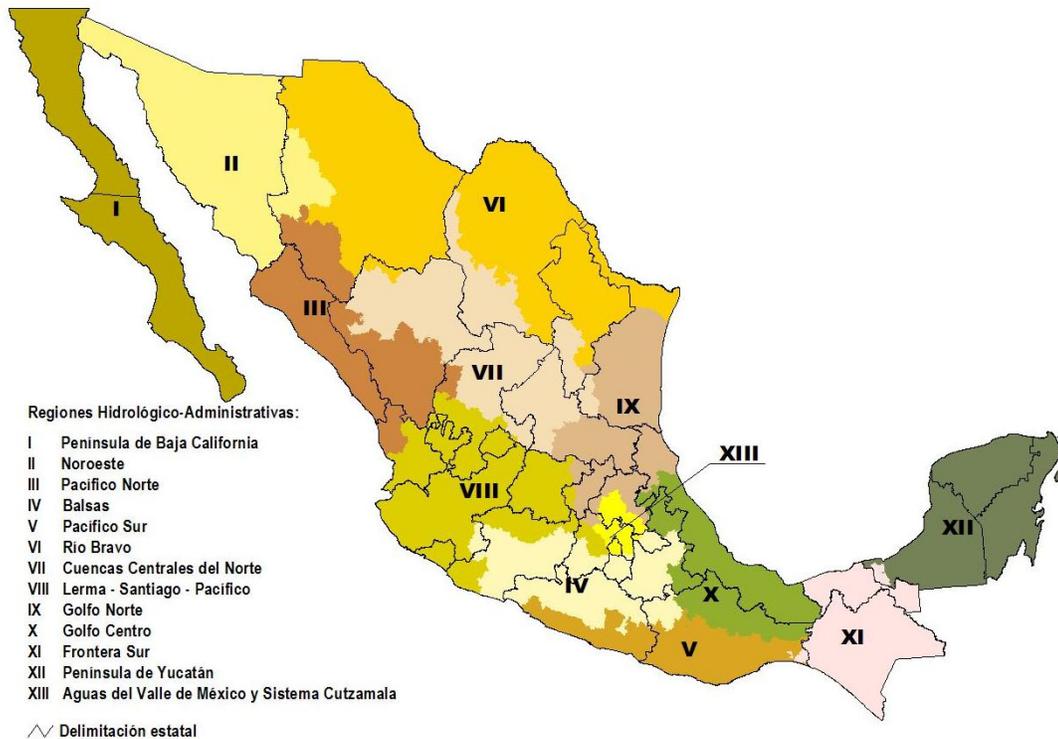


Fig. 23. Regiones hidrológico - Administrativas³.

Con base en la regionalización para el manejo de agua de la Comisión Nacional del Agua, la Región VIII Lerma-Santiago-Pacífico se encuentra delimitada por el parteaguas natural del sistema hidrológico Lerma-Santiago, desde sus orígenes hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, incluyendo las cuencas cerradas de Pátzcuaro, Cuitzeo y Sayula-San Marcos, su extensión superficial es de 134 581 km², y colinda por el oriente con la del Valle de México, al nor-oriente con Golfo Norte, al norte con Nazas Aguanaval, al nor-poniente con Pacífico Norte, al sur con Pacífico Centro y por el poniente con el Océano Pacífico.

1.2.2. Micro localización

La Cuenca del Acuífero Valle de Toluca se localiza en el Estado de México, en la cuenca Alta del Río Lerma, situada al sur del Altiplano Mexicano y limitada al norte por el acuífero de Atlacomulco-Ixtlahuaca, al sur por el cerro de Tenango, al sur-poniente por el volcán Nevado de Toluca y al oriente por la Sierra de las Cruces y Monte Alto, respectivamente.⁴

³ Fuente: <http://www.ceajalisco.gob.mx/images/cuencas/rh-admin.gif>

⁴ "Plan de manejo de la Cuenca del Río Lerma en el Valle de Toluca" Informe final. CONAGUA - GTZ. México 2008.

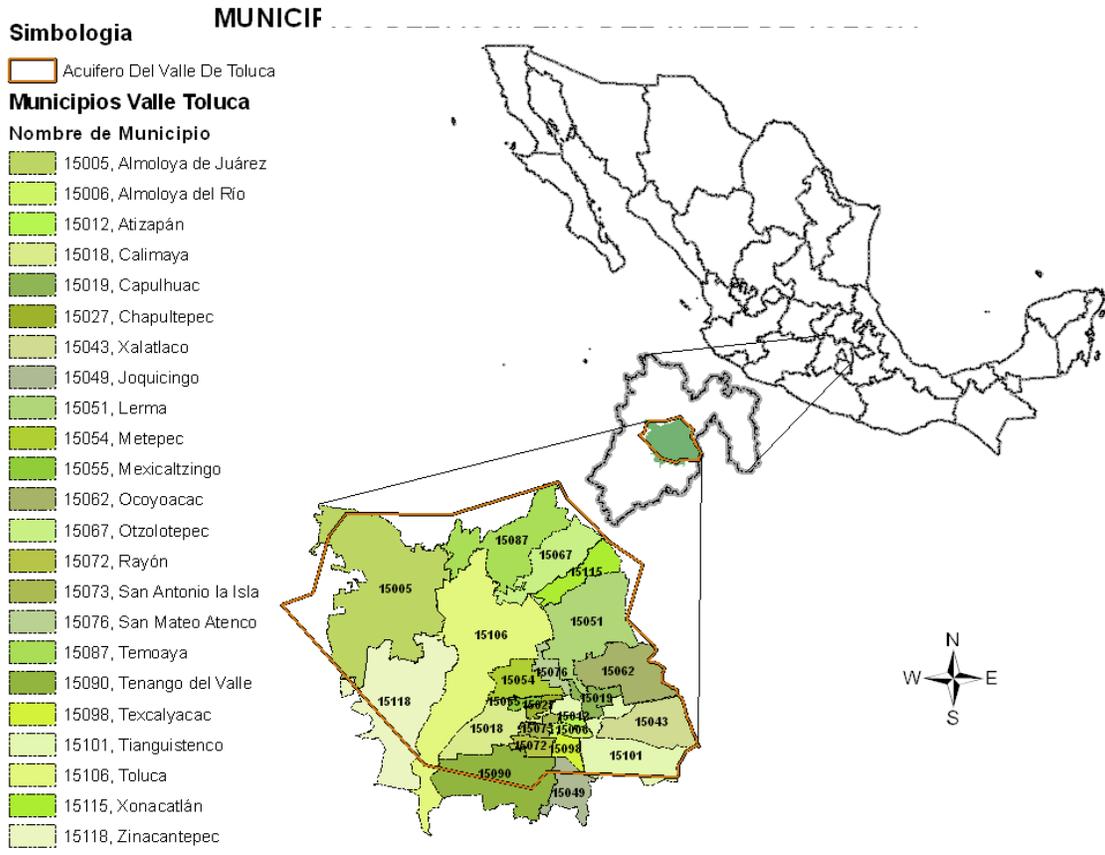


Fig. 24. Municipios de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca⁵.

1.3. Superficie

La zona bajo estudio se constituye por 23 municipios con una superficie total aproximada de 2738 km², lo que representa el 12,17% de los 22 499,95 km² del territorio con que cuenta el Estado de México.

1.4. División política

Los municipios que conforman la zona de estudio son:

⁵Elaborada con base en los datos de la GEOBASE.

Municipios	Altitud Msnm	Superficie Km²	Superficie %
Almoloya De Juárez	2 605	483,77	17,79%
Almoloya del Río	2 610	6,44	0,24%
Atizapán	2 585	8,42	0,31%
Calimaya	2 690	103,11	3,79%
Capulhuac	2 625	21,5	0,79%
Chapultepec	2 590	11,82	0,43%
Joquicingo	2 620	49,32	1,81%
Lerma	2 570	228,64	8,41%
Metepec	2 619	70,43	2,59%
Mexicaltzingo	2 595	12,2	0,45%
Ocoyoacac	2 590	134,71	4,95%
Otzolotepec	2 575	127,95	4,70%
Rayón	2 591	20,6	0,76%
San Antonio la Isla	2 585	24,15	0,89%
San Mateo Atenco	2 570	12,58	0,46%
Temoaya	2 675	199,63	7,34%
Tenango del Valle	2 605	208,88	7,68%
Texcalyacac	2 585	17,99	0,66%
Tianguistenco	2 620	122	4,49%
Toluca	2 660	420,14	15,45%
Xalatlaco	2 770	93,23	3,43%
Xonacatlán	2 570	32,87	1,21%
Zinacantepec	2 745	309,18	11,37%

Tabla 1. Municipios del Valle de Toluca⁶

⁶ Estadística Básica Municipal. Edición 2007.

Cinco de los 23 municipios abarcan aproximadamente el 61% del territorio de la zona de estudio: Almoloya de Juárez, Lerma, Tenango del Valle, Toluca y Zinacantepec. Situación que puede ser considerada como clave para el análisis de impactos por municipio para la Cuenca.

Los 23 municipios que comprenden la Cuenca, comprenden 1 283 localidades, entre ciudades, villas, pueblos, rancherías y otros. Sin embargo la mayor parte de la población se concentra en tres asentamientos que son: la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca que comprende los municipios: Toluca, Metepec, Lerma, San Mateo Atenco, Zinacantepec, Xonacatlán, Calimaya, Chapultepec y Mexicalzingo. Los otros dos asentamientos corresponden a los municipios Calpulhuac – Tianguistenco y Tenango del Valle.

Municipios	Número de localidades 2005	Ciudad	Villa	Pueblo	Ranchería	Otros
Almoloya de Juárez	77		2	18	27	30
Almoloya del Río	13			1		12
Atizapán	23			1		22
Calimaya	65		1	7		57
Capulhuac	32		1	3	3	25
Chapultepec	16			1		15
Joquicingo	5			2		3
Lerma	53	1		2	2	48
Metepec	139	1		11		127
Mexicalzingo	9		1			8
Ocoyoacac	72		1	5	24	42
Otzolotepec	53		1	6		46
Rayón	20			2		18
San Antonio la Isla	14		1	1		12
San Mateo Atenco	23			1		22

Temoaya	63			10	3	50
Tenango del Valle	89		1	10	1	77
Texcalyacac	12			1		11
Tianguistenco	63	1		9	22	31
Toluca	347	1		24		322
Xalatlaco	21		1		11	9
Xonacatlán	33			4	2	27
Zinacantepec	41		1	9	5	26

Tabla 2. Localidades por municipio del Valle de Toluca⁷

1.5. Fisiografía

La cuenca se localiza en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, la cual se caracteriza por una serie de manifestaciones volcánicas, las más importantes del país, que dieron origen, entre otros relieves, al Popocatepetl, Iztaccihuatl y Nevado de Toluca, a cuyos pies tiene asiento Toluca, capital del Estado de México.

En la parte oriente del valle, se ubica una cadena montañosa denominada Sierra Las Cruces, formada de rocas andesíticas y conos basálticos, cuya altura máxima oscila entre 2 850 y 3 700 msnm. La serranía del Ajusco se encuentra en la parte sureste y la constituyen básicamente rocas basálticas, conos y cenizas. La altura de esta zona sobrepasan los 3 000 msnm. La parte más alta divide el drenaje de la cuenca del Lerma y del Valle de México. En la parte suroeste se puede observar la unidad geomorfológica del Nevado de Toluca, cuya altura máxima es de 4 565 msnm y que estriba con la serranía del Ajusco. Estas dos últimas zonas junto con las serranías que se desarrollan en la parte oeste deslindan el parte aguas de la cuenca Balsas-Mezcala con la del río Lerma-Santiago.

La cuenca presenta dos niveles de drenaje: uno sobre las serranías y otro sobre el valle central. En éste último se desarrolla el cuerpo receptor principal de la considerada parte alta de la cuenca del río Lerma, cuyas aguas terminan en el océano Pacífico.

⁷ Ídem.

1.6. Hidrología superficial

1.6.1. Región hidrológica y cuenca

En relación con la hidrografía superficial, la zona estudiada queda comprendida dentro de la región hidrológica No.12 Lerma-Santiago, en la cuenca del río Lerma. El escurrimiento superficial más importante es el colector principal del río Lerma. Hace todavía algunos años se originaba con los manantiales que formaban las lagunas de Almoloya del Río, Lerma y San Bartolo, constituyendo las tres una zona lacustre en proceso avanzado de senectud. Con el paso de los años y la explotación excesiva de los acuíferos, han desaparecido los manantiales y las lagunas, pero en cambio, ahora el cauce del río Lerma recibe aportaciones importantes de las aguas residuales de Toluca y poblaciones vecinas, así como del corredor industrial Toluca-Lerma, representando actualmente una de las cuencas más contaminadas del país en su tramo Lerma-Atzacomulco⁸.

La subregión del Alto Lerma comprende desde los orígenes del río Lerma, en el Estado de México, 25 kilómetros al sureste de la ciudad de Toluca, capital del estado, y a 55 kilómetros al suroeste del centro de la Ciudad de México, capital de la República Mexicana, hasta la presa Solís, incluyendo las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo.

El área drenada por estos sistemas hidrológicos es de 13 781 km², con un escurrimiento superficial natural de 2 156 hm³, 34% de la disponibilidad regional. Es importante aclarar que el área de las cuencas cerradas es de 4 901 km² y que el escurrimiento que se presenta en ellas es 763 hm³, 36% del subregional.

La parte más alta de la cuenca se ubica al poniente en el Nevado de Toluca, a más de 4 560 msnm; donde tienen sus orígenes varias corrientes que forman los ríos Tejalpa, Verdiguél y Santiaguito. Este último descarga en el área de las lagunas, mientras que los otros lo hacen aguas abajo de éstas, ya sobre el cauce del río Lerma.⁹

En los últimos años se ha observado un continuo hundimiento homogéneo del Valle, que se percibe conjuntamente con el aumento del nivel piezométrico¹⁰, principalmente donde tiene su origen el río Lerma, que es propiamente una zona lacustre. Eso causa que aguas arriba la pendiente disminuya gradualmente.

⁸ Zonas de Reserva de agua potable para la Cd. de Toluca; CONAGUA; 2003

⁹ Ídem.

¹⁰ Nivel Piezométrico: Elevación que alcanza el agua en un pozo artesiano al conectar el acuífero con la atmósfera.

El hecho de que el río Lerma es el único dren para desaguar esta zona, genera cierta preocupación porque se pone en riesgo a importantes zonas habitacionales e industriales.¹¹

1.6.2. Cuenca Alzate

En ella se ubica la parte más alta de la cuenca, al poniente en el Nevado de Toluca a más de 4 560 msnm, el colector principal es el río Lerma desde sus orígenes en la zona lagunar hasta donde se ubica la cortina de la presa José Antonio Alzate, que opera desde 1962, con una capacidad de 35.6 hm³. Recibe por la margen izquierda, las descargas de los ríos Verdiguél y Tejalpa, y en su margen derecha al río Otzolotepec. El área drenada por la presa es de 2 540 km². Esta cuenca cuenta con una estación hidrométrica, conocida como “Estación Hidrométrica la Y”, ubicada antes de llegar a la presa Alzate.

1.6.3. Cuenca Ignacio Ramírez

Al igual que todos los afluentes de la parte alta de la cuenca del río Lerma, el río de La Gavia tiene una pequeña cuenca de aportación de sólo 390 km², hasta 15 kilómetros antes de su confluencia con el río Lerma, en donde se construyó, en la década de los sesenta, la presa Ignacio Ramírez, que inició su operación en 1965, con una capacidad de 20 hm³. Sobre esta cuenca existen dos estaciones hidrométricas ubicadas, una antes de la presa, conocida como Puente Los Velásquez, y la segunda antes de la desembocadura con el colector principal, conocida como Estación Atotonilco II¹².

1.6.4. Clima

Para el valle de Toluca se clasifica como templado, subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de precipitación invernal menor de 5 mm. Hacia las

¹¹ Plan de Manejo del Valle de Toluca, Cuenca y Acuífero. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Programación / Dirección Local Estado de México (2004)

¹² Ídem.

estribaciones del Nevado de Toluca se torna a semifrío, subhúmedo y con lluvias de verano, con un porcentaje de precipitación invernal entre 5 mm y 10.2 mm.¹³

La temperatura media anual considerando todo el valle varía entre 12° y 13° C; en los meses de diciembre y enero es del orden de 9.5° C, a partir del cual se va incrementando hasta mayo, mes en que se registran temperaturas medias cercanas a 14° C, para volver a descender gradualmente hasta diciembre. La temperatura mensual y anual medias registradas en la estación climatológica Toluca, que puede considerarse representativa de la región bajo estudio en el período 1921-1966, la temperatura media resulta de 12.2° C en el año y los valores extremos de 13.3 y 10.5° C, también como valores promedio.

Respecto a la precipitación pluvial, la media anual está entre los 800 y 1,000 mm para el valle de Toluca; la estación más representativa, la de Toluca, registra 785 mm/año, con valores extremos de 1,183 y 776.4 mm/año, también como valores promedio. Hacia las faldas del Nevado la precipitación se incrementa a 1,200 y 1,400 mm anuales. La temporada de lluvias se presenta de mayo a octubre, siendo más intensa los meses de junio a septiembre, con valores cercanos a unos 140 mm mensuales. El estiaje tiene lugar entre noviembre y abril, con precipitaciones del orden de 12 mm/año.

La evaporación potencial en el período 1972-1991 resulta de 1,700 mm anuales en la porción noroeste del valle, disminuyendo hacia el sureste con valores del orden de 1,500 mm/año; hacia el Nevado se presentan valores menores, de 800 mm/año, estacionalmente manifiesta las siguientes características: los valores menores, de unos 90 mm mensuales, se presentan durante octubre a enero, para después incrementarse progresivamente hasta alcanzar máximos de unos 150 mm/mes, entre marzo y abril, para nuevamente ir disminuyendo hasta septiembre.

1.6.5. Infraestructura hidráulica.

La presa José Antonio Alzate, cuyo uso principal es el control de avenidas y almacenamiento para riego cuenta con una capacidad de 35.3 Mm³. La presa Ignacio Ramírez, para control de avenidas y de riego, se localiza en la porción noroccidental del Valle de Toluca, con 20.5 Mm³ de capacidad, se alimenta de los ríos Almoloya de Juárez, El Rosario y La Gavia, así como de los arroyos San Cristóbal y San Diego respectivamente, las descargas de la presa Ignacio Ramírez prosiguen por la prolongación del cauce del río La Gavia hasta entroncar con el río Lerma, la superficie regada entre ambas presas es de 8,000-00-00 has. para

¹³ *Ibidem.*

beneficiar al distrito de riego 033 en el valle de Ixtlahuaca-Atlacomulco-Temascalcingo.¹⁴

1.6.6. Hidrografía.

A partir del poblado de Lerma el cauce del río sigue una dirección más o menos franca hacia el norte, atravesando el valle de Ixtlahuaca hasta arribar a la ciudad de Atlacomulco, del Nevado de Toluca desciende el Río Ojo de Agua con dirección oriente hacia San Antonio la Isla, desembocando en la laguna Almoloya del Río, nacimiento antiguo del Río Lerma, donde también se concentran escurrimientos provenientes de la vertiente de la Sierra de Las Cruces, también del Nevado descienden en forma radial los siguientes escurrimientos: Río Verdiguél que atraviesa Toluca y descarga finalmente en el Lerma junto con las aguas residuales de la ciudad, otro principal afluente es el Río Tejalpa, además de los ríos y arroyos provenientes de la vertiente occidental de las Serranías, así mismo por la parte oriental provenientes de la sierra de Montealto y las Cruces con prolongación hacia el norte, descienden los ríos Ocoyoacac, Mayorazgo, Oztolotepec y el arroyo Temoaya entre otros, aportan al Lerma por su margen izquierda y descargan aguas arriba del embalse de la presa José Antonio Alzate

¹⁵.

¹⁴ Plan de Manejo del Valle de Toluca, Cuenca y Acuífero. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Programación / Dirección Local Estado de México

¹⁵ Ídem.

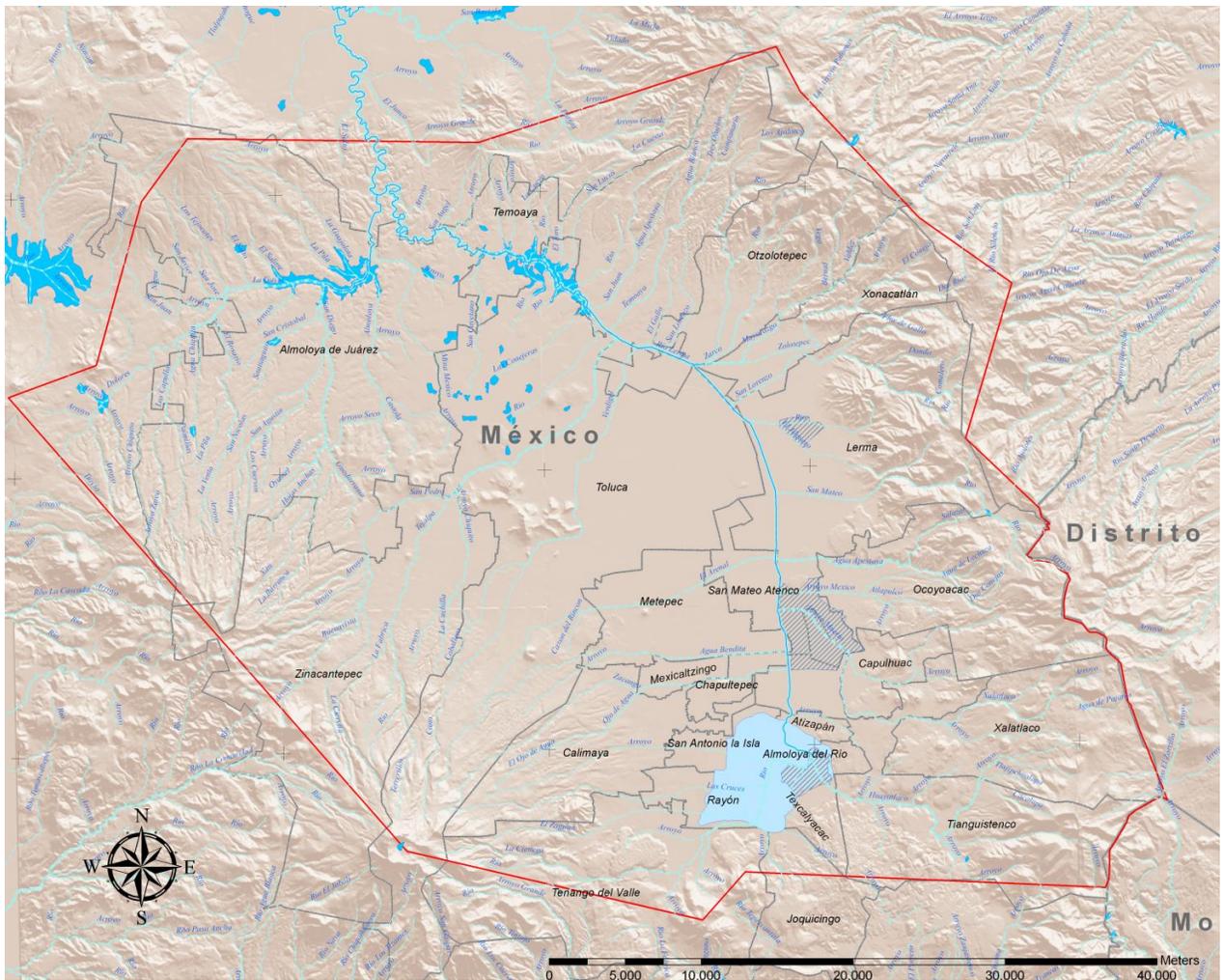


Fig. 25. Principales ríos y cuerpos de agua¹⁶.

En la figura 25 podemos observar el cauce del Río Lerma y su dirección que es de sur a norte, también se observan los distintos ríos y arroyos que se encuentran en el valle, y cómo aportan volumen al río principal que es el Lerma, con lo cual podemos concluir que si existe un gran volumen de agua en el Valle de Toluca, sin embargo, está mal aprovechado y desperdiciándose.

1.7. Geología

La cuenca se localiza en una zona volcánica donde las rocas aflorantes presentan edades que van del terciario medio (26 millones de años), al terciario reciente y pueden asociarse a tres grandes grupos que son los siguientes:

¹⁶ Elaborada con base en los datos de la GEOBASE.

1. Rocas de origen volcánico localizadas en las partes altas constituidas por basaltos y andesitas principalmente.
2. Materiales piroclásticos que se encuentran bordeando las sierras, incluyen tobas, aglomerados, brechas, cenizas volcánicas y depósitos de pie de monte.
3. Materiales producto de la desintegración y erosión de los dos grupos anteriores constituidos principalmente por arenas, gravas, arcillas, limos y depósitos lacustres.

La cuenca está constituida por materiales vulcano-sedimentarios, arenosos, limosos y arcillosos, y es aprovechado mediante pozos, aun cuando en la porción suroriental se encuentran pozos perforados en basaltos de la formación Chichinautzin, que por lo general proveen gastos mayores a los 60 lps por obra.

Las serranías que limitan el valle, tanto en la parte este como en la oeste, están formados por derrames lávicos de tipo basáltico andesítico, intercalado con tobas, aglomerados y brecha, que componen las zonas de recarga.

1.8. Hidrogeología

El sistema subterráneo hidrogeológico está formado por varios niveles acuíferos superpuestos que constituyen un acuífero multicapa, pero la existencia de cierta continuidad hidráulica permite considerar un sistema de flujo único. No obstante, existen diferencias significativas de carga hidráulica.

Los parámetros hidráulicos del acuífero del Valle de Toluca abarcan un amplio rango debido a la variabilidad litológica y geométrica de los depósitos. De todos modos se pueden diferenciar zonas en función de la transmisividad: la zona correspondiente al pie de monte de la Sierra de Las Cruces (NE), con valores que alcanzan hasta los 13 000 m²/día, el sector de Lerma con una transmisividad media de 950 m²/día, el área de Almoloya del Río (SE) con valores en torno a 22 000 m²/día y la parte central con una transmisividad que varía entre 90 y 400 m²/día. El coeficiente de almacenamiento varía entre 0.3 y 0.9%

La principal fuente de recarga del acuífero de Toluca proviene de las sierras circundantes, en particular, las faldas y pie de monte del volcán Xinantecatl, y de las sierras de Ajusco y de las Cruces. La recarga se produce sobre los abanicos aluviales de los cursos de agua que bajan de dichas sierras y en los fondos de los humedales del fondo del valle.

Para una descripción exhaustiva de las características del medio subterráneo consultar el informe del Análisis de Recarga al Acuífero del Valle de Toluca del Programa Detallado de Acciones del Plan de Manejo de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca¹⁷.

1.9. Demografía

La población que habita el Valle de Toluca es de aproximadamente 1 928 044 habitantes con una densidad de población de 704 hab/km², representando el 13,77% de la población total del Estado de México (14 007 495 hab)¹⁸. El crecimiento no ha sido homogéneo, se ha concentrado en áreas muy delimitadas, destacando los municipios de Toluca, Metepec, Lerma, Almoloya de Juárez y Zinacantepec.

En la siguiente tabla se observa el crecimiento de la población desde 1853 y se aprecia que el crecimiento más crítico se registró entre los años 1970 y 1980, con un valor de más de 51% en la tasa de crecimiento¹⁸. La explosión demográfica a partir de la década de los años 70 del siglo XX se vio estimulada por el desarrollo económico de la zona.

Año	Población	Tasa de crecimiento en el periodo %
1853	219 262	
1893	287 000	30,89
1950	361 466	25,95
1960	442 928	22,54
1970	623 290	40,72
1980	946 052	51,78
1990	1 257 043	32,87
1995	1 511 434	20,24
2000	1 743 704	15,37
2005	1 928 044	10,57

Tabla 3. Crecimiento de la población en el Valle de Toluca¹⁹

¹⁷ Zonas de Reserva de agua potable para la Cd. de Toluca; CONAGUA; 2003

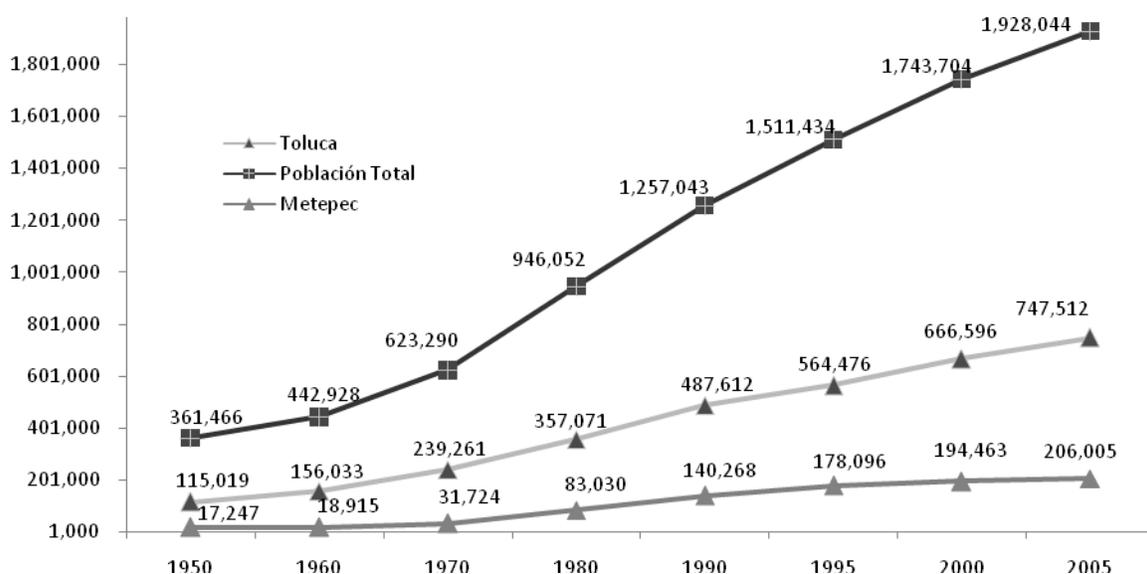
¹⁸ INEGI, Censo de población y vivienda, 2005.

¹⁹ Ídem

El crecimiento poblacional se concentra en los municipios de Toluca y Metepec con respecto al resto de municipios se atribuye principalmente:

1. La conurbación (con respecto al Distrito Federal).
2. La instalación del Corredor Industrial Toluca-Lerma.
3. Intercambio de mercados de trabajo.
4. La creación de áreas habitacionales.

La similitud entre el municipio de Metepec y el de Toluca con respecto del crecimiento poblacional, se puede apreciar en la gráfica 1, en donde además es posible identificar la misma tendencia con el crecimiento poblacional de todo el Valle de Toluca.

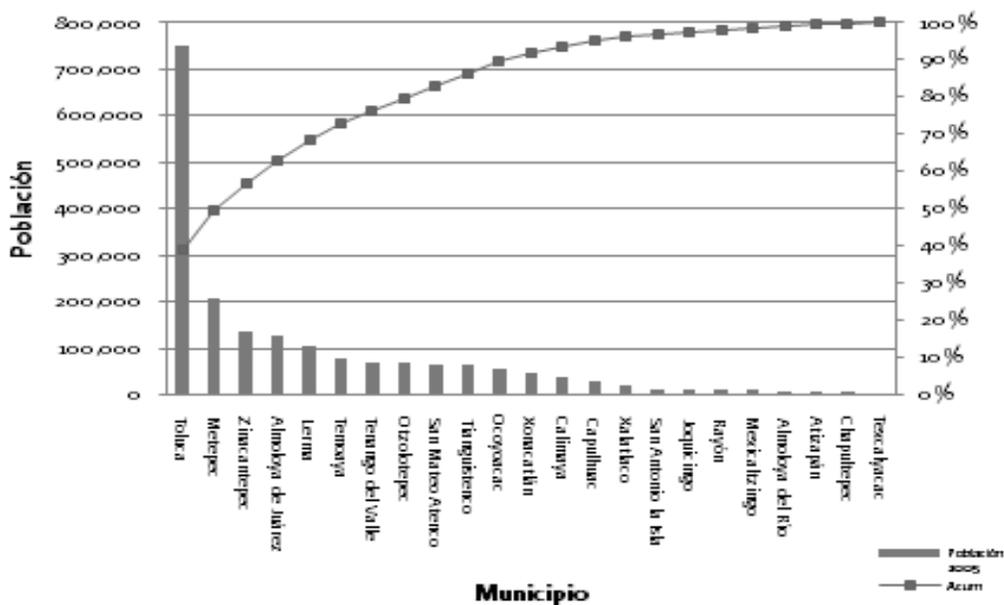


Gráfica 1. Evolución de la población en el Valle de Toluca.

La tabla 4 evidencia el cambio en los estilos de vida de las personas que habitan en el Valle de Toluca, puesto que se ha venido dando un decremento de la población rural con respecto a la población urbana, ya que de 1970 al 2005, la primera disminuyó más del 5%.

Año	Población en el acuífero del Valle de Toluca					
	Total		Urbano		Rural	
	Pobl.	(%)	Pobl.	(%)	Pobl.	(%)
1950	361 466	100,00%				
1960	442 928	100,00%				
1970	623 290	100,00%				
1980	946 052	100,00%				
1990	1 257 043	100,00%	967 016	76,93%	290 027	23,07%
1995	1 511 434	100,00%	1 178 968	78,00%	332 466	22,00%
2000	1 743 704	100,00%	1 416 423	81,23%	327 281	18,77%
2005	1 928 044	100,00%	1 583 008	82,10%	345 036	17,90%

Tabla 4. Población rural y urbana en el Valle de Toluca²⁰



Gráfica 2. Evolución de la población en el Valle de Toluca.

La mayor concentración poblacional se encuentra en siete de los veintitrés municipios que conforman el Valle, con el 80% de la población, situación que se muestra en la gráfica 2. Los municipios más poblados son: Toluca, Metepec, Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Lerma, Temoaya y Tenango del Valle.

²⁰ Estadísticas del Agua en México, Edición 2008. CONAGUA.

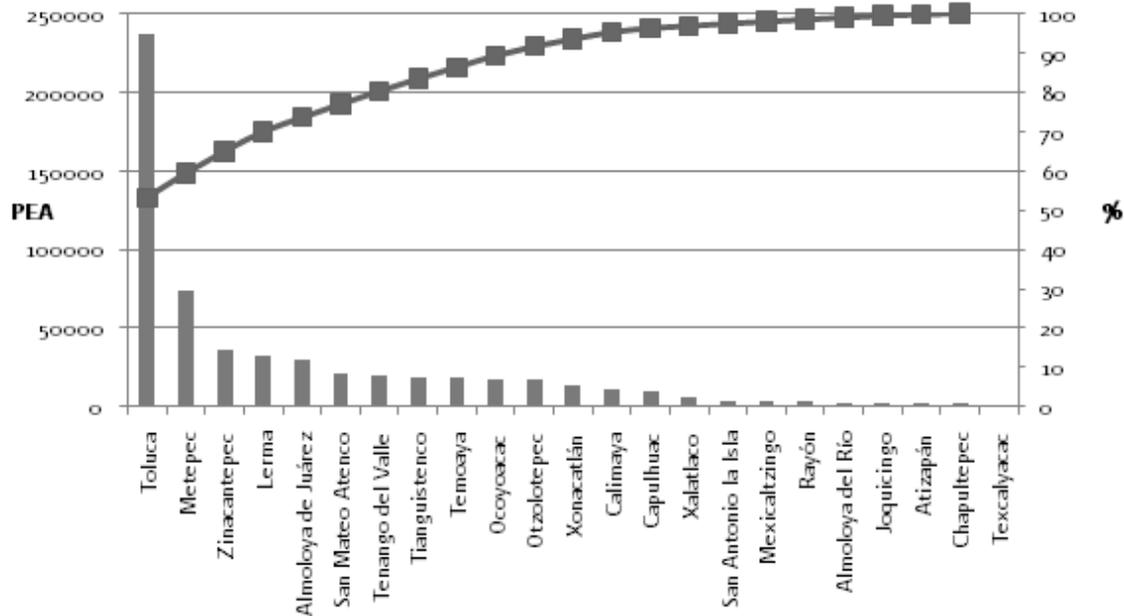
1.10. Población económicamente activa

Para el año 2005, según datos del INEGI, los índices más altos de la población económicamente activa se concentraban mayormente en los municipios de Toluca, San Mateo Atenco, Mexicaltzingo, Metepec, Chapultepec, Calpulhuac y Atizapán, con índices mayores a los 50 puntos porcentuales. En los casos de los municipios de Almoloya de Juárez, Joquicingo y Temoaya, se registraban los índices más bajos de la región con 41%, 40,8% y 42,2%, respectivamente.

Municipios	Población económicamente activa 2005 (Personas)	Población económicamente activa 2005 (%)
Almoloya de Juárez	29 392	41,0
Almoloya del Río	2 969	48,9
Atizapán	2 861	51,7
Calimaya	11 079	45,8
Capulhuac	10 188	51,4
Chapultepec	2 013	51,2
Joquicingo	2 911	40,8
Lerma	32 449	47,6
Metepec	73 905	52,2
Mexicaltzingo	3 365	52,8
Ocoyoacac	17 340	49,6
Otzolotepec	17 158	45,1
Rayón	3 078	47,6
San Antonio la Isla	3 392	47,4
San Mateo Atenco	20 769	50,9
Temoaya	18 504	42,2
Tenango del Valle	20 119	46,3
Texcalyacac	1 315	48,7
Tianguistenco	19 239	49,0

Toluca	237 157	50,7
Xalatlaco	5 966	47,7
Xonacatlán	13 693	47,4
Zinacantepec	36 241	43,9

Tabla 5. Población económicamente activa en el Valle de Toluca²¹



Gráfica 3. Población económicamente activa en el Valle de Toluca.

1.11. Producto Interno Bruto (PIB)

En términos generales, el PIB registrado en el Valle de Toluca es considerablemente alto, ya que para el año 2007 del total del PIB generado dentro del Estado de México, el 20% se genera en el Valle, porcentaje considerablemente alto, si tomamos como referencia que sólo 23 municipios de los 125 municipios que comprende el Estado. Como nota adicional, el PIB registrado para el Estado de México, incluye únicamente el acumulado para los municipios.

²¹ Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM) con información del INEGI

Año	Producto Interno Bruto (millones de pesos)	
	Edo. de México	Total Valle de Toluca
2000	168 922,80	32 636,42
2001	170 829,89	33 625,47
2002	169 181,27	33 392,58
2003	169 402,82	32 771,67
2004	176 343,87	36 133,37
2005	184 492,94	38 575,33
2006	195 784,85	40 404,91
2007	203 028,88	40 874,72

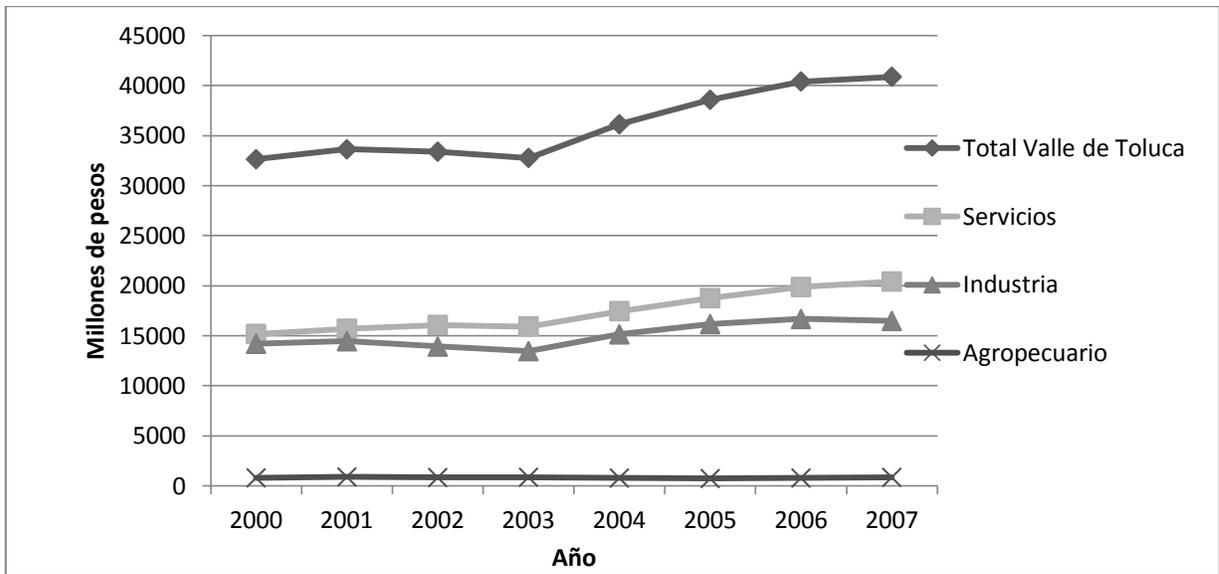
Tabla 6. Producto Interno Bruto en el Valle de Toluca²².

Por otra parte, para el año 2007, se observa que dentro los sectores de servicios e industrial, se concentra el 90% del PIB, dentro del Acuífero del Valle de Toluca. Cabe hacer la aclaración de que el PIB mostrado en la siguiente tabla, no incluye el impuesto a valores, que significa el otro 8% adicional.

Año	Producto Interno Bruto (millones de pesos)			
	Total Valle de Toluca	Sector		
		Servicios	Industria	Agropecuario
2000	32 636,42	15 173,39	14 189,64	792,05
2001	33 625,47	15 689,27	14 446,03	879,61
2002	33 392,58	16 075,47	13 912,91	819,52
2003	32 771,67	15 918,43	13 457,48	851,31
2004	36 133,37	17 456,02	15 131,52	774,89
2005	38 575,33	18 750,30	16 160,10	722,61
2006	40 404,91	19 864,56	16 664,99	776,05
2007	40 874,72	20 415,57	16 470,29	836,52

Tabla 7: Producto Interno Bruto por sector²³.

²² Estadística Básica Municipal. Edición 2007.



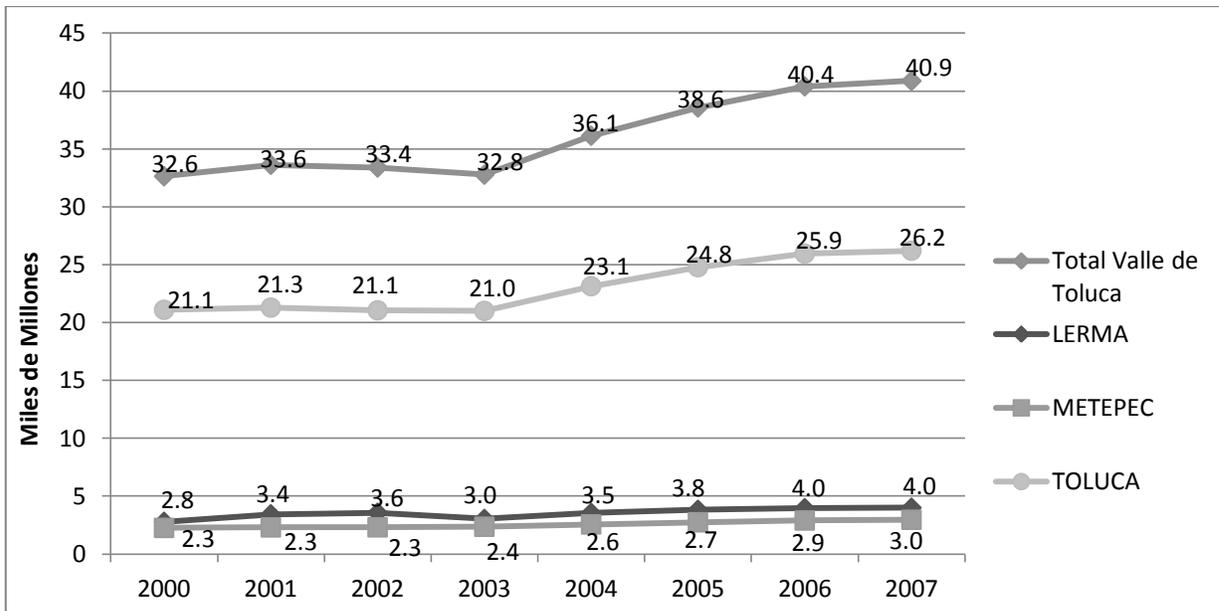
Gráfica 4. Producto Interno Bruto por sector²⁴.

Por otra parte, y dado la actividad del municipio de Toluca, se observa que el 64% del PIB, dentro del Valle de Toluca, es generado en dicho municipio, pero si le agregamos los municipios de Lerma y Metepec, se cuenta con el 81% del PIB generado dentro de la región del Acuífero del Valle de Toluca.

El PIB generado por los servicios es mayor que el PIB, generado por la industria y el sector agropecuario, de 2006 a 2007 el PIB se incrementó aproximadamente en un 1.15%. A pesar que los sectores industriales y agropecuarios generan la menor aportación del PIB son los que generan la mayor contaminación y sobreexplotación de los recursos hídricos de la cuenca.

²³ Ídem

²⁴ Producto Interno Bruto Municipal. 2008. Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM). Con base en: INEGI



Gráfica 5. PIB por principales municipios²⁵.

1.12. Agricultura

En lo que respecta a la agricultura se siembra principalmente maíz, forrajera, durazno, lechuga, betabel, cilantro, cebada, avena, chícharo, rábano, acelga, espinaca, quintonil, vinagrera, berro, xocoyol, nabo, quelite, huauzontle, maguey, nuez, manzana, pera, perón, membrillo, capulín, tejocote, durazno, chabacano, higos, haba, frijol y hortalizas, calabaza, chilacayote y en sistema de chinampas se cultivan col, coliflor, betabel, rábano y zanahoria.

1.12.1. Superficie

En el Valle de Toluca, se cuenta con 140 458 ha destinadas al sector agrícola. De esta superficie, solamente se tiene una superficie cosechada de 137 703 ha, por lo que únicamente se aprovecha el 98% de total.

²⁵ Ídem

Producto	Superficie sembrada 2006 (ha)	Relación de superficie sembrada 2006 (ha)	Superficie cosechada 2006 (ha)	Relación de superficie cosechada 2006 (ha)	Relación de superficie utilizada 2006 (ha)
Total Valle de Toluca	140 458	100,00%	137 703	100,00%	98,04%

Tabla 8. Hectáreas destinadas al sector agrícola²⁶.

1.12.2. Principales cultivos (estadísticas agrícolas)

En el Valle de Toluca, se registran cinco tipos de cultivos: avena, cebada, frijol, maíz y trigo. En la siguiente tabla se muestra que del total de la superficie sembrada, el 94,5% es utilizada para la producción de maíz y el 4,4% para la avena forrajera.

Producto	Superficie sembrada 2006 (ha)	Relación de superficie sembrada 2006 (%)	Superficie cosechada 2006 (ha)	Relación de superficie cosechada 2006 (%)	Relación de superficie utilizada 2006 (%)
Avena forrajera	6 244	4,45	6 221	4,52	99,63
Cebada grano	948	0,67	8	0,01	0,84
Frijol	34	0,02	34	0,02	100,00
Maíz forrajero	290	0,21	290	0,21	100,00
Maíz grano	132 795	94,54	131 003	95,13	98,65
Trigo grano	147	0,10	147	0,11	100,00
Total Valle de Toluca	140 458	100,00	137 703	100,00	98,04

Tabla 9. Superficie por principales cultivos en el Valle de Toluca²⁷

Asimismo y derivado de que en gran parte de la superficie se cultiva el maíz, se puede observar que del total de la producción obtenida, el 75,8% es maíz y el 24% corresponde a avena. Sin embargo, se observa que el mayor rendimiento se da en el maíz forrajero y en la avena con 29 y 27 ton/ha, respectivamente.

²⁶ Estadística Básica Municipal. Edición 2007.

²⁷ Ídem

Producto	Producción anual obtenida 2006 (Ton)	Rendimiento neto (Ton/ha)
Avena forrajera	170 593	27
Cebada grano	20	3
Frijol	33	1
Maíz forrajero	8 360	29
Maíz grano	527 477	4
Trigo grano	203	1
Total Valle de Toluca	706 686	5

Tabla 10. Producción obtenida por producto²⁸.

1.13. Industria

Las actividades industriales que se pueden mencionar en el área de estudio son de diversos giros, desde pequeñas agroindustrias para satisfacer las necesidades locales, hasta grandes transnacionales de producción predominantemente metal-mecánica, lo que hace que las aguas residuales contengan componentes múltiples y complejos²⁹.

En el año 2002 en esta zona se encontraban establecidas aproximadamente 2,524 industrias, con giros tales como: papeleros y sus derivados, alimentario, tabacalero, textil, maderero, químico, cementero, automotriz, hulero y de plásticos, de polímeros, de tenerías, de minerales no metálicos, del acero de maquinaria y equipo entre otras³⁰.

²⁸ Í Estadística Básica Municipal. Edición 2007.

²⁹ Informe Técnico Flujo de Contaminantes, PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA. CONAGUA - UNAM 2009

³⁰ Cedillo, Susana. Evaluación del efecto Genotóxico en Aguas Superficiales de la Cuenca Alta del Curso Alto del Río Lerma en las Células Meristemáticas de la Raíz de Vicia Faba. Tesis-UNAM, 2002. Pág. 31

Para el 2008 eran más de 3500 empresas con giros de la industria alimenticia, química farmacéutica, metalúrgica, descargan diariamente grandes cantidades de contaminantes³¹.

Las zonas industriales producen un volumen significativo de aguas residuales, debido a su naturaleza se consideran que las que poseen la mayor parte de contaminantes son aquellas generadas por los procesos de transformación de hierro, acero, papel y celulosa, textil, minerales no metálicos, plásticos y galvanoplastia de la tenería.

2. Elaboración del estado normativo.

Para la elaboración del estado normativo tomaremos como base el Índice de Sostenibilidad Integral de Cuencas (WSI por sus siglas en inglés), Desarrollado por la UNESCO. Basado en aspectos hidrológicos, ambientales, desarrollo humano y políticos. En el anexo A se explica en qué consiste y como se desarrollo este índice.

Recientemente, el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO - PHI adoptó un marco que incluye aspectos de hidrología, medio ambiente, vida y política. Con este marco (la plataforma HELP) se apunta a romper el llamado "bloqueo de paradigma", que impide acciones efectivas e integradas por diferentes actores de la cuenca (UNESCO 2005).

Un Índice de Sostenibilidad Integral de la Cuenca, que abarca diferentes aspectos socio-económicos y ambientales, y las respuestas sería de gran ayuda para acceder al nivel de sostenibilidad de las cuencas hidrográficas, lo que permite no sólo un marco de comparación, sino también una herramienta para identificar los cuellos de botella para lograr la sostenibilidad de la cuenca.

Teniendo en cuenta que la gestión de las cuencas es un proceso dinámico y holístico, y suponiendo que la sostenibilidad del agua de una cuenca hidrográfica está en función de la hidrología (H), medio ambiente (E), la vida (L), y la política de recursos hídricos (P), una dinámica se aplicó, el modelo de presión-estado-respuesta (OECD 2003) a los cuatro indicadores (H, E, L, P) en un esquema matricial. Como resultado de ello, un índice de sostenibilidad de cuencas - se obtuvo (WSI). Numéricamente, el WSI está dada por la ecuación 1:

³¹ García, Julisa. *Determinacion de la capacidad de adsorcion de cd, cu y pb por el sedimento de la presa José Antonio Alzate en el Estado de Mexico. Tesis-UAM, 2008.*

$$WSI = (H + E + L + P) / 4 \quad (1)$$

Cuando WSI (0-1) es el índice de sostenibilidad de cuencas, H (0-1) es el indicador hidrológico; E (0-1) es el indicador medio ambiente; L (0-1) es el indicador de la vida (desarrollo humano), y P (0-1) es el indicador de política. Con el fin de facilitar la estimación de los niveles de los parámetros por los usuarios, tanto los parámetros cuantitativos y cualitativos fueron divididos en cinco puntuaciones de la escala (0, 0,25, 0,50, 0,75, y 1,0).

2.1. Parámetros de Hidrología

En el indicador de hidrología, hay dos conjuntos de parámetros: uno en relación con la cantidad de agua y el otro a la calidad del agua. En el caso de la cantidad de agua, el parámetro es la disponibilidad de agua per cápita al año, teniendo en cuenta tanto las fuentes superficiales y subterráneas. Según Falkenmark y Widstrand (1992), el estrés hídrico se produce cuando la disponibilidad de agua cae por debajo de 1.700 m³/persona al año. Por lo tanto, se seleccionaron cinco niveles de disponibilidad de agua per cápita, múltiplos del estándar mínimo: (a) $W_a < 1,700$ m³/persona al año, (b) $1.700 < W_a < 3,400$; (c) $3400 < W_a < 5,100$; (d) $5100 < W_a < 6800$ m³/persona al año, y (e) $W_a > 6800$ m³/persona al año, correspondiente a muy pobre, pobre, medio, bueno y excelente la disponibilidad de agua per cápita, respectivamente.

En el caso de la calidad del agua, ya que la información de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅, en mg/l) está a menudo disponible en las cuencas hidrográficas, y ya que se correlaciona con otros parámetros importantes de calidad del agua (oxígeno disuelto, turbidez, las concentraciones de contaminantes), se selecciona como el parámetro de calidad. Si otros parámetros de calidad del agua (por ejemplo, nitrógeno) son más críticos que el DBO₅ en la cuenca, podrían ser utilizados como el indicador de la calidad del agua.

Ya que comparan la información de la disponibilidad de agua y calidad en el período analizado, con la media a largo plazo, los parámetros de presión hidrológicos tienen la ventaja de incorporar el clima eventuales variabilidad / cambio de impactos que, en ciertas condiciones, pueden afectar significativamente la disponibilidad de agua en las cuencas hidrográficas.

Indicadores	Presión			Estado			Respuesta		
Hidrología (Hydrology)	La variación en la disponibilidad de agua de la cuenca per cápita en el periodo	x<-20	0	Disponibilidad de agua per cápita de la cuenca (m3/persona al año), teniendo en cuenta tanto las fuentes superficiales y subterráneas	x<1700	0	Mejora en la eficiencia del uso del agua en el periodo analizado Mejora en el tratamiento de aguas residuales / enajenación en el periodo analizado	Muy pobre	0
		-20<x<-10	0.3		1700<x<3400	0.3		Pobre	0.3
		-10<x<0	0.5		3400<x<5100	0.5			
		0<x<10	0.8		5100<x<6800	0.8			
		10<x	1		x>6800	1		Medio	0.5
	Variación de DBO5 en la cuenca en el periodo analizado	x>20	0	Promedio a largo plazo en la cuenca del DBO5 (mg / l)	10<x	0		Bueno	0.8
		10<x<20	0.3		5<x<10	0.3			
		0<x<10	0.5		3<x<5	0.5			
		-10<x<0	0.8		1<x<3	0.8		Excelente	1
		x<-10	1		x<1	1			

Tabla 11. Parámetros de Hidrología.

2.2. Parámetros de medio ambiente

Como en Hidrología, los parámetros del entorno se dividieron en los niveles de presión, estado y respuesta. El parámetro de presión para el indicador de Medio Ambiente es el Índice de Medio Ambiente de presión (PAI), una versión modificada del Índice de Presión antrópica - API (Sawyer, 1997), y se estima por la variación promedio de la superficie agrícola y de la cuenca población urbana (en porcentaje), en el período estudiado:

$$EPI = (\% \text{ de variación del área agric.} + \% \text{ de variación de la pop. urbana}) / 2 \quad (2)$$

La proporción de áreas agrícolas y urbanas se sabe que se correlaciona con la calidad del agua de la cuenca (Hunsaker y Levine 1995). Además, ya que el primero es fácil de obtener de los censos agropecuario y de población, y desde otros parámetros ambientales, como los índices bióticos acuáticos, la integridad del hábitat ripario, etc. son raramente disponibles, en particular en los países en desarrollo, que fueron seleccionados como parámetros.

EPI puede ser positivo, negativo o cero. Los valores positivos indican presiones superiores a la vegetación natural restante de la cuenca (Estado del medio ambiente). Este parámetro de Estado tiene, a su vez, una alta correlación con la flora y la biodiversidad de la fauna, es un indicador de la integridad del medio ambiente en general de la cuenca (Emerton y Bos 2004).

Indicadores	Presión		Estado		Respuesta				
	Medio Ambiente (Environment)	Índice de presión para el Medio Ambiente en la Cuenca (rural y urbana) en el período estudiado	$x > 20$	0	Porcentaje del área de la cuenca bajo vegetación natural (Av)	$x < 5$	0	Evolución de las áreas de conservación de cuencas (áreas protegidas y mejores prácticas de gestión) en la cuenca, en el período estudiado	$x < -10$
$10 < x < 20$			0.3	$5 < x < 10$		0.3	$-10 < x < 0$		0.3
$5 < x < 10$			0.5	$10 < x < 25$		0.5	$0 < x < 10$		0.5
$0 < x < 5$			0.8	$25 < x < 40$		0.8	$10 < x < 20$		0.8
$x < 0$			1	$x < 40$		1	$x > 20$		1

Tabla 12. Parámetros de Medio Ambiente.

2.3. Parámetros de Vida

Los parámetros de los indicadores de la vida están relacionados con la calidad de la vida humana de la cuenca. Por lo tanto, el parámetro seleccionado para el estado de vida era el índice de desarrollo humano - IDH, en el año anterior al período estudiado. El parámetro de respuesta de La vida es el porcentaje de variación en la cuenca del IDH en el período estudiado en relación con el valor anterior, que proporciona una indicación de la evolución (positiva o negativa) de la calidad de vida en la cuenca.

En el caso del parámetro de presión de la vida, que se tomó como la variación de IDH- ingreso, un sub-indicador del IDH que representa el ingreso de la población de la cuenca, en el período estudiado. Los valores negativos de este parámetro indican que la población se empobreció en el período, y vice-versa. La variación de los ingresos medios de la población puede, a su vez, impactar en la sostenibilidad de la cuenca en su conjunto, ya que se sabe que afectan fuertemente los indicadores sociales, como la salud y la educación (Banco Mundial 2003, el Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos - WWAP 2006). La ventaja de usar tanto los sub-indicadores del IDH y sus parámetros de la vida es que a menudo están disponibles, sobre una base municipal. Ellos pueden ser, a su vez, fácilmente promediados para la cuenca, utilizando la población como factor de ponderación.

Indicadores	Presión		Estado		Respuesta				
	Desarrollo Humano (Live)	Variación en la cuenca del índice de desarrollo humano per cápita (IDH)-ingresos en el período estudiado, en relación con el período anterior	$x < -20$	0	Índice de Desarrollo Humano (IDH), ponderado por población de la comarca	$x < 0.5$	0	Evolución del índice de desarrollo humano en la cuenca, en el período estudiado	$x < -10$
$-20 < x < -10$			0.3	$0.5 < x < 0.6$		0.3	$-10 < x < 0$		0.3
$-10 < x < 0$			0.5	$0.6 < x < 0.75$		0.5	$0 < x < 10$		0.5
$0 < x < 10$			0.8	$0.75 < x < 0.9$		0.8	$10 < x < 20$		0.8
$10 < x$			1	$x < 0.9$		1	$x > 20$		1

Tabla 13. Parámetros de Desarrollo Humano.

2.4. Parámetros de política.

El parámetro de presión en política se supone que es la variación en el sub-indicador del Índice de Desarrollo Humano de la educación de la cuenca, en el período estudiado. Dado que este indicador mide el nivel educativo de la población, los valores positivos de la ampliación de la Iniciativa de Educación se correlacionan con la capacidad y la voluntad de la población a participar en la gestión de cuencas hidrográficas, poniendo más presión sobre los que toman las decisiones. Esta correlación se observó en varias cuencas en Brasil, donde mayores implicaciones sociales en la GIRH ocurrieron en las cuencas con mayor nivel educativo (Banco Mundial 2003). Además, es un parámetro simple y disponible, facilitando su uso.

El parámetro de estado de política es la capacidad institucional de la cuenca en la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), propuesta por el nivel de los marcos jurídicos e institucionales adecuados, así como el nivel de gestión participativa, en el período estudiado. Es uno de los pocos parámetros cualitativos de la WSI, variando desde muy pobre (0) a excelente (1,0). Si hay leyes de agua adecuado en la cuenca pero no se aplican o cumplen, un nivel intermedio (0.5) podría ser utilizado para el parámetro. Del mismo modo, si no existen leyes o instituciones, se le asigna una puntuación muy pobre (0) para este parámetro, y viceversa.

El parámetro de respuesta se calcula por la evolución de los gastos de la GIRH por cuenca en el período estudiado. Esto refleja la respuesta de las partes interesadas y los responsables políticos en la lucha contra los problemas de los recursos hídricos. Cuanto mayores sean los gastos en la GIRH, mayores serán las posibilidades de la cuenca a cumplir sus metas y objetivos relacionados con el agua, y viceversa. Puede ser positiva o negativa, lo que se traducirá en las puntuaciones que varían de 0 a 1.

Indicadores	Presión		Estado			Respuesta			
Políticas (Policy)	Variación en la cuenca del IDH-Educación en el período estudiado, en relación con el período anterior	$x < -20$	0	Capacidad institucional en la Cuenca en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (legal y organizativo)	Muy pobre	0	Evolución de los gastos de gestión de los recursos hídricos de la cuenca, en el período estudiado	$x < -10$	0
		$-20 < x < -10$	0.3		Pobre	0.3		$-10 < x < 0$	0.3
		$-10 < x < 0$	0.5		Medio	0.5		$0 < x < 10$	0.5
		$0 < x < 10$	0.8		Bueno	0.8		$10 < x < 20$	0.8
		$10 < x$	1		Excelente	1		$x > 20$	1

Tabla 14. Parámetros de Política.

2.5. Cálculo global WSI.

Después se obtienen los parámetros de todos los cuatro indicadores, y después de seleccionar un período específico para el análisis (por ejemplo, un período de 5 años, coincidiendo con los datos del censo IDH y otros disponibles), se calcula el WSI, de acuerdo a la ecuación 1.

3. Descripción del estado actual y pasado.

3.1. Disponibilidad del agua.

3.1.1. Disponibilidad natural

La disponibilidad del recurso agua parece que fue vasta en la época que antecede al siglo XX. Así lo demuestran manuscritos y croquis entre los siglos XVI, XVII y XVIII (GEM, 1993), donde se puede apreciar la existencia de diversos manantiales, derivaciones del río Lerma para riego y aun para agua potable, etc. Todavía para 1893, Don Vicente Villada, en la memoria de la administración pública del Estado de México durante el cuatrienio 1889-1893, reportaba la existencia de una gran cantidad de manantiales y ojos de agua en Lerma y Tenango, y 116 de los mismos distribuidos en varios distritos que actualmente integran a la cuenca del Lerma. En el mismo informe se reporta un inventario de lagos y lagunas entre las que destaca por su magnitud, la laguna del Lerma cuyas dimensiones eran de 11.2 km de largo por 4.8 km de ancho con una profundidad que oscilaba entre 5 cm y 5 m donde existían dos islas y confluían múltiples manantiales. De igual manera, se describe otra laguna en Tenango con dimensiones de 12 km de largo por 5 de ancho y una profundidad de entre 10 cm y 5 m, y en aquel tiempo sus aguas dulces se mantenían sin aprovechamiento. En sí, a lo largo de la cuenca se reportaba un gran número de cuerpos de agua, manantiales y arroyos. Tan amplia era la disponibilidad de agua que, de acuerdo a Lara (citado por Albores, 1995), en 1757 se inició un proyecto para desecar la ciénaga del Lerma, con la finalidad de desaguarla y poder utilizar los extensos terrenos que ocupaba. Un siglo más tarde se iniciaron los estudios y recorridos necesarios para dar salida al agua de la ciénaga que causaba inundaciones.

En 1899 se realizaron los primeros estudios para evaluar el potencial hídrico, con el objeto de abastecer de agua a la capital del país, opción que no se llevó a cabo, sino hasta 1931 cuando los ingenieros Juan de Dios Villarelo, Rafael Orozco y

Guillermo Terres realizaron los estudios que sirvieron para la elaboración del Plan Lerma con el que se abasteció de agua a la Ciudad de México.

El "Plan Lerma" se inicia en 1942 y se concluye en 1951, enviando 2.5 m³/s a la capital del país a través del túnel Atarasquillo - Dos Ríos, que tiene una capacidad de conducción de 14 m³/s; para 1957 el volumen explotado ascendía a 2.85 m³/s en promedio.

En 1958 el Gobierno del Distrito Federal realizó un estudio para evaluar el potencial de la zona con el objetivo de incrementar los volúmenes explotados. Los resultados indicaron que se tenía un potencial de explotación de 7.8 a 11.7 m³/s adicionales. En el mismo estudio se recomendó que en un lapso de 10 años, se abatieran los niveles freáticos entre 5 y 6 m, con el fin de evitar las pérdidas por evaporación estimadas en 90-150 Mm³. Lo anterior reduciría las áreas pantanosas y permitiría incorporar esas tierras a la agricultura; así también se aconsejó iniciar un programa de recarga artificial de la cuenca y los estudios para conocer el funcionamiento del acuífero.

Desafortunadamente, lo único que se llevó a cabo fue el incremento de los volúmenes explotados, para lo cual en 1966 se firmó un convenio entre el gobierno del estado de México y el Distrito Federal. En 1969, solo 3 años después de la firma del convenio, se habían perforado 132 pozos con los que sumados a los 97 existentes extraían 12.69 m³/s. En ese mismo período se construyeron 100 estaciones piezométricas, 28 pozos de observación, además, se llevaron a cabo 8 sondeos geológicos y 32 pruebas de bombeo de régimen transitorio iniciándose con esto los estudios para conocer el funcionamiento del acuífero, los cuales tenían un retraso de 11 años.

Una consecuencia de este incremento de las extracciones fue el abatimiento de los niveles freáticos en las norias de los pobladores del valle, lo que se solucionó con la perforación de pozos profundos y el establecimiento de redes de agua potable.

Aunado a lo anterior la demanda interna de agua en la cuenca aumentó al establecerse la zona industrial Toluca-Lerma, que provocó abatimientos de los niveles freáticos que variaban de 1 a 5 m en la ciudad de Toluca, 6 m entre Capulhuac y Almoloya y entre 0.5 y 2 m al oeste de Ixtlahuaca. Otro efecto negativo de esta explotación fue la disminución del aporte de los acuíferos al río Lerma

Por otro lado, prácticamente en forma paralela a lo acontecido con el agua subterránea, después de 1950 se inicia la explotación de las aguas superficiales con la construcción de las presas Trinidad Fabela, Dolores y Tepetitlán.

Posteriormente en la década de los 60 con la construcción de las presas Ignacio Ramírez y Antonio Álzate se incrementa esta explotación.

Posterior a 1969, y en las décadas siguientes, se incrementaron los volúmenes exportados a la ciudad de México hasta llevar al túnel Atarasquillo-Dos Ríos a su máxima capacidad con los consiguientes efectos negativos (desaparición de los manantiales, desecación de la Laguna de Lerma, etc.) lo que aunado a la creciente demanda interna de agua en la cuenca, por el acelerado crecimiento de la población, generó una grave problemática.

Es conveniente que la base de datos del REPDA sea revisada y actualizada, ya que la información revisada no se consolida ni presenta un comportamiento homogéneo ni congruente. Se sabe que en el periodo analizado (2002-2008), esta base de datos ha sido actualizada y que los volúmenes concesionados se están consolidando.

3.1.2. Balance hídrico.

En el año 2002, la Comisión Nacional del Agua realizó un balance hídrico de aguas subterráneas del acuífero Valle de Toluca previo a la determinación de su disponibilidad media anual. En este cálculo, se utilizaron las configuraciones piezométricas de 1970, 1992, 1996 y 2000.

Se estimó que las entradas de manera horizontal al acuífero ascendían a 157.68 hm³ anuales, de los cuales 94.61 hm³ son provenientes del Nevado de Toluca y 63.07 hm³ de la sierra de Las Cruces.

De la misma manera, se estimó que la recarga vertical proveniente de la infiltración del agua de lluvia era de 110.04 hm³ anuales; este valor fue determinado a partir de los siguientes datos: superficie de 2 053 km², precipitación de 800 mm anuales y coeficiente de infiltración de 0.067.

Adicional a la recarga vertical, en la estimación de la recarga inducida se consideró un retorno de aguas subterráneas aplicado al riego del 2% de un volumen de 3 000 m³/ha (300 mm). Un dato adicional para esta variable fue que dentro del área del acuífero se tiene una superficie de 21 233 ha, que se dedican a la actividad agrícola bajo riego. También se consideró la infiltración de los principales escurrimientos superficiales a lo largo de los cauces.

Por otra parte, los volúmenes de extracción por medio de pozos y norias principalmente, representaron la salida más importante. Para 1970 la extracción estimada fue en 353.9 hm³ al año, en tanto que para 1992 fue de 327.4 hm³, para 1996 de 327.4 hm³ y para el 2000 de 422.3 hm³.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos para el periodo 1970-2000.

	1970	1992	1996	2000
ENTRADAS				
Entradas subterráneas horizontales (Nevado)		179.4	94.5	94.6
Entradas subterráneas horizontales (Cruces)		119.6	63.0	63.1
Recarga vertical natural		81.0	98.2	177.8
Recarga natural inducida			0.8	1.3
Total Entradas	342.1	380.0	256.5	336.8
SALIDAS				
Salidas subterráneas	2.0	2.0	0.0	0.0
Extracción	353.9	327.0	327.4	422.3
Evapotranspiración		10.0	14.7	0.0
Total salidas	355.9	339.0	342.1	422.3
CAMBIO DE ALMACENAMIENTO	-13.8	41.0	-85.6	-85.5

Tabla 15. Balance hídrico 1970 - 2000

En el mismo estudio, se menciona que el cambio de almacenamiento se obtuvo a partir de la evolución observada de los niveles estáticos en el estudio de 1991; así para el período 1985-1990, se determinó una evolución media de 14 m en el período, mientras que para el periodo 1984-1996 de 12 m. Estos valores fueron utilizados, junto con un área de unos 1 900 km², para estimar el volumen drenado, el cual resultó de 1 197 hm³ y de 1 026 hm³, respectivamente, con un coeficiente de almacenamiento de 0.045, el volumen proveniente a costa del almacenamiento es de 85.5 hm³ anuales.

3.1.3. Balance hídrico actualizado y disponibilidad de agua subterránea.

De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación, publicado el 28 de agosto de 2009, las relaciones entre de las aguas subterráneas son como se indican en la tabla 16.

Acuífero	R	DNCOM	VCAS	VEXTET	DAS	DEFICIT
Valle de Toluca	336.8	53.6	435.660919	422.4	0	-152.510919

Tabla 16: Actualización del balance hídrico 2009³²

Cifras en millones de metros cúbicos anuales. R: recarga media anual; DNCOM: descarga natural comprometida; VCAS: volumen concesionado de agua subterránea; VEXTET: volumen de extracción de agua subterránea consignado en estudios técnicos; DAS: disponibilidad media anual de agua subterránea. Las definiciones de estos términos son las contenidas en los numerales “3” y “4” de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2000.

De acuerdo con el Diario Oficial, la disponibilidad media anual de agua del acuífero del Valle de Toluca al 28 de Agosto de 2009, es cero.

3.1.4. Calidad del agua.

La contaminación de esta área se deriva principalmente de las descargas sin tratamiento de aguas residuales municipales, industriales y retornos agrícolas a los principales cuerpos de agua de la zona como el río Lerma, y las Ciénagas de Lerma. La complejidad de la contaminación está en el hecho de que a la gran cantidad de materia orgánica generada por desechos humanos y desperdicios caseros, se adicionan residuos y productos de origen industrial o agrícola.³³

Entre los principales aspectos que tienen una relación directa con la contaminación del Acuífero del Valle de Toluca se pueden mencionar:

- ✓ La intensa actividad industrial
- ✓ La descarga de aguas municipales y no municipales sin tratamiento
- ✓ El crecimiento urbano
- ✓ Las actividades agrícolas

³² DOF, 28 Agosto 2009. P. 143

³³ Informe Técnico Flujo de Contaminantes, PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA. CONAGUA - UNAM 2009

La contaminación de los cuerpos de agua se debe a las descargas de aguas residuales municipales, industriales y retornos agrícolas sin tratamiento. Los contaminantes más frecuentes en el área de estudio son: materia orgánica, microorganismos, desperdicios industriales, metales pesados, plaguicidas, productos químicos domésticos.

Las zonas industriales generan una amplia contaminación principalmente derivada de la industria química, papel y celulosa, hierro y acero, textil, entre éstos se pueden mencionar minerales no metálicos, grasas y aceites y sustancias peligrosas como metales pesados y organoclorados.

Las aguas residuales agrícolas, se componen de una mezcla de los excedentes de aguas de riego y precipitación pluvial que retornan a los cuerpos de agua una vez que satisfacen la demanda de humedad del suelo y a su vez los requerimientos de los cultivos.

Entre los indicadores básicos para medir los estados de contaminación se encuentran la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suetos Totales (SST), y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅),

Los contaminantes más frecuentes en el área de estudio son: materia orgánica, microorganismos, desperdicios industriales, metales pesados, plaguicidas, productos químicos domésticos.

De esta amplia gama de contaminantes los metales pesados se consideran entre los más problemáticos, ya que su capacidad de combinación con la materia orgánica puede facilitar su ingreso a las cadenas alimenticias, lo que puede desembocar en intoxicación en los humanos y en la desaparición de ciertas especies. La concentración de contaminantes es mayor durante la época de estiaje.

Un claro ejemplo, de la contaminación presente en el área, es el río Lerma que recibe desechos antropogénicos a lo largo de su cauce, entre ellos metales pesados provenientes del corredor industrial Lerma³⁴.

A continuación se presentan los **indicadores básicos en el AVT**.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

Esta concentración varía en la zona de estudio entre 15 y 401 mg/L, la mayor concentración promedio se registra en mayo 147 mg/L período de estiaje y la menor en noviembre 45 mg/L.

³⁴ Ídem.

La zona Alzate presenta una concentración de 23 mg/L, a pesar de recibir descargas domésticas que provienen de los poblados aledaños. En Mezapa se ha logrado detectar hasta una concentración de 241 mg/L, este elevado nivel se debe a las descargas provenientes de Tenango. Aunque cabe destacar que en 2008 el Arroyo presentó una concentración promedio de 90 mg/L (datos CAEM³⁵).

El agua de la zona de Mezapa, México-Toluca y Toluca Naucalpan se pueden clasificar como fuertemente contaminadas $DBO_5 > 120$, ya que reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, tanto de origen municipal como no municipal. En Toluca-Naucalpan, según datos de CAEM, la concentración promedio para 2008 fue de 66.7 mg/L.

El resto de la Cuenca Alta del Río Lerma (CARL) se clasifica como contaminada $30 < DBO_5 < 120$. Se ha sobrepasado la capacidad de asimilar y diluir contaminantes (asimilación 2,92 mg/L, dilución 20,5 mg/L) en función del DBO_5 que para el valor promedio de este parámetro en el CARL (90 mg/L) por lo que se observa que la capacidad de asimilación se sobrepasó 31 veces y el de dilución 4.4 veces³⁶.

Para este caso en particular, la declaratoria de clasificación del río Lerma establece que el valor máximo que debería alcanzarse para el año 2010 es de 30 mg/L.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Los valores de este parámetro están entre los 64 y 675 mg/L. La concentración más alta de DQO se registró en Totoltepec (537 mg/L), esta zona tiene como particularidad que es cuerpo receptor de descargas municipales e industriales. Alzate es la zona que presenta menor concentración (72 mg/L).

En general las aguas de la cuenca alta del Río Lerma se pueden considerar como fuertemente contaminadas. Los valores de DQO han llegado a oscilar entre 20 y 1312 mg/L. La Declaratoria de clasificación del río Lerma establece un valor máximo de 90 mg/L para el 2010.

Relación DBO_5/DQO

Estos valores variaron entre 0,04 y 0,59 con un valor promedio de 0,24. Mezapa presentó unas razones de DBO_5/DQO entre 0,39 y 0,59 lo cual indica una tendencia hacia los contaminantes de origen orgánico.

³⁵ Comisión de Aguas del Estado de México (CAEM).

³⁶ Ibid. pág. 49

Las zonas de México-Toluca, Toluca-Naucalpan, Villa. Cuauhtémoc y Alzate presentaron valores promedio de 0.29, 0.27, 0.20 y 0.31, esto es un indicador de presencia de aguas de tipo municipal e industrial.

Las zonas de Almoloya, Temoaya y Totoltepec presentaron los valores promedio más bajos ($DBO_5/DQO < 0.15$). En la zona de Almoloya se encontraron compuestos oxidables y/o persistentes como fertilizantes, plaguicidas, esto se debe a la cercanía de tierras de cultivo. La zona de Temoaya está influenciada por aportes de contaminantes inorgánicos transportados por el río Verdiguél, San Lorenzo y Santa Catarina. Totoltepec reflejado en el alto contenido de materia inorgánica, (1100 mg/L promedio) que es vertida al río, además del corredor industrial de Lerma.³⁷

Sólidos suspendidos totales (SST)

La concentración varía en el rango de 53 a 92 mg/L. Cabe destacar que se rebasa el límite máximo permitido para agua de riego, 50 mg/L.

También se detectaron aumentos de hasta 117 mg/L en Toluca-Naucalpan, 73 mg/L en Temoaya, México-Toluca (79 mg/L) que reciben los aportes de los ríos Xonacatlán, Oztolotepec, Santa Catarina, Verdiguél y San Lorenzo, cuyas aguas contribuyen con material de origen terrígeno.

Aunque hay indicios de que en 2006, se contabilizaron hasta 5178mg/L en la presa Alzate y un mínimo de 177mg/L registrado en el tributario Ocoyoacac.

En general, la región de estudio se clasifica en contaminada a altamente contaminada. La industrialización intensiva, las labores agrícolas y el crecimiento poblacional en las zonas comprendidas dentro de la cuenca han producido estos estados de contaminación alarmantes.

3.2. Componente Ambiental

A finales del siglo XIX, al incrementarse las necesidades de agua en la capital del país, se contempló a la cuenca del Lerma como una alternativa de abastecimiento de agua. En la década de los años 30 se realizaron los estudios para utilizar el agua de los manantiales de los municipios de Lerma y Almoloya. La consecuencia inmediata fue la desecación de la Laguna del Lerma; en sólo 9 años, lo que no se consiguió en 400 años.

Para 1966, los niveles freáticos se habían abatido 6 m en 3 años entre Capulhuac y Almoloya. 3 y 6 m entre Xonacatlán y la presa José Antonio Alzate, 3 m en

³⁷ Ibid. pág. 51.

Almoloya de Juárez y 5 m en Jocotitlán. Estos abatimientos no se consideraban peligrosos a pesar de indicar una sobreexplotación del acuífero. Paralelo a este proceso de extracción de agua subterránea el bosque continuó explotándose en ocasiones legal e ilegalmente, contribuyendo a incrementar la erosión de los suelos y provocando que el gobierno estatal realizara costosas obras de conservación del suelo en diversas partes de la cuenca.

Se reporta que en 1994, se observó un abatimiento de los niveles freáticos en toda la cuenca, de 40 m en el valle de Toluca y de 30 m en el valle de Atacomulco.

3.2.1. Áreas naturales protegidas

El sitio más representativo de las áreas naturales protegidas dentro del Valle de Toluca, sin duda son las ciénagas del Lerma con un decreto de creación del 27 de noviembre de 2002, las cuales cubren una extensión de 30,24 km², en tres lagunas separadas entre sí. Estas lagunas son Chiconahuapan o Almoloya del Río (5,96 km²), Chimaliapan o Lerma (20,81 km²) y Chignahuapan o Atarasquillo (3,46 km²) y se ubican en los municipios de Lerma, Santiago Tianguistenco, Almoloya del Río, Calpulhuac, San Mateo Atenco, Metepec y Texcalyacac.

Las lagunas de Lerma se encuentran entre las coordenadas N 19° 06' 29" y W 99° 30' 53" en el sur y N 19° 21' 48" y W 99° 30' 13" en el norte, con una altitud media de 2600 m.s.n.m. Las Ciénagas del Lerma se localizan en los alrededores de los municipios de Almoloya del Río, Lerma y Atarasquillo en el Estado de México, en el centro de México.

Derivado de que en el año de 1958 el Gobierno del Distrito Federal realizara un estudio para incrementar el abastecimiento de agua a la ciudad de México a través de la cuenca alta del río Lerma, se encontró que en 1942, la cartografía editada por la Secretaría de la Defensa Nacional, la Laguna de Almoloya tenía una extensión de 102,2 km². Para 1958, el área medida con base en fotografías aéreas, fue de sólo 79,4 km², lo que representaba una disminución de casi 25% de su superficie en sólo 16 años.

Año	Finales S.XIX	1942	1958	2002	2008
Superficie (km ²)	270,0	102,2	79,4	30,4	No disponible

Tabla 17. Superficie de áreas naturales protegidas

3.2.2. Humedales

El Convenio de Ramsar, o Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitats de Aves Acuáticas, fue firmado en la ciudad de Ramsar, Irán, el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975.

Este acuerdo internacional es el único de los convenios modernos, en materia de medio ambiente, que se centra en un ecosistema específico: los humedales. Actualmente reconoce la importancia de estos ecosistemas como fundamentales en la conservación global y el uso sostenible de la biodiversidad, con importantes funciones (regulación de la fase continental del ciclo hidrológico, recarga de acuíferos, estabilización del clima local), valores (recursos biológicos, pesquerías, suministro de agua) y atributos (refugio de diversidad biológica, patrimonio cultural, usos tradicionales).

Las ciénagas del Lerma son los humedales remanentes más extensos del Centro de México, especialmente de los Valles de México y Toluca. Cubren más de 30 km², en tres lagunas, que son los reductos de 270 km² de humedales que había en la zona a finales del siglo XIX. Las ciénagas presentan diferentes hábitats, incluyendo zonas de aguas profundas (hasta 5 metros), zonas con vegetación emergida, zonas de vegetación inundada y zonas de vegetación riparia. Mantienen una alta diversidad de fauna y flora acuáticas, incluyendo decenas de especies endémicas y en riesgo de extinción, muchas de las cuales son exclusivas de estas ciénagas. También son importantes para el mantenimiento de las aves acuáticas migratorias, ya que son el hábitat más extenso en la región.

Las ciénagas son básicas para el ciclo hidrológico del acuífero y para evitar inundaciones dentro del Valle de Toluca.

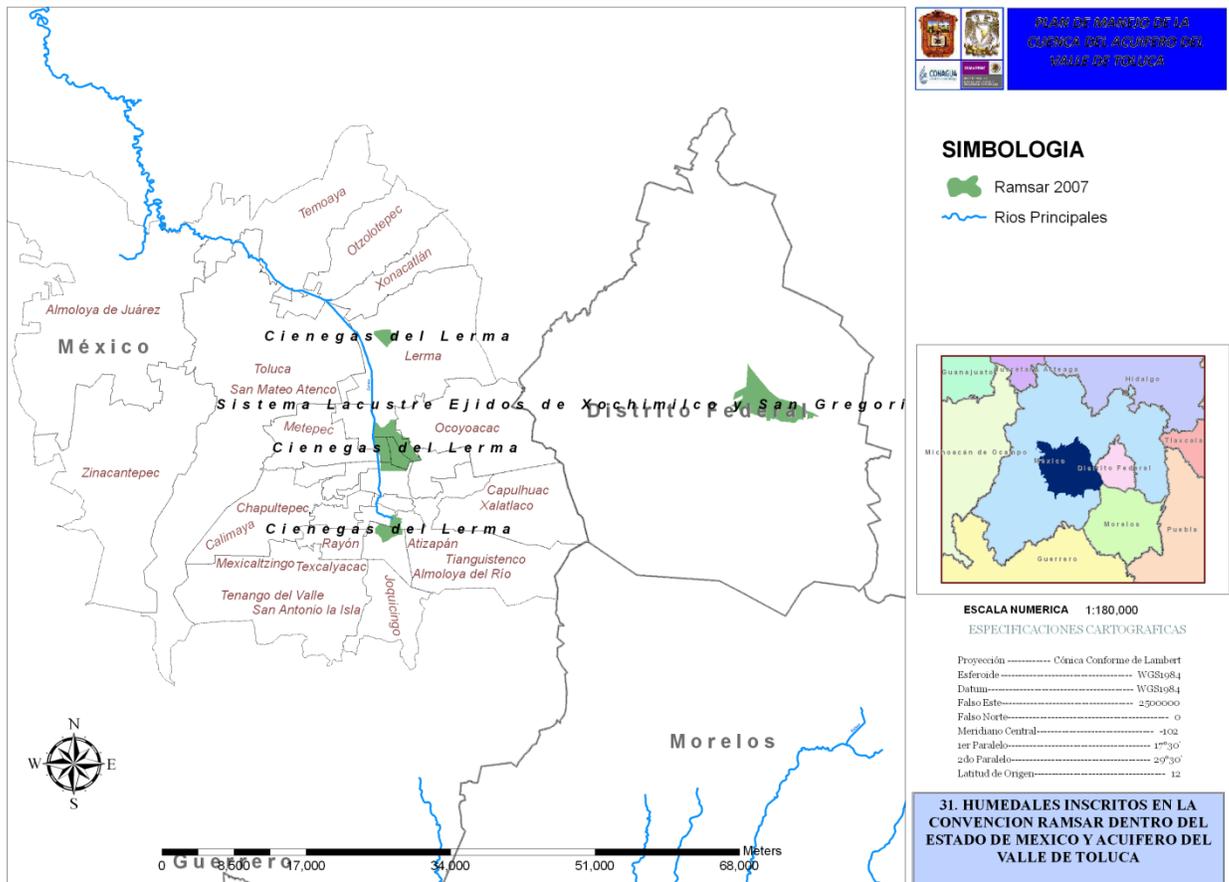


Fig. 26. Sitios RAMSAR.

3.2.3. Otros sitios importantes para la conservación

Otra área natural protegida es el Nevado de Toluca con decreto del 25 de enero de 1996 y un área de 467.84 km² comprende los municipios de Texcaltitlán, Toluca, Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Calimaya y Tenango Del Valle, dentro del Valle de Toluca. Esta área natural principalmente existe vegetación de tipo bosque de oyamel, pino, zacatonal y páramo de altura.

3.2.4. Zonas forestales

La deforestación y el cambio de uso de suelo son aproximadamente de 11 600 ha con un promedio anual de 773 ha³⁸.

³⁸ Serie III de Uso de suelo y vegetación INEGI 2005.

A continuación se presenta un mapa que muestra las áreas deforestadas en el Valle de Toluca. Como se observa, la mayoría de áreas deforestadas se localizan en los municipios de Almoloya de Juárez y Zinacantepec.

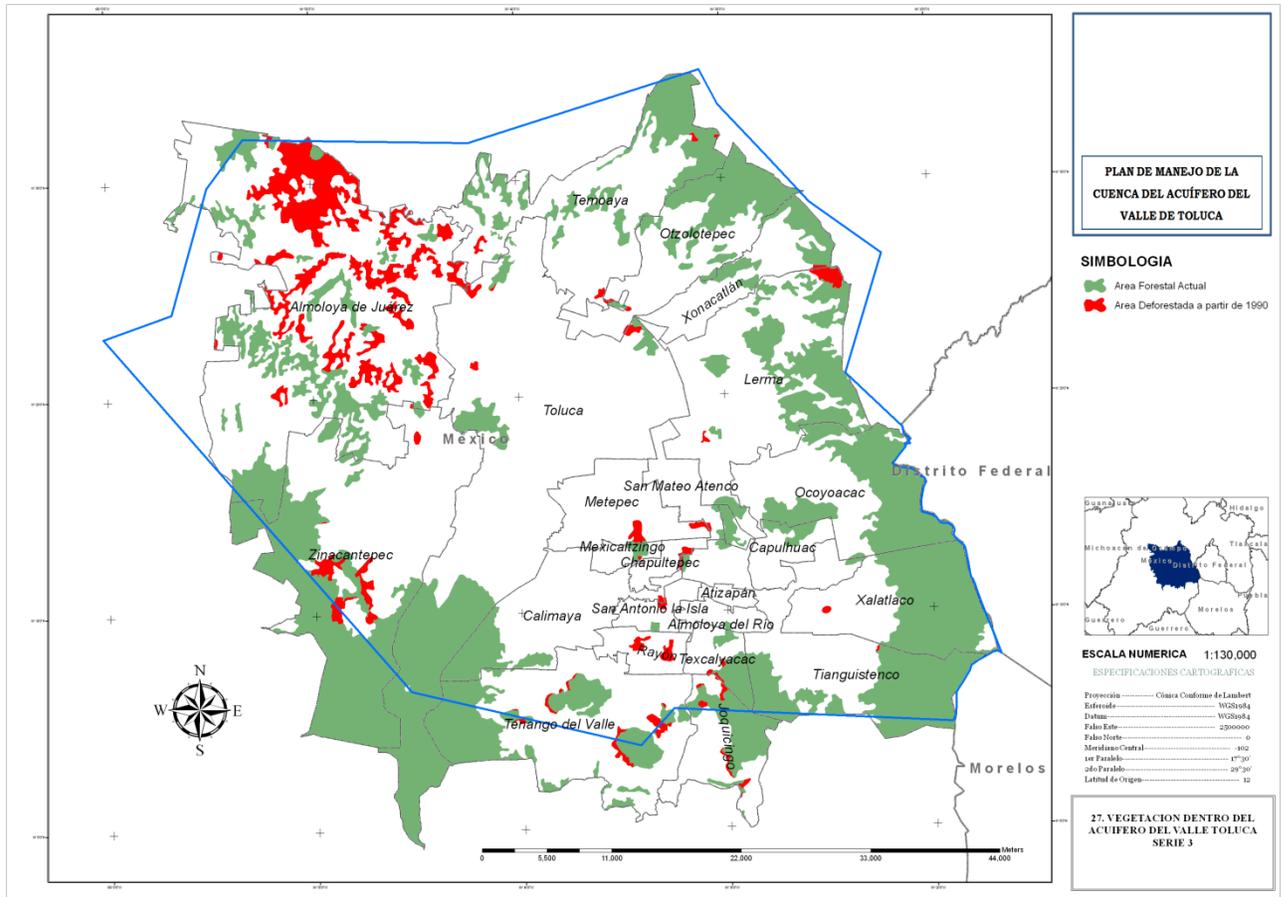


Fig. 27. Áreas deforestadas en el Valle de Toluca³⁹.

En el año 1990 se tenía un área forestal de 95 745 ha, para el año 2005 se tiene un área forestal de 84 181 ha. Esto quiere decir que se ha perdido un 12,1% del área forestal.

³⁹ Serie III de Uso de Suelo y Vegetación, INEGI 2005.

3.3. Componente Social

3.3.1. Explosión demográfica

En esta cuenca se concentra una de las poblaciones urbanas y agrícolas más grandes de México; además se debe resaltar el hecho de que esta cuenca está cercana a uno de los centros de mayor población de nivel mundial: el Distrito Federal (D.F.). Estos factores han provocado un incremento acelerado de la actividad económica que aunado al crecimiento demográfico ha provocado la explotación irracional de los recursos hídricos de la zona, lo que ha suscitado un deterioro de la calidad del agua, la alteración del ambiente natural, aumento de la erosión y descenso de los niveles piezométricos.

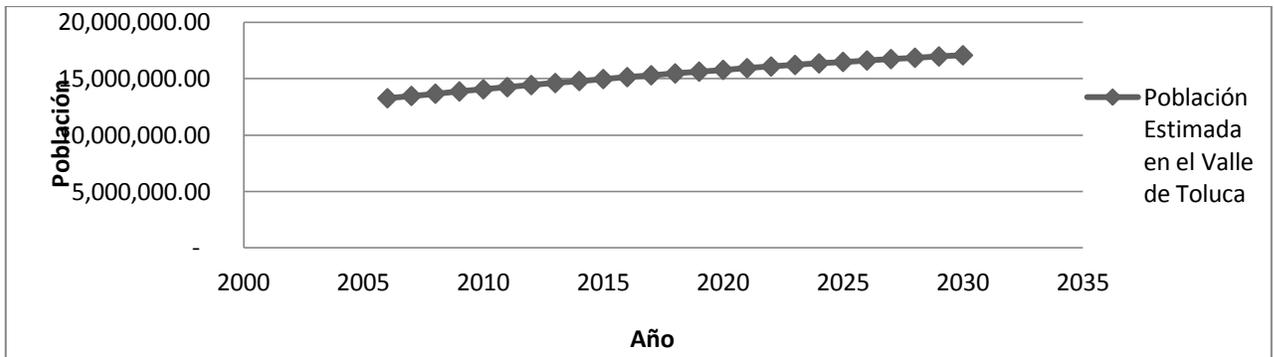
Actualmente, el crecimiento urbano se ha expandido hacia espacios agrícolas lo cual ha causado el establecimiento de las siguientes regiones urbanas: Toluca-Lerma, Toluca-Temoaya, Toluca-Ixtlahuaca-Atlacomulco, Toluca-Zinacantan y Toluca-Tenango del Valle, además de la zona Tianguistenco-Ocoyoacac. Estas regiones han provocado problemas de sobreexplotación en casi todos sus recursos hídricos e indudablemente en el Acuífero del Valle de Toluca⁴⁰.

3.3.2. Proyecciones demográficas en el Valle de Toluca

De acuerdo con las proyecciones elaboradas en el estudio de la disponibilidad del agua en el Valle de Toluca⁴¹, se espera que al 2030 existan alrededor de 17081282,00 habitantes en los 23 municipios que constituyen el valle, siguiendo el comportamiento que se presenta en la gráfica 6.

⁴⁰ Informe Técnico Flujo de Contaminantes, PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA. CONAGUA - UNAM 2009

⁴¹ Zonas de Reserva de agua potable para la Cd. de Toluca"; CONAGUA; 2003

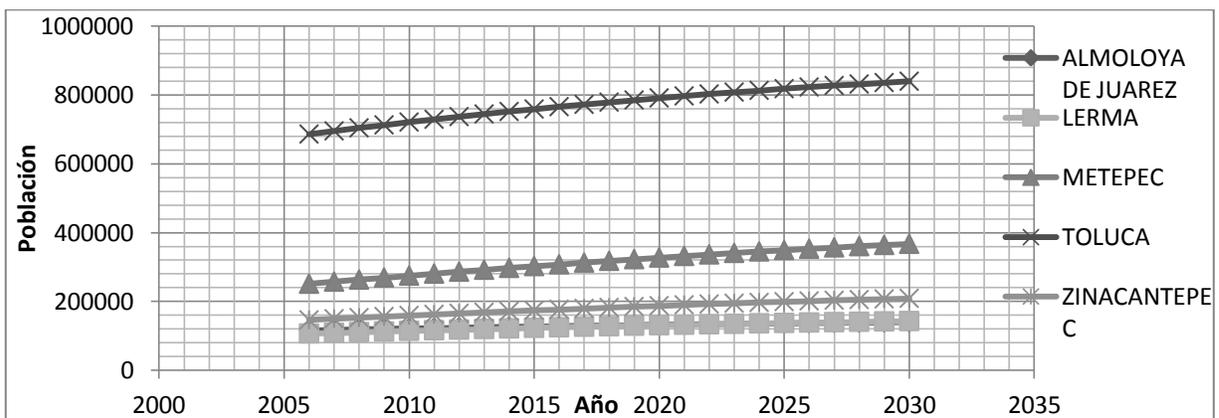


Gráfica 6. Crecimiento poblacional del Valle de Toluca.

Los cinco municipios con mayor crecimiento poblacional son:

- ✓ Almoloya de Juárez
- ✓ Lerma
- ✓ Metepec
- ✓ Toluca
- ✓ Zinacantepec

El comportamiento poblacional por cada uno de esos municipios es como se muestra en la gráfica 7.



Gráfica 7. Crecimiento poblacional en los municipios más poblados del Valle de Toluca⁴².

⁴² id

Aunque el municipio de Toluca es el más poblado, el de Metepec tiene una densidad de población bastante alta de 2 925 hab/km², con un grado de marginación muy bajo y con alto porcentaje de su población económicamente activa (52,2%), además de contar con las coberturas de agua potable y alcantarillado altas: 96% y 97%, respectivamente; Que lo convierte en un municipio altamente atractivo para desarrollar zonas habitacionales, lo que indica un potencial crecimiento en su contribución de aguas residuales público urbanas al 2030.

3.3.3. Índice de desarrollo humano

El índice de desarrollo humano (IDH) es un parámetro internacional similar al índice de marginación, el cual es calculado mediante variables, tales como: el grado de alfabetización, el ingreso per cápita, la tasa de mortalidad infantil, la tasa de alfabetización, tasa de asistencia escolar, índice de salud, de educación y de ingreso. Este indicador es más complejo que el de marginación, ya que muestra una situación más real de cada municipio.

Por ejemplo, se puede observar que en el Acuífero del Valle de Toluca, el municipio de Metepec, se ubica en el 9° lugar a nivel nacional y 1° dentro del Estado de México (0.8075), con un **Índice de Desarrollo Humano del 0,9066** (2005). También se puede observar que 13 de los 23 municipios que comprenden el Acuífero del Valle de Toluca, tienen clasificación alta. El valor nacional es de 0.8200 (2000). Como se observa los municipios que están arriba del valor nacional son únicamente: Toluca y Metepec. La mayoría de municipios están por debajo del valor nacional.

Municipios	Clasificación según el IDH 2000	Valor IDH 2000	Clasificación según el IDH 2005	Valor IDH 2005
DESARROLLO HUMANO ALTO				
Metepec	9	0,8629	9	0,9066
Toluca	86	0,8246	102	0,8627
Mexicaltzingo	576	0,7654	278	0,8312
San Mateo Atenco	331	0,7885	285	0,8303
Chapultepec	200	0,8041	343	0,8238
Texcalyacac	577	0,7653	345	0,8236
Ocoyoacac	237	0,7989	352	0,8230

Capulhuac	264	0,7946	356	0,8228
Lerma	319	0,7897	375	0,8211
Almoloya del Río	205	0,8033	413	0,8171
Atizapán	375	0,7830	500	0,8097
Rayón	293	0,7921	502	0,8096
San Antonio la Isla	294	0,7921	520	0,8079
DESARROLLO HUMANO MEDIO				
Calimaya	393	0,7818	615	0,7991
Zinacantepec	452	0,7763	633	0,7980
Tianguistenco	568	0,7660	676	0,7939
Xonacatlán	514	0,7706	706	0,7920
Xalatlaco	653	0,7594	777	0,7867
Tenango del Valle	665	0,7583	801	0,7853
Joquicingo	929	0,7379	1251	0,7558
Otzolotepec	959	0,7353	1314	0,7522
Almoloya de Juárez	1206	0,7154	1632	0,7309
Temoaya	1561	0,6863	1930	0,7039

Tabla 18. Índice de desarrollo humano por municipio en el Valle de Toluca⁴³

Con base en el IDH, se pueden observar valores importantes en materia de ingreso per cápita, como el caso del municipio de Metepec, que se ubica en el lugar 18 a nivel nacional y sólo después de Huixquilucan con respecto al Estado de México. Por otra parte, se observa un incremento del 13% del año 2000 al 2005, y que los municipios de Metepec y Toluca, concentran más del 16% de ingreso per cápita en el Acuífero del Valle de Toluca.

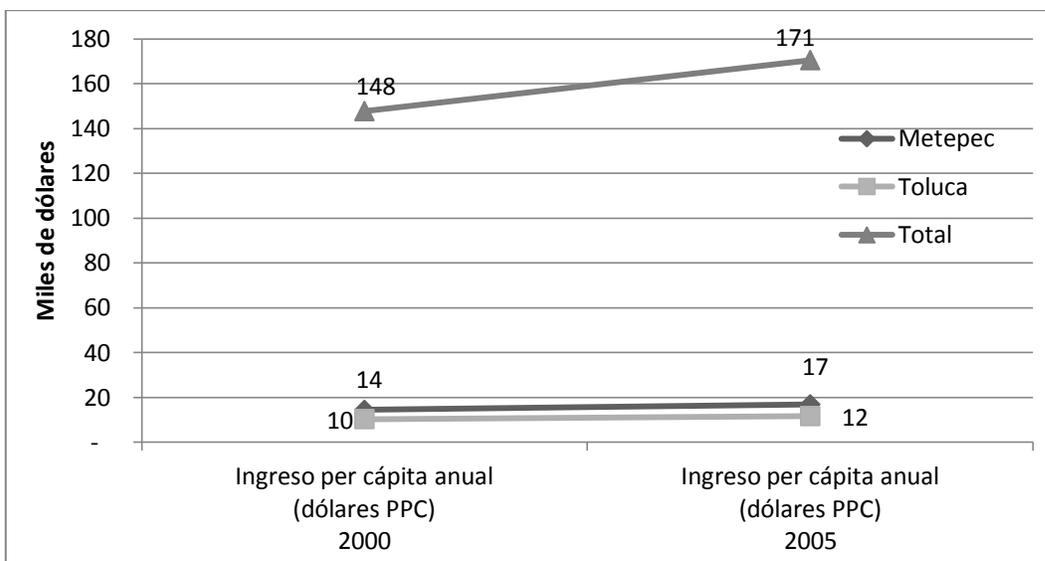
Municipios	Ingreso per cápita anual(dólares PPC) 2000	Ingreso per cápita anual(dólares PPC) 2005	Índice de ingreso 2000	Índice de ingreso 2005
Metepec	14,397	16,878	0.8295	0.8560

⁴³ Cálculos de la Oficina Nacional de Desarrollo Humano (ONDH). 2008. Índice de desarrollo humano municipal 2000-2005. PNUD México.

Toluca	10,350	11,686	0.7744	0.7946
Mexicaltzingo	4,231	9,072	0.6250	0.7524
San Mateo Atenco	6,189	8,593	0.6885	0.7433
Chapultepec	7,111	6,781	0.7117	0.7038
Texcalyacac	4,301	8,755	0.6278	0.7464
Lerma	7,520	8,177	0.7211	0.7350
Almoloya del Río	7,350	7,553	0.7172	0.7218
Zinacantepec	7,053	7,301	0.7103	0.7161
Ocoyoacac	7,103	7,250	0.7115	0.7150
Capulhuac	6,387	7,095	0.6938	0.7113
Atizapán	7,004	6,969	0.7092	0.7084
Calimaya	7,141	6,904	0.7124	0.7068
Tenango del Valle	5,770	6,540	0.6768	0.6977
Rayón	7,187	6,516	0.7135	0.6971
San Antonio la Isla	7,698	6,391	0.7249	0.6939
Tianguistenco	4,761	5,951	0.6447	0.6820
Xonacatlán	5,750	6,171	0.6763	0.6881
Xalatlaco	4,707	5,923	0.6428	0.6812
Jiquicingo	4,205	5,619	0.6240	0.6724
Otzolotepec	4,498	5,298	0.6353	0.6626
Almoloya de Juárez	4,198	5,158	0.6238	0.6581
Temoaya	2,868	3,943	0.5602	0.6133
Total	147,779	170,525		

Tabla 19: Ingreso per cápita anual por municipio en el Valle de Toluca⁴⁴

⁴⁴ *Ibidem.*



Gráfica 8. Ingreso per cápita en el Valle de Toluca⁴⁵.

Por último, se pueden observar otros indicadores importantes como los índices de salud y de educación, en los cuales los municipios de Metepec y Toluca tuvieron incrementos importantes en materia de salud.

Municipios	Índice de salud 2000	Índice de salud 2005	Índice de educación 2000	Índice de educación 2005
Metepec	0,8742	0,9750	0,8851	0,8890
Toluca	0,8560	0,9333	0,8436	0,8602
Chapultepec	0,8531	0,9065	0,8476	0,8612
Mexicaltzingo	0,8431	0,8970	0,8282	0,8444
Capulhuac	0,8420	0,8965	0,8481	0,8606
San Mateo Atenco	0,8451	0,8963	0,8319	0,8516
Ocoyoacac	0,8446	0,8957	0,8408	0,8584
San Antonio la Isla	0,8424	0,8948	0,8092	0,8351
Atizapán	0,8313	0,8928	0,8086	0,8280

⁴⁵ Cálculos de la Oficina Nacional de Desarrollo Humano (ONDH). 2008. Índice de desarrollo humano municipal 2000-2005. PNUD México.

Almoloya del Río	0,8544	0,8923	0,8385	0,8374
Rayón	0,8425	0,8898	0,8206	0,8421
Lerma	0,8239	0,8874	0,8243	0,8410
Xonacatlán	0,8298	0,8638	0,8058	0,8242
Texcalyacac	0,8150	0,8628	0,8532	0,8617
Calimaya	0,8308	0,8600	0,8023	0,8306
Zinacantepec	0,8226	0,8592	0,7962	0,8188
Tianguistenco	0,8285	0,8578	0,8249	0,8420
Tenango del Valle	0,8138	0,8473	0,7844	0,8109
Xalatlaco	0,8202	0,8438	0,8154	0,8353
Otzolotepec	0,8043	0,8065	0,7664	0,7878
Joquicingo	0,7994	0,7999	0,7904	0,7951
Almoloya de Juárez	0,7689	0,7563	0,7537	0,7783
Temoaya	0,7610	0,7352	0,7379	0,7633

Tabla 20. Índice de salud y educación por municipio en el Valle de Toluca⁴⁶

3.3.4. Índice de marginación

En el año 2005, según la escala de grados de marginación, solamente un municipio del Acuífero del Valle de Toluca contaba con un alto grado de marginación, 3 con medio, 8 con bajo grado de marginación, y los restantes con muy bajo.

El municipio de Temoaya, tenía un alto grado de marginación, Otzolotepec, Almoloya de Juárez y Joquicingo representaban un grado medio de marginación.

⁴⁶ Ídem

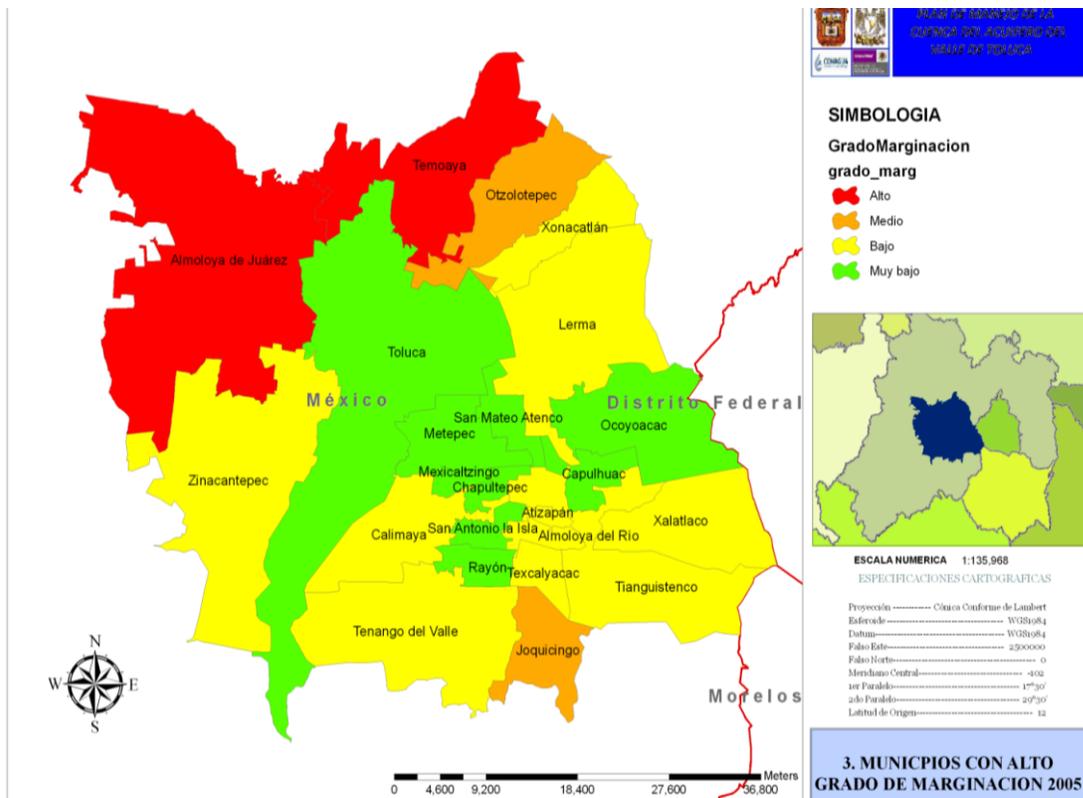


Fig. 28. Grado de marginación por municipio en el Acuífero del Valle de Toluca⁴⁷.

3.4. Componente Institucional

3.4.1. Organización institucional

De acuerdo con los trabajos realizados por la Universidad Nacional Autónoma de México a lo largo de la duración del proyecto fue posible identificar áreas de oportunidad que consisten de la eficientación de los trabajos de los servidores públicos, del manejo y del acceso a la información pública, así como de la colaboración entre organismos de los tres niveles de gobierno entre sí y con la sociedad en general.

⁴⁷ Elaboración propia.

3.4.2. Manejo de la información

De acuerdo con la experiencia de los participantes en el desarrollo del actual proyecto, es evidente que:

- ✓ El conocimiento preciso del Valle de Toluca es potencialmente mejorable.
- ✓ El control y el acceso a la información se lleva a cabo de manera desvinculada.
- ✓ Es necesario mejorar los sistemas y las fuentes de información de manera planeada y con rumbo

3.5. Calculo del índice WSI para la Cuenca del AVT.

Tomando como referencia el índice WSI que se describe en estado normativo, se obtiene este índice para la Cuenca del AVT con los datos presentados anteriormente.

Indicadores	Presión		Estado		Respuesta				
Hidrología (Hydrology)	% cambio Disponibilidad per cápita. - 61%	x<-20	0	Disponibilidad per cápita actual. -7.9E-05 hm3/persona/año	x<1700	0	Mejora de eficiencia	Muy pobre	0
		-20<x<-10	0.25		1700<x<3400	0.25			
		-10<x<0	0.5		3400<x<5100	0.5		Pobre	0.25
		0<x<10	0.75		5100<x<6800	0.75			
		10<x	1		x>6800	1		Medio	0.5
	0		0						
	% cambio DBO5. 21 %	x>20	0	DBO5. Promedio 90mg/L	10<x	0		Bueno	0.75
		10<x<20	0.25		5<x<10	0.25			
		0<x<10	0.5		3<x<5	0.5		Excelente	1
		-10<x<0	0.75		1<x<3	0.75			
x<-10		1	x<1		1				
0		0		0.5					
0.17									
Medio Ambiente (Environment)	% cambio uso de suelo. 12%	x>20	0	% Áreas protegidas. 18.2%	x<5	0	Conservación de áreas	x<-10	0
		10<x<20	0.25		5<x<10	0.25			
		5<x<10	0.5		10<x<25	0.5		-10<x<0	0.25
		0<x<5	0.75		25<x<40	0.75			
		x<0	1		x<40	1		0<x<10	0.5
		0.25			0.5				
	0.25								
Población (Live)	% cambio de IDH 13%	x<-20	0	IDH actual 0.71	x<0.5	0	Mejora IDH	x<-10	0
		-20<x<-10	0.25		0.5<x<0.6	0.25			
		-10<x<0	0.5		0.6<x<0.75	0.5		-10<x<0	0.25
		0<x<10	0.75		0.75<x<0.9	0.75			
		10<x	1		x<0.9	1		0<x<10	0.5
		1			0.5				
	0.67								
Políticas (Policy)	% cambio IDH 3.50 %	x<-20	0	Capacidad GIRH	Muy pobre	0	Evolución de la GIRH	x<-10	0
		-20<x<-10	0.25		Pobre	0.25			
		-10<x<0	0.5		Medio	0.5		-10<x<0	0.25
		0<x<10	0.75		Bueno	0.75			
		10<x	1		Excelente	1		0<x<10	0.5
	0.75		0.5						
0.5									
Valor promedio: 0.5			Valor promedio: 0.38			Valor promedio: 0.31			

Tabla 21. Calculo del índice WSI para la Cuenca del AVT.

$$WSI = (0.17 + 0.25 + 0.67 + 0.5) / 4 = \underline{\underline{0.40}}$$

4. Identificación de discrepancias y análisis de sus causas

Con respecto al índice que se obtuvo en el punto anterior y su escala de medición, la cual tiene los valores de Muy Pobre (0 – 0.25), Pobre (0.25 – 0.5), Medio (0.5 – 0.75), Bueno (0.75 – 1), Excelente (1). Nos dice que el Índice de Sustentabilidad de Cuencas para el AVT es de 0.40 lo cual con respecto a su escala de medición nos da una interpretación de **Pobre**.

Las causas de este resultado son principalmente en los indicadores de Hidrología y Medio Ambiente. Esto se debe a la sobreexplotación que está sufriendo el acuífero lo cual hace que disminuya la disponibilidad de agua per cápita, como se vio en el balance hídrico la demanda de agua sobre el acuífero es demasiada y la recarga que se tiene, ya sea natural o inducida, no es suficiente para cubrir esa demanda, lo cual provoca en el acuífero un déficit de agua. El exceso de demanda de agua tiene varias causas, algunas de estas son:

- El desperdicio de agua por parte de todos los sectores de la sociedad.
- El exceso de agua que se usa para las actividades realizadas.
- La poca cultura de reutilización del agua.
- La obsoleta infraestructura hidráulica que existe en la cuenca.
- El uso irracional del agua.

Con respecto al medio ambiente el incremento en la contaminación que presenta el acuífero es un factor que influye mucho, ya que los malos manejos de los residuos tanto urbanos como industriales, han provocado que haya más zonas contaminadas debido a basureros clandestinos, desechos tóxicos por parte de las industrias, aguas residuales que no se tratan y son vertidas en el río Lerma y en lagunas de la zona. En el caso del índice que se maneja, el incremento en el DBO5 del 21% es un indicador de que la zona se está contaminando rápidamente en los últimos años.

5. Elaboración del estado deseado.

Para la realización de este apartado, nos basaremos en el Proyecto Emblemático “*Plan de Manejo de la Cuenca del Acuífero del Valle de Toluca*” realizado por La Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua en el Estado de México en su

informe de Programa Detallado de Acciones (PDA) el cual plantea los objetivos a alcanzar y las acciones a realizar para alcanzar esos objetivos planteados.

Este Programa Detallado de Acciones se realizó alineándose con los objetivos del Programa Nacional Hídrico. A continuación se muestran cada uno de los resultados y actividades obtenidos en el Programa Detallado de Acciones y su relación con los objetivos y las estrategias del PNH.

RESULTADO PDA	ACTIVIDAD PDA	OBJETIVO-ESTRATEGIA PNH
RESULTADO 1. Lograr la estabilización del Acuífero.	Reducción de las extracciones del acuífero	<p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 1: Propiciar el equilibrio de las cuencas y acuíferos sobreexplotados.</p> <p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 6: Publicar la disponibilidad de agua en los acuíferos y cuencas del país.</p> <p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 7: Fomentar las acciones encaminadas a reducir la demanda de agua.</p> <p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 8: Reglamentar el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos del país.</p>
	Aumento de la recarga del acuífero	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 5: Normar y promover la recarga de acuíferos.
	Promoción de la reutilización del agua	<p>OBJETIVO 1-ESTRATEGIA 2: Incentivar el intercambio de agua de primer uso por agua residual tratada.</p> <p>OBJETIVO 2-ESTRATEGIA 2: Tratar las aguas residuales generadas y fomentar su reúso e intercambio.</p>
	Fomento del uso eficiente y racional del agua	OBJETIVO 1-ESTRATEGIA 3: Promover que los volúmenes concesionados estén acorde con la disponibilidad sustentable de las fuentes de abastecimiento.
	Establecimiento del monitoreo de los volúmenes reales de extracción	<p>OBJETIVO 1-ESTRATEGIA 3: Promover que los volúmenes concesionados estén acorde con la disponibilidad sustentable de las fuentes de abastecimiento.</p> <p>OBJETIVO 8-ESTRATEGIA 4: Fortalecer la aplicación de los mecanismos de control previstos en la Ley y vigilar la adecuada utilización de las asignaciones y concesiones de aguas nacionales y permisos de descargas de aguas residuales para</p>

RESULTADO PDA	ACTIVIDAD PDA	OBJETIVO-ESTRATEGIA PNH
		propiciar un adecuado manejo y preservación del agua.
RESULTADO 2. Se eliminan las fuentes de contaminación de los recursos hídricos y asociados.	Prevención de daños a los recursos hídricos de la cuenca	<p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 10: Posicionar al agua y al ordenamiento territorial como elementos clave en el desarrollo del país.</p> <p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 3: Desarrollar los incentivos e instrumentos económicos que propicien la preservación de ríos, lagos, humedales, cuencas, acuíferos y costas del país.</p> <p>OBJETIVO 8-ESTRATEGIA 4: Fortalecer la aplicación de los mecanismos de control previstos en la Ley y vigilar la adecuada utilización de las asignaciones y concesiones de aguas nacionales y permisos de descargas de aguas residuales para propiciar un adecuado manejo y preservación del agua.</p>
	Restauración de zonas de alta contaminación en la cuenca	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 2: Consolidar a la calidad del agua en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico.
	Impulso del adecuado manejo de los residuos urbanos e industrial	OBJETIVO 2-ESTRATEGIA 1: Fortalecer el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de los organismos operadores del país, a través de la aplicación de programas y acciones que impulsen el incremento en su eficiencia global y la prestación de mejores servicios.
	Mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca	<p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 2: Consolidar a la calidad del agua en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico.</p> <p>OBJETIVO 8-ESTRATEGIA 3: Revisar los esquemas recaudatorios en materia de aguas nacionales y particularmente de descargas de aguas residuales, para contribuir al saneamiento de las cuencas y acuíferos.</p>
RESULTADO 3. La sociedad tiene una adecuada cultura del agua	Fortalecimiento de la educación ambiental	<p>OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 7. Participar en las deliberaciones y acciones en relación con el agua en el concierto internacional.</p> <p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 1: Crear conciencia entre la población sobre la necesidad del pago y uso responsable y eficiente del agua.</p>

RESULTADO PDA	ACTIVIDAD PDA	OBJETIVO-ESTRATEGIA PNH
		<p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 2: Informar oportuna y eficazmente a la población sobre la escasez del agua, los costos de proveerla, su uso responsable y su valor económico, sanitario, social y ambiental.</p> <p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 3: Impulsar programas de educación y comunicación para promover la cultura del agua.</p>
	Impulso de la responsabilidad de los recursos hídricos de la Cuenca	OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 5. Promover el cumplimiento del marco jurídico existente e impulsar el desarrollo de instrumentos que fortalezcan el buen uso y manejo sustentable del agua.
RESULTADO 4. La cuenca tiene desarrollo económico equilibrado.	Promoción del ordenamiento territorial de acuerdo con los recursos hídricos como elemento clave.	<p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 10: Posicionar al agua y al ordenamiento territorial como elementos clave en el desarrollo del país.</p> <p>OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 5. Promover el cumplimiento del marco jurídico existente e impulsar el desarrollo de instrumentos que fortalezcan el buen uso y manejo sustentable del agua.</p>
	Incremento de la cobertura de agua potable y alcantarillado	<p>OBJETIVO 2-ESTRATEGIA 3: Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en el país, induciendo la sostenibilidad de los servicios.</p> <p>OBJETIVO 2-ESTRATEGIA 5: Incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en las comunidades urbanas, induciendo la sostenibilidad de los servicios.</p> <p>OBJETIVO 2-ESTRATEGIA 6: Mejorar la calidad del agua suministrada a las poblaciones.</p>
	Impulso de la rehabilitación y modernización de la infraestructura hidráulica	OBJETIVO 6-ESTRATEGIA 7: Mantener, conservar y ampliar la infraestructura hidráulica para la protección de centros de población y áreas productivas.
RESULTADO 5. Se manejan adecuadamente e integralmente los suelos y bosques de la	Fomento del manejo adecuado de los recursos forestales	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 15: Propiciar la preservación de los ecosistemas del país procurando mantener en los cauces los volúmenes que se requieren.
	Impulso de la recuperación y la	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 15: Propiciar la preservación de los ecosistemas del país procurando

RESULTADO PDA	ACTIVIDAD PDA	OBJETIVO-ESTRATEGIA PNH
cuenca.	protección forestal	mantener en los cauces los volúmenes que se requieren.
	Incremento de la recuperación de suelos	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 15: Propiciar la preservación de los ecosistemas del país procurando mantener en los cauces los volúmenes que se requieren.
	Consolidación de acciones para la protección de zonas de recarga del acuífero	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 15: Propiciar la preservación de los ecosistemas del país procurando mantener en los cauces los volúmenes que se requieren.
	Promoción del monitoreo del inventario de recursos naturales de la cuenca	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 13: Promover la elaboración del inventario nacional de humedales.
RESULTADO 6. Se fortalece la capacidad interinstitucional y social.	Fortalecimiento de las capacidades técnica, financiera y de gestión de las instituciones involucradas	OBJETIVO 2-ESTRATEGIA 1: Fortalecer el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de los organismos operadores del país, a través de la aplicación de programas y acciones que impulsen el incremento en su eficiencia global y la prestación de mejores servicios.
		OBJETIVO 8-ESTRATEGIA 2: Actualizar periódicamente los padrones de usuarios y contribuyentes de aguas nacionales.
		OBJETIVO 8-ESTRATEGIA 3: Revisar los esquemas recaudatorios en materia de aguas nacionales y particularmente de descargas de aguas residuales, para contribuir al saneamiento de las cuencas y acuíferos.
		OBJETIVO 8-ESTRATEGIA 5: Incrementar la presencia fiscal y administrativa entre contribuyentes de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, mediante la práctica de visitas domiciliarias, además de las revisiones fiscales de gabinete que se practican.
		OBJETIVO 8-ESTRATEGIA 6: Establecer mecanismos y herramientas de orientación y asistencia al contribuyente de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.
	Concertación del	OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 8: Reglamentar el uso

RESULTADO PDA	ACTIVIDAD PDA	OBJETIVO-ESTRATEGIA PNH
	manejo y aprovechamiento de la cuenca y su acuífero	<p>del agua en las principales cuencas y acuíferos del país.</p> <p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 8: Consolidar la operación del Consejo Consultivo del Agua y del Comité Mexicano para el Uso Sustentable del Agua.</p> <p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 9: Apoyar a los sectores vulnerables (mujeres, jóvenes, indígenas, adultos mayores y personas con capacidades distintas) de la sociedad en el acceso y toma de decisiones en torno al recurso.</p>
	Creación de sistemas de información e indicadores ambientales para la participación social	<p>OBJETIVO 3-ESTRATEGIA 4: Consolidar un sistema integral de medición de las diferentes componentes del ciclo hidrológico.</p> <p>OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 4. Impulsar el proceso de descentralización de funciones, programas y recursos que realiza la federación hacia los estados, municipios y usuarios para lograr un mejor manejo del agua.</p> <p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 4: Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.</p> <p>OBJETIVO 6-ESTRATEGIA 2: Proporcionar al Sistema Nacional de Protección Civil y a la población, información oportuna y confiable sobre la ocurrencia y evolución de los eventos meteorológicos e hidrometeorológicos severos.</p>
	Crear mecanismos para lograr el conocimiento y la continuidad de los programas institucionales.	<p>OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 4. Impulsar el proceso de descentralización de funciones, programas y recursos que realiza la federación hacia los estados, municipios y usuarios para lograr un mejor manejo del agua.</p> <p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 5: Consolidar la autonomía de gestión de los Consejos de Cuenca.</p> <p>OBJETIVO 5-ESTRATEGIA 7: Impulsar el desarrollo institucional de las dependencias y organismos que participan en el manejo del agua.</p>
	Generar estrategias para la vinculación entre las instituciones y la	OBJETIVO 2-ESTRATEGIA 1: Fortalecer el desarrollo técnico y la autosuficiencia financiera de los organismos operadores del país, a través de la

RESULTADO PDA	ACTIVIDAD PDA	OBJETIVO-ESTRATEGIA PNH
	sociedad.	aplicación de programas y acciones que impulsen el incremento en su eficiencia global y la prestación de mejores servicios.
RESULTADO 7. Se fomenta la investigación y el desarrollo tecnológico en favor de la cuenca.	Consolidación del acervo de investigaciones, estudios y análisis históricos aplicados a la cuenca	OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 3. Consolidar la investigación aplicada y la transferencia tecnológica.
	Promoción de la gestión integrada interinstitucional de investigaciones, estudios y proyectos relacionados con la cuenca	OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 2. Mejorar la competitividad institucional mediante el fortalecimiento de la capacidad administrativa, financiera y tecnológica en todas las áreas de la Comisión Nacional del Agua.
	Impulso al desarrollo y uso de nuevas tecnologías apropiadas para el manejo de la cuenca	OBJETIVO 4-ESTRATEGIA 3. Consolidar la investigación aplicada y la transferencia tecnológica. OBJETIVO 7-ESTRATEGIA 3: Promover y apoyar la investigación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, en materia de medidas de adaptación ante el cambio climático.

Tabla 22. Alineación del Programa Detallado de Acciones con los objetivos del Programa Nacional Hídrico⁴⁸.

En esta tabla se plantean los objetivos a cumplir en la Cuenca del AVT. Los cuales dan forma al estado deseado y es lo que se desea realizar en el AVT para su recuperación, y con estos objetivos se plantea que se va a dar esa recuperación.

6. Desarrollo del Pronóstico del sistema

En cuanto al pronóstico del sistema se toma lo realizado por de León (2010) en su tesis, la cual se centra en el pronóstico de la situación de la Cuenca del AVT para el año 2020.

El escenario más probable que presenta por medio de eventos de ocurrencia y su probabilidad (0 – 1) es:

⁴⁸ Informe “Programa Detallado de Acciones” del PLAN DE MANEJO DE LA CUENCA DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA. Comisión Nacional del Agua. 2008.

- A) Seguirá en aumento la tendencia de sobreexplotación del acuífero, básicamente por su uso ineficiente, y se traducirá en una pérdida significativa en la disponibilidad de agua para todos los usos (0.99)
- B) Se continuará con la falta de capacidad institucional y normativa para regular el manejo del Acuífero (0.96)
- C) Habrá una reducción de agua de las ciénagas debido a fenómenos de desecación naturales y antropogénicos, reduciéndose la biodiversidad de la zona (0.97)
- D) Se reducirá más la calidad del agua subterránea debido a la extracción a mayores profundidades y por el contacto con las aguas superficiales altamente contaminadas. (0.94)
- E) El Plan de Desarrollo del Estado de México, y en particular de los municipios que integran el Valle de Toluca, impulsarán un fuerte crecimiento urbano-productivo y un mercado informal, ampliándose gradualmente la zona urbana del Valle (0.95)
- F) Se incrementarán los conflictos sociales ante la escasez de agua y la desconfianza de la ciudadanía ante la reducida acción de los gobierno (0.66)
- G) Aparición continúa de grietas con orientación predominante de Oriente-Poniente y en algunos casos de Norte-Sur provocando situaciones de alta vulnerabilidad (0.85)
- H) Se endurecerá la no cooperación con el gobierno y mayores movilizaciones de las comunidades indígenas-campesinas ubicadas en las partes altas del Valle de Toluca (pueblos mazahuas, otomíes y otros) por la defensa de los recursos naturales en su territorio, incluyendo el agua. (0.91)
- I) Las dos ciénagas de Lerma se convertirán en parques recreativos y se construirán Chinampas para fomentar el uso agrícola sustentable. (0.01)
- J) La instalación de un sistema de transporte colectivo en la región (metro) causará un aumento de la migración hacia la zona (0.97)
- K) El cambio climático producirá el descenso de temperatura y aumento de los niveles de precipitación en el AVT y la reducción de la producción hídrica en el sistema Cutzamala (0.82)
- L) La elección de Enrique Peña Nieto como presidente, favorecerá los arreglos institucionales entre el gobierno del D.F. y el Gobierno del Estado principalmente en relación a las políticas de importación de agua. (0.57)

M) La construcción y operación de la planta de tratamiento de la ciudad de México (Atotonilco de Tula) favorecerá una recirculación de agua al D.F. y disminuirá la extracción de agua en el Acuífero. (0.07)

N) La modificación de oferta y la demanda por la privatización del agua (0.70)

Estos eventos es el pronóstico del sistema, en este caso la Cuenca de AVT, determinados por la aplicación de la Técnica DELPHI en su tesis.

7. Identificación de problemas futuros y análisis de sus causas.

Para la identificación de problemas futuros se tiene que hacer un análisis y confrontar los objetivos del Programa Detallado de Acciones con las proyecciones realizadas por De León (2010), para identificar cuáles son las discrepancias entre estos y las causas que las provocan.

Con respecto al Programa Detallado de Acciones, se presentan los resultados a alcanzar y cada uno de estos puntos se confrontará con los eventos pronosticados.

1. Se logra la estabilización del acuífero.

Eventos:

A) Seguirá en aumento la tendencia de sobreexplotación del acuífero, básicamente por su uso ineficiente, y se traducirá en una pérdida significativa en la disponibilidad de agua para todos los usos (0 .99)

C) Habrá una reducción de agua en las ciénagas debido a fenómenos de desecación natural y antropogénicos, reduciéndose la biodiversidad de la zona (0.97)

K) El cambio climático producirá el descenso de temperatura y aumento de los niveles de precipitación en el AVT y la reducción de la producción hídrica en el sistema Cutzamala (0.82)

Resultado: Por los eventos y su probabilidad de ocurrencia nos indica que no se lograra la estabilización del acuífero. Los datos pronosticado nos indican que para el año 2020 habrá una disponibilidad de agua de $- 185.94 \text{ hm}^3$

2. Se eliminan las fuentes de contaminación de los recursos hídricos y asociados.

Eventos:

D) Se reducirá más la calidad del agua subterránea debido a la extracción a mayores profundidades y por el contacto con las aguas superficiales altamente contaminadas (0.94).

M) La construcción y operación de la planta de tratamiento de la ciudad de México (Atotonilco de Tula) favorecerá una recirculación de agua al D.F. y disminuirá la extracción de agua en el Acuífero. (0.07)

Resultado: No se lograra la eliminación de las fuentes de contaminación, ya que la construcción de la planta de tratamiento es poco probable y la contaminación del agua crecerá. Se calcula que para el año 2020 se estarán generando 304 m³/s de aguas residuales urbanas, de las cuales habrá una necesidad de tratamiento de 250 m³/s (58% de necesidad de tratamiento), por otra parte con respecto a las aguas residuales industriales se estarán generando 76 m³/s y que la necesidad de tratamiento será de 70.7 m³/s.

3. La Sociedad tiene una adecuada cultura del agua.

Eventos:

H) Se endurecerá la no cooperación con el gobierno y mayores movilizaciones de las comunidades indígenas-campesinas ubicadas en las partes altas del Valle de Toluca (pueblos mazahuas, otomíes y otros) por la defensa de los recursos naturales en su territorio, incluyendo el agua. (0.91)

Resultado: El pronóstico es que la inconformidad de la sociedad crecerá por los problemas del agua y no se prevé alguna política de educación hacia la sociedad con respecto al agua.

4. La Cuenca tiene desarrollo socio económico equilibrado.

Eventos:

E) El Plan de Desarrollo del Estado de México, y en particular de los municipios que integran el Valle de Toluca, impulsarán un fuerte crecimiento urbano-

productivo y un mercado informal, ampliándose gradualmente la zona urbana del Valle (0.95).

J) La instalación de un sistema de transporte colectivo en la región (metro) causará un aumento de la migración hacia la zona (0.97)

Resultado: El desarrollo socio económico parece ser que si de dará; sin embargo de una forma desmedida y sin control, lo que afectará al acuífero.

5. Se manejan adecuada e integralmente los suelos y bosques de la cuenca.

Eventos:

G) Aparición continúa de grietas con orientación predominante de Oriente-Poniente y en algunos casos de Norte-Sur provocando situaciones de alta vulnerabilidad (0.85).

I) Las dos ciénagas de Lerma se convertirán en parques recreativos y se construirán Chinampas para fomentar el uso agrícola sustentable (0.01).

Resultado: tomando en cuenta el resultado del punto 4 y los eventos considerados, nos damos cuenta que el manejo no será el indicado ya que la probabilidad de que se rescaten las dos ciénagas es nula y el descontrol en el uso de suelos provocará alta vulnerabilidad en el acuífero.

6. Se fortalece la capacidad interinstitucional y social.

Eventos:

B) Se continuará con la falta de capacidad institucional y normativa para regular el manejo del Acuífero (0.96)

L) La elección de Enrique Peña Nieto presidente, favorecerá los arreglos institucionales entre el gobierno del D.F. y el Gobierno del Estado principalmente en relación a las políticas de importación de agua. (0.57)

Resultado: Los eventos nos indican que esto no se llevará a cabo por la falta de coordinación entre los gobiernos y porque los intereses de los gobiernos no se centra en la conservación del acuífero.

7. Se fomenta la investigación y el desarrollo tecnológico en favor de la cuenca.

Resultado: Para este objetivo no hay algún pronóstico ya que no es prioritario en el manejo de la cuenca.

8. Planteamiento del problema.

Después de analizar la situación actual del Valle de Toluca se presentan los problemas por resolver:

- **Sobreexplotación del acuífero.** Las implicaciones son: mayores costos de extracción, menor disponibilidad del recurso, etc. La profundidad que se alcanza en algunos lugares del valle para la extracción es alrededor de los 100 m. de profundidad.
- **Crecimiento poblacional no planeado.** El crecimiento desmedido de la población potencializados por el desarrollo económico de la zona provoca el aumento de construcciones urbanas en zonas que no son aptas para tal fin, lo cual incide en conflictos sociales por la carencia de servicios básicos como es el agua potable, además el incremento desmedido poblacional ha propiciado la invasión de los ecosistemas naturales como las ciénagas del Lerma.
- **Desequilibrio del ecosistema y pérdida de los recursos naturales.** La sobreexplotación del acuífero ha provocado el hundimiento generalizado del Valle de Toluca, con lo cual el río Lerma ha perdido pendiente en algunas partes de su cauce y el agua está casi estancada, y junto a la contaminación existente ha aparecido flora acuática y fauna nociva para el ecosistema; además se ha puesto en peligro a las especies endémicas. Las zonas naturales como las ciénagas y ríos han venido sufriendo una pérdida en sus volúmenes y la contaminación de sus aguas.
- **Excesiva contaminación del ambiente.** El manejo inadecuado de los residuos sólidos, así como las descargas de aguas residuales tanto industriales como domesticas, además del uso de agroquímicos en el sector agrícola, ha generado que aparezcan zonas contaminadas cercanas a zonas de recarga. También se han utilizado minas abandonadas como basureros, lo cual es un peligro para el acuífero ya que se pueden infiltrar contaminantes al subsuelo y contaminar el acuífero, con lo que se perdería la calidad necesaria para que el agua que se extrae sea para consumo humano. Otro aspecto que influye en la excesiva contaminación, es que el

volumen de descarga de aguas residuales es mayor a la capacidad instalada de las plantas de tratamiento que existen en la zona y que se encuentran en funcionamiento.

- **Pérdida de zonas de recarga.** En los últimos años ha aumentado el cambio de uso de suelo para hacer zonas agrícolas y zonas urbanas, con lo que se erosiona el suelo y ya no es productivo ni permeable. También ha aumentado la deforestación con lo que disminuyen las áreas de captación de agua pluvial, en consecuencia, la cantidad de infiltración de agua hacia el acuífero disminuye.
- **Colaboración institucional mejorable.** Con base en las experiencias durante la realización del presente trabajo, se observó y analizó una situación de oportunidad para las instituciones y organizaciones que interactúan en la gestión de los recursos hídricos en el Valle de Toluca, haciéndose evidente la necesidad de reforzamiento en los vínculos de trabajo para la maximización de beneficios mutuos.

Conclusiones.

LAS DE CARÁCTER TEÓRICO

A diario se genera información en todos los aspectos y ésta sirve para ayudar a tomar decisiones. Sin embargo, la información se debe de manejar con mucho cuidado porque tiene distintas características que influyen en el comportamiento de los sistemas. Un manejo adecuado de la información ha ido tomando cada vez más importancia, ya que en el desarrollo de las actividades humanas la planeación ha tomado fuerza y para su desarrollo, se utiliza mucha información necesaria para lograr que la planeación sea efectiva y útil para la organización que lo hace.

Para una planeación efectiva es necesario tener un conocimiento total sobre lo que se va a planear. Este conocimiento tiene que ser tanto interno como externo, ya que siempre influyen estos aspectos. Se ha desarrollado una gran cantidad de metodologías para la planeación, con variaciones en sus estructuras como en sus enfoques; sin embargo, en todas se quiere tener el mayor conocimiento posible de la situación actual, esto se logra a través del diagnóstico. Como se vio en el capítulo 2 es una actividad importante para la planeación y aunque no se tome como una etapa, de todos modos están los elementos que forman parte del diagnóstico en otras etapas y para poder obtener este conocimiento necesario. También nos damos cuenta que hay distintas formas de realizar este diagnóstico dependiendo del fin para el cual se quiere realizar tal diagnóstico.

Durante el desarrollo de las metodologías de planeación por parte de los estudiosos de la planeación, también le han dado estructura a la etapa de diagnóstico y se ha detectado los elementos de esta etapa en cada metodología, ya que el fin que tiene el diagnóstico es importante dentro de las metodologías.

Para la elaboración este diagnóstico con base en la metodología de planeación de Gelman, se tuvieron que hacer varios estudios previamente, de otro modo faltaría información y el proceso quedaría inconcluso. Es un diagnóstico muy detallado que requiere procesar información y atender la base conceptual de cada uno de los términos, así como sus etapas, y quizás muchos pensarían que debido a que es una de las primeras etapas en la planeación no se requiere tanta información, pero no, es al contrario.

La problemática de la información necesaria para el diagnóstico se presenta tanto al momento de recopilar la información, ya que muchas veces está en varias fuentes y además de que el acceso a ella es restringido. También al momento de

analizar la información nos topamos con que es contradictoria, no esta ordenada y no es confiable ni verificable.

CON BASE EN EL CASO DE APLICACIÓN.

Con respecto al caso de aplicación presentado en este trabajo se puede concluir que:

Para realizar un diagnóstico de esta naturaleza es necesario tomar en cuenta distintos aspectos que influyen en el acuífero como son los ecológicos, sociales, económicos y gubernamentales, ya que al acuífero se le da un enfoque de sistemas y abarca distintas disciplinas que están relacionadas. Es por esto que los problemas planteados incluyen la sobreexplotación del acuífero, crecimiento poblacional desordenado, perdida de recursos naturales, contaminación, deforestación y manejo institucional.

Actualmente, el acuífero no tiene la disponibilidad para cubrir las necesidades básicas y recomendadas de agua de toda la población (Disponibilidad per cápita - $7.9E-05$), ya que el balance hídrico es de -152.510919 millones de m^3 , de ahí que en un futuro próximo esta situación se agudizará debido al elevado crecimiento poblacional de la región, lo cual podría provocar un cambio negativo en el IDH que es de 0.71 y está clasificado como Medio.

El crecimiento económico en la zona tiene que ser controlado y ordenado, de otro modo producirá distintas afectaciones sobre el acuífero como el incremento de las necesidades de agua, el aumento de residuos tanto urbanos como industriales que pueden contaminar de manera importante al acuífero.

También el manejo ecológico de la cuenca es importante por los efectos que causa sobre el acuífero y considerando el estado actual, el cual incluye contaminación de cuerpos de agua (DBO_5 $90mg/L$), el cambio de uso de suelo (12%), la perdida de ecosistemas naturales, deforestación(12.1% del $1090-2005$), etc.

El manejo institucional es deficiente y escaso, por la misma característica de que influyen distintas disciplinas en la cuenca, el manejo tiene que ser interinstitucional y tener una relación cercana entre las instituciones para alcanzar los objetivos planteados. Además de que tienen que encargarse de implementar una cultura de cuidado del agua en la región, para que puedan hacer una gestión integral del acuífero y tengan el apoyo de la población.

Bibliografía y mesografía.

Comisión Nacional del Agua. Programa Nacional Hídrico 2007-2012, 2008.

Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México, 2008.

Comisión Nacional del Agua. El Agua en México, 2006.

Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del agua, edición 2010.

CONAGUA-GTZ. Informe Final Plan de Manejo de la Cuenca del Río Lerma en el Valle de Toluca, 2008.

CONAGUA . Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) [Base de datos], 2008.

Universidad Nacional Autónoma de México-CONAGUA, Informe Final Proyecto Emblemático Plan de Manejo de la Cuenca del Acuífero Valle de Toluca [cd.], 2009.

Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM). Estudio de los Niveles estáticos y dinámicos de los acuíferos del Valle de Toluca para la interpretación del abatimiento que ha presentado los acuíferos del Valle de Toluca, Ixtlahuaca-Atlacumulco en los últimos 50 años, 2007.

Diario Oficial de la Federación. Actualización del balance hídrico, 28 de agosto de 2009.

Gobierno del Estado de México. [En línea] [Citado el: 1 de Diciembre de 2009.] Fuente:

<http://www.edomex.gob.mx/caem>.

A. Sandoval. Problemas en la Participación Social y consenso para el plan de manejo del Acuífero del Valle de Toluca. [En línea] [Citado el: 08 de 07 de 2009.]

http://www.ine.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_06/tema_02/02_adriana_sandoval.pdf.

S. Cedillo. Evaluación del efecto genotóxico en aguas superficiales de la cuenca alta del curso alto del río Lerma en las células meristemáticas de la raíz de *Vicia faba* : Tesis Maestría en Biología Experimental, Universidad Nacional Autónoma de México, 2002.

Gobierno del Estado de México. [En línea] [Citado el: 16 de 02 de 2010.]

<http://www.edomexico.gob.mx/atlasdeinundaciones/htm/presentacion.htm>.

H. Chaves, S. Alipaz. An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life and Policy: The Watershed Sustainability Index. *Water Resources Management* (25) (2007) 883–895.

UNESCO. Evaluación Preliminar de la aplicación y cálculo del Índice de Sostenibilidad de Cuenca en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Montevideo: Programa Hidrológico Internacional, 2008

CONAGUA. Zonas de Reserva de agua potable para la ciudad de Toluca 2030. México, 2003.

Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico. Formulación del Programa Hídrico por Organismo de Cuenca, Visión 2030, de la Región Hidrológico-Administrativa VIII, Lerma-Santiago-Pacífico. INTEGRACIÓN DEL PROGRAMA HÍDRICO REGIONAL. México, 2006.

Sistemas de Aguas del Valle de México. Estudio de los niveles estáticos y dinámicos de los acuíferos del Valle de Toluca para la interpretación del abatimiento que ha presentado los acuíferos del Valle de Toluca, Ixtlahuaca-Atacomulco en los últimos 50 años, 2007.

O. Gelman y G. Negroe. La planeación como un proceso básico en la conducción. *Revista Academia nacional de ingeniería*, vol. 1 num. 4. Junio 1982

Hernández, Concepción. Análisis comparativo de algunos procedimientos de diagnóstico en la planeación. Tesis Maestría (Maestría en Ingeniería (Planeación) , Posgrado de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.

Perales, Sylvia. Bases conceptuales y metodológicas para el diagnóstico. Tesis Maestría (Maestría en Ingeniería (Planeación)), Posgrado de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 1988.

De león, Rita. CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS: ESCENARIOS AL 2020 PARA EL ACUÍFERO DEL VALLE DE TOLUCA. Tesis Maestría (Maestría en Ingeniería (Planeación) , Posgrado de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.

ANEXOS

Anexo A: Un indicador integrado de la cuenca hidrológica, el medio ambiente, la vida y la política: el Índice de Sostenibilidad de Cuencas.

Varias cuestiones afectan la sustentabilidad del agua de una cuenca hidrográfica. Entre ellos se encuentran los problemas sociales, económicos y ambientales. Sin embargo, a menudo se tratan por separado, y no como un proceso integrador, dinámico (Viessmann 1990).

Además, la gestión integrada y ambientalmente sostenible del agua requiere más que la simple realización de evaluaciones de impacto ambiental. Se requiere la integración de políticas, evaluación de proyectos, leyes racionales de gestión del agua y de las instituciones, a través de la amplitud y profundidad del proceso de toma de decisiones con respecto al uso de los recursos de agua dulce (Smith y Rast 1998).

Aunque existen índices de escasez ambiental y el agua en la literatura, no son específicos de la cuenca, y no pretenden acceder a la sostenibilidad de la cuenca en materia de gestión integrada de recursos hídricos, ni abarcan las diferentes variables del problema.

Recientemente, el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO - PHI adoptó un marco que incluye aspectos de hidrología, medio ambiente, vida y política. Con este marco (la plataforma HELP) se apunta a romper el llamado "bloqueo de paradigma", que impide acciones efectivas e integradas por diferentes actores de la cuenca (UNESCO 2005).

Un índice de sostenibilidad integral de la cuenca, que abarca diferentes aspectos socio-económicos y ambientales, y las respuestas sería de gran ayuda para acceder al nivel de sostenibilidad de las cuencas hidrográficas, lo que permite no sólo un marco de comparación, sino también una herramienta para identificar los cuellos de botella para lograr la sostenibilidad de la cuenca.

El objetivo de este documento es desarrollar un índice de sostenibilidad integral de cuencas (WSI), basado en aspectos hidrológicos, ambientales, vida y respuestas de la política del agua.

2.1 Integración de aspectos de Hidrología, Medio Ambiente, Vida, y política en un Índice de Sustentabilidad.

Las evaluaciones de sostenibilidad deben atravesar fronteras jurisdiccionales. A pesar de que son los recursos naturales de agua unidad de planificación, las cuencas generalmente no se adhieren a la gestión política (Nyerges 2002). Debido a eso, rara vez las cuencas son utilizadas como unidad de planificación y gestión.

Aunque se reconoce que la sostenibilidad de los recursos hídricos en una cuenca determinada está directamente relacionada con sus condiciones hidrológicas, ambientales, de vida y políticas, se han hecho varios intentos para integrarlos en un solo número y comparables.

Índices integrados se utilizan para los propósitos de la encuesta y la planificación. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ha estado utilizando el Índice de Desarrollo Humano - IDH (UNDP 1998) durante varios años. Integra, la esperanza de vida educativa, y la información de ingresos de los municipios, estados y países. Variando de 0 a 1, el IDH es fácil de usar, robusto y aplicada en todo el mundo para evaluar el desarrollo.

Con el objetivo de evaluar la escasez de agua y el acceso al agua de las poblaciones pobres en una base espacial, Sullivan et al. (2003) desarrolló un Índice de Pobreza del Agua - WPI. Este índice ha sido utilizado por los organismos financieros multilaterales, como el Banco Mundial, para identificar a los países y regiones con grave estrés hídrico (Sullivan y Meigh 2003). Aplicando el WPI a diferentes países del mundo, Lawrence et al. (2003) encontró que el WPI fue un poco correlacionado con IDH de los países ($r = 0,81$).

Una variación del WPI es el índice de variabilidad climático - CVI (Sullivan y Meigh 2005). Se integra la información social, biofísica y económica, se prevé una evaluación integral de la vulnerabilidad humana a los cambios en los recursos hídricos, a diferentes escalas. El CVI proporciona una herramienta útil para la evaluación de la vulnerabilidad humana a los impactos de variabilidad climática, sobre todo de la población pobre (Sullivan 2006).

Recientemente, se ha propuesto un índice de sostenibilidad para el Medio Ambiente (ESI) (Esty y Levy, 2005). Este índice utiliza cinco componentes, que comprende 21 indicadores y 76 variables. A pesar de que se ha aplicado a varios países, el elevado número de indicadores y variables dificulta su aplicabilidad en las regiones con escasez de datos.

Además de ser no específicos para cuencas hidrográficas, los índices anteriores no tienen en cuenta las relaciones de causa-efecto, ni considerar como parte de la sostenibilidad de la cuenca las respuestas políticas que se implementan en una cuenca determinada, en un período determinado.

Los indicadores de sostenibilidad y los parámetros tienen que cumplir algunos criterios básicos para que puedan ser útiles. De acuerdo con Habitat Conservation Fund Trust - HTCF (2003), los indicadores de las cuencas hidrográficas serán las siguientes:

- Disponible: los datos de los indicadores deben estar disponibles y de fácil acceso. Serán recogidos en toda la cuenca, publicados en forma rutinaria, y ponerse a disposición del público.
- Comprensible: los indicadores deben ser fácilmente comprendidos por una amplia gama de audiencias no técnicas.
- Creíble: los indicadores deben ser apoyados por información fiable válida, e interpretados de una manera científicamente defendible.

Relevante: los indicadores deben reflejar los cambios en la gestión y en las actividades en la cuenca. Ellos serán capaces de medir los cambios en el tiempo.

- Integrativa: indicadores deberán demostrar las conexiones entre los aspectos ambientales, sociales y económicos de la sostenibilidad.

Aplicado a las cuencas hidrográficas, un índice formado por los indicadores que cumplan los criterios anteriores se puede aplicar universalmente, lo que aumentaría significativamente su utilidad para establecer la sostenibilidad de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas.

Teniendo en cuenta que la gestión de las cuencas es un proceso dinámico y holístico, y suponiendo que la sostenibilidad del agua de una cuenca hidrográfica está en función de la hidrología (H), medio ambiente (E), la vida (L), y la política de recursos hídricos (P), se aplicó una dinámica, el modelo de presión-estado-respuesta (OECD 2003) a los cuatro indicadores (H, E, L, P) en un esquema matricial. Como resultado de ello, un índice de sostenibilidad de cuencas - se obtuvo WSI. Numéricamente, el WSI está dada por:

$$WSI = (H + E + L + P) / 4 \quad (1)$$

Cuando WSI (0-1) es el índice de sostenibilidad de cuencas, H (0-1) es el indicador hidrológico; E (0-1) es el indicador medio ambiente; L (0-1) es el indicador de la vida (humana), y P (0-1) es el indicador de política. Con el fin de facilitar la estimación de los niveles de los parámetros por los usuarios, tanto los parámetros cuantitativos y cualitativos fueron divididos en cinco puntuaciones de la escala (0, 0,25, 0,50, 0,75, y 1,0). Esto permite el uso de hojas de cálculo en lugar de ecuaciones u otras funciones complejas.

Como se ve a partir de la ecuación 1, todos los indicadores tienen el mismo peso, ya que no hay evidencia de que sea de otro modo (Harr 1987). Aunque se reconoce que los pesos de cada indicador puede variar de una cuenca a otra, y debe ser elegido por consenso entre las partes interesadas, con el mismo peso evita el sesgo de los resultados (Heathcote 1998), y permite el respeto mutuo entre los diferentes sectores y grupos de interés (hidrólogos, sociólogos, ambientalistas, usuarios del agua, y los responsables políticos).

Por otra parte, la estructura lineal y un promedio de la ecuación 1 es simple y transparente, lo que permite la compensación de error en los indicadores y parámetros. Este es un tema importante en el desarrollo de modelos, pero a menudo pasado por alto por los modeladores (Chaves y Nearing 1991).

Tabla 1. Indicadores y parámetros del Índice de Sostenibilidad de Cuencas			
Indicadores	Parámetros de Presión	Estado	Respuesta
Hidrología (Hydrology)	La variación en la disponibilidad de agua de la cuenca per cápita en el período	Disponibilidad de agua per cápita de la cuenca (m ³ /persona al año), teniendo en cuenta tanto las fuentes superficiales y subterráneas	Mejora en la eficiencia del uso del agua en el período analizado Mejora en el tratamiento de aguas residuales / enajenación en el período analizado
	Variación de DBO5 en la cuenca en el período analizado	Promedio a largo plazo en la cuenca del DBO5 (mg / l)	
Medio Ambiente (Environment)	Índice de presión para el Medio Ambiente en la Cuenca (rural y urbana) en el período estudiado	Porcentaje del área de la cuenca bajo vegetación natural (Av)	Evolución de las áreas de conservación de cuencas (áreas protegidas y mejores prácticas de gestión) en la cuenca, en el período estudiado
Población (Live)	Variación en la cuenca del índice de desarrollo humano per cápita (IDH)-ingresos en el período estudiado, en relación con el período anterior	Cuenca del Índice de Desarrollo Humano (IDH), ponderado por población de la comarca	Evolución del índice de desarrollo humano en la cuenca, en el período estudiado
Políticas (Policy)	Variación en la cuenca del IDH-Educación en el período estudiado, en relación con el período anterior	Capacidad institucional en la Cuenca en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (legal y organizativo)	Evolución de los gastos de gestión de los recursos hídricos de la cuenca, en el período estudiado

Desde la gestión de cuencas a nivel local y regional es más eficaz en las cuencas de hasta 2.500 km² (Schueler 1995), este es el límite superior recomendado para la aplicación de WSI en la estimación de la sostenibilidad de la cuenca. Sin embargo, si las cuencas más grandes deben ser marcadas con el WSI, podrían ser divididos en sub-cuencas, y la puntuación global WSI calculada con las puntuaciones de las sub-cuencas.

En la tabla I se presentan los parámetros WSI relativos a cada uno de los cuatro indicadores (H, E, L, P). Los parámetros propuestos han sido seleccionados de

acuerdo con los criterios del Fondo Fiduciario de Conservación del Hábitat - HTCF (2003), además de su capacidad para representar adecuadamente los procesos individuales dentro de cada indicador.

Los parámetros se dividen en tres niveles, que incluye presión, estado y respuesta (PSR). La ventaja de utilizar un modelo PSR es que incorpora las relaciones de causa-efecto, las partes interesadas y ayudar a los tomadores de decisiones para ver las interconexiones entre los parámetros (OCDE 2003). Para cada combinación de indicadores y parámetros, se le asigna una puntuación entre 0 y 1. Un valor de 0 se asigna al nivel de los más pobres, y 1 a las condiciones óptimas. La descripción completa de los niveles de las puntuaciones de todos los parámetros de WSI y se presenta en las Tablas II, III y IV, respectivamente. Estos parámetros se discuten en detalle a continuación.

Parámetros de Hidrología

En el indicador de hidrología, hay dos conjuntos de parámetros: uno en relación con la cantidad de agua y el otro a la calidad del agua. En el caso de la cantidad de agua, el parámetro es la disponibilidad de agua per cápita al año, teniendo en cuenta tanto las fuentes superficiales y subterráneas. Según Falkenmark y Widstrand (1992), el estrés hídrico se produce cuando la disponibilidad de agua cae por debajo de 1.700 m³/persona al año. Por lo tanto, se seleccionaron cinco niveles de disponibilidad de agua per cápita, múltiplos del estándar mínimo: (a) $Wa < 1,700$ m³/persona al año, (b) $1.700 < Wa < 3,400$; (c) $3400 < Wa < 5,100$; (d) $5100 < Wa < 6800$ m³/persona al año, y (e) $Wa > 6800$ m³/persona al año, correspondiente a muy pobre, pobre, medio, bueno y excelente la disponibilidad de agua per cápita, respectivamente.

En el caso de la calidad del agua, ya que la información de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5, en mg/l) está a menudo disponible en las cuencas hidrográficas, y ya que se correlaciona con otros parámetros importantes de calidad del agua (oxígeno disuelto, turbidez, las concentraciones de contaminantes), se selecciona como el parámetro de calidad. Si otros parámetros de calidad del agua (por ejemplo, nitrógeno) son más críticos que el DBO5 en la cuenca, podrían ser utilizados como el indicador de la calidad del agua.

Ya que comparan la información de la disponibilidad de agua y calidad en el período analizado, con la media a largo plazo, los parámetros de presión hidrológicos tienen la ventaja de incorporar el clima eventuales variabilidad / cambio de impactos que, en ciertas condiciones, pueden afectar significativamente la disponibilidad de agua en las cuencas hidrográficas.

Indicadores	Presión		
Hidrología (Hydrology)	La variación en la disponibilidad de agua de la cuenca per cápita en el período	$x < -20$	0
		$-20 < x < -10$	0.25
		$-10 < x < 0$	0.5
		$0 < x < 10$	0.75
		$10 < x$	1
	Variación de DBO5 en la cuenca en el período analizado	$x > 20$	0
		$10 < x < 20$	0.25
		$0 < x < 10$	0.5
		$-10 < x < 0$	0.75
		$x < -10$	1
Medio Ambiente (Environment)	Índice de presión para el Medio Ambiente en la Cuenca (rural y urbana) en el período estudiado	$x > 20$	0
		$10 < x < 20$	0.25
		$5 < x < 10$	0.5
		$0 < x < 5$	0.75
		$x < 0$	1
Población (Live)	Variación en la cuenca del índice de desarrollo humano per cápita (IDH)-ingresos en el período estudiado, en relación con el período anterior	$x < -20$	0
		$-20 < x < -10$	0.25
		$-10 < x < 0$	0.5
		$0 < x < 10$	0.75
		$10 < x$	1
Políticas (Policy)	Variación en la cuenca del IDH-Educación en el período estudiado, en relación con el período anterior	$x < -20$	0
		$-20 < x < -10$	0.25
		$-10 < x < 0$	0.5
		$0 < x < 10$	0.75
		$10 < x$	1

2.2 Parámetros de medio ambiente

Como en Hidrología, los parámetros del entorno se dividieron en los niveles de presión, estado y respuesta. En la Tabla II, el parámetro de presión para el indicador de Medio Ambiente es el Índice de Medio Ambiente de presión (PAI), una versión modificada del Índice de Presión antrópica - API (Sawyer, 1997), y se estima por la variación promedio de la superficie agrícola y de la cuenca población urbana (en porcentaje), en el período estudiado:

$$EPI = (\% \text{ de variación del área agric.} + \% \text{ de variación de la pop. urbana}) / 2 \quad (2)$$

La proporción de áreas agrícolas y urbanas se sabe que se correlaciona con la

calidad del agua de la cuenca (Hunsaker y Levine 1995). Además, ya que el primero es fácil de obtener de los censos agropecuario y de población, y desde otros parámetros ambientales, como los índices bióticos acuáticos, la integridad del hábitat ripario, etc. son raramente disponibles, en particular en los países en desarrollo, que fueron seleccionados como parámetros.

EPI puede ser positivo, negativo o cero. Los valores positivos indican presiones superiores a la vegetación natural restante de la cuenca (Estado del medio ambiente). Este parámetro de Estado tiene, a su vez, una alta correlación con la flora y la biodiversidad de la fauna, es un indicador de la integridad del medio ambiente en general de la cuenca (Emerton y Bos 2004).

Indicadores	Estado		
Hidrología (Hydrology)	Disponibilidad de agua per cápita de la cuenca (m ³ /persona al año), teniendo en cuenta tanto las fuentes superficiales y subterráneas	x<1700	0
		1700<x<3400	0.25
		3400<x<5100	0.5
		5100<x<6800	0.75
		x>6800	1
	Promedio a largo plazo en la cuenca del DBO5 (mg / l)	10<x	0
		5<x<10	0.25
		3<x<5	0.5
		1<x<3	0.75
		x<1	1
Medio Ambiente (Environment)	Porcentaje del área de la cuenca bajo vegetación natural (Av)	x<5	0
		5<x<10	0.25
		10<x<25	0.5
		25<x<40	0.75
		x<40	1
Población (Live)	Índice de Desarrollo Humano (IDH), ponderado por población de la comarca	x<0.5	0
		0.5<x<0.6	0.25
		0.6<x<0.75	0.5
		0.75<x<0.9	0.75
		x<0.9	1
Políticas (Policy)	Capacidad institucional en la Cuenca en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (legal y organizativo)	Muy pobre	0
		Pobre	0.25
		Medio	0.5
		Bueno	0.75
		Excelente	1

2.3 Parámetros de Vida

Los parámetros de los indicadores de la vida están relacionados con la calidad de la vida humana de la cuenca. Por lo tanto, el parámetro seleccionado para el estado de vida era el índice de desarrollo humano - IDH, en el año anterior al período estudiado. El parámetro de respuesta de La vida es el porcentaje de variación en la cuenca del IDH en el período estudiado en relación con el valor anterior, que proporciona una indicación de la evolución (positiva o negativa) de la calidad de vida en la cuenca.

En el caso del parámetro de presión de la vida, que se tomó como la variación de IDH- ingreso, un sub-indicador del IDH que representa el ingreso de la población de la cuenca, en el período estudiado. Los valores negativos de este parámetro indican que la población se empobreció en el período, y vice-versa. La variación de los ingresos medios de la población puede, a su vez, impactar en la sostenibilidad de la cuenca en su conjunto, ya que se sabe que afectan fuertemente los indicadores sociales, como la salud y la educación (Banco Mundial 2003, el Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos - WWAP 2006). La ventaja de usar tanto los sub-indicadores del IDH y sus parámetros de la vida es que a menudo están disponibles, sobre una base municipal. Ellos pueden ser, a su vez, fácilmente promediados para la cuenca, utilizando la población como factor de ponderación.

2.4 Parámetros de política.

El parámetro de presión en política se supone que es la variación en el sub-indicador del Índice de Desarrollo Humano de la educación de la cuenca, en el período estudiado. Dado que este indicador mide el nivel educativo de la población, los valores positivos de la ampliación de la Iniciativa de Educación se correlacionan con la capacidad y la voluntad de la población a participar en la gestión de cuencas hidrográficas, poniendo más presión sobre los que toman las decisiones. Esta correlación se observó en varias cuencas en Brasil, donde mayores implicaciones sociales en la GIRH ocurrieron en las cuencas con mayor nivel educativo (Banco Mundial 2003). Además, es un parámetro simple y disponible, facilitando su uso.

El parámetro de estado de política es la capacidad institucional de la cuenca en la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), propuesta por el nivel de los marcos jurídicos e institucionales adecuados, así como el nivel de gestión participativa, en el período estudiado. Es uno de los pocos parámetros cualitativos de la WSI, variando desde muy pobre (0) a excelente (1,0). Si hay leyes de agua adecuado en la cuenca pero no se aplican o cumplen, un nivel intermedio (0.5)

podría ser utilizado para el parámetro. Del mismo modo, si no existen leyes o instituciones, se le asigna una puntuación muy pobre (0) para este parámetro, y viceversa.

El parámetro de respuesta se calcula por la evolución de los gastos de la GIRH por cuenca en el período estudiado. Esto refleja la respuesta de las partes interesadas y los responsables políticos en la lucha contra los problemas de los recursos hídricos. Cuanto mayores sean los gastos en la GIRH, mayores serán las posibilidades de la cuenca a cumplir sus metas y objetivos relacionados con el agua, y viceversa. Puede ser positiva o negativa, lo que se traducirá en las puntuaciones que varían de 0 a 1.

Indicadores	Respuesta		
Hidrología (Hydrology) Mejora en la eficiencia del uso del agua en el periodo analizado Mejora en el tratamiento de aguas residuales / enajenación en el periodo analizado	Muy pobre	0	
	Pobre	0.25	
	Medio	0.5	
	Bueno	0.75	
	Excelente	1	
Medio Ambiente (Environment) Evolución de las áreas de conservación de cuencas (áreas protegidas y mejores prácticas de gestión) en la cuenca, en el período estudiado	$x < -10$	0	
	$-10 < x < 0$	0.25	
	$0 < x < 10$	0.5	
	$10 < x < 20$	0.75	
	$x > 20$	1	
Población (Live) Evolución del índice de desarrollo humano en la cuenca, en el período estudiado	$x < -10$	0	
	$-10 < x < 0$	0.25	
	$0 < x < 10$	0.5	
	$10 < x < 20$	0.75	
	$x > 20$	1	
Políticas (Policy) Evolución de los gastos de gestión de los recursos hídricos de la cuenca, en el período estudiado	$x < -10$	0	
	$-10 < x < 0$	0.25	
	$0 < x < 10$	0.5	
	$10 < x < 20$	0.75	
	$x > 20$	1	

2.5 Cálculo global WSI.

Después se obtienen los parámetros de todos los cuatro indicadores, y después de seleccionar un período específico para el análisis (por ejemplo, un período de 5

años, coincidiendo con los datos del censo IDH y otros disponibles), se calcula el WSI, de acuerdo a la ecuación 1.