

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL
DEL AGUA**

**PLAN DE GESTIÓN DEL ACUÍFERO DE HUICHAPAN-TECOZAUTLA-
NOPALA CON APLICACIÓN DEL MÉTODO ZOPP**

T E S I S
QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y EN EL USO INTEGRAL
DEL AGUA**

P R E S E N T A:
JOSE VILLA CORDOBA



Julio de 2007

Chapingo, Estado de México

**PLANEACIÓN PARTICIPATIVA EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DE TECOCOMULCO, ESTADO DE
HIDALGO**

Tesis realizada por José Villa Córdoba, bajo la dirección del Dr. R. Eduardo Arteaga Tovar y asesorado por el Comité abajo indicado, y que a la vez conforma el jurado del examen de grado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL
DEL AGUA**

DIRECTOR:



DR. R. EDUARDO ARTEAGA TOVAR

ASESOR:



MC. NATALIO GUTIÉRREZ CARRILLO

ASESOR:



DRA. LAURA A. IBÁÑEZ CASTILLO

DATOS BIOGRÁFICOS

José Villa Córdoba, originario del estado de Michoacán, nacido el 03 de octubre de 1959; es de profesión ingeniero agrónomo, egresado de la Universidad Autónoma Chapingo.

Su experiencia laboral inicio de 1991-1993, en la Dirección General de Estudios Tecnológicos Agropecuarios (DGETA), en México D. F., del 1993-1995 trabajó en el ISSTE, de 1995-1997 en la UACH y de 1998-a la fecha en la Comisión Nacional del Agua en diferentes sedes, como especialista en Hidraulica; trabajo en diferentes areas: tenencia de la tierra, agua limpia y consejos de cuenca, las funciones realizadas son variadas: elaboración de planes y programas de estudio, actividades en áreas de informática en la delegación del ISSSTE, actividades administrativas en la UACH, elaboración de proyectos, actividades de coordinación y concertación en materia de consejos de cuenca, actividades de moderación en ejercicios de planeación participativa, manejo de plantas potabilizadoras, etc.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS.....	6
2.1. Objetivo General	6
2.2. Objetivos Específicos:	6
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1. Definiciones Generales	7
3.2. Caracterización de Sistemas de Agua Subterránea	13
3.3. Gestión de Recursos de Agua Subterránea.	21
3.4. Estrategias para la Gestión del Agua Subterránea.....	30
3.5. La Participación de los Grupos Interesados en la Gestión del Agua Subterránea	34
3.5.1. Mecanismos institucionales para la participación de los grupos interesados en la gestión del agua subterránea.....	36
3.5.2. Funciones de gestión del agua subterránea pueden llevar a cabo los grupos interesados.....	39
3.5.3. Papel que debe jugar el gobierno en la gestión participativa del agua subterránea.	40
3.6. Gestión Integral de Recursos Hídricos.	43
3.6.1. Origen del Concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).....	44
3.6.2. Principales Definiciones de GIRH en el Ámbito Internacional.....	46
3.7. El Enfoque Actual del Manejo del Agua En México.....	48
3.8. La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México.	49
3.9. Funcionamiento del Acuífero.....	53
3.9.1. Subsistema acuífero Tecozautla	57
3.9.2. Subsistema acuífero Pathecitos	57
3.9.3. Subsistema acuífero Huichapan.....	59
3.9.4. Subsistema acuífero Nopala.....	60
3.9.5. Subsistema acuífero El Astillero	60
3.9.5. Subsistema acuífero Tlaxcalilla	61
3.10. Balance de Aguas Subterráneas	61
3.10.1. Ecuación de Balance	61

3.10.2. Cálculo de entradas y salidas por flujo subterráneo	62
3.11. Marco socioeconómico	64
3.12. Estudios Previos.....	66
3.13. Metodología de Planeación Participativa ZOPP.....	70
MATERIALES Y MÉTODOS.....	81
4.1. Procedimiento Metodológico	83
4.2. Caracterización General del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala	89
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	132
5.1. El Proceso de Participación Social	132
5.2. Resultados del Método ZOPP al estudio de caso.....	134
5.3. Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico	148
5.4. Problemática hidráulica	170
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	175
6.1. Conclusiones.....	175
6.2. Recomendaciones.....	179
BIBLIOGRAFÍA	180
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	182
ABREVIATURAS.....	185
ANEXOS.....	186
10.1. Árbol de Problemas	186
10.2. Árbol de Objetivos	186
10.3-A. Matriz de Planeación.....	186
10.3-B. Matriz de Planeación.....	186
10.4. Planeación Operativa del Plan.....	186
10.5. Proceso Analítico Jerárquico	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Agua subterránea y agua superficial—como recurso integrado.	21
Tabla 3.2. Aspectos comparados de los recursos de agua subterránea y de agua superficial	22
Tabla 3.3. Niveles de herramientas, instrumentos e intervenciones de gestión de agua subterránea necesarios para una etapa específica del desarrollo del recurso.....	28
Tabla 3.4. Acciones sobre la oferta y la demanda para la gestión de los recursos de agua subterránea.	31
Tabla 3.5. Campo potencial de intereses y actividades de los grupos interesados relacionados con el agua subterránea*.....	34
Tabla 3.6. Resumen de funciones comúnmente llevadas a cabo por grupos interesados en esquemas participativos de administración y gestión de los recursos de agua subterránea.	40
Tabla 3.7. Disponibilidad media anual de agua subterránea.	63
Tabla 3.8. Distribución Poblacional por municipio en la zona de estudio	64
Tabla 3.9. Coberturas de Agua Potable y Alcantarillado en la Región.	65
Tabla 3.10. Cuadro resumen de los principales estudios en la zona de Huichapan, Tecozautla y Nopala.	68
Tabla 3.11. Proceso de participación y consulta con usuarios.....	74
Tabla 4.1. Poblaciones principales dentro del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.....	90
Tabla 4.2.- Vértices que limitan al acuífero 1307 de Huichapan-ecozautila-Nopala.	91
Tabla 4.3. Estaciones climatológicas en el acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.	99
Tabla 5.1. Relación de participantes del “Taller de Planeación Participativa (ZOPP).....	135
Tabla 5.2. Sesiones de consulta con los usuarios en la zona de estudio.	137
Tabla 5.3. Matriz de Involucrados en el Plan de Manejo del Acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.....	141
Tabla 5.4.- Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero.	145

Tabla 5.5.- Legislación adecuada.....	147
Tabla No.5.6. Matriz de liga entre programas específicos y líneas de acción.....	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad de agua.	2
Figura 3.1. Resumen de propiedades clave de los tipos de acuíferos más comunes	14
Figura 3.2. Régimen de flujo subterráneo y tiempos de residencia típicos de acuíferos importantes en condiciones climáticas semiáridas.	15
Figura 3.3: Espectro de posibles relaciones entre cursos de agua superficiales y sistemas subyacentes de agua subterránea.....	16
Figura 3.4. Efectos conceptuales de la extracción en el balance de los recursos de agua subterránea	18
Figura 3.5. Consecuencias de la extracción excesiva de agua subterránea.	20
Figura 3.6: Posibles orígenes de la salinidad del agua subterránea y mecanismos de salinización de los acuíferos.....	20
Figura 3.7. El desarrollo que sólo responde al incremento de la oferta conduce a un círculo vicioso.	24
Figura 3.8. La gestión integrada del agua subterránea conduce a un círculo virtuoso.	24
Figura 3.9.: Etapas de desarrollo y necesidades de gestión en un acuífero importante.....	27
Figura 3.10. Enfoque hidrogeológico para delinear un área de gestión de agua subterránea.....	37
Figura 3.11. Esquema general de interacción institucional en la gestión participativa del agua subterránea.....	39
Figura 3.12. Hidrogeología: subsistemas acuíferos.	55
Figura 3.13. Secciones para determinar el comportamiento de los subsistemas acuíferos.....	56
Figura 3.14. Sección Geohidrológica A-A': Tecozautla.	57
Figura 3.15. Sección Geohidrológica B-B' - Pathecitos-Astillero.	58
Figura 3.16. Sección Geohidrológica C-C': Huichapan-Astillero	59
Figura 3.17. Sección Geohidrológica D-D': Nopala.....	60
Figura 3.18. Sección Geohidrológica E-E': Tlaxcalilla-Huichapan.	61

Figura 3.19. Celda para el cálculo del flujo subterráneo.	63
Figura 3.20. Participación en el PIB estatal de las principales actividades económicas.....	66
Fig. 3.21. Fases del Procedimiento Metodológico.....	76
Fig. 3.22. Funciones y actividades.....	77
Figura 4.1.-Localización Regional y local del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.....	89
Figura 4.2. Colindancias con el acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.....	90
Figura 4.3.-Límite del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.	92
Figura 4.4. Región Hidrológica No. 26.	93
Figura 4.5. Hidrografía de la cuenca Huichapan-Tecozautla, Hgo.....	94
Figura 4.6. Orografía.	96
Figura 4.7.-Clima, Precipitación y Temperatura.....	98
Figura 4.8. Los efectos climáticos en la zona de estudio (Noviembre – Abril).....	100
Figura 4.9. Efectos climáticos en la zona de estudio (Mayo-Octubre).....	101
Figura 4.10. Hidrografía de los principales escurrimientos superficiales.	103
Figura 4.11. Geomorfología de la región de Huichapan, Nopala y Tecozautla, Hgo.....	105
Figura 4.12. Geología (SGM 1/4).....	107
Figura 4.12. Explicación de Geología (SGM 2/4).....	108
Figura 4.12. Columna Estratigráfica (SGM 3/4).....	109
Figura 4.12. Sección Geológica B-B´ (SGM 4/4).....	110
Figura 4.13. Geología (1/2). INEGI (1:250,000).	111
Figura 4.13. Explicación de Geología (INEGI 2/2).....	112
Figura 4.14. Geología. Congreso Mexicano de Mineralogía, 1991.....	113
Figura 4.15. Geología del subsuelo Sección A-A´	115
Figura 4.16. Geología del subsuelo Sección B-B´	116
Figura 4.17. Localización de sitios de aprovechamiento censados.	119
Figura 4.18. Distribución de manantiales desaparecidos.....	120

Figura 4.19. Distribución de extracción anual por usos en el acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.....	121
Figura: 4.20. Profundidades al nivel estático en diferentes años.	122
Figura: 4.21. Profundidades al nivel estático en 2006.....	123
Figura: 4.22. Configuraciones de la elevación del nivel estático en diferentes años.....	128
Figura: 4.23. Configuración de la elevación del nivel estático en el año 2006.....	129
Figura 4.24. Evolución del nivel estático en los últimos 11 años.	130
Figura 5.1. Reuniones de Consenso en la Región del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.....	133
Figura No.5.2. Jerarquía incorporada al modelo del Proceso Analítico Jerárquico.....	154
Figura No. 5.3.- Resultados de la ponderación de los cinco programas específicos con respecto al objetivo global.....	157
Figura No. 5.4. Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico uno.....	159
Figura No.5.5.- Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico dos.....	161
Figura No. 5.6. Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico tres.	164
Figura No. 5.7.- Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico cuatro	165
Figura No.5.8.- Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico cinco.	167
Figura No. 5.9. Resultado final de la jerarquización del modelo del Proceso Analítico Jerárquico.....	169
Figura No. 5.10. Resultados de la ponderación global de la jerarquía aplicada en el modelo del PAJ.....	170
Figura 5.11. Análisis de Problemas.....	171

PLAN DE GESTIÓN DEL ACUÍFERO DE HUICHAPAN-TECOZAUTLA-NOPALA (APLICACIÓN DEL MÉTODO ZOPP)

José Villa Córdoba

Director: Dr. Eduardo R. Arteaga Tovar

Postrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma Chapingo, México. Julio de 2007

RESUMEN

Derivado de la problemática hidráulica del acuífero Huichapan-Tecozautla-Nopala, en el Estado de Hidalgo y pese a la declaración de veda para esta región, la sobreexplotación ha aumentado debido a la alta concentración de aprovechamientos y extracciones subterráneas, que se refleja en el abatimiento de los niveles piezométricos, ocasionando altos costos de bombeo y riesgo en el abastecimiento de agua para los usuarios del agua en estos municipios. Esto se detectó mediante la aplicación de un proceso de planeación participativa (**ZOPP**), que inició con un diagnóstico, sobre esa base, se trabajó en el Plan de Gestión del acuífero, que incluye las directrices generales, proyectos, objetivos y estrategias que permitirán estabilizar y disminuir la sobreexplotación del acuífero. La metodología incluyó el análisis de estudios geohidrológicos y el análisis de riesgo o jerarquización multicriterios. En síntesis, el Plan define el programa de trabajo a corto, mediano y largo plazo, para estabilizar y mitigar la sobreexplotación del acuífero.

Palabras Clave: Acuífero, sobreexplotación, Planeación Participativa, Plan de Gestión.

PLAN DE GESTIÓN DEL ACUÍFERO DE HUICHAPAN-TECOZAUTLA-NOPALA (APLICACIÓN DEL MÉTODO ZOPP)

MANAGEMENT PLAN OF THE HUICHAPAN-TECOZAUTLA-NOPALA AQUIFER (APPLICATION METHOD ZOPP)

José Villa Córdoba **Director: Dr. Eduardo R. Arteaga Tovar**
Postrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma
Chapingo, México. Julio de 2007

ABSTRACT

As a consequence of the problematic hydraulics of Huichapan-Tecozautla-Nopala aquifer and still with the prohibition on drilling more wells in the region, the over-extraction of the aquifer in has increased. The high levels of extraction underground water reflected in the drawdown piezometric levels, causing pumping high costs and a risk in the aquifer for the users of water in these municipalities. This was detected by the application of a participative planning process (ZOPP), which started with the obtaining of a diagnosis, on that basis, we work in the Plan Management of the aquifer, which includes the general directives, projects, objectives and strategies that will allow to stabilize and to reduce the aquifer overoperation. The methodology included the analysis of geohidrologycal studies and the analysis of risk or hierarchical structuring multicriteria. In synthesis, the Plan defines the work program in short, medium and long term, to stabilize and to mitigate the overoperation of the aquifer.

Key words: Aquifer, overoperation, Participative Planning, Management Plan.

PLAN DE GESTIÓN DEL ACUÍFERO DE HUICHAPAN-TECOZAUTLA-NOPALA (APLICACIÓN DEL MÉTODO ZOPP)

MANAGEMENT PLAN OF THE HUICHAPAN-TECOZAUTLA-NOPALA AQUIFER (APPLICATION METHOD ZOPP)

José Villa Córdoba Director: Dr. Eduardo R. Arteaga Tovar

Postrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma Chapingo, México. Julio de 2007

RESUMEN

Derivado de la problemática hidráulica del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala, en el Estado de Hidalgo y pese a la declaración de veda para esta región, la sobreexplotación ha aumentado debido a la alta concentración de aprovechamientos y extracciones subterráneas, que se refleja en el abatimiento de los niveles piezométricos, ocasionando altos costos de bombeo y riesgo en el abastecimiento de agua para los usuarios del agua en estos municipios. Esto se detectó mediante la aplicación de un proceso de planeación participativa (**ZOPP**), que inició con un diagnóstico, sobre esa base, se trabajó en el Plan de Gestión del acuífero, que incluye las directrices generales, proyectos, objetivos y estrategias que permitirán estabilizar y disminuir la sobreexplotación del acuífero. La metodología incluyó el análisis de estudios geohidrológicos y el análisis de riesgo o jerarquización multicriterios. En síntesis, el Plan define el programa de trabajo a corto, mediano y largo plazo, para estabilizar y mitigar la sobreexplotación del acuífero.

Palabras Clave: Acuífero, sobreexplotación, Planeación Participativa, Plan de Gestión.

ABSTRACT

As a consequence of the problematic hydraulics of Huichapan-Tecoautla-Nopala aquifer and still with the prohibition on drilling more wells in the region, the over-extraction of the aquifer in has increased. The high levels of extraction underground water reflected in the drawdown piezometric levels, causing pumping high costs and a risk in the aquifer for the users of water in these municipalities. This was detected by the application of a participative planning process (**ZOPP**), which started with the obtaining of a diagnosis, on that basis, we work in the Plan Management of the aquifer, which includes the general directives, projects, objectives and strategies that will allow to stabilize and to reduce the aquifer overoperation. The methodology included the analysis of geohydrological studies and the analysis of risk or hierarchical structuring multicriteria. In synthesis, the Plan defines the work program in short, medium and long term, to stabilize and to mitigate the overoperation of the aquifer.

¶Key words: Aquifer, overoperation, Participative Planning, Management Plan.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. Tiene un valor económico, social y ambiental; sin embargo, pese a ser un recurso natural tan importante y vital, los seres humanos lo degradan y lo usan ineficazmente. Por ello, al aumentar la población, se incrementa la demanda de agua y son cada vez más las regiones en las que se registra una presión creciente sobre los recursos hídricos.

En el territorio mexicano, debido a su geografía y clima destacan dos grandes zonas de disponibilidad, la primera de ellas que comprende el sur y sureste y la segunda el norte, centro y noroeste del país. La disponibilidad natural media per-cápita, en la primera de ellas es 7.3 veces mayor que en el resto del país. Sin embargo, en la zona norte, centro y noroeste se asienta el 77% de la población, se genera el 85% del PIB y solo se tiene el 32% de la disponibilidad natural media

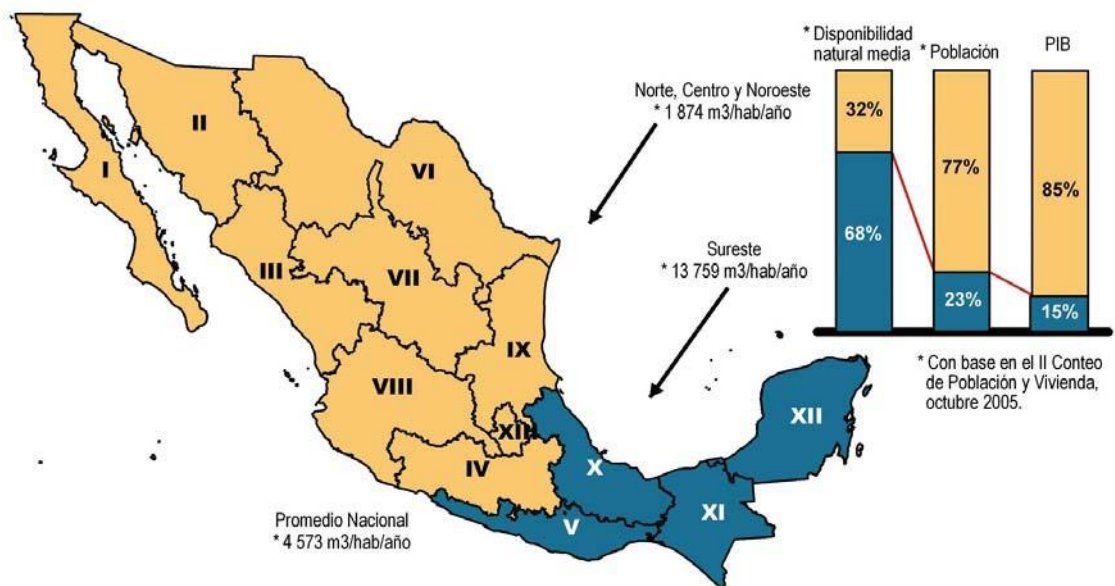


Figura 1.1. Contraste entre el desarrollo y la disponibilidad de agua.

Fuente: Subdirección General de Programación. CONAGUA.

En este sentido, el territorio conformado por los municipios Huichapan-Tecozautla-Nopala, ubicados en el Noroeste del Estado de Hidalgo, es parte de esas regiones que por su clima y características geográficas, sociales y demográficas, enfrentan complejos problemas para satisfacer los requerimientos de agua, razón por la cual, la explotación del agua subterránea se ha dado en una forma intensa, haciéndose uso de una reserva heredada de las generaciones anteriores a la nuestra y también debido a que el agua superficial es escasa en la región o no existe permanentemente.

Para enfrentar este problema, se considera necesario establecer una estrategia que propicie la preservación y el abasto del recurso agua, que sostenga el desarrollo actual de esta región, garantizando el abasto a las generaciones futuras, es decir, impulsar un desarrollo sustentable, tomando como base la participación de todos los involucrados en la problemática: los tres niveles de gobierno, los usuarios de aguas subterráneas, los usuarios de aguas superficiales, las instituciones académicas y la sociedad en general, que conjuntamente, con voluntad e iniciativa, deberán definir y establecer un plan de gestión que permita la estabilización del acuífero y mitigue los efectos adversos de la sobreexplotación del mismo.

En este marco y sobre la base institucional de la administración de los recursos hídricos, la gestión y manejo de las aguas nacionales se lleva a cabo por cuencas hidrogeológicas, ya que es la forma natural de ocurrencia del ciclo hidrológico, y se reconocen como los espacios geográficos en donde los usuarios comparten identidad, tradición y cultura. De tal manera que las entidades colegiadas, los gobiernos federales, estatales, municipales, organismos no gubernamentales y los representantes de usuarios, vinculadas con el tema del agua, coordinan y concertan planes y proyectos hidráulicos para su desarrollo.

El proceso de planeación hidráulica en México, considera como premisas básicas que:

- El desarrollo del país debe darse en un marco de sustentabilidad ambiental.
- El agua es un recurso estratégico de seguridad nacional.
- La unidad básica para la administración del agua es la cuenca hidrológica, ya que es la forma natural de ocurrencia del recurso.
- El manejo de los recursos naturales debe ser integral.
- Las decisiones se toman con la participación de los usuarios al nivel local, en función de la problemática a resolver.

En este sentido, el proceso en esta región cuenta actualmente con una amplia participación de usuarios, autoridades locales, organizaciones no gubernamentales y ciudadanos en general a través de órganos de consulta como lo son los “Consejos de Cuenca y sus Órganos Auxiliares (Comisiones de Cuenca, Comités de Cuenca, Comités Técnicos de Aguas Subterráneas o COTAS)” de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

En la jurisdicción del Consejo de Cuenca del Río Pánuco, se creó el Comité Técnico de Aguas Subterráneas del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, ubicado entre los municipios del mismo nombre, instalado el 8 de septiembre de 2000 y constituido legalmente como Asociación Civil en enero de 2005, el cual está integrado por usuarios de los diversos usos de aguas subterráneas y cuenta con el auxilio de representantes gubernamentales que participan con fines de asistencia técnica y de asesoramiento.

En razón de esta situación, el Plan de Gestión para el acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, constituye el documento rector que orienta la gestión del

agua en diversas modalidades para alcanzar el objetivo general planteado en éste trabajo, mediante la jerarquización de una cartera de proyectos con acciones estructurales y no estructurales que comprenden obras nuevas de infraestructura, modernización, rehabilitación y conservación de las existentes, para los diversos usos, así como las acciones del tipo reglamentario, normativas, de gestión y manejo, de coordinación y concertación, de desarrollo institucional, de participación social, etc.

OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar un Plan de *Gestión del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala*, para alcanzar cambios positivos ante la problemática hidráulica que prevalece en el acuífero, sobre la base de un diagnóstico de los recursos y servicios hidráulicos, y en la concertación de metas, áreas de acción, acciones específicas y asignación de responsabilidades.

2.2. Objetivos Específicos:

- A través del entendimiento común de los problemas que deben ser resueltos y de la interrelación que existe entre estos, formular un diagnóstico de los servicios y recursos hidráulicos del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala y una base de trabajo de compromiso para todos los involucrados, definiendo los medios para lograr el fin deseado.
- Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), para ordenar jerárquicamente la cartera de proyectos emanados del proceso de planeación participativa.
- Establecer los indicadores para el seguimiento y evaluación del Plan de Gestión del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Definiciones Generales

Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

Acuífero Confinado o cautivo: Unidad geológica limitada por arriba y por abajo de estratos impermeables y que separan el agua de la acción directa de la presión atmosférica; cuando se perforan pozos, el nivel piezométrico en estos se encuentra arriba del estrato superior, razón por la cual también se les conoce como acuíferos artesianos.

Acuífero Libre ó Freático: Unidad geológica en la cual el agua subterránea tiene su superficie superior sometida a la presión atmosférica.

Acuífero Semiconfinado: Unidad geológica en que los estratos que la limitan no son totalmente impermeables, existiendo una conexión hidráulica entre las formaciones.

Agua Subterránea: Agua llegada al subsuelo por infiltración o liberada de magmas pétreos ascendentes que llenan los espacios vacíos de la tierra y de la roca.

Alcalinidad: Mide la capacidad del agua para neutralizar ácidos, se obtiene por el método de titulación con una solución de HCl 0.05 N.

Aportación a corrientes (Dc): Constituye el volumen de agua que integra el gasto base de una corriente; su cuantificación puede obtenerse a través de los métodos utilizados en hidrología superficial para separar el gasto base del directo.

Bombeos (B): Representan normalmente el volumen mayoritario de las descargas de un acuífero en explotación y se encuentran constituidas por la suma de los volúmenes de agua del subsuelo extraídos para satisfacer las demandas de los diversos sectores de usuarios establecidos en la zona.

Cambio de almacenamiento: Incremento o decremento del volumen de agua almacenada en la unidad hidrogeológica en un intervalo de tiempo cualquiera.

Coeficiente de Almacenamiento (S): Volumen de agua que puede ceder o almacenar una formación geológica de sección transversal igual a la unidad al descender o recuperarse el nivel piezométrico una unidad. Este es un coeficiente adimensional. En acuíferos libres el coeficiente de Almacenamiento es igual al rendimiento específico o porosidad eficaz.

Conductividad Hidráulica (K): Caudal de agua que circula a través de una sección transversal unitaria perpendicular a la dirección del flujo, bajo una carga producida por un gradiente hidráulico unitario, sus dimensiones son (L/T).

La conductividad hidráulica esta en función de las propiedades del fluido y de las características del medio.

Así se tiene:
$$K = Cd^2 \cdot \gamma / \mu$$

Donde γ y μ son el peso específico y viscosidad dinámica del fluido; d longitud promedio del tamaño de los poros del medio; C es un factor de forma que considera la disposición y tamaño de los granos del material, entre otros.

Conductividad hidráulica y Permeabilidad: Se pueden utilizar como sinónimos cuando el fluido es agua. Este término no aparece explícitamente en la ecuación de balance indicada, sin embargo se consideró necesario incluirlo, debido a la relación que guarda con los demás términos.

Cuenca hidrológica: El territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. La cuenca, conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico.

Descargas a cuerpos de agua (Dc): Volumen de agua que se descarga anualmente del acuífero a cuerpos de agua superficial como: Lagos, lagunas, vasos y similares.

Descarga natural: Volumen de agua que descarga una unidad hidrogeológica a través de manantiales, vegetación, ríos y humedales, o subterráneamente a cuerpos de agua (mares, lagos y lagunas).

Descarga natural comprometida: Fracción de la descarga natural de una unidad hidrogeológica, que está comprometida como agua superficial para diversos usos o que debe conservarse para prevenir un impacto ambiental negativo a los ecosistemas o la migración de agua de mala calidad a una unidad hidrogeológica.

Descarga por manantiales (D_m): Es el volumen de agua que brota a la superficie del terreno abandonando el acuífero y su valor puede obtenerse por medio de hidrometrías periódicas.

Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica: Volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de una unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

Diversos usos: Se refiere a todos los usos definidos en la Ley de Aguas Nacionales, como doméstico, agrícola, acuícola, servicios, industrial, conservación ecológica, pecuario, público urbano, recreativo y otros.

Entradas subterráneas horizontales (E_h): Se encuentran constituidas por los volúmenes que en forma subterránea circulan hacia las zonas en las que se está planteando el balance correspondiente requiriendo para su evaluación valores de transmisibilidad y una configuración de las elevaciones del nivel estático.

Entradas subterráneas verticales (E_v): Volumen de agua que proviene fundamentalmente de acuíferos suprayacentes; este término generalmente se emplea en casos específicos y requiere de información del comportamiento de los acuíferos que están conectados así como de sus parámetros geohidrológicos.

Evaporación (Ev): Es el proceso por el cual el agua, en la superficie de un cuerpo de agua natural o artificial o en la tierra húmeda, adquiere la suficiente energía cinética de la radiación solar, y pasa del estado líquido al gaseoso. *Evaporación:* Para efectos del balance, constituye el volumen anual estimado de evaporación real y representa un porcentaje del volumen potencial de evaporación, generalmente reportado por las estaciones climatológicas y aplicables únicamente a las áreas en las que el fenómeno meteorológico se presenta.

Evapotranspiración: Es la cantidad total de agua que retorna a la atmósfera en una determinada zona por evaporación del agua superficial y del suelo, y por transpiración de la vegetación.

Extracción de agua subterránea: Volumen de agua que se extrae artificialmente de una unidad hidrogeológica para los diversos usos.

Infiltración: Es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra.

Infiltración por cauces (Ic): Corresponde al volumen infiltrado anualmente a través de cauces que alimentan a los acuíferos cuando las superficies de los niveles piezométricos se ubican debajo de los lechos de los ríos.

Infiltración por cuerpos de agua (Ica): Volumen de agua infiltrado anualmente a través de lagos, lagunas, vasos de almacenamiento y similares que recargan a los acuíferos.

Infiltración por lluvia (Ip): Constituye el volumen de agua que ingresa al acuífero en forma anual proveniente de una parte de las precipitaciones que se presentan en la zona donde se localiza el acuífero. Por lo general representa junto con los volúmenes por riego la recarga principal de los acuíferos.

Infiltración por obras de recarga artificial (Ia): Corresponde al volumen anual que se infiltra al acuífero a través de obras construidas expreso o de aquellas que pueden aprovecharse para este fin; por lo que generalmente la cantidad de volumen es conocida.

Infiltración por riego (Ir): Constituye el volumen de agua anual que recibe el acuífero derivado de prácticas de riego; este volumen junto con los de infiltración por lluvia son en general parte principal de la recarga.

Porosidad (n): Relación del volumen de vacíos (V_v) al volumen total de la muestra de un suelo (V_t).

$$N = (V_v / V_t)$$

La porosidad esta integrada por la Porosidad eficaz y la Retención Específica.

Porosidad Eficaz (Sy): Volumen de agua, contenido en una determinada formación geológica ó muestra de roca saturada, que puede ser liberado por acción de la gravedad ó por bombeo.

$$S_y = (\text{Volumen liberado} / \text{Volumen total})$$

Recarga: Volumen de agua que ingresa al sistema acuífero.

Recarga inducida (Ri): Es el volumen de agua que en forma anual recibe el acuífero derivado de los diversos desarrollos que se encuentren establecidos en el área.

Recarga natural (Rn): Es el volumen de agua que en forma anual ingresaba al sistema acuífero antes de que el desarrollo de la zona en forma intensiva se produjera.

Recarga Total (Rt): Es la suma de los volúmenes correspondientes a la recarga natural e inducida, y normalmente constituyen el término a despejar en la ecuación de balance.

Recarga total: Volumen de agua que recibe una unidad hidrogeológica, en un intervalo de tiempo específico.

Retención específica (Sr): Volumen que se obtiene de restar al volumen total de agua que contiene una determinada formación geológica o muestra saturada de roca, el volumen de agua que es capaz de ser liberado por acción de la gravedad o bombeo.

$$Sr = (\text{Volumen retenido} / \text{volumen total})$$

$$Sr = n - Sy$$

Salidas subterráneas horizontales (Sh): Constituyen los volúmenes que en forma subterránea circulan hacia zonas contiguas a las incluidas en el balance o bien descargan directamente hacia el mar, su evaluación requiere contar con los valores de transmisibilidad características de la zona en la que se están presentando dichas salidas y la correspondiente configuración de los niveles estáticos.

Salidas subterráneas verticales (Sv): Volumen de agua que abandona un acuífero para integrarse a otro y que subyace a él.

Sobreexplotación: Proceso mediante el cual el volumen extraído sobrepasa al de recarga total.

Transmisibilidad (T): Es el valor de la conductividad Hidráulica multiplicada por el espesor saturado.

$$T = K b$$

Sus unidades son generalmente de m²/seg ó m²/día.

Transpiración (Tr): Representa el volumen anual que la cobertura vegetal del área devuelve a la atmósfera.

Unidad de gestión: Territorio de la cuenca o subcuenca hidrológica superficial, o del acuífero o las unidades hidrogeológicas contenidas en ella, que se definen como una unidad para la evaluación, manejo y administración de los recursos hídricos.

Unidad hidrogeológica: Conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas. (NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, 17 de abril del 2002).

Variación del almacenamiento (CVA): Constituye el volumen de agua que el

acuífero toma o cede de su almacenamiento en un lapso determinado; su estimación requiere contar con valores correspondientes a la posición inicial y final de los niveles del agua, correspondientes al período del cual se pretenda conocer su evolución, así como del valor del coeficiente de almacenamiento del acuífero en cuestión.

$$CVA = A * Ah * S$$

en donde:

A: Representa el área del acuífero considerada

Ah: Variación de la carga hidráulica en el período

S: Coeficiente de almacenamiento

3.2. Caracterización de Sistemas de Agua Subterránea

Foster Stephen, et al.2002, señalan que un acuífero es una formación geológica capaz de suministrar agua subterránea útil a pozos y manantiales. Todos los acuíferos tienen dos características fundamentales: capacidad de almacenar agua subterránea y capacidad de permitir el flujo del agua subterránea. Pero el grado en que se presentan estas propiedades varía mucho de una formación geológica a otra (Figura 3.1.) y su magnitud puede variar con la estructura geológica, de unos cuantos km² a muchos miles de Km².

Los elementos más importantes de la diversidad hidrogeológica (Figura 3.1.) son:

- Gran variación de la capacidad de almacenamiento de la unidad acuífera (almacenaje), entre sedimentos granulares no consolidados y rocas fracturadas muy consolidadas.
- Gran variación del espesor saturado del acuífero entre diferentes tipos de depósitos, lo que da como resultado un amplio rango de potencial de flujo de agua subterránea (transmisibilidad).

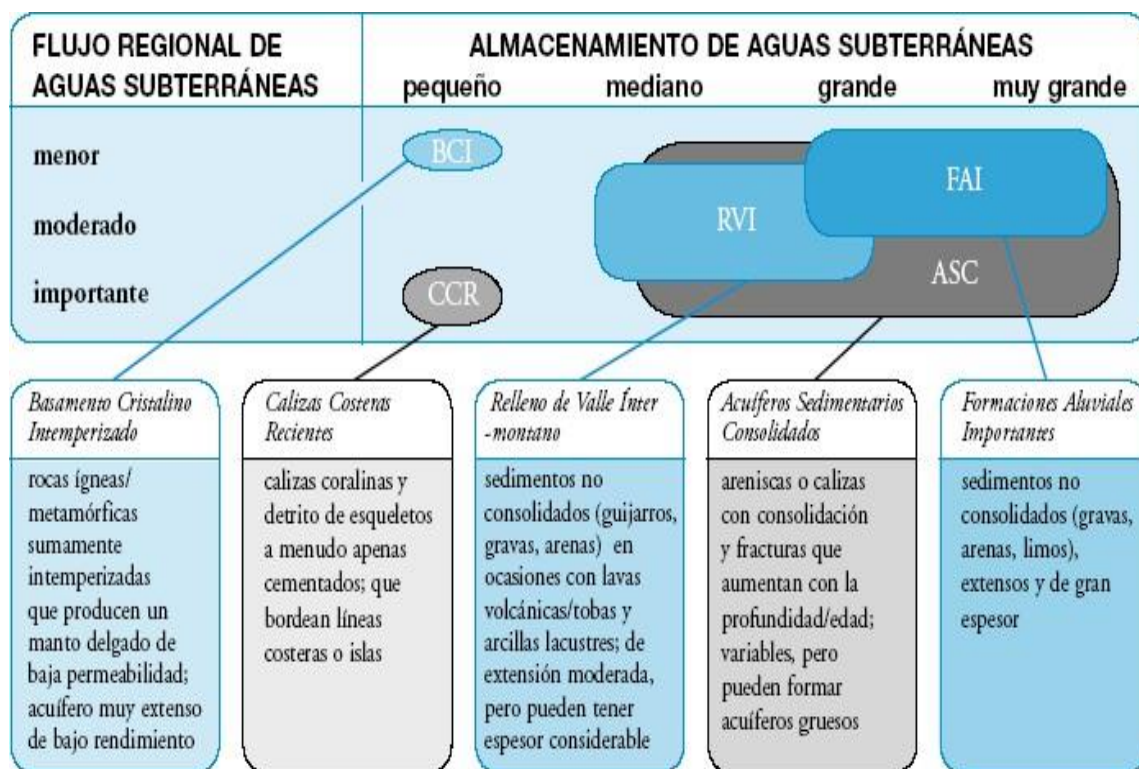


Figura 3.1. Resumen de propiedades clave de los tipos de acuíferos más comunes

Fuente: Stephen Foster. et al. 2002-2006.

La manera como fluye el agua subterránea, se puede explicar a través del vasto almacenamiento de muchos sistemas de agua subterránea que es su característica más distintiva. Como consecuencia, la mayor parte del agua subterránea está en movimiento lento continuo (Figura 3.2.) desde áreas de recarga natural (producto de la precipitación que excede los requerimientos de las plantas) hacia las áreas de descarga de los acuíferos (como manantiales e infiltración hacia cursos de agua, humedales y zonas costeras).

Citan que en sitios en los que los acuíferos se encuentran bajo estratos mucho menos permeables, las capas suprayacentes de estos últimos confinan (en diverso grado) las aguas subterráneas de los acuíferos. Esto da como resultado cierto grado de aislamiento de la superficie del terreno inmediatamente

suprayacente, pero no del sistema de agua subterránea en general. El abatimiento del manto freático inducido por el bombeo de la sección confinada de un acuífero a menudo se propaga rápidamente a la sección no confinada. En diversos escenarios hidrogeológicos, se pueden superponer capas de acuíferos no profundos no confinados y profundos confinados (Figura 3.2) con infiltraciones hacia abajo y hacia arriba entre capas, según las condiciones locales.



Figura 3.2. Régimen de flujo subterráneo y tiempos de residencia típicos de acuíferos importantes en condiciones climáticas semiáridas.

Fuente: Stephen Foster. et al. 2002-2006.

Estos autores señalan que diagnosticar la relación entre el agua superficial con un acuífero subyacente es un componente importante de la caracterización de sistemas de agua subterránea. Para esto, es importante distinguir entre:

- Arroyos y ríos de los que depende un acuífero como fuentes significativas de su recarga total.
- Ríos que a su vez dependen significativamente de la descarga de un acuífero para mantener su flujo en estiaje.

Además citan que las relaciones más comunes se presentan en la figura 3.3., aunque se debe resaltar que en algunos casos los ríos pueden fluctuar, según la estación, entre dos de las condiciones descritas.



Figura 3.3: Espectro de posibles relaciones entre cursos de agua superficiales y sistemas subyacentes de agua subterránea

Fuente: Stephen Foster. et al. 2002-2006.

También señalan que para estimar la reposición de un acuífero, es necesario considerar que:

El conocimiento de las tasas contemporáneas de recarga de los acuíferos es fundamental para la sustentabilidad del aprovechamiento de los recursos de agua subterránea. Además, es esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos comprender los mecanismos de recarga de los acuíferos y su interacción con el uso del suelo.

No obstante, la cuantificación de la recarga natural está sujeta a dificultades metodológicas, deficiencias de datos e incertidumbres resultantes significativas debido a:

- La gran variabilidad espacial y temporal de los eventos de precipitación y escurrimiento
- La importante variación horizontal de los perfiles del suelo y de las condiciones hidrogeológicas.

Sin embargo, para efectos prácticos, es suficiente hacer estimaciones y afinarlas posteriormente por medio del monitoreo y el análisis de la respuesta de los acuíferos a la extracción a mediano plazo.

Se pueden hacer las siguientes observaciones genéricas sobre los procesos de recarga de los acuíferos:

- Las áreas con aridez creciente tienen una tasa más baja y menos frecuente de flujo descendente hacia el manto freático y, por lo general, la recarga por precipitación directa se vuelve progresivamente menos importante que la recarga indirecta por escurrimiento superficial y la recarga artificial incidental que proviene de la actividad humana.
- Las estimaciones del componente directo de recarga por precipitación casi siempre resultan más confiables que las del componente indirecto de recarga por escurrimiento.

Estos autores mencionan que el 'rendimiento seguro' de un acuífero se puede definir conociendo que:

Todo el flujo de agua subterránea tiene que descargar en alguna parte, y la extracción reducirá estas descargas, pero la fuente del agua subterránea que se bombea puede ser compleja (Figura 3.4.). El llamado 'rendimiento seguro' está claramente acotado por la tasa promedio de recarga actual a largo plazo de los acuíferos, aunque también debe considerarse:

- Juicios de valor sobre la importancia de mantener (por lo menos una proporción de) algunas de las descargas naturales del sistema acuífero
- El uso consuntivo y la exportación a otras cuencas, a diferencia de usos locales no consuntivos que generan un efluente a nivel local.

Sin embargo, se necesita definir las tasas máximas tolerables de extracción, por lo que la evaluación de recursos debe distinguir entre:

- descarga a sistemas de agua dulce requerida para sustentar el suministro de agua o los ecosistemas fluviales aguas abajo.

- descarga por medio de vegetación natural, que incluye la que sustenta humedales de agua dulce y lagunas de agua salobre con valor ecológico y/o económico.
- descarga a zonas salinas, que incluyen aguas costeras, lagos salados y suelos endurecidos a causa de evaporación directa y tener en cuenta aquellas partes de estas descargas que es necesario conservar.

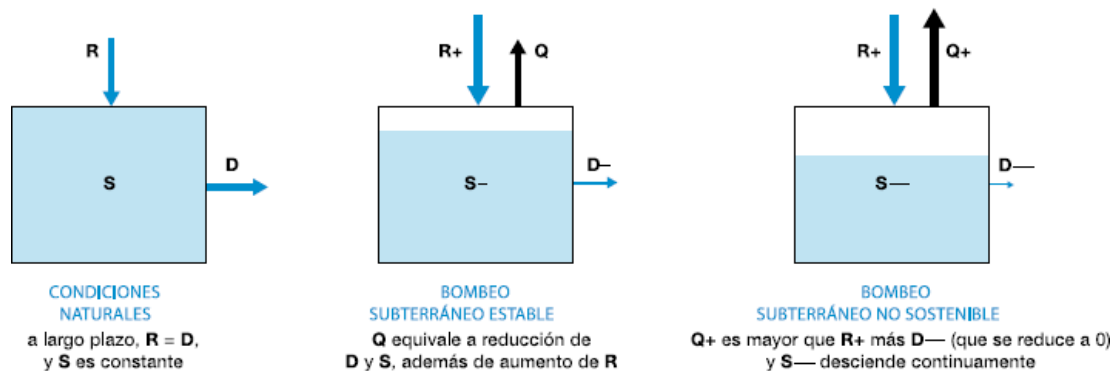


Figura 3.4. Efectos conceptuales de la extracción en el balance de los recursos de agua subterránea

Fuente: Stephen Foster. et al. 2002-2006.

El término 'sobreexplotación de acuíferos' es una expresión emotiva que no representa una definición científica rigurosa, pero también es un término que los gerentes de recursos hídricos deben seguir usando, pues es ampliamente conocido a nivel público y político. Algunos consideran que un acuífero está sobreexplotado cuando sus niveles de agua subterránea muestran pruebas de descenso 'continuo a largo plazo'

Otra interpretación de la sobreexplotación es que la tasa media de recarga de agua subterránea a largo plazo es menor que la extracción. Incluso esta definición puede no resultar viable porque:

- existe el problema de especificar en qué periodo y en qué área se debe evaluar el equilibrio de agua subterránea, sobre todo en climas más áridos donde ocurren episodios importantes de recarga una vez en décadas y en los que los efectos del bombeo también pueden estar distribuidos de manera muy irregular.
- hay incertidumbre sobre los mecanismos y las tasas de recarga de los acuíferos, como resultado de la complejidad hidrogeológica y datos de campo inadecuados
- pueden presentarse variaciones temporales importantes en los componentes de recarga de los acuíferos, como las asociadas con mantos freáticos descendentes, tendencias climáticas a largo plazo y actividades humanas.

En la práctica, cuando se habla de sobreexplotación de un acuífero, invariablemente nos preocupan mucho más las consecuencias de la extracción intensa de agua subterránea (Figura 3.4.) que el valor de la extracción. Por ende, una definición económica sea quizá la más apropiada: existe sobreexplotación cuando el 'costo general de los impactos negativos de la explotación de agua subterránea rebasan los beneficios netos del uso del agua subterránea', pero por supuesto puede resultar igualmente difícil predecir y calcular el costo de dichos impactos.

Es importante resaltar que, en este contexto, algunas de estas consecuencias pueden surgir mucho antes de que la tasa de extracción de agua subterránea exceda la recarga media a largo plazo. Por lo tanto, variará la manera en la que se interprete una situación específica, de acuerdo con el tipo de sistema acuífero de que se trate—es decir, con el volumen de almacenamiento explotable y la susceptibilidad a efectos secundarios irreversibles durante la extracción excesiva a corto plazo.

Entre los impactos potenciales más críticos de la explotación intensa de acuíferos (Figura 3.5.) se encuentra la salinización del agua subterránea, puesto que cancelará la posibilidad de seguirlos usando para suministro de agua potable y riego agrícola.

INTERFERENCIA REVERSIBLE	DEGRADACIÓN IRREVERSIBLE
• cargas de bombeo/aumento de costos • reducción del rendimiento del pozo • reducción del flujo de los manantiales y del flujo de base	• estrés en la vegetación freatofita (tanto natural como agrícola) • compactación de los acuíferos y reducción de la transmisibilidad • intrusión de agua salina • entrada de agua contaminada (de un acuífero colgado o de un río) • asentamiento de suelo e impactos relacionados (compactación de los acuitardos)

Figura 3.5. Consecuencias de la extracción excesiva de agua subterránea.

Fuente: Stephen Foster et al. 2002-2006.

Sin embargo, es importante diagnosticar la causa de la salinización del agua subterránea, ya que puede ser ocasionada por varios mecanismos (Figura 3.6.), de los cuales sólo algunos están relacionados con el bombeo de los acuíferos.

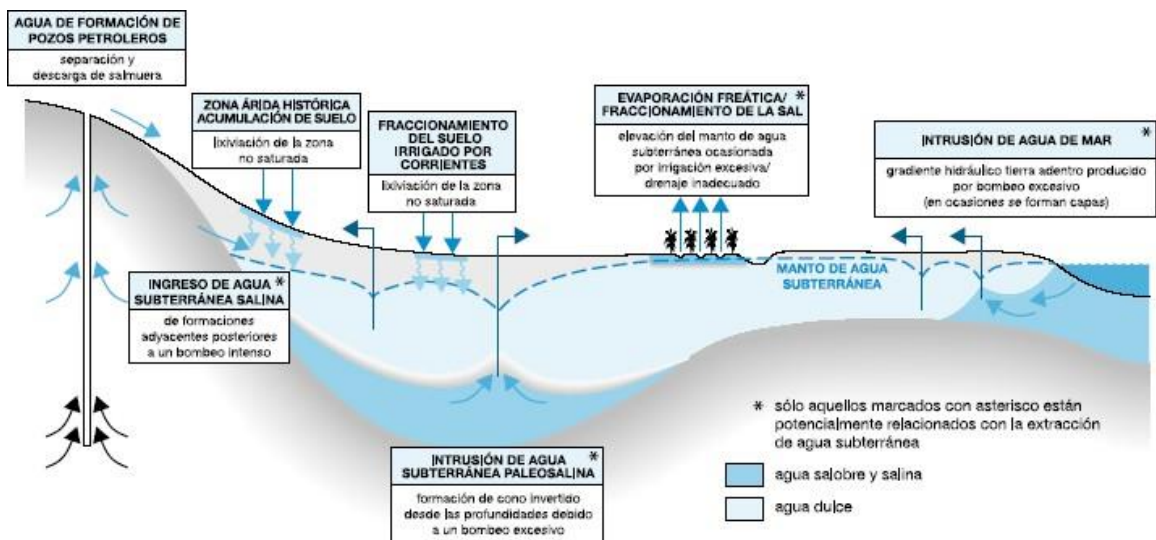


Figura 3.6: Posibles orígenes de la salinidad del agua subterránea y mecanismos de salinización de los acuíferos.

Fuente: Stephen Foster. et al. 2002-2006.

Estrictamente, el agua subterránea nunca es un recurso no renovable, pero tampoco es completamente renovable dentro de un período de explotación dado. Por lo tanto, existen algunas circunstancias en las que la explotación de recursos no renovables de agua subterránea (minado de las reservas de agua subterránea) puede considerarse (o ha ocurrido inesperadamente) y requiere de una evaluación sistemática.

3.3. Gestión de Recursos de Agua Subterránea

Albert Tuinhof, et al. 2002-2006. Señalan que el agua subterránea es diferente del agua superficial por lo siguiente:

El agua subterránea difiere del agua superficial por su entorno químico y físico contrastante, aunque el agua en sí sea esencialmente parte del mismo ciclo general (Tabla 3.1.).

Tabla 3.1. Agua subterránea y agua superficial—como recurso integrado.

El agua de lluvia que cae a la tierra comienza un viaje largo en el que su ambiente y condición física (líquido, vapor, sólido) pueden cambiar varias veces. Es útil considerar la trayectoria de dos gotas individuales.	
La gota de lluvia A se infiltra en el suelo, llega al manto freático y se convierte en <i>agua subterránea</i> . Tras 10 años bajo tierra, se bombea de un pozo y se usa como suministro potable. Después se descarga como efluente de aguas residuales a un río, con lo que se convierte en <i>agua superficial</i> colgada sobre el manto freático, que se infiltra por su lecho para recargar al acuífero subyacente. La gota de lluvia se une al flujo de <i>agua subterránea</i> en un acuífero de piedra caliza fisurada y se descarga directamente al mar unos 2 años después.	La gota de lluvia B cae directamente en un lago en la parte alta de la cuenca y se convierte en <i>agua superficial</i> . Después de 5 días se evapora y vuelve a la atmósfera local y cae de nuevo como lluvia, pero esta vez sobre terreno permeable donde se infiltra para convertirse en <i>agua subterránea</i> . Fluye bajo tierra en un acuífero de arena no consolidada durante más de 100 años, pero se descarga finalmente como manantial en las tierras bajas de la cuenca. Así, se convierte de nuevo en <i>agua superficial</i> , parte de un sistema de arroyos y ríos que unos 2 días después llega al mar.
Siglos después, ambas gotas se evaporarán del mar para comenzar el ciclo de nuevo.	

Fuente Albert Tuinhof. et al. 2002-2006.

El agua superficial fluye de manera relativamente rápida en pequeños arroyos, que alimentan al río principal drenando al área de captación en cuestión. El área de captación de cada cuenca está determinada por la topografía de la superficie terrestre y por lo general no cambia con el tiempo.

El agua subterránea se mueve a través de los acuíferos (estratos permeables) desde zonas de recarga a zonas de descarga (determinadas por la estructura geológica), normalmente a tasas lentas que van desde 1-m/año a cientos de m/día. Pueden pasar décadas, cientos o incluso miles de años entre la recarga inicial y su descarga final hacia un manantial, un arroyo o el mar. Dichas tasas de flujo lentas y tiempos de residencia largos, resultado de grandes volúmenes de almacenamiento, son algunos de los aspectos característicos de los sistemas de agua subterránea (Tabla 3.2.).

Tabla 3.2. Aspectos comparados de los recursos de agua subterránea y de agua superficial

ASPECTO	RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA Y ACUÍFEROS	RECURSOS DE AGUA SUPERFICIAL Y EMBALSES
<i>Características Hidrológicas</i>		
• Volúmenes de Almacenamiento	muy grandes	pequeños a moderados
• Zonas de Recursos	relativamente no restringidas	restringidas a cuerpos de agua
• Velocidades de Flujo	muy bajas	moderadas a altas
• Tiempos de Residencia	generalmente de décadas a siglos	en su mayoría de semanas a meses
• Propensión a Sequía	generalmente baja	generalmente alta
• Pérdidas por Evaporación	bajas y localizadas	altas en los embalses
• Evaluación de Recursos	costo alto e incertidumbre considerable	costo bajo y a menudo menor incertidumbre
• Impactos por Extracción	retardados y dispersos	inmediatos
• Calidad Natural	generalmente (pero no siempre) alta	variable
• Vulnerabilidad a la Contaminación	protección natural variable	sin protección, en gran medida
• Persistencia de la Contaminación	a menudo extrema	principalmente transitoria
<i>Factores Socioeconómicos</i>		
• Percepción del Público	recurso mítico, impredecible	recurso estético, predecible
• Costo del Desarrollo	generalmente modesto	a menudo alto
• Riesgo por Desarrollo	menos del que se percibe a menudo	más del que se supone a menudo
• Estilo del Desarrollo	combinación de público y privado	público, en gran medida

Fuente: Albert Tuinhof. et al. 2002-2006.

Las fronteras del flujo del agua subterránea (en espacio y profundidad) por lo general resultan más difíciles de definir y pueden variar con el tiempo. La diferencia se ve acentuada puesto que el agua subterránea conforma la 'parte invisible' del ciclo hidrológico, lo cual puede generar conceptos erróneos entre los grupos interesados ('stakeholders'). A menudo, los tomadores de decisiones sobre recursos hídricos (igual que muchos usuarios de agua) tienen pocos antecedentes de hidrogeología y, por ende, una comprensión limitada de los procesos que se inducen al bombear agua subterránea de un acuífero. Por lo tanto, siguen siendo comunes la subutilización irracional de los recursos de agua subterránea (comparado con el agua superficial) y la excesiva complacencia en cuanto a la sustentabilidad del uso intensivo del agua subterránea.

Estos autores mencionan que el reto clave que enfrenta la gestión de los recursos de agua subterránea es que:

La gestión de los recursos de agua subterránea tiene que equilibrar la explotación de un recurso complejo (en términos de cantidad, calidad e interacciones con el agua superficial) con las crecientes exigencias de los usuarios del agua y la tierra (quienes pueden representar una amenaza a la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico).

Las necesidades de gestión de agua subterránea generalmente no aparecen hasta que un descenso en el rendimiento de los pozos y/o en la calidad del agua afecta a algún grupo interesado. Si se permite que haya más bombeo sin control, se puede desarrollar un 'círculo vicioso' (Figura 3.7), lo que puede traer como resultado el daño de los recursos en general (con un grave descenso del nivel de agua subterránea y, en algunos casos, invasión salina de los acuíferos o, incluso, asentamiento del terreno).

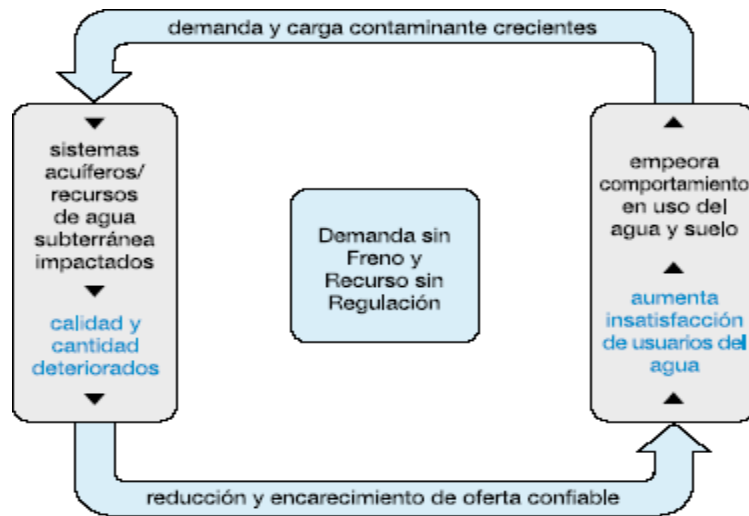


Figura 3.7. El desarrollo que sólo responde al incremento de la oferta conduce a un círculo vicioso.

Fuente: Albert Tuinhof. et al. 2002-2006.

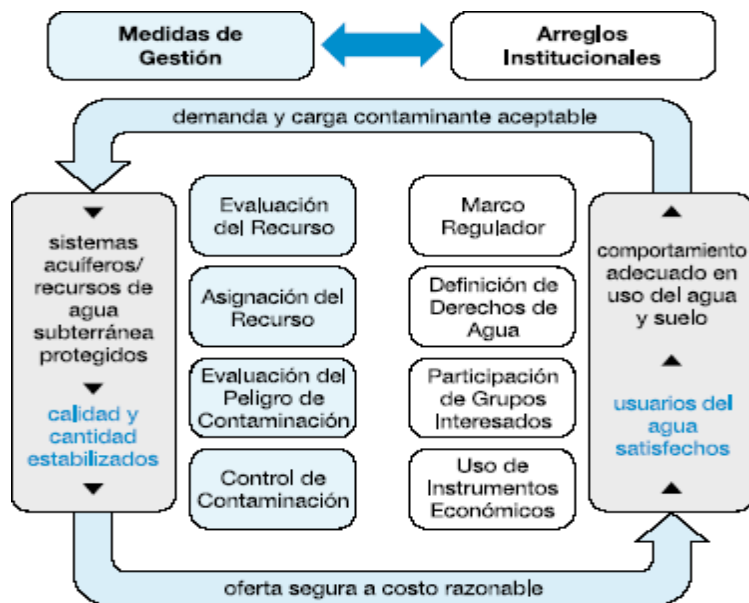


Figura 3.8. La gestión integrada del agua subterránea conduce a un círculo virtuoso.

Fuente: Albert Tuinhof. et al. 2002-2006.

Para transformar este 'círculo vicioso' en un 'círculo virtuoso' (Figura 3.8.), resulta esencial reconocer que gestionar el agua subterránea implica trabajar

con la gente (usuarios de agua y de tierra) tanto como gestionar el agua (recursos de acuíferos) o, en otras palabras, que las dimensiones socioeconómicas (gestión de la demanda) son tan importantes como la dimensión hidrogeológica (gestión de la oferta), y que siempre se requiere integrar ambas.

Es indispensable comprender los siguientes asuntos para la gestión de la oferta de los recursos de agua subterránea:

- los sistemas de acuíferos y sus susceptibilidades específicas a los impactos negativos ocasionados por estrés de extracción
- las interacciones entre agua subterránea y agua superficial, como son los efectos de extracción (en el flujo base fluvial y algunos humedales) y los efectos de reducción de recarga (producidos por la modificación del flujo de agua superficial).

Todos estos efectos pueden ser a corto plazo y reversibles, o a largo plazo y casi irreversibles. El monitoreo operativo es una herramienta vital para desarrollar la comprensión necesaria que lleve a una gestión efectiva del recurso.

Resulta esencial para la gestión de la demanda de recursos de agua subterránea tener presente que:

- las metas de desarrollo social ejercen gran influencia sobre el uso del agua, especialmente en lo que concierne a la irrigación agrícola y la producción alimentaria, por lo que la gestión sólo resulta totalmente efectiva si hay coordinación entre sectores.
- las intervenciones reguladoras (como derechos de agua o permisos para su uso y las herramientas económicas como tarifas de extracción y derechos de agua comerciables se vuelven más

eficaces si no sólo se codifican en las leyes de aguas, sino que también se aplican con alta participación de los usuarios

- las provisiones reguladoras no deben rebasar la capacidad gubernamental de hacer valer la ley y la capacidad de los usuarios para acatarla.

También surgen los siguientes principios genéricos:

- tanto las condiciones hidrogeológicas como las condiciones socioeconómicas tienden a estar muy ligadas a una ubicación específica, por lo que no se puede proporcionar tan fácilmente una receta única para la gestión integrada del agua subterránea
- el desarrollo de un enfoque sobre la gestión que sea eficaz y sustentable siempre requerirá de la participación de los principales grupos interesados
- implementar las medidas de gestión a menudo requerirá desarrollar la capacidad, tanto de las autoridades encargadas de los recursos hídricos como de los usuarios del agua.

Albert Tuinhof, et al. 2002-2006, señalan el cómo debe llevarse en la práctica la gestión integrada del agua subterránea.

En la mayoría de las situaciones, la gestión del agua subterránea debe mantener un equilibrio razonable entre los costos y los beneficios de las actividades e intervenciones de gestión y, por ende, debe considerar la susceptibilidad a la degradación del sistema hidrogeológico en cuestión, así como los intereses legítimos de los usuarios del agua, incluyendo los ecosistemas y a quienes dependen del flujo base aguas abajo.

En términos prácticos, será necesario establecer posibles intervenciones de gestión en el contexto de la evolución normal del desarrollo del agua subterránea, y para ello resulta conveniente distinguir diversos niveles (Tabla-

3.3.). Sin embargo, se debe observar que a igualdad de costos, los enfoques preventivos de gestión posiblemente sean más eficaces que aquellos que sólo son reactivos.

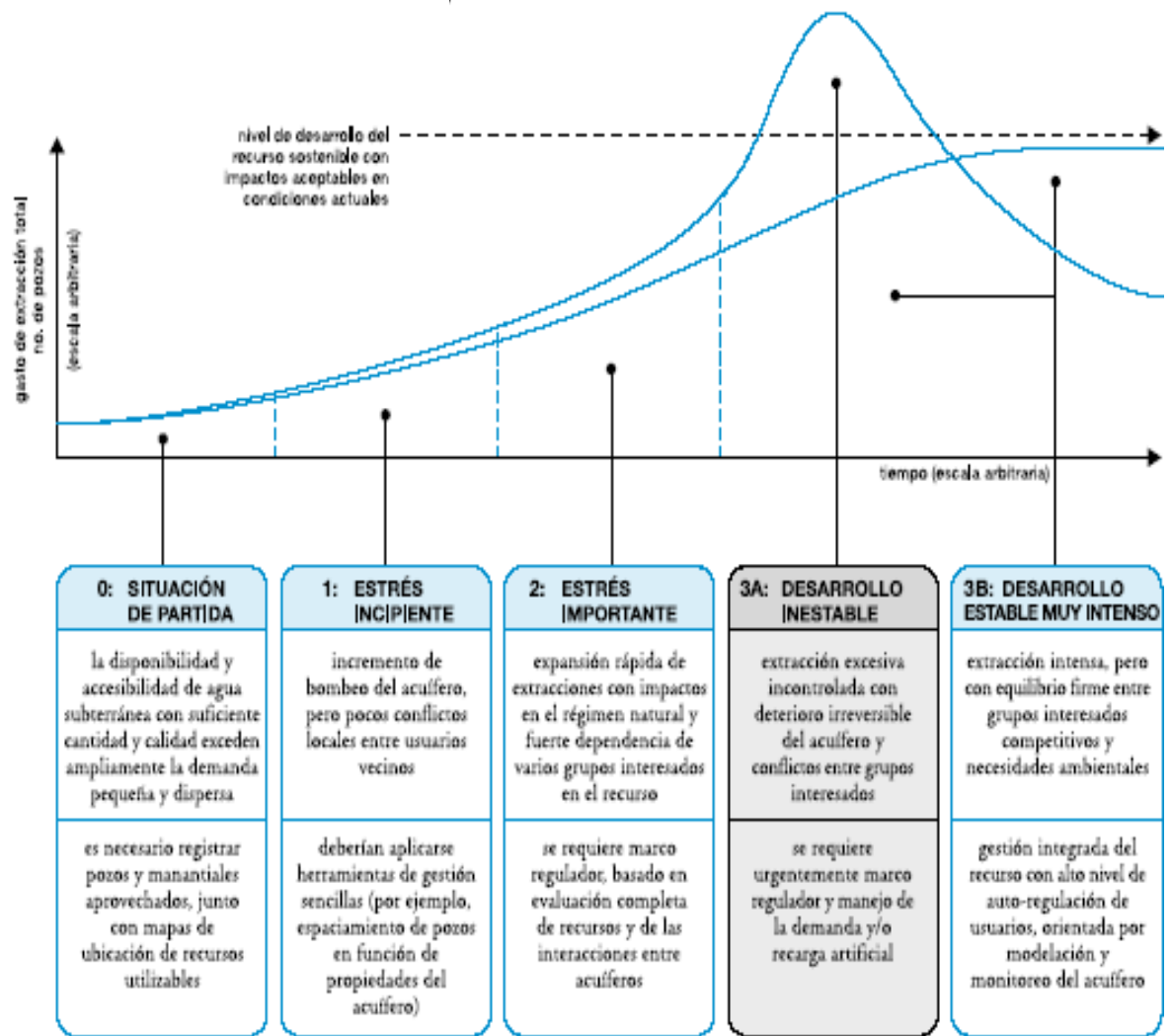


Figura 3.9.: Etapas de desarrollo y necesidades de gestión en un acuífero importante.

Fuente: Albert Tuinhof. et al. 2002-2006.

Tabla 3.3. Niveles de herramientas, instrumentos e intervenciones de gestión de agua subterránea necesarios para una etapa específica del desarrollo del recurso.

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	NIVEL DE DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA O EL INSTRUMENTO CORRESPONDIENTE (según etapa de estrés hídrico)			
	0	1	2	3
HERRAMIENTAS TÉCNICAS				
Evaluación del Recurso	conocimiento básico del acuífero	modelo conceptual basado en información de campo	modelo(s) numérico(s) que operan simulando diferentes escenarios hipotéticos de extracción	modelos ligados con apoyos para toma de decisiones y usados para planificación y gestión
Evaluación de la Calidad del Agua	no se experimentan restricciones de calidad	la variabilidad de la calidad es un asunto relevante en la asignación	se entienden los procesos de calidad del agua	se integra la calidad en los planes de asignación
Monitoreo de Acuíferos	no hay programa regular de monitoreo	monitoreo de proyectos, intercambio de información ad-hoc.	rutinas de monitoreo establecidas	se usan programas de monitoreo para tomar decisiones de gestión
INSTRUMENTOS INSTITUCIONALES				
Derechos de Agua	derechos de agua consuetudinarios	aclaración esporádica de derechos de agua a nivel local (por medio de procesos judiciales)	se reconoce que los cambios en la sociedad se imponen a los derechos de agua consuetudinarios	derechos dinámicos basados en planes de gestión
Disposiciones Reguladoras	sólo regulación social	regulación restringida (por ejemplo, permisos para pozos nuevos, restricciones para perforación)	regulación y aplicación activa por una agencia que se dedique a ello	facilitación y control de auto-regulación por parte de grupos interesados
Legislación de Aguas	no existe	se discute la preparación de ley sobre recursos de agua subterránea	disposición legal para organizar a usuarios de agua subterránea	marco legal completo para gestión de acuíferos
Participación de los Grupos Interesados	poca interacción entre regulador y usuarios de agua	participación reactiva y desarrollo de organizaciones de usuarios	organizaciones de grupos interesados son cooptados en estructuras de gestión (por ejemplo, consejos de acuíferos)	grupos de interés y agencia reguladora comparten responsabilidad en la gestión de acuíferos
Conciencia y Educación	el agua subterránea es considerada como un recurso infinito y gratuito	recurso finito (campañas de conservación y protección del agua)	bien económico que forma parte de un sistema integral	interacción y comunicación efectivas entre grupos interesados
Instrumentos Económicos	casi no se reconocen las externalidades (la explotación es ampliamente subsidiada)	sólo se aplican cargos simbólicos por extracción de agua	se reconoce valor económico (reducción y orientación específica de subsidios a los combustibles)	se reconoce valor económico (se cobra adecuadamente y aumenta posibilidad de reasignación)
ACCIONES DE GESTIÓN				
Prevención de Efectos Colaterales	poca preocupación sobre efectos colaterales	se reconocen efectos colaterales (a corto y largo plazo)	medidas preventivas que reconocen valor <i>in-situ</i>	mecanismo para equilibrar usos extractivos y valor <i>in-situ</i>
Asignación del Recurso	restricciones limitadas para asignación	competencia entre usuarios	se definen prioridades para uso extractivo	asignación equitativa de usos extractivos y valor <i>in-situ</i>
Control de Contaminación	poco control sobre uso de suelo y descarga de desechos	zonificación territorial, pero sin control proactivo	control sobre contaminación puntual nueva y/o ubicación de pozos nuevos en zonas seguras	control de todas las fuentes de contaminación puntuales y dispersas

Fuente: Albert Tuinhof, et al. 2002-2006.

La condición de una extracción excesiva y no sustentable (3^a—Desarrollo inestable), que ocurre con demasiada frecuencia, también está incluida en la Figura 3.9. En este caso, la tasa total de extracción (y, por lo general, el número de pozos de producción) con el tiempo caerá marcadamente como resultado de la degradación casi irreversible del sistema de acuíferos en sí.

En la Tabla 3.3, que ilustra la necesidad creciente de una gestión integrada del agua subterránea, se desglosa la gestión en una serie de aspectos interrelacionados y se indican los niveles de respuesta apropiados para cada nivel de desarrollo del recurso. Debe observarse que no se espera que el enfoque sobre desarrollo y gestión de los recursos de agua subterránea para acuíferos menores (con capacidad para proporcionar únicamente abastecimiento de agua potable rural y para ganado) pase del nivel 1 en la Tabla 3.3.

El marco de referencia que se proporciona en la Tabla 3.3, puede ser utilizado como un instrumento de diagnóstico para evaluar la suficiencia de los arreglos existentes de gestión del agua subterránea para un nivel específico de desarrollo del recurso (tanto en términos de las herramientas técnicas como de las disposiciones institucionales). Al analizar los instrumentos o herramientas de gestión del agua subterránea existentes en un caso específico con un cierto nivel de desarrollo, se genera un perfil de diagnóstico que se puede comparar con la propuesta de la Tabla 3.3. para indicar qué aspectos prioritarios requieren de atención urgente. Cada uno de los principales grupos interesados también puede llevar a cabo dicho ejercicio de diagnóstico para promover la comunicación y el entendimiento. Por medio de este enfoque se pueden acordar las intervenciones de gestión necesarias para un entorno hidrogeológico y una situación de desarrollo de recursos específicos.

3.4. Estrategias para la Gestión del Agua Subterránea

Stephen Foster, Et al. 2002-200. Mencionan que las estrategias que se necesitan para estabilizar acuíferos sumamente estresados requieren de:

- intervenciones para gestión de la demanda
- medidas de ingeniería para incrementar la oferta.

Aunque la gestión del agua subterránea se lleva a cabo a nivel local del acuífero, las políticas nacionales sobre alimentos y energía pueden ejercer una influencia primordial sobre el comportamiento de quienes extraen agua subterránea y, por ende, sobre las presiones para la explotación del recurso y las tensiones en su gestión. De estas presiones, quizá las más importantes sean los subsidios a la electricidad rural, a la perforación de pozos, a los equipos de bombeo, y a los precios de granos y leche.

En términos generales, siempre se deben revisar estos subsidios y considerar la posibilidad de reorientar los ingresos involucrados hacia tecnologías para el ahorro del agua y/o de apoyar sólo a los miembros más necesitados de la comunidad.

Siempre es esencial enfrentar el tema de limitar la demanda de extracción de agua subterránea (Tabla 3.4.), ya que esto normalmente contribuirá más a equilibrar el acuífero, y siempre será necesario a largo plazo en regiones más áridas y densamente pobladas. El concepto de ahorro real de agua es crítico en este aspecto—estos ahorros sólo incluyen las reducciones de evaporación (esto es, el uso consuntivo) y las pérdidas a cuerpos de agua salada, pero no las reducciones que hubieran generado recarga de los acuíferos. Por ejemplo, en áreas urbanas, se puede lograr un ahorro real de agua al reducir las fugas de las tuberías y la infiltración de aguas residuales, pero sólo donde generen descarga a cuerpos de agua salobre o creen problemas de drenaje.

Tabla 3.4. Acciones sobre la oferta y la demanda para la gestión de los recursos de agua subterránea.

NIVEL DE ACCIÓN	INTERVENCIONES PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA	MEDIDAS DE INGENIERÍA PARA INCREMENTAR LA OFERTA
Agricultura de riego	● ahorro real de agua obtenido parcialmente con: – tuberías de baja presión para distribuir agua – promover cambio de cultivos y/o reducir el área irrigada – conservación agronómica del agua	● técnicas locales de cosecha de agua ● estructuras apropiadas para mejorar la recarga (ya sea capturando el escurrimiento superficial local o en ocasiones con agua superficial transferida)
Centros Urbanos Principales	● ahorro real de agua obtenido en ocasiones con: – reducción de fugas de tuberías y/o de uso de agua – reducción del consumo de lujo (regar el jardín, lavar el coche)	● reciclaje y reúso urbano de aguas residuales (que incluye recarga controlada y/o incidental a los acuíferos tanto por saneamiento <i>in situ</i> como por fugas de redes de alcantarillado (Nota Informativa 12)

Fuente: Stephen Foster et.al.2002-2006.

Siempre se deben fomentar medidas complementarias para incrementar la oferta local (Tabla 3.4.), como cosecha de agua de lluvia, mejora de la recarga de los acuíferos (con escurrimiento superficial excesivo), y reúso de aguas residuales urbanas, sobre todo donde las condiciones sean favorables. A menudo, tales medidas son importantes porque ayudan a mejorar las relaciones con los usuarios de agua subterránea y pueden constituir un primer paso para inducirlos a participar en la gestión de los acuíferos.

Estos autores, mencionan que se puede reducir el uso del recurso de agua subterránea en la agricultura de riego.

Este tema debe recibir atención primordial puesto que, en la mayoría de las regiones, la agricultura es el principal consumidor de los recursos de agua subterránea. Además, el riego excesivo a menudo es un componente importante de la propia recarga de los acuíferos que hace de ella un recurso a su vez disponible para otros usuarios de agua subterránea o para aportar flujo base a los ríos aguas abajo. Sin embargo, mientras un aumento en la eficiencia de riego representa un ‘ahorro de energía’ (ya que se necesita menos bombeo),

no necesariamente representa 'un ahorro del recurso hídrico' (porque el agua de todas formas pudo haber vuelto al acuífero).

En ocasiones, aunque se mejore la eficiencia del uso del agua para riego y se incremente la productividad del agua y el ingreso de los agricultores, también se puede provocar el desequilibrio de los recursos de agua subterránea como resultado de:

- sustituir incrementos en la evaporación/evapotranspiración a nivel de campo (en riego por aspersión) en lugar de flujos de retorno importantes (en riego por inundación)
- hacer viable la expansión del área de riego dominada y de la propia área cultivada (al incrementar la capacidad de entrega con sistemas presurizados)
- facilitar la introducción de cultivos de más alto valor, que hacen factible que los agricultores hagan los pozos más profundos y bombeen agua subterránea de mayores profundidades.

Sólo aquellas modificaciones a las prácticas de irrigación y cultivo que reducen la 'evapotranspiración no benéfica' o las 'descargas no benéficas a cuerpos de agua salada' de hecho representan 'ahorros reales de agua' (aunque estos componentes no puedan ser cuantificados en forma precisa de manera fácil).

En consecuencia, el propósito principal de la gestión de la demanda agrícola para la conservación del recurso de agua subterránea debe ser reducir (a) la evaporación del sistema de distribución de agua para irrigación, (b) la evaporación de la tierra entre hileras de cultivos, (c) la evapotranspiración del propio cultivo que no se traduce efectivamente en rendimiento agrícola, (d) la evapotranspiración freática directa por vegetación no deseada y € la evaporación directa durante el riego por aspersión.

Generalmente hay un amplio margen para lograr este tipo de ahorros agrícolas de agua mediante:

- medidas de ingeniería: como distribución de agua para irrigación por medio de tuberías de baja presión (en lugar de canales de tierra) y aplicación de agua para irrigación con tecnología de goteo y micro aspersión
- medidas de gestión: para mejorar la programación del riego y la gestión de humedad del suelo
- medidas de agronomía: como arado profundo, acolchado de paja y plástico, y el uso de cepas/semillas mejoradas y agentes resistentes a las sequías.

Si se necesitan mayores ahorros de agua, también se debe considerar la posibilidad de cambiar el tipo de cultivo y el uso del suelo (por ejemplo, por medio de cultivos de más alto valor en invernadero, o de utilizar una proporción de la tierra de riego para cultivar en secano especies resistentes a las sequías). Una opción aún más radical sería la de prohibir cierto tipo de cultivos irrigados en áreas cuyas condiciones de agua subterránea sean críticas.

El éxito que tengan las medidas agrícolas de ahorro de agua para reducir el descenso de los niveles de agua en los acuíferos depende directamente de que estos ahorros se traduzcan en reducciones permanentes en los derechos de extracción de los pozos y del bombeo en sí. Es esencial que los ahorros de agua no se usen para expandir el área irrigada o para aumentar el uso de agua en otros sectores. Esto requerirá de un sistema flexible de derechos de extracción y de incentivos claros para que los usuarios actúen en el interés colectivo, que es la conservación del recurso. En la interfaz urbano-rural, la reasignación del recurso hacia usos comerciales e industriales más productivos se puede promover mejor si la municipalidad correspondiente financia las mejoras en la irrigación agrícola (generando ahorros reales de agua) a cambio de derechos de extracción sobre una proporción del agua subterránea que se

ahorró. Sin embargo, se debe resaltar que la posición será apreciablemente diferente cuando el agua superficial sea la fuente principal de irrigación y/o cuando el manto de agua subterránea sea muy poco profundo, ya que en esos casos la principal preocupación será el drenaje para mitigar el anegamiento y salinización del suelo.

3.5. La Participación de los Grupos Interesados en la Gestión del Agua Subterránea

Héctor Garduño, et. Al. 2002. señalan que:

Los grupos interesados relacionados con el agua subterránea son aquéllos que tienen un interés especial en los recursos de un acuífero específico, ya sea porque usan agua subterránea, porque practican actividades que pudieran contaminar el agua subterránea, o porque les preocupa los recursos de agua subterránea y la gestión ambiental (Tabla 3.5.). Ya que el agua superficial se debe gestionar de manera conjunta con el agua subterránea, y que el agua residual municipal o industrial puede representar una amenaza a la calidad del agua subterránea, los grupos interesados también deben contar con representantes municipales e industriales (en los casos en que resulte apropiado).

Tabla 3.5. Campo potencial de intereses y actividades de los grupos interesados relacionados con el agua subterránea*.

SECTOR	CLASES DE USARIOS DE AGUA	PROCESOS CONTAMINANTES	OTRAS CATEGORÍAS
Rural	abastecimiento doméstico crianza de ganado agricultura de subsistencia irrigación comercial	depósito final de desechos domésticos drenaje de corral cultivo intensivo irrigación con aguas residuales	contratistas de perforación establecimientos educativos asociaciones profesionales periodistas/medios masivos de comunicación
Urbano	empresas de agua potable abastecimiento privado	depósito final/reúso de aguas residuales urbanas rellenos sanitarios municipales	
Industria y Minería	compañías autoabastecidas	descarga de drenaje/aguas residuales depósito final de desechos sólidos almacenes de productos químicos/petróleo	
Turismo	hoteles y sitios para acampar	descarga de aguas residuales depósito final de desechos sólidos	
Ambiente**	ecosistemas de ríos/humedales lagunas costeras		

* además de agencias locales de recursos hídricos, ordenamiento territorial y protección ambiental

** generalmente representado por algún tipo de ONG y/o autoridad local

¹ 'Grupos interesados' en inglés se conocen como 'stakeholders', mientras que un 'individuo interesado' se conoce como 'stakeholder'

Fuente: Héctor Garduño et al. 2002-2006.

La participación de los grupos interesados en la gestión del agua subterránea es esencial por los siguientes motivos:

- a menudo resulta imposible implementar las decisiones de gestión a las que llega una agencia reguladora sin consenso social
- permite que las actividades de gestión esenciales (como monitoreo, inspección y recaudación de cuotas) se lleven a cabo más efectiva y económicamente a través de esfuerzos cooperativos y cargas compartidas
- facilita la integración y coordinación de las decisiones relacionadas con los recursos de agua subterránea, uso del suelo y manejo de residuos.

Las decisiones en torno a la gestión del agua subterránea que se tomen con la participación de los grupos interesados deberían contribuir a lograr:

- beneficios sociales, porque tienden a promover la equidad entre los usuarios
- beneficios económicos, porque tienden a optimizar el bombeo y a reducir los costos energéticos
- beneficios técnicos, porque a menudo llevan a mejores estimaciones de extracción de agua.

Por otro lado, la gestión participativa de los acuíferos altamente estresados debe ayudar a tomar decisiones que de otra forma serían impopulares en casos en los que—por lo menos a corto plazo—se disminuyan los beneficios de algunos grupos interesados porque están conformes con reducir el bombeo con miras al interés común a plazo más largo.

3.5.1. Mecanismos institucionales para la participación de los grupos interesados en la gestión del agua subterránea.

La participación de los grupos interesados y de la comunidad en la gestión del agua subterránea debe llevarse a cabo en diversos niveles territoriales, desde el pozo individual hasta el sistema acuífero, incluso a nivel de cuenca o nacional. Debe promoverse en todos los niveles en que los grupos interesados puedan llegar a hacer una contribución importante a la conservación y protección del agua subterránea.

Las entidades locales han existido en algunos países desde tiempos inmemoriales, distribuyendo el agua subterránea de pozos o manantiales a sus miembros, principalmente para irrigación, recolectando cargos operativos y resolviendo disputas sobre el agua, de acuerdo con reglas consuetudinarias basadas en usos y costumbres. Aquí llamaremos a dicho grupos asociaciones de usuarios de agua (AUA), aunque se reconoce que hay gran inconsistencia en el uso de este término entre países. Es importante reconocer a estas asociaciones en términos de la ley e investirlas con personalidad jurídica, con el fin de facilitar su trabajo y permitirles entablar relaciones contractuales con agencias locales reguladoras de agua y suelo. Donde no existen AUA, hay una tendencia a establecerlas, ya sea bajo legislación de aguas, derecho civil u otra legislación de asociaciones comunitarias. En todos los casos, necesitan contar con personalidad jurídica, y la autoridad para elegir o nombrar a un representante para la gestión a nivel del acuífero.

En el caso de los recursos de agua subterránea, hay una necesidad definitiva de un sistema para la participación de grupos interesados y usuarios a nivel más alto, llamada aquí organización para la gestión de acuíferos (OGA)². Dichas organizaciones se deben establecer más ampliamente como los mecanismos institucionales para la gestión de recursos a nivel de acuífero (o sub-acuífero), en los que deban estar representadas todas las AUA y otras

categorías principales de grupos interesados (Tabla 3.5.). Las OGA también deben incluir representantes de agencias nacionales o locales involucradas en la gestión del agua subterránea y de las autoridades gubernamentales locales correspondientes. En algunas circunstancias las OGA pueden (y deben) formarse por iniciativa de la administración del agua, cuando se declaren zonas con estado crítico de agua subterránea.

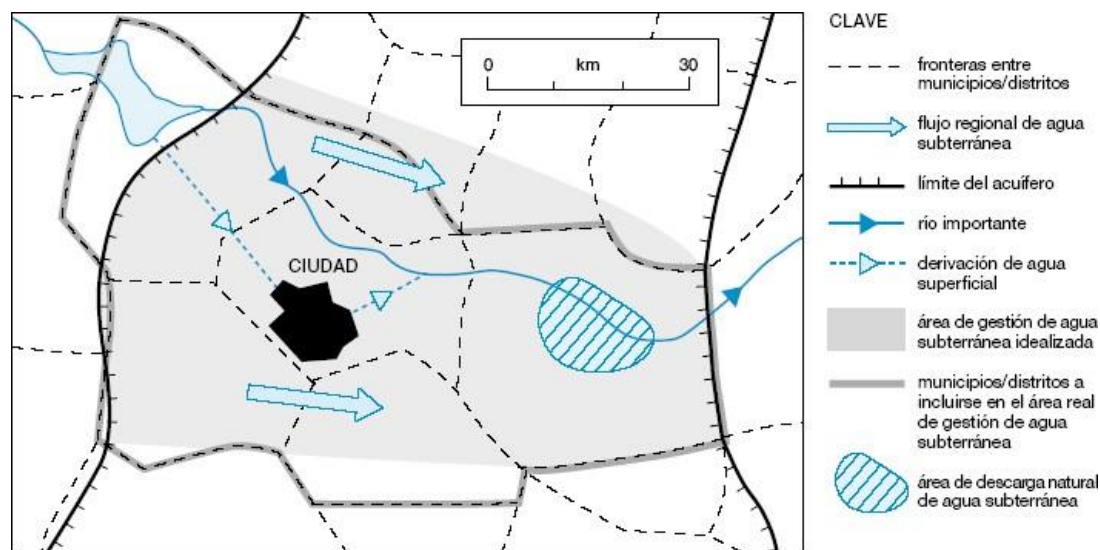


Figura 3.10. Enfoque hidrogeológico para delinear un área de gestión de agua subterránea.

Fuente: Héctor Garduño et al. 2002-2006.

La delineación de fronteras apropiadas para establecer el área de gestión de recursos de agua subterránea para una OGA es particularmente crítica (Figura 3.10.). No siempre será sencillo, y para los sistemas acuíferos grandes con gradientes hidráulicas muy bajos, la subdivisión en cuerpos o sub-acuíferos de agua subterránea tendrá que hacerse de la manera más lógica posible. Cuando el llamado cuerpo de agua subterránea es parte de un sistema acuífero más grande, es importante establecer mecanismos institucionales para integrar la gestión del agua subterránea y la participación de los grupos interesados a nivel del sistema. Un sistema acuífero puede estar estrechamente interconectado con un sistema de agua superficial, y en este caso se debe integrar la gestión del agua subterránea y del agua superficial; esto requerirá que las OGA tengan

representación en las agencias de cuenca (Figura 3.11.). Además, también se podría convocar a los representantes de las diversas categorías principales de grupos interesados en el tema del agua subterránea a que dieran sus comentarios sobre las decisiones de política a alto nivel por medio de una comisión nacional del agua.

Todos los grupos interesados de una unidad para la gestión de un acuífero específico necesitan ser identificados, y se deben hacer provisiones para garantizar su representación equitativa en el mecanismo institucional definido para la gestión de acuíferos. Se pueden presentar dificultades cuando hay muchos individuos interesados cuyos intereses deben ser representados en una OGA. En este caso, es necesario contemplar la formación de federaciones que representen a cada categoría de grupos interesados, e investirlos con autoridad para nombrar a sus representantes.

Es posible que los grupos interesados no quieran participar en el proceso de gestión del agua subterránea a menos de que esto se lleve a cabo en un marco legal e institucional sólido que sea claro en cuanto a:

- los derechos y obligaciones de los representantes
- los procedimientos a seguir con quienes no están dispuestos a cooperar.

Se requiere de un equilibrio bien ajustado de reglamentos e incentivos para atraer a los grupos interesados hacia la gestión del agua subterránea. Sin embargo, los reglamentos no deben ser impuestos desde fuera, sino negociados por consenso. A menudo se necesitarán incentivos para ayudar a los usuarios de agua subterránea a hacer un uso más eficiente de la misma y así facilitar la posibilidad de llegar a acuerdos para reducir la extracción.

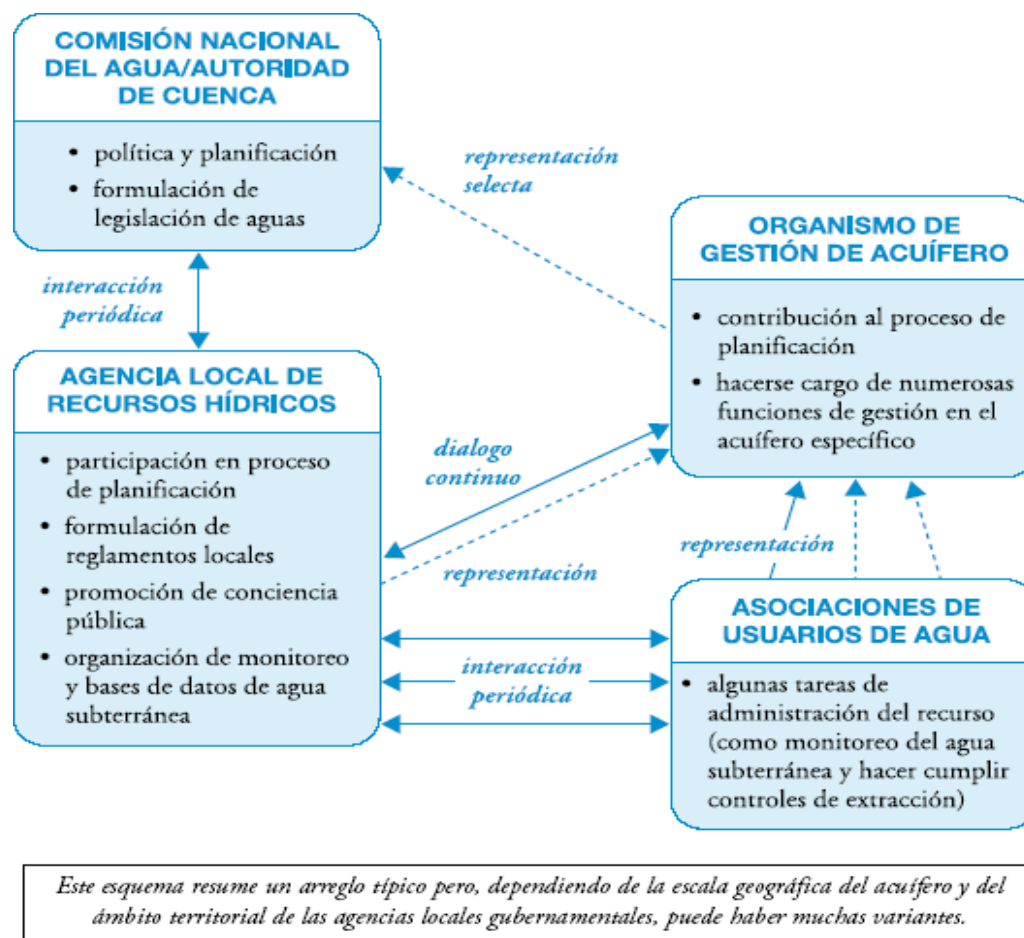


Figura 3.11. Esquema general de interacción institucional en la gestión participativa del agua subterránea.

Fuente: Héctor Garduño. et al. 2002-2006.

3.5.2. Funciones de gestión del agua subterránea pueden llevar a cabo los grupos interesados

Hay muchas formas en las que los grupos interesados pueden participar en la gestión de los recursos de agua subterránea y los sistemas de acuíferos; en la Tabla 3.6 aparece un resumen de las funciones potenciales que se pueden llevar a cabo, y de los distintos niveles de gestión a los que generalmente corresponde cada una. Los enfoques variarán un poco según las inclinaciones específicas de los grupos interesados y la naturaleza de los derechos de agua y de tierra en el área en cuestión.

Con el fin de asegurar que los grupos interesados hagan suyas las decisiones, su participación debe empezar cuando por primera vez se identifiquen y se perfilen los temas y las preocupaciones relacionados con los recursos, para continuar durante las etapas de planificación de la gestión, implementación y monitoreo.

Uno de los retos más difíciles en la gestión participativa del agua subterránea es el de incluir y definirles un papel a quienes no tienen interés directo alguno sobre la gestión de los recursos, por no ser usuarios de pozos ni contaminadores en potencia, pero que de igual manera pueden verse seriamente afectados por decisiones de gestión; éstos pueden ser empleados de empresas agrícolas o industriales y ONG ambientales que representen los intereses de conservación de humedales.

Tabla 3.6. Resumen de funciones comúnmente llevadas a cabo por grupos interesados en esquemas participativos de administración y gestión de los recursos de agua subterránea.

FUNCIONES	NIVEL AL QUE SE LLEVA A CABO LA FUNCIÓN		
	AUA	OGA	ARC
ostentar derechos de agua subterránea	● X		
mantenimiento de abastecimiento/distribución de agua subterránea	●		
recaudar cargos por uso de agua a nivel de distribución	● X		
llevar a cabo monitoreo operativo de agua subterránea	● *		
redactar reglas obligatorias sobre uso de agua	● X	● X	
vigilar uso de agua subterránea	● X *	● X *	
participar en la definición de criterios y metas		● *	
formular/implementar planes para gestión de acuíferos		● *	
implementar medidas para proteger el agua subterránea		● X *	● X *
resolver disputas sobre recursos de agua subterránea		● X *	● X *
revisar esquemas de uso conjunto de agua subterránea/ superficial y transferencia hídrica			● *

AUA = Asociación de Usuarios de Agua; OGA = Organización para la Gestión de Acuíferos; ARC = Autoridad Nacional/Agencia Regional o de Cuenca
 X requiere de personalidad jurídica para tener representación en la organización y asociación correspondiente

* requiere que se formalice la relación con una agencia reguladora local de recursos hídricos

Fuente: Héctor Garduño et al. 2002-2006.

3.5.3. Papel que debe jugar el gobierno en la gestión participativa del agua subterránea.

A los grupos interesados se les debe empezar a ayudar a cobrar conciencia sobre la importancia de su participación en la gestión de recursos de agua subterránea y ésta es una función clave del gobierno. Normalmente se logra primero mediante la distribución periódica de boletines sobre el estado de los recursos y la calidad del agua subterránea, junto con pronósticos sobre las consecuencias de no tomar alguna acción de gestión, y para ello se usan tanto vías de comunicación local como medios masivos para difundir el mensaje.

Pero por lo general con esto no basta, y se deben desarrollar y promover programas educativos (distintos de las acciones para ayudar a cobrar conciencia) a distintos niveles. Y lo que es más importante, se deben involucrar sociólogos para investigar la red de comunicación existente entre los diversos 'emisores' y 'receptores' de mensajes que participan en la gestión y el uso de un acuífero específico.

Se recomienda adoptar los siguientes enfoques al definir el papel de la agencia de recursos hídricos del gobierno local en la gestión participativa del agua subterránea:

- Hacer comprensibles las situaciones complejas del agua subterránea: proporcionando información clara sobre el balance del agua subterránea del acuífero en cuestión y usando software moderno con interfaces visuales amables al usuario para compartir la comprensión del comportamiento del sistema bajo diversos escenarios hipotéticos de gestión; motivando así a los grupos interesados para que estén dispuestos a considerar intervenciones de gestión y a recibir consejos para asegurar que sus propias ideas tengan fundamentos sólidos en lo técnico y lo económico.
- Conferir poder ('empower') a las organizaciones de grupos interesados: se debe evitar una actitud paternalista ('los funcionarios saben más') y se debe reconocer que los grupos

interesados deben ser los actores principales en el proceso práctico de gestión, mientras que el papel del gobierno debe ser sólo el de apoyar en la identificación de problemas de estrategia y de soluciones implementables.

- Asegurar que todos los grupos interesados tengan representación adecuada, sin importar su peso individual en la tenencia de los derechos de agua o de suelo, ni su influencia económica o política.
- Establecer un sistema sólido de derechos de agua subterránea: para que los intereses de los grupos interesados estén razonablemente protegidos cuando se tomen en cuenta las preocupaciones ambientales y de terceros, pero que a la vez sean lo suficientemente flexibles como para que sea factible la reasignación de agua hacia usos más benéficos en términos sociales, económicos y ambientales.

Además, mientras que lo mejor es que los conflictos sean resueltos por las partes involucradas, se pueden presentar situaciones en las que los usuarios en conflicto prefieran que un tercero (como una agencia gubernamental) participe en buscar una solución, con el fin de que las partes no tengan que enfrentarse directamente.

Mientras que la extracción excesiva de agua subterránea de un acuífero obliga a muchos agricultores a abandonar su actividad por los crecientes costos del abastecimiento de agua subterránea, los agricultores con más recursos económicos por lo general consolidan su producción agrícola, lo que hace que los agricultores menores desplazados emigren a las áreas urbanas. Las políticas públicas deben anticipar este tipo de fenómeno para intervenir a tiempo.

3.6. Gestión Integral de Recursos Hídricos.

En el manejo de los recursos hídricos se identifican cuatro categorías, las cuales tienen características bien definidas (Banco Mundial, 1998):

- ***Desarrollo de los recursos hídricos orientados a proyectos.*** Se caracteriza por dar prioridad a proyectos aislados, de agua potable, irrigación, generación de energía hidroeléctrica, navegación, recreación, etc., por lo que los beneficios son individuales para cada uno de ellos. Se considera que existe una determinada fuente por proyecto.
- ***Desarrollo subsectorial de los recursos hídricos.*** Se identifican proyectos para usos similares concebidos en un marco subsectorial, por lo que los beneficios se maximizan y se identifican fuentes de agua para el subsector. La mayor parte de los proyectos surgen de planes maestros de agua potable, riego y saneamiento.
- ***Manejo subsectorial de los recursos hídricos.*** En este caso, los problemas relativos al uso del agua son resueltos a través de la innovación institucional o proyectos de infraestructura. Los proyectos son identificados a través de la modernización de los programas del Estado o de una reestructuración subsectorial.
- ***Gestión integrada de los recursos hídricos.*** Los proyectos son resultado de un proceso que considera todos los usos del agua, incluido el medio ambiente y los conflictos entre los usuarios, y los usos son resueltos mediante una mayor oferta, pero también mediante la innovación institucional y el manejo de la demanda.

Las decisiones son tomadas dentro de la cuenca y existe una gran participación social en la solución de los problemas.

En México se han adoptado y practicado estos tipos de manejo del agua a lo largo de su historia. Durante el siglo XIX y principios del siglo XX, el manejo del agua se orientaba a proyectos. Con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926, el manejo del agua evolucionó para dar prioridad a los proyectos con un enfoque subsectorial; esta evolución vino acompañada con un gran desarrollo tecnológico y de infraestructura, misma que quedó respaldada con el establecimiento de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y se expandió hasta su fusión con la Secretaría de Agricultura para dar paso, en 1977, a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

3.6.1. Origen del Concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)

En América Latina en general, el agua comenzó a ser seriamente considerada como factor estratégico de desarrollo en la mayoría de los países hasta la década de los 50-60. Antes, el agua era considerada abundante y probablemente no constituía un factor limitante para el desarrollo económico y social de las economías locales, basadas mayormente en la agricultura y el comercio. En los inicios del Siglo XX las demandas de agua eran satisfechas fácilmente y los proyectos hídricos eran, en su mayoría, de pequeña escala, locales y financiados por el sector privado. No fue sino hasta los años 20 que estos servicios fueron pasados a los Estados y las Municipalidades y no sino hasta los años 40's y 50's que agencias del gobierno central tomaron la responsabilidad de proveer servicios como los de agua potable y saneamiento (Lee, 1990).

Sin embargo, aunque en la mayoría de los casos el enfoque proyecto por proyecto era todavía adecuado, en otras latitudes los profesionales del agua comenzaron a darse cuenta, desde la década de los 60, que en lugares donde la demanda era alta comenzaban a aparecer conflictos entre usuarios del agua de un mismo tipo. Estos conflictos se manifestaban por la competencia por una misma fuente, por un mismo volumen de agua almacenado en un embalse, o por la calidad del agua. Bajo tales circunstancias, el tratar de maximizar los beneficios para un solo tipo de uso (generación de energía o riego, por ejemplo), sin tener en debida cuenta los otros usos posibles del agua de la misma fuente, embalse o cuenca, ya no era adecuado (BID 1998).

Es por ello que se afirma que el concepto de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), si bien popularizado en la década de los 80 y especialmente de los 90, no es nuevo (Biswas 2004). Desde la década de los 60 comenzó a reconocerse que la mejor manera de utilizar recursos que son limitados entre usos, usuarios y generaciones que compiten por ellos, es optar por opciones de intercambio y analizar qué se gana y qué se pierde en cada caso (BID 1998). Este puede decirse que fue el origen de lo que hoy se conoce como GIRH. Es decir, considerar todos los usos beneficiosos posibles y encontrar un balance aceptable para ellos distribuyendo el agua para maximizar los beneficios para una cuenca, región o país, en vez de para un uso o subsector determinado. Ello se conoció como el “Principio del Uso Razonable”

Si bien hablar de la Gestión Integrada de los recursos Hídricos (GIRH) no es nuevo, el concepto recibió impulsos importantes en la reunión de Naciones Unidas sobre el agua celebrada en Mar del Plata en 1977 y luego en la reunión de Dublín de 2002. Esta última reunión inspiró la definición de GIRH de la Asociación Mundial del Agua (GWP por sus siglas en inglés) la cual dice que “es un proceso que promueve el manejo y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y

económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”.

El concepto de GIRH está tan aceptado universalmente, que en la Cumbre para el Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo en 2002, los países acordaron “desarrollar planes para la gestión integrada de los recursos hídricos y la eficiencia hídrica para el 2005, con apoyo a los países en vías de desarrollo”.

En México La Ley de aguas Nacionales (LAN), señala que la gestión del agua debe hacerse en forma integrada y descentralizada. Define a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) como “el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales”. Como puede apreciarse, esta definición coincide con la definición de GIRH dada por la GWP.

Aunque hay muchas otras definiciones y ha sido objeto de fuerte crítica y cuestionamiento, la definición de la GWP está convirtiéndose en la definición universalmente aceptada.

3.6.2. Principales Definiciones de GIRH en el Ámbito Internacional.

De acuerdo a lo dicho en la sección anterior, podría concluirse que el término uso integrado de los recursos hídricos se originó dentro del sector hídrico, para evitar conflictos entre los usos benéficos del agua. La integración se refería a considerar la distribución del agua entre usos que competían por el agua. Sin embargo, al socializarse el tema en la década de los 80 y especialmente en la de los 90 entre los diferentes sectores, instituciones y entes involucrados, cada cual le dio una interpretación particular al término integrar.

En la guía de la GWP se consideran los siguientes aspectos como dimensiones de la integración:

- El sistema natural y el sistema humano
- Agua y tierra
- Agua subterránea y superficial
- La cuenca hídrica y las zonas costeras
- Calidad y cantidad
- Aguas abajo y aguas arriba
- Integración transectorial
- Efectos macroeconómicos de proyectos vinculados al agua
- Integración de todos los interesados en la planificación y el proceso de decisión

Es interesante notar que ni en la definición de GIRH del GWP ni en las dimensiones para la integración consideradas hasta el momento por la GWT, se menciona la integración entre los diversos tipos de uso del agua. Se hace referencia a la integración del agua con otros sectores, pero no del agua misma para evitar conflictos en su uso. Lo anterior se atribuye a que cuando el concepto se socializó en la década de los 80 y especialmente en los 90, los profesionales de otras disciplinas interpretaron el término integración en función de las relaciones del agua con su disciplina, olvidando quizás lo que originó el término hacia el interior del recurso hídrico.

Una definición que sí es congruente con esto es la dada por Claudia Sadoff (2003), Economista Principal del banco Mundial. Para ello, define previamente como “valor del usuario” el valor que puede derivarse de un solo uso específico del agua y como “valor del sistema”, el valor acumulado que una unidad de agua puede generar mientras se mueve por el sistema fluvial antes de consumirse, o desembocar en el mar u otro cuerpo de agua. La gestión integrada de los recursos hídricos maximiza el valor del agua para el sistema y no para un uso en particular. Por lo tanto, hacer gestión integrada de los

recursos hídricos es cambiar el enfoque de los valores del usuario a los del sistema, contabilizando los costos de oportunidad e internalizando las externalidades.

3.7. El Enfoque Actual del Manejo del Agua En México

En 1996, la Comisión Nacional del Agua inició un proceso de cambio hacia un manejo del agua más eficaz y participativo, a fin de lograr el uso y aprovechamiento sustentable del recurso con la colaboración creciente de las autoridades locales en sus diferentes niveles y de los usuarios del agua a nivel regional, además de conducir un proceso de funciones operativas para transferirlas a usuarios y gobiernos locales. En todo el proceso se ha logrado:

1. Integrar, depurar y homologar la información asociada con el agua y sus diferentes usos;
2. Identificar la problemática y sus alternativas de solución; así como definir los lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico;
3. Realizar los programas de acción e integrar los escenarios a largo plazo (2000-2025);
4. Priorizar las acciones para el periodo 2002-2006 e integrar una cartera de proyectos.

El proceso de planeación se realizó partiendo de la percepción local para integrarla a nivel nacional (de abajo hacia arriba) y sirvió para definir la política hidráulica nacional que se concentra en el Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 (PNH), misma que se sustenta en cinco premisas:

1. El desarrollo del país debe darse en un marco de sustentabilidad.
2. El agua es un recurso estratégico de seguridad nacional.
3. La unidad básica para la administración del agua es la cuenca hidrológica.

4. El manejo de los recursos debe ser integrado
5. Las decisiones deben tomarse con la participación de los usuarios.

Bajo este contexto, los objetivos nacionales del sector hidráulico se sitúan en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 y contribuyen en forma decisiva a la consecución de sus objetivos rectores.

Uno de los logros de mayor impacto dentro del proceso de planeación hidráulica fue la integración, para cada una de las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas, de los Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006; en ellos se plantean los objetivos y las metas a alcanzar en el ámbito regional, así como las estrategias y acciones en materia hidráulica más importantes a realizar para contribuir a la solución de los problemas que se presentan en cada una de ellas, en congruencia con el PNH.

El proceso de planeación hidráulica se ha caracterizado por la gran participación de la sociedad organizada a través de los Consejos de Cuenca, y queda demostrada con las 2,700 reuniones desarrolladas desde 1998 hasta el 2003. En el 2002 y 2003, se realizaron el 30 % de estas reuniones. Es de resaltar que los Consejos de Cuenca validaron la información de los Programas Hidráulicos Regionales 2002-2006 y los consideran como el documento rector en materia de planeación hidráulica regional.

3.8. La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México.

En 1989, con la creación de la Comisión Nacional del Agua (CNA), se inició el manejo subsectorial de los recursos hídricos, y se le dio énfasis a la construcción de obras para el incremento de la oferta de agua. Al formar parte del sector medio ambiente, y con la publicación de la Ley de Aguas Nacionales en 1992, la CNA comenzó a promover la descentralización de funciones, a propiciar la participación ciudadana y a fomentar la Gestión Integrada de

Recursos Hídricos (GIRH) al considerar, entre otros principios, a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la administración del agua.

En los últimos años, el sector hidráulico en México ha evolucionado hacia un manejo integrado del agua, esto ha sido posible gracias a la transformación del marco jurídico y del ente administrador a nivel federal; así como a un proceso ordenado de planeación participativa con los usuarios. Actualmente se cuenta con dos pilares fundamentales que sustentan a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos:

1. Ley de Aguas Nacionales, publicada en 1992 y reformada en el mes de abril de 2004.
2. La Comisión Nacional del Agua, como órgano superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, en materia de GIRH, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público del agua.

La GIRH confirmó su gran relevancia en la agenda pública cuando el Poder Legislativo estableció en la Ley de Aguas Nacionales (LAN) que la base de la Política Hídrica Nacional es la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos por cuenca hidrológica; por lo que ahora, se fortalecerán los mecanismos para mantener o reestablecer el equilibrio hidrológico en las cuencas hidrológicas del país y el de los ecosistemas vitales para el agua. En la LAN se define a la GIRH como el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

La Gestión del Agua se sustenta en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad,

promueven e instrumentan, para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, acciones para:

1. El control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración,
2. La regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y
3. La preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente.

En todas las regiones del país, se han realizado estudios donde se analizan de manera integrada los recursos de la cuenca y su problemática de conjunto, al mismo tiempo se diseñan las estrategias necesarias para atenuar los impactos y propiciar el desarrollo sustentable. Estos estudios han proporcionado elementos suficientes que inducen el desarrollo económico y social de la cuenca mediante un manejo sustentable de sus recursos naturales, tomando en consideración su preservación, conservación y restauración.

La alteración de cualquiera de los factores mencionados puede propiciar alteraciones al medio ambiente. Aspecto importante a considerar, es la participación de la sociedad dentro del proceso, ya que se propician los medios para su información y participación en el diseño de estrategias que permitan solucionar la problemática y que fomenten un mejoramiento dentro de la cuenca. Por tal motivo, es necesario trabajar en forma conjunta y estrecha entre instituciones de los tres órdenes de Gobierno para lograr el desarrollo social, económico y ambiental de la cuenca (transversalidad de las políticas públicas).

La Comisión Nacional del Agua ha visualizado a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos nivel cuenca, como un proceso en el que se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Usos del agua integrados
2. Interacción agua superficial y subterránea
3. Disponibilidad de agua en cantidad y calidad
4. Relaciones entre el agua y otros recursos naturales de la cuenca
5. Los recursos naturales y su relación con el desarrollo económico y social.

Otro aspecto importante que surge de la GIRH es la transversalidad de las políticas públicas, la cual se puede definir como la conjunción de esfuerzos de diversos organismos de la Administración Pública Federal, Estatal y Municipal en pro de acciones conjuntas para resolver la problemática ligada a una misma zona, y donde la principal virtud radica en que los esfuerzos para solucionar una problemática dada, contribuyen en cierta medida a la solución de otras. La política hídrica debe ser congruente con la de otras secretarías del Gobierno Federal y la de los gobiernos locales y usuarios.

Para fomentar la aplicación de la GIRH, la CNA revalorará su representatividad en el ámbito de las cuencas hidrológicas, regiones hidrológicas y regiones hidrológico-administrativas, para dar paso a los Organismos de Cuenca, los cuales serán unidades técnicas, administrativas y jurídicas especializadas con carácter autónomo. Dichos organismos de cuenca funcionarán armónicamente con los consejos de Cuenca en la consecución de la GIRH en las cuencas y regiones hidrológicas.

3.9. Funcionamiento del Acuífero

Lesser, reporta que la zona de Huichapan- Tecozautla- Nopala, corresponde a un área de 10X 10 Km., constituida por productos volcánicos en espesores de varios cientos de metros, entre los cuales predominan las ignimbritas con fracturas verticales.

Y menciona que la principal estructura volcánica corresponde al flanco norte de la Caldera del Astillero, la cual presenta una fuerte pendiente topográfica con alrededor de 2500 m.s.n.m en el sur, que disminuye en dirección al norte hasta 1700 m.s.n.m, compuesta por una alternancia de rocas fracturadas de permeabilidad variable, intercaladas con capas de tobas y cenizas impermeables que provocan la formación de varios horizontes, acuíferos colgados en el centro y sur (Huichapan y Nopala). Se identifico también un acuífero regional que se extiende en prácticamente toda el área de estudio, caracterizado por presentar agua en fracturas aisladas, en general de baja permeabilidad en el centro y sur y, alta permeabilidad en el norte (Tecoautla).

Para la descripción del funcionamiento del agua subterránea en la región, Lesser menciona que dividió la zona en 6 subsistemas acuíferos denominados: Tecozautla; Pathecitos; Huichapan; El Astillero, Nopala y Tlaxcalilla (figura 3.12) y se basa en las secciones señaladas en la figura 3.13.

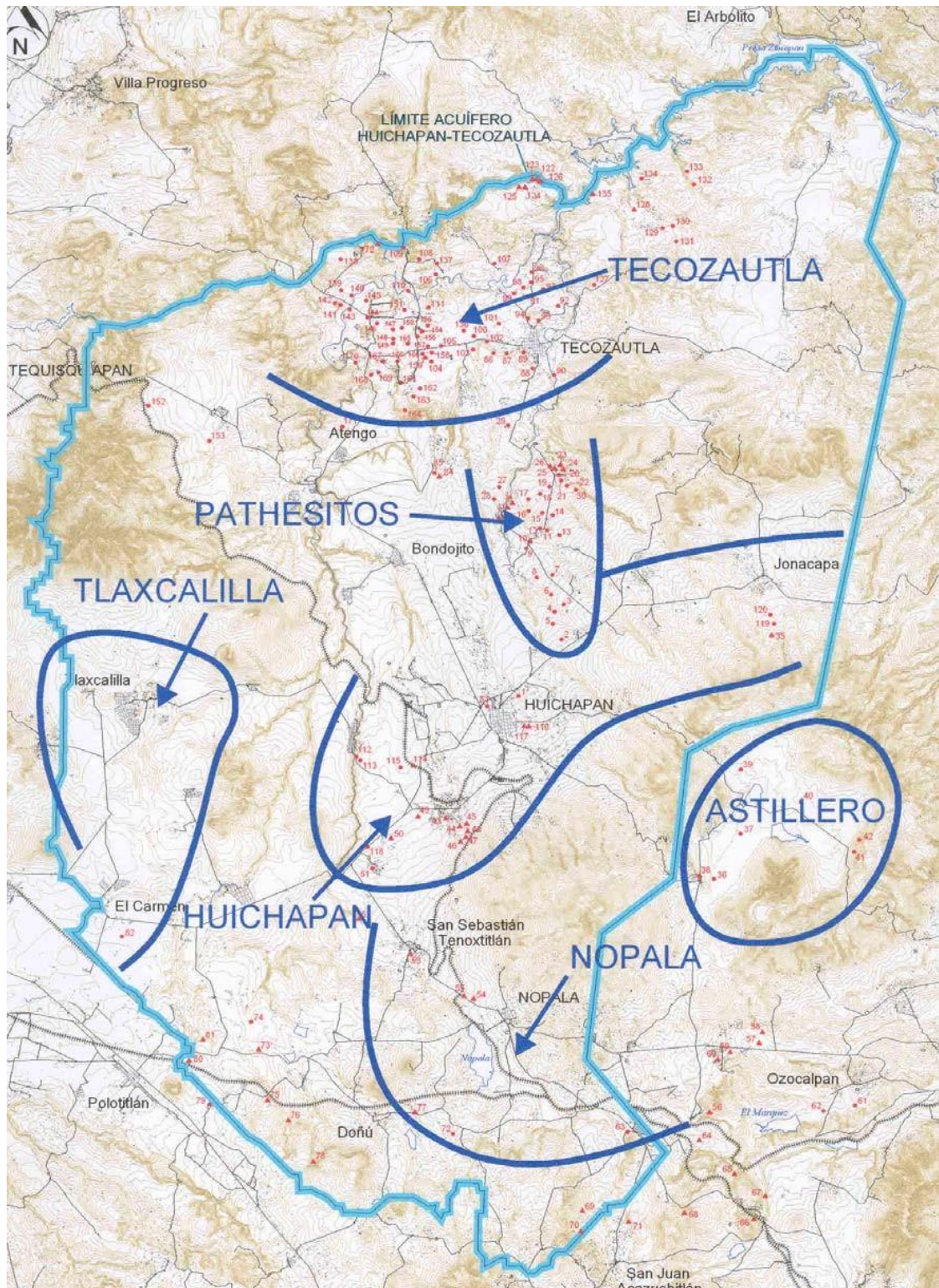
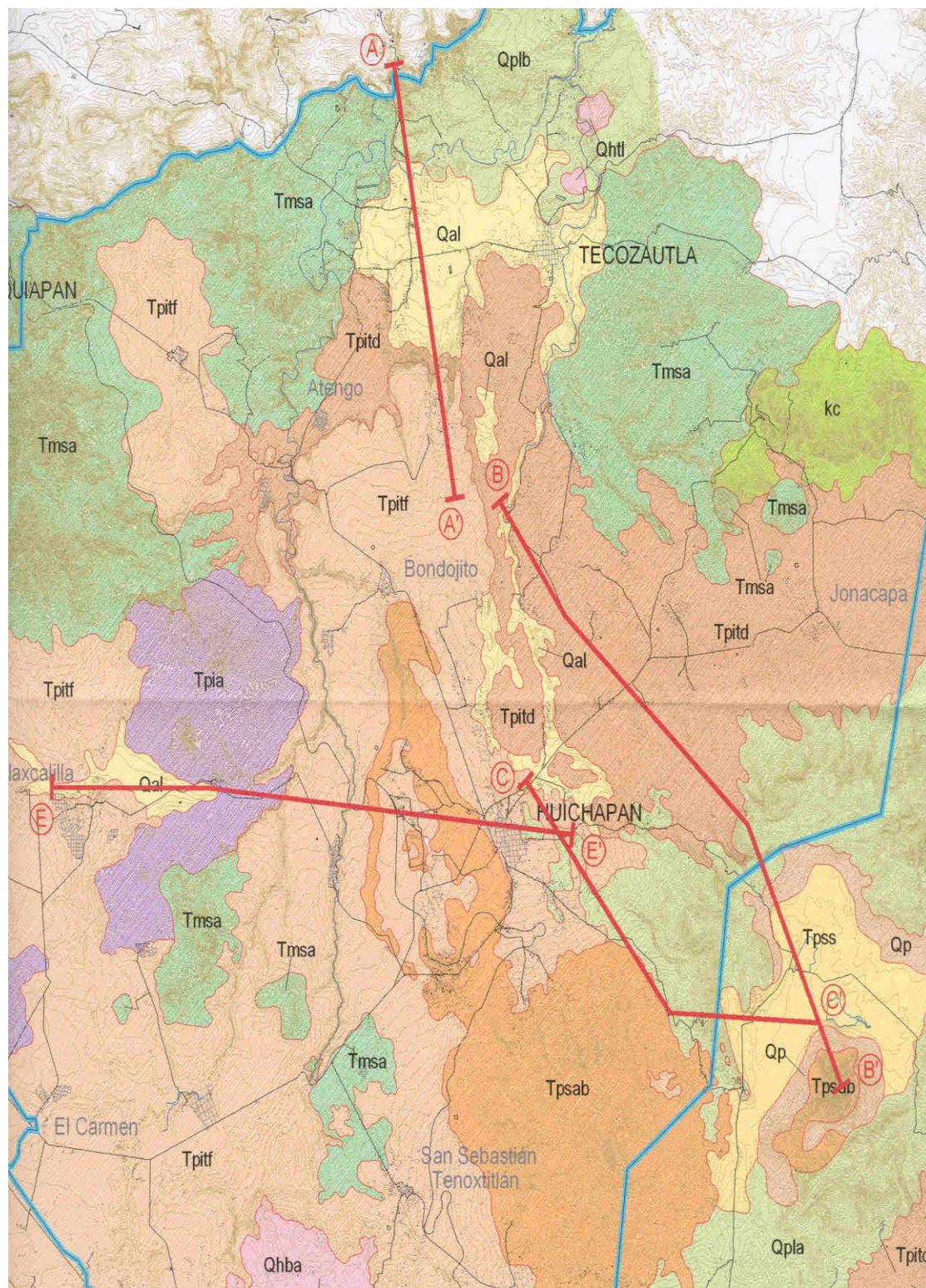


Figura 3.12. Hidrogeología: subsistemas acuíferos.

Fuente: Lesser y Asociados.



Fuente: Lesser y Asociados.

3.9.1. Subsistema acuífero Tecozautla.- El subsuelo se encuentra formado por materiales volcánicos permeables, de acuerdo a los cortes litológicos de pozos y a los resultados de las pruebas de bombeo, las que indican claramente que existe un acuífero en un medio fracturado. El agua subterránea se encuentra a profundidades que varían en general de 50 a 80 m. El flujo subterráneo tiene una dirección sur-norte. Este subsistema acuífero, se caracteriza por presentar agua termal y alta permeabilidad. Existen un gran número de pozos que lo explotan con caudales entre 20 y 60 lps. Su recarga ha sido difícil de identificar. Se considera que proviene del sur y que podría, en gran medida, corresponder a un aporte profundo. En la figura 3.14. se incluye la sección A-A', la cual ilustra el funcionamiento geohidrológico de esta zona.

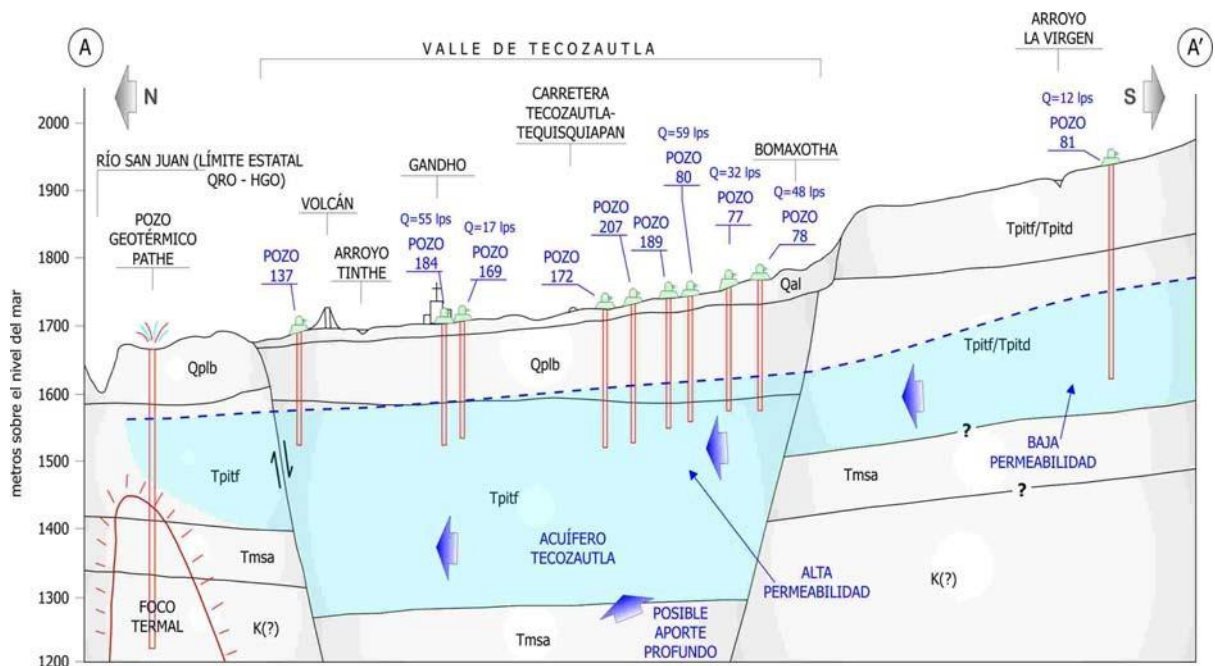


Figura 3.14. Sección Geohidrológica A-A': Tecozautla.

Fuente: Lesser y Asociados.

3.9.2. Subsistema acuífero Pathecitos.- El subsuelo en esta porción que abarca una superficie de 8 X 5 Km, está compuesto por una serie de coladas de lavas permeables de alrededor de 200 metros de espesor, las que descansan sobre una capa de tobas impermeables. El agua de lluvia se

filtra en las lavas, sobre el flanco noroeste del Volcán del Astillero para circular por el subsuelo sobre la capa de toba impermeable. Este flujo de agua subterránea que circula de sur a norte, es captado por aproximadamente 24 pozos y finalmente el flujo es cortado por la barranca de Pathecitos, donde los excedentes de agua afloran en forma de manantiales, los que se caracterizan, entre otras cosas, por presentar termalismo. Bajo la toba impermeable se encuentran ignimbritas con fracturas aisladas que permiten la formación de un acuífero regional caracterizado por presentar en general baja permeabilidad y un nivel de saturación muy profundo.

El nivel estático del acuífero se encuentra entre 1,840 y 1,940 m.s.n.m a diferencia del subsistema acuífero de Tecozautla donde el nivel va de 1,590 a 1,630 m.s.n.m o sea con una diferencia de más de 100 metros. En la figura 3.15 se incluye la sección B-B', la cual ilustra el funcionamiento geohidrológico de esta zona y su continuación al sur, hasta El Astillero.

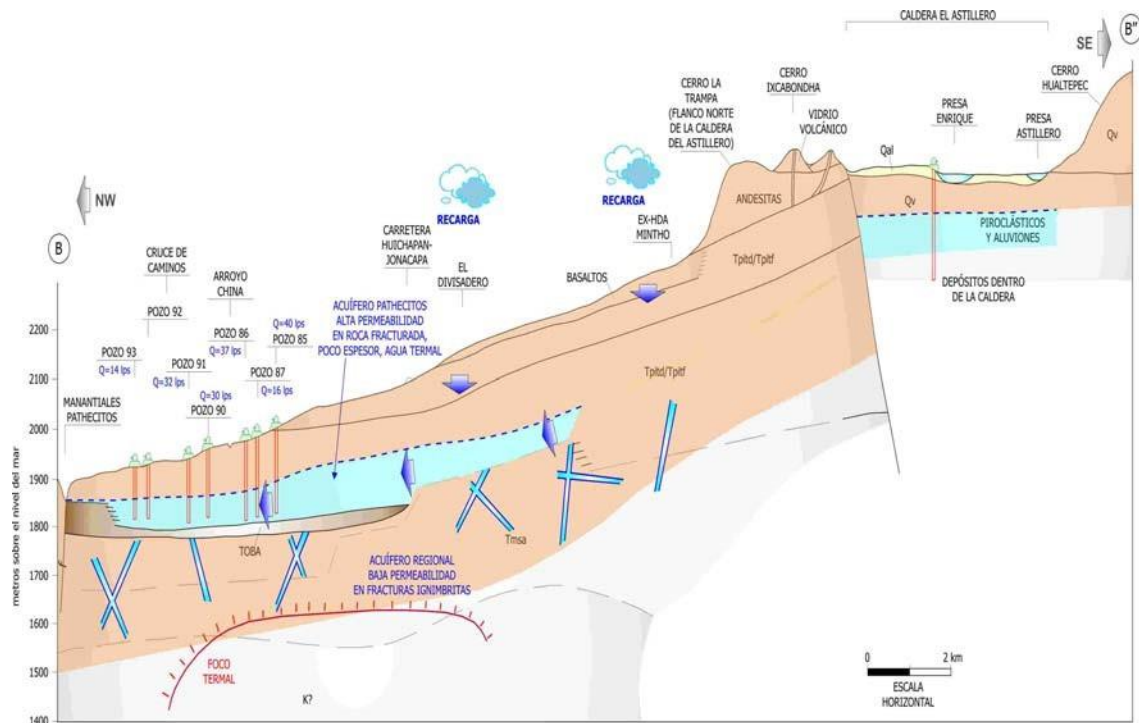


Figura 3.15. Sección Geohidrológica B-B' - Pathecitos-Astillero.

Fuente: Lesser y Asociados.

3.9.3. Subsistema acuífero Huichapan.- Corresponde a una extensión de 7 X 20 kilómetros entre Huichapan, Bondojo y Atengo. El subsuelo de esta porción, esta constituido por una serie de ignimbritas y en menor proporción basaltos, de permeabilidad variable, intercalados con tobas impermeables. La alternancia de estos materiales (ubicados a varias alturas), permite la acumulación de agua y da origen a una serie de horizontes acuíferos colgados, que en algunas ocasiones afloran como manantiales. Un ejemplo de ello, lo constituyen los manantiales de la Sabina y La Sabinita de Huichapan. A mayor profundidad, se continúan las ignimbritas con fracturas aisladas que permiten la formación del acuífero regional de baja permeabilidad y con un nivel de saturación generalmente entre 100 y 200 metros de profundidad. En la figura 3.16. se incluye la sección C-C', la cual ilustra el funcionamiento geohidrológico de esta zona y su continuación hasta el Astillero. En la figura 3.18 (sección E-E'), también se ilustra este subsistema.

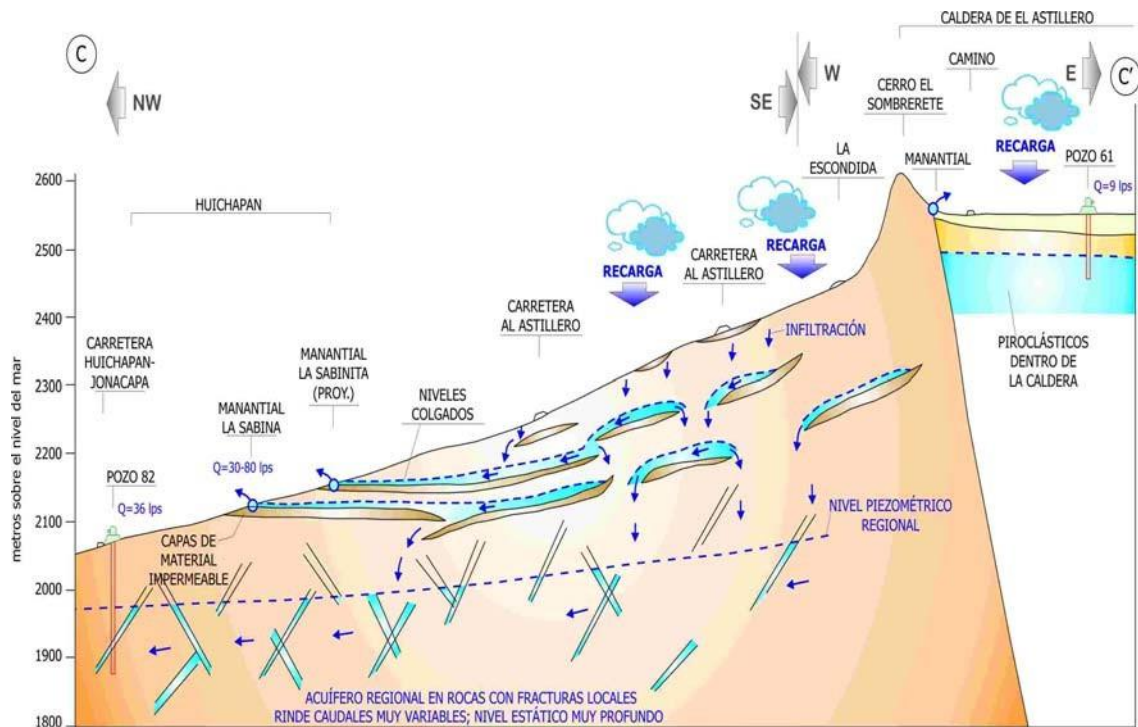


Figura 3.16. Sección Geohidrológica C-C': Huichapan-Astillero.

Fuente: Lesser y Asociados.

3.9.4. Subsistema acuífero Nopala.- Se extiende en las inmediaciones del poblado del mismo nombre, donde el subsuelo se encuentra compuesto por una serie de lavas, principalmente basálticas, de buena permeabilidad, intercaladas con tobas impermeables. Esta alternancia de lavas permeables y tobas impermeables da origen a alrededor de 27 pequeños manantiales que bordean el volcán de Nopala. Estos manantiales presentan caudales reducidos, generalmente entre 2 y 10 litros por segundo. En la figura 3.17., se incluye la sección D-D', la cual ilustra el funcionamiento geohidrológico de esta zona.

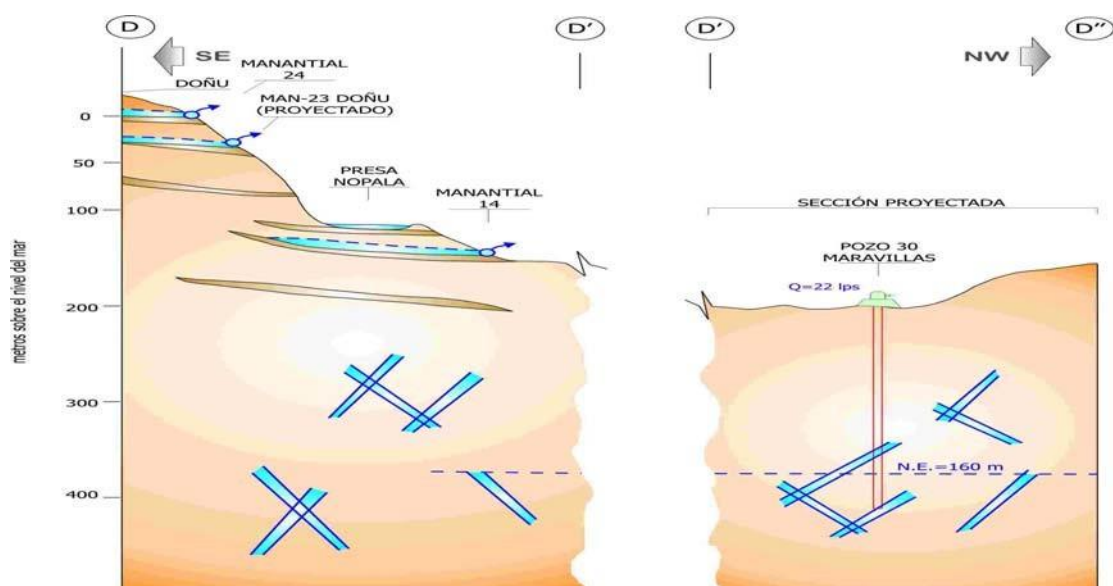


Figura 3.17. Sección Geohidrológica D-D': Nopala.

Fuente: Lesser y Asociados.

3.9.5. Subsistema acuífero El Astillero.- Se localiza dentro de la caldera volcánica del mismo nombre. Corresponde a un valle ubicado a gran altitud (2,550 m.s.n.m), donde se ha formado un acuífero colgado en materiales piroclásticos y aluviones permeables. La parte baja y plana de este valle tiene forma circular, con un diámetro de alrededor de 7 kilómetros. El nivel del agua se encuentra a una profundidad del orden de 60-80 metros. En la figura 3.15. y 3.16, se ilustra el funcionamiento geohidrológico de esta zona.

3.9.5. Subsistema acuífero Tlaxcalilla.- El área entre los poblados de Tlaxcalilla, la Cruz y El Carmen, el subsuelo está constituido por una alternancia de tobas y derrames lávicos (ignimbritas), de permeabilidad heterogénea, con fracturas aisladas que forman un acuífero regional profundo. La gran profundidad al nivel del agua, cercana a los 200 metros, es debida principalmente a la gran altitud topográfica, de esta zona. En la figura 3.18. se incluye la sección E-E', la cual ilustra el funcionamiento geohidrológico de esta zona y su continuidad hacia Huichapan.

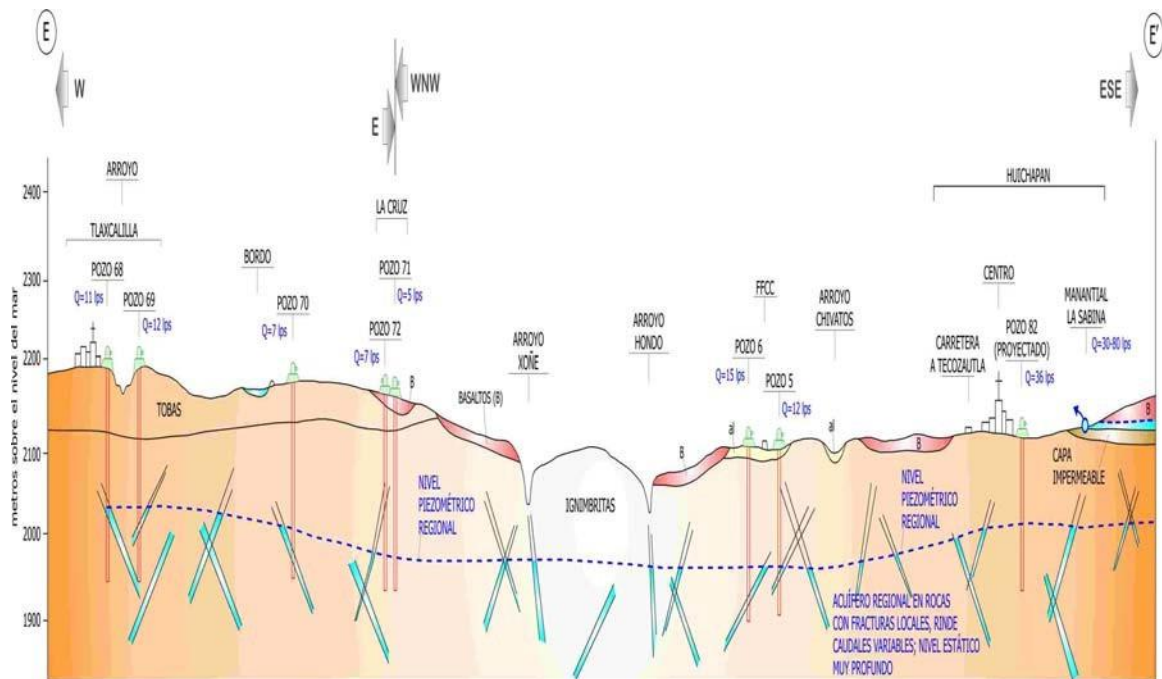


Figura 3.18. Sección Geohidrológica E-E': Tlaxcalilla-Huichapan.

Fuente: Lesser y Asociados.

3.10. Balance de Aguas Subterráneas

3.10.1. Ecuación de Balance

Se estableció la ecuación de balance volumétrico del acuífero en el cual las entradas de agua subterráneas son iguales a las salidas más el cambio de almacenamiento.

Las entradas se corresponden a recarga por flujo subterráneo y a la infiltración, tanto aquella procedente de la lluvia dentro de la zona, como la infiltración generada por retornos de riego (para el caso de Tecozautla). Las salidas se dividen en el flujo subterráneo que sale del sistema acuífero, manantiales y la extracción a través de pozos.

3.10.2. Cálculo de entradas y salidas por flujo subterráneo

Se trazaron celdas para el cálculo del flujo subterráneo utilizando la configuración de la elevación del nivel estático. En cada una de las celdas se aplicó la Ley de Darcy para obtener la cantidad de agua que fluye a través de ellas, la cual es igual a: $Q = Tbi$, donde **T** es la transmisividad expresada en m³/seg.; **B** es el largo de las celdas; **i** es el gradiente hidráulico.

En la figura 3.19., se muestra una celda para el cálculo del flujo subterráneo, donde se marcan dos equipotenciales y dos líneas de corriente, el largo de las celdas y la forma del cálculo del gradiente hidráulico.

En la figura se muestran las celdas marcadas para el cálculo del flujo subterráneo, tanto de los sistemas acuíferos de Tecozautla y Pathecitos, que son los únicos que presentan condiciones que permitan el cálculo del balance.

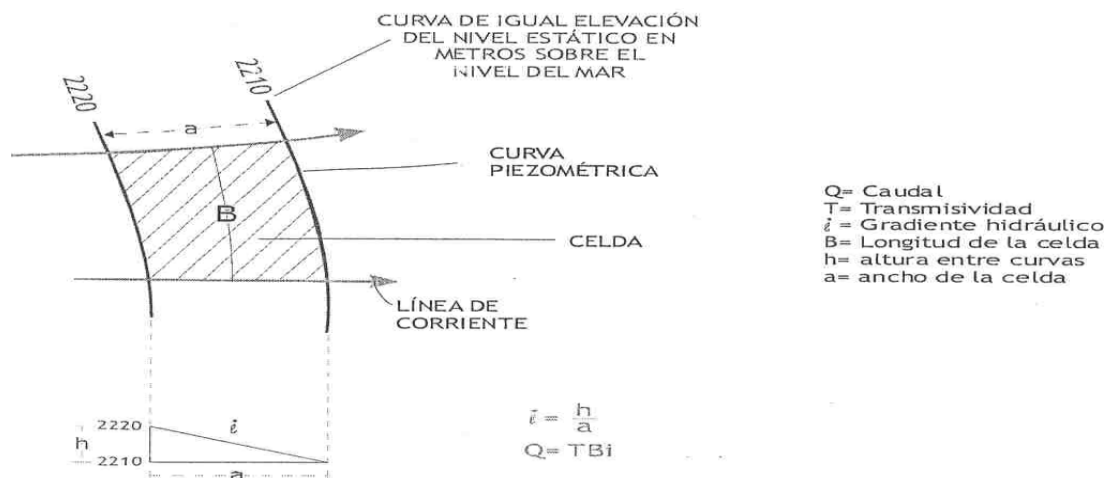


Figura 3.19. Celda para el cálculo del flujo subterráneo.

Fuente: Lesser y Asociados.

En el año 2006 se llevaron a cabo estudios hidrogeológicos para la determinación de la disponibilidad de agua de este acuífero y los resultados de estos estudios después de ser validados por la CONAGUA, deberán ser publicados en el Diario Oficial de la Federación, estableciéndose en dicha publicación, la disponibilidad oficial de agua subterránea que se tiene en el acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, el cual se presenta a continuación (tabla 3.7.)

Tabla 3.7. Disponibilidad media anual de agua subterránea.

Disponibilidad	Entradas	Salidas Comprometidas.	Registro Público de Derechos de Agua (REPDA-CNA)
-9.03	56.76	33.47	32.32

Fuente: Sanx Ingeniería Integral y Desarrollo S. A. de C. V.

De acuerdo con este análisis, la disponibilidad para nuevas concesiones de agua subterránea en esta unidad hidrogeológica, es nula para volúmenes adicionales a los actuales concesionados. Sin embargo, la transmisión de derechos de concesiones actuales es la vía más adecuada para nuevos títulos de concesión.

3.11. Marco socioeconómico

Tabla 3.8. Distribución Poblacional por municipio en la zona de estudio

Entidad	Clave	Municipio	Población Total (2005)
Hidalgo	029	Huichapan	39,734
	044	Nopala de Villagrán	15,099
	059	Tecoautla	31,609

F
u
e
n
t
e
:

INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2005.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda de INEGI (2005), se tiene un total de 86,442 habitantes en la zona de estudio, de los cuales 39,734 corresponden al municipio de Huichapan, 31,609 al de Tecozautla y 15,099 al municipio de Nopala, así mismo estas poblaciones corresponden con los principales centros urbanos en el área. Ver tabla 3.8.

Tabla 3.9. Coberturas de Agua Potable y Alcantarillado en la Región.

Municipio	Población Total	
	Cobertura AP (%)	Cobertura ALC (%)
Huichapan	98.52	66.66
Nopala	95.13	58.75
Tecozautla	96.32	58.98

Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2005.

La actividad preponderante en la zona es la agricultura, con cultivos principalmente orientados a los hortícolas, aunque a nivel estatal tiene una participación en el PIB del 6%. Sin embargo, la presencia de termalismo en la zona de Tecozautla favorece el desarrollo turístico con balnearios, los cuales generan importante actividad en la zona que a nivel estatal tiene una participación del 27.4%, ver figura 3.20.

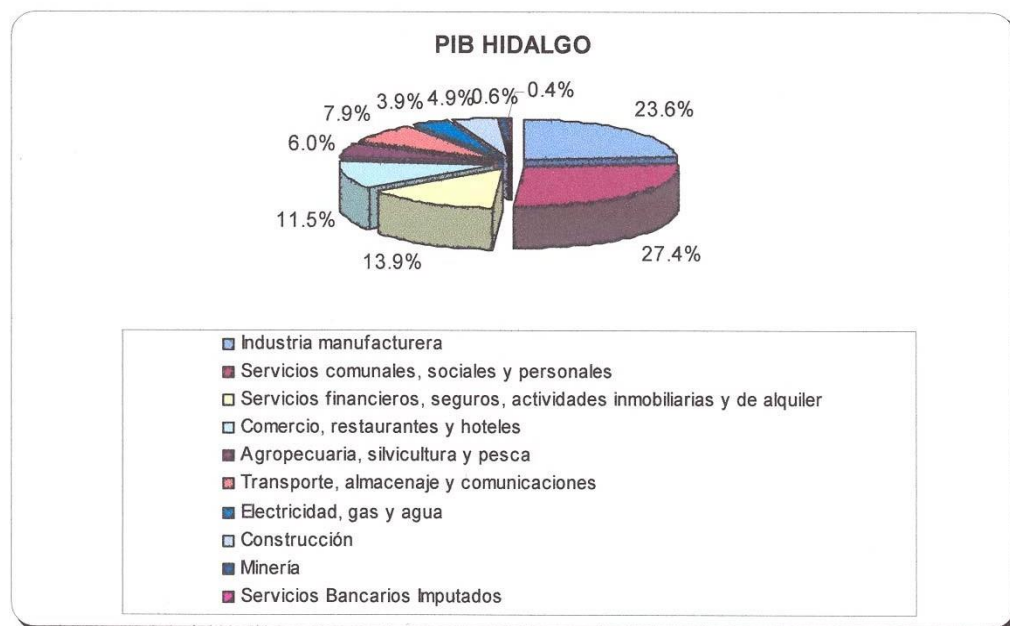


Figura 3.20. Participación en el PIB estatal de las principales actividades económicas.

Fuente: Sanx Ingeniería Integral y Desarrollo S. A. de C. V.

3.12. Estudios Previos

El problema que enfrentamos en la actualidad en materia de agua, tiene sus causas en limitaciones físicas y en diversas circunstancias socio-económicas, pero también, en aciertos o errores que como país y como sociedad hemos cometido, al no plantear bien el aprovechamiento de nuestros recursos hidráulicos, al permitir el desperdicio o incurrir en su degradación.

Con el propósito de lograr un mejor aprovechamiento y la preservación del agua en México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como Autoridad Federal en la materia, desarrolla un importante proceso de cambio, que promueve la participación organizada de los usuarios y la sociedad en general, a través del manejo del agua por cuenca hidrológica y/o acuífero, que es el territorio donde el agua ocurre y fluye de manera natural.

En esta razón, en México se han desarrollado diversos trabajos de participación estratégica con la metodología ZOPP, tales como: el Programa de Manejo integral del Sistema Lagunario del Río Tamesí, La Consolidación y Desarrollo del Distrito de Riego 017 de Comarca Lagunera, el Plan de Manejo del Acuífero de San Luís Potosí, etc.

Así mismo, la zona Huichapan-Tecoautla presenta una gran complejidad geológica y extrema dificultad para localizar acuíferos, aun de poca importancia, razón por la cual ha sido motivo de numerosos estudios, sobre todo desde el punto de vista de las prospecciones geoeléctricas resistivas.

En la Tabla 3.10. se presenta un cuadro resumen de los estudios con sus actividades, resultados y observaciones resaltadas.

Tabla 3.10. Cuadro resumen de los principales estudios en la zona de Huichapan, Tecozautla y Nopala.

Nombre del estudio	Tipo de estudio	Actividades principales	Resultados destacados	Observaciones SIIDSA*
Estudio geotérmico en la zona suroeste de Huichapan. Geofimex, SARH.1973.	Geohidrológico preeliminar	Sondeos geofísicos en zona de Huichapan y San José Atlán	Profundidad de investigación de 200 m	No se obtuvo el estudio, solo en resumen en otros estudios
Estudio geohidrológico preeliminar en la zona de Tecozautla en el estado de Hidalgo. Servicios Geológicos, 1974	Geohidrológico preeliminar	Censo, piezometría, hidrología superficial y subterránea, levantamiento geológico e hidrogeoquímica	Define 6 unidades acuíferas: San José Atlán El Astillero, San Miguel Caltepanitla, Tecozautla, Huichapan y Pathe, basada en piezometría, hidrogeoquímica y estructuras.	Reportan 30 pozos, 1 noria y 20 manantiales con extracción de 47 Mm3/año, abarcando el 70 % del área de estudio y <u>no reporta balance de agua subterránea</u>
Estudios geohidrológicos complementarios en los municipios de Huichapan y Tecozautla. Geocalli, 1978	Geohidrológico complementario	Piezometría, pruebas de bombeo	El flujo en acuíferos regionales se controla por fallas y fracturas	No se obtuvo el estudio, solo en resumen de otros estudios
Estudio de prospección geohidrológica en el valle de Huichapan y la caldera del Astillero, para definir la zona de explotación para abastecimiento de agua a la Cd. De Huichapan, Hgo. Tegmin, 1988	Prospección geohidrológica	Censo, levantamiento geológico, piezometría, nivelación, SEV	La recarga es de origen pluvial reciente (Temp. 20° C)	Reporta 15 pozos que extraen 5.5 Mm3/año. Balance subterráneo inferido con 10.3 Mm3 De recarga anual. Disponibilidad 4.8 Mm3/año. Abarca 30% del área en la zona oriente
Estudio de prospección geohidrológica y exploración geofísica en la zona de Tecozautla-Vizarron, Edos. De Hidalgo y Querétaro. IGAMSA, 1992	Prospección geohidrológica	Censo hidrometría estudio petrográfico, hidrogeoquímica.	Define en sistema Tecozautla, el subsistema Pathe.	No presenta extracción en Tecozautla ni Balance de aguas subterráneas. Abarca el 30 % del área de este estudio
Trabajos de piezometría en el valle de Huichapan-Tecozautla, Edo. De Hidalgo. Sistemas y Proyectos Futura, 1993.	Piezometría	Piezometría en aprovechamientos	Solo se reportan niveles del agua, sin existir texto	Se tienen valores de niveles estáticos, sin referencia Geográfica. Necesaria su correlación con el presente estudio
Estudio geohidrológico de la zona de Huichapan-Tecozautla, Estado de Hidalgo. Lesser y Asociados, 1996	Geohidrológico	Censo, Hidrogeoquímica, Piezometría,	Define 5 unidades acuíferas Tecozautla, Pathecitos, El Astillero, basaltos de Nopala y San Francisco (regional), sin existir conexión hidrogeológica entre ellos, aunque el agua es de 3 diferentes familias	El balance iónico es dudoso, puesto que se infieren Na+K Volumen de extracción de 25 Mm3/año, mediante 172 aprovechamientos
Estudio geohidrológico de la zona Tecozautla, Huichapan, Nopala, Estado de Hidalgo. Ariel Consultores, 1999.	Geohidrológico	Censo, piezometría, geofísica, hidrogeoquímica, levantamiento geológico, pruebas de bombeo, balance agua subterránea.	Se reportan 135 pozos, 2 norias, 14 manantiales y 1 géiser, en 2 acuíferos: El Astillero y Huichapan-Tecozautla. Realiza un balance parcial del área de estudio (Tecozautla), debido a la escasez de información.	El balance en Tecozautla indica un déficit de 4.7 Mm3/año con abatimiento de 0.9 Mm3/año. La región desde Nopala-Huichapan- hasta el sur de Tecozautla no existen abatimientos de 1978 a 1999, sin embargo se han agotado 8 manantiales en esa zona.

Fuente: SANX INGENIERIA INTEGRAL Y DESARROLLO S. A. DE C. V. (SIIDSA).- 2006

3.13. Metodología de Planeación Participativa ZOPP

ZOPP es la sigla de la denominación alemana “Zielorientierte Projektplanung” que significa Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos. Esta metodología permite que el grupo de planeación defina en forma consensuada los objetivos a alcanzar y la estrategia de acción a realizar para alcanzar esos objetivos.

El ZOPP fue desarrollado por la agencia de cooperación técnica alemana (GTZ) y es utilizado principalmente para la formulación de proyectos de cooperación internacional. Alemania, Suiza, España, los países escandinavos, Centro y Sur América, así como organismos multilaterales como la Unión Europea, BID, BM y BIRF aplican esta metodología o sus principios fundamentales. En México algunos organismos públicos como privados han utilizado este método. La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y la Comisión Nacional del Agua (CNA), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Comisión Federal de Electricidad (CFE) en la planeación y ejecución de proyectos.

Cabe señalar que la metodología aplicada, se concibió en forma dinámica y flexible; es decir, dada la diversidad de características que presentaban los usuarios en sus diferentes usos: público-urbano, industrial, agrícola, pecuario, de servicios y acuacultura, se requirió que la metodología se adaptara a sus condiciones específicas a fin de garantizar que el proceso de consulta fuera exitoso.

3.13.1. La consulta como procedimiento metodológico

Con respecto al procedimiento metodológico se consideró como metodología más apropiada a la planeación de proyectos orientados a objetivos (ZOPP), ya que facilita la consulta con usuarios de diversos niveles culturales y educativos

por su manera sencilla de ayudar a conceptualizar los problemas y porque facilita el logro de una percepción homogénea que es comprensible para el universo de involucrados. Ciertamente que la conceptualización pueda ser afinada posteriormente en los árboles de problemas, árboles de objetivos, matriz de involucrados, matriz de planeación del proyecto y en la planeación operativa del proyecto.

El método ZOPP ofrece cuando menos tres ventajas en la participación y consulta con los usuarios; que pueden describirse de la siguiente manera:

La percepción de los problemas se hace en la escala nominal, sobre cómo el usuario percibe el problema, nombrándolo como lo conoce en su práctica cotidiana.

Permite una rápida comprensión de los diversos ángulos que encierra la problemática específica que se trata con los usuarios y de ahí que se pueda decidir en forma de consenso el problema central; y en consecuencia, las relaciones causa-efecto en la medida en que se ordenan los demás problemas de tipo inferior al problema central, al mismo tiempo que se clarifica que algunos no son causa sino efecto.

Formulado el árbol de problemas los usuarios pueden concebir e identificar los objetivos, las alternativas y las perspectivas de solución que puede tener el problema central en forma de consenso, aún cuando su descripción tienda a ser ampliamente complementada a partir de los criterios técnicos y el análisis de factibilidad social, económica y ambiental que hagan posible que dichas percepciones sean realizables dentro de los plazos que se propone en el estudio.

3.13.2. Conceptualización

La metodología se concibe como una visión globalizadora, organizada, sistemática y disciplinada sobre una problemática específica, relacionada en este caso, con el recurso agua. Ésta debe entenderse como el proceso de interacción entre los usuarios respecto a la percepción, consolidación y formulación de los problemas específicos en los que participan ellos, además considera un conjunto de técnicas que sirven como medios o procedimientos para alcanzar determinados resultados con respecto a esa visión de la problemática que se busca resolver.

El proceso de consulta con los usuarios no es restrictivo a otros participantes o actores claves, la suma de ambos nos proporciona el universo de involucrados dentro de una problemática, ya sean endógenos o exógenos al problema, o que su manifestación sea pasiva o activa. De acuerdo a lo anterior, se adoptaron los involucrados potenciales con relación a las siguientes definiciones de la problemática del recurso agua

Usuarios del agua.- Son las personas físicas o morales que llevan a cabo la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales que cuenten con concesiones o asignaciones otorgadas por la Comisión Nacional del Agua, según lo establecido en la Ley de Aguas Nacionales.

Participantes.- Son todos los individuos y grupos que pueden afectar o ser afectados, directa o indirectamente, positiva o negativamente, por el proceso y que, con su decisión de participar o no, podrían ejercer una influencia importante en su realización.

Actores clave.- Son las personas e instituciones cuya participación es imprescindible para que los propósitos del proceso se alcancen eficaz y eficientemente.

La consulta se concibe como un proceso interactivo entre usuarios que parte desde la definición de criterios comunes, hasta lograr compartir una percepción respecto a los problemas que se detectan en el acuífero, relativa al uso y manejo del agua de los usuarios en cuestión. Cuando participan otros involucrados la interacción es más rica pues no sólo amplía la consulta, sino permite que la percepción alcance otros niveles y parámetros que normalmente hacen más fácil la comprensión de la problemática y permite identificar mejor las relaciones causa-efecto; posibilitando en esa medida la proyección de determinados y particulares objetivos y estrategias que permitan alcanzar perspectivas de solución de corto, mediano y largo plazo.

La experiencia particular nos señala que en el proceso de consulta, no sólo se auscultó y decidió con los usuarios sino también con otros involucrados como lo fueron: representantes de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, de instituciones de Educación Superior, Centros de Investigación, expertos y actores claves, como se especifica a detalle en este capítulo.

3.13.3. La visión del proceso de consulta

Esta parte de la metodología tiene como propósito clarificar la visión que tenemos cuando nuestro objetivo es consultar a los usuarios, en este caso los relacionados con los diferentes usos del agua. ¿Cómo lograr su participación?, ¿Hasta qué tipo de metas queremos llegar?, ¿Qué tipo de etapas sucesivas habrá que desarrollar para alcanzar esas metas?, ¿Cómo encaminar las interacciones entre usuarios dentro del proceso de consulta? En la Tabla 3.11. se describe de manera lógica las 10 etapas del proceso de interacción, que completan un ciclo que inicia desde la identificación tipológica de los participantes hasta la materialización de acciones. Dicho en otras palabras, cualquier proceso de consulta con usuarios con el propósito de consensuar acciones para integrarlas a un proceso de planeación, deberá de seguir este

modelo, adaptado a las características particulares de los usuarios en cuestión, es decir, a los niveles más generalizados o progresivamente más detallados y precisos.

Tabla 3.11. Proceso de participación y consulta con usuarios

Etapas	Descripción
1. Actores	Identificación de los participantes activos o pasivos en el proceso de elaboración del plan de manejo. Tipología.
2. Criterios	Determinación de los criterios, explícitos o implícitos que sustentan las posiciones de los actores, en función de sus necesidades y aspiraciones. Establecimiento de prioridades. Vigilancia.
3. Problemas	Determinación de los problemas de cada uno de los actores, en función de sus necesidades y aspiraciones. Establecimiento de prioridades.
4. Objetivos	Determinación directa o por indiferencia de los problemas, metas y objetivos de cada uno de los actores. Jerarquización.
5. Ámbito compartido (abstracto)	Inventario, evaluación y diagnóstico físico y socioeconómico de los ámbitos territoriales y funcionales, para el logro de los objetivos (pasado, presente y futuro). Análisis de la situación actual del acuífero.
6. Restricciones	Identificación de restricciones técnicas, políticas, legales, económicas, financieras de organización, funcionales, culturales, educacionales, comerciales y otros que obstaculizan o impiden el logro de los objetivos. Jerarquización.
7. Soluciones	Generación de opciones de solución para superar las restricciones previamente identificadas y jerarquización de soluciones.
8. Estrategias	Diseño de estrategias para poner en práctica las soluciones vía acciones de carácter discontinuo (proyectos de inversión) y continuo (servicios, sistemas de producción y otros).
9. Programas	Programación de las acciones (programas, proyectos, actividades, y tareas),
10. Ámbito compartido (Real)	Materialización de las acciones programadas en el ámbito. Control sistemático de los objetivos y de la sustentabilidad del acuífero.
A-----Reinicio del ciclo de etapas en niveles progresivamente más detallados y precisos.	

3.13.4. Consideraciones del método ZOPP

Como ya se mencionó anteriormente, el método se basa en la aplicación sistemática de varios pasos lógicos en una secuencia establecida. Se distinguen dos fases diferentes: primero se realizan varios pasos de análisis y luego se elabora la planeación del proyecto o programa. Ver Figura 3.21.

Dentro de la fase analítica se realizan los siguientes pasos:

Análisis de Problemas.- Es el diagnóstico de la situación, realizado a partir de la identificación del problema central. Se vierten todos los problemas principales existentes en el área de análisis, relacionados con el problema central identificado. Estos problemas están a su vez vinculados entre sí mediante relaciones causa-efecto, siendo los niveles inferiores causas de los problemas situados en los niveles superiores, con los cuales tiene una relación directa, expresada mediante una línea de unión.

Análisis de Objetivos.- Es un instrumento para la toma de decisiones, por ello, también se le llama Árbol de Decisiones. Se elabora a partir de la solución de los problemas identificados en el diagnóstico. Las situaciones factibles y deseables que se derivan de la solución de cada uno de los problemas del diagnóstico. El conjunto de estos objetivos conforma el Árbol de Objetivos, del cual podemos seleccionar una estrategia óptima para el proyecto.

Análisis de Alternativas.- Es la generación de alternativas de solución como una propuesta inmediata una vez obtenido el árbol de problemas.

Análisis de Involucrados.- Permite identificar y obtener la información adecuada sobre los posibles involucrados en la gestión y ejecución del programa.

La fase de planeación comprende los siguientes pasos:

Matriz de Planeación de Proyecto (MPP).- Se expresa de manera integrada, la estrategia de ejecución del proyecto, con sus objetivos, sus

resultados/productos, actividades principales, indicadores verificables objetivamente, fuentes de verificación y los supuestos. La matriz contiene la formulación estratégica del proyecto, es decir, sus formulaciones son de carácter general.

- *Planeación Operativa del Proyecto.*- Contiene una desagregación de las actividades principales contenidas en la MPP en subactividades, con una asignación de atributos que permiten hacer administrables o monitoreables las actividades, como fechas de ejecución, responsables, etc., no contiene aún información sobre costos, éstos deben ser calculados posteriormente, cuando exista una claridad en los compromisos de ejecución de los involucrados.
- *Estructura de ejecución del programa.*- Es la identificación de los involucrados en la gerencia y el desarrollo del proyecto (Contrapartes políticas, Contrapartes de ejecución, Apoyo y Mecanismos de coordinación entre los responsables).

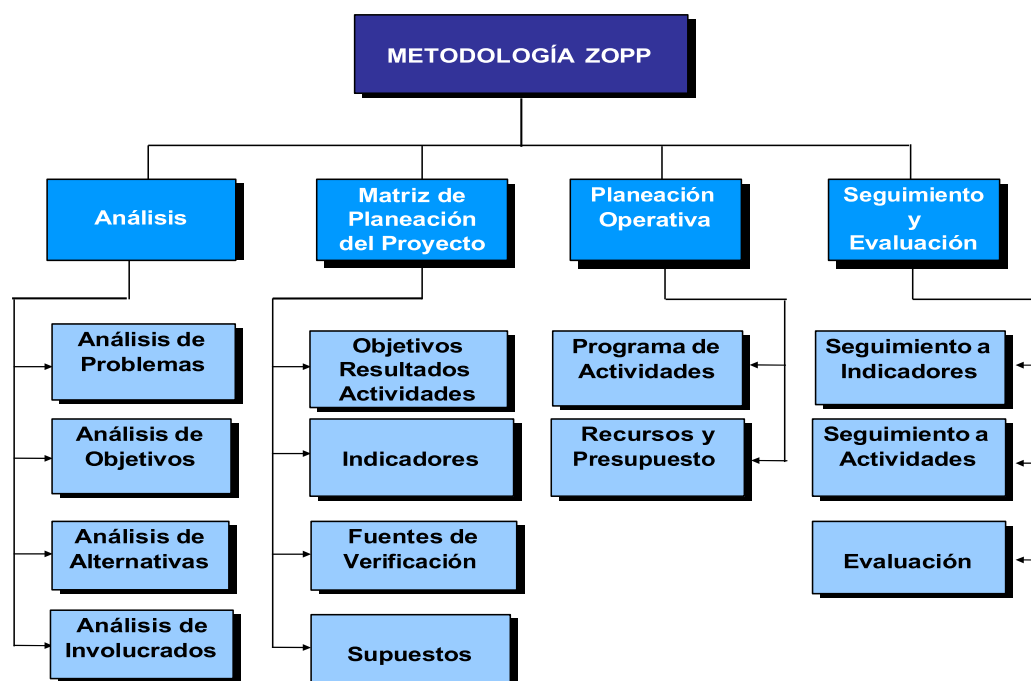


Fig. 3.21. Fases del Procedimiento Metodológico.

Fuente: Información obtenida de la Subgerencia de Programación de la CNA.- 2005.

Las funciones y tareas en las diferentes etapas del proceso se muestran a continuación, el cual coincide con los resultados obtenidos en el plan de manejo. Figura 3.22.

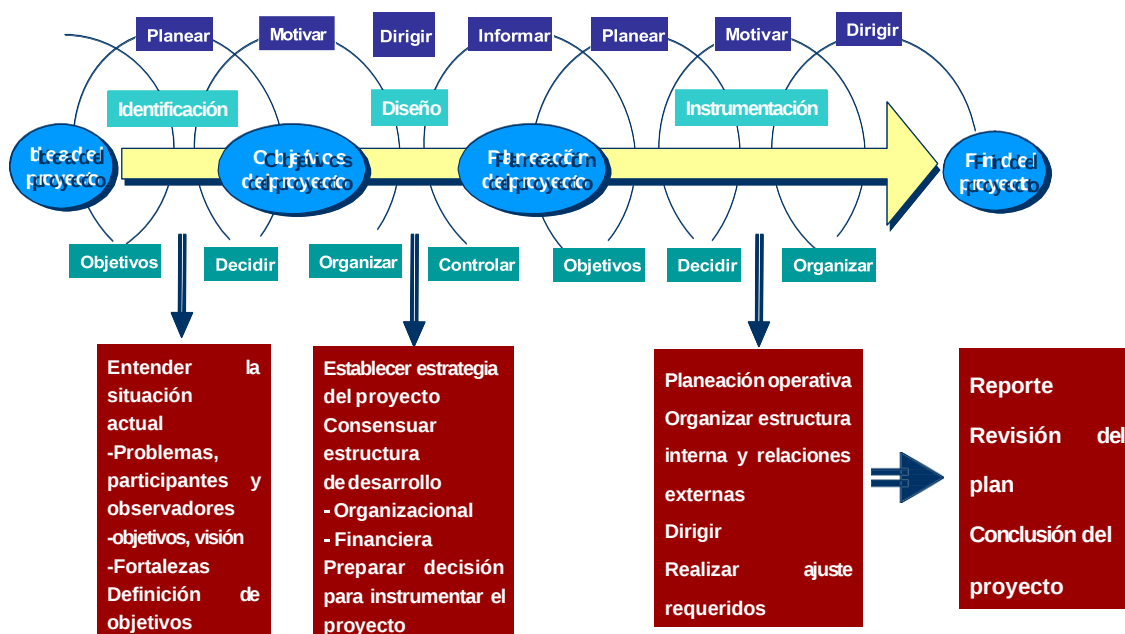


Fig. 3.22. Funciones y actividades.

Fuente: Información obtenida de la Subgerencia de Programación de la CNA.- 2005.

3.13.5. Características principales del método ZOPP

3.13.5.1 Moderación

La moderación del taller de planeación es la forma de dirigir y ayudar al grupo de trabajo a alcanzar el objetivo de analizar los problemas existentes en la organización y formular adecuadamente la estrategia de fortalecimiento en forma participativa y consensual y en un plazo determinado de tiempo. El moderador debe cumplir en el equipo de planeación la función de catalizador entre el aprendizaje del método y la toma de decisiones sobre la estrategia de ejecución del proyecto. El moderador (llamado también facilitador) debe dominar entonces el método ZOPP y estar en condiciones de enfrentar

situaciones de manejo de grupo (las que pueden ser difíciles) y generar un ambiente de trabajo participativo para todos los integrantes del taller. Los moderadores no necesariamente están involucrados con el proyecto.

Una adecuada moderación, junto a una participación activa de los participantes en el seminario, determina en gran parte el éxito del ZOPP. Se le ha dado importancia a que el moderador ejerza una verdadera función de moderación, coordinación y síntesis, evitando la imposición de criterios propios en su función de guía del taller. Por tal razón, los moderadores tienen que capacitarse en forma intensa, tanto teórica como prácticamente, para cumplir con los requisitos necesarios para realizar una buena moderación de los talleres de planeación participativa.

3.13.5.2. Participación

Una decisiva y activa colaboración de los participantes durante el taller de planeación es esencial para asegurar la legitimidad y aceptación de sus resultados. Esto conlleva la necesidad, por un lado, de que la moderación genere las condiciones para una alta participación de todos los miembros del equipo de trabajo en el diagnóstico y la planeación estratégica del proyecto y, por otro lado, implica que dentro del grupo de participantes, los actores directamente involucrados deben formar la mayoría del grupo, reduciendo el número de personas externas al mínimo posible.

3.13.5.3. Equipo de Trabajo

Los responsables de la ejecución del ZOPP, tienen que tomar las decisiones con respecto a la composición del grupo. El número de integrantes del equipo de trabajo depende del número de moderadores disponibles (si se trabaja con dos moderadores, el grupo de participantes podría ser de 25 a 30 personas),

estos participantes deben ser representativos de los distintos intereses existentes entre los involucrados, incluyendo los de grupos opositores o disidentes, así como las capacidades profesionales necesarias sobre el tema. Además, puede ser conveniente que participen representantes de organismos de apoyo o de investigación y enseñanza (universidades e institutos) cuando se tiene o se desea una relación de cooperación con éstos. Un criterio de selección debe ser también la disposición que exista entre los candidatos para participar activamente y aportar a la obtención de un consenso en las decisiones.

3.13.5.4 Visualización y Documentación

Las contribuciones de los participantes, los resultados de las discusiones y los análisis que se aprueban finalmente son visualizados o representados mediante tarjetas (que de acuerdo a los pasos del trabajo pueden ser de diferentes colores) en paneles. Se utilizan también rotafolios y pizarras blancas para visualizar los aportes. Una vez obtenido el acuerdo sobre el desarrollo de los análisis, estos se documentan como resultados del taller ZOPP mediante la ayuda de la computación. Esta documentación final sirve de base para los siguientes pasos de la planeación (Plan Operativo) y el seguimiento e implementación de la estrategia elaborada. La adecuada visualización facilita el consenso y la búsqueda de acuerdos en el grupo.

3.13.4.1. Organización

Tiene que haber una disposición básica de los participantes a hacer los esfuerzos necesarios para asegurar el éxito del taller, tanto en lo que respecta a la participación del mayor número de responsables durante el tiempo que dura el taller, como a poner a disposición una infraestructura mínima necesaria

(salas, sillas, etc.) y servicios (café, galletas, etc.). Un taller realizado en contra de la voluntad de los principales responsables de la institución está programado con alta probabilidad para fracasar o quedar sólo en un ejercicio sin ninguna consecuencia.

Se considera que el tiempo de trabajo mínimo necesario para un ZOPP es de 24 horas efectivas. De acuerdo con las circunstancias y posibilidades, estas 24 horas de trabajo pueden ser ampliadas hasta 28 ó 30 horas, repartidas en tres o cuatro talleres de trabajo. Un tiempo total menor de 24 horas de trabajo no es recomendable, pues afectaría la calidad de los resultados de la planeación. La organización del taller debe hacerse con la debida anticipación para poder escoger en conjunto la fecha de ejecución más adecuada a las actividades de involucrados importantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Considerando que como la mayoría de los planes y/o proyectos de desarrollo tienen un corto periodo de intervención, dentro de un proceso de desarrollo a largo plazo, las condiciones estructurales del medio, relativas a los aspectos ecológicos, socio-económicos, políticos y administrativos, configuran un complejo escenario que difícilmente puede ser influenciado por un solo proyecto. Por tanto, una apropiada consideración de estas condiciones estructurales, en la planificación e implementación de planes y/o proyectos es esencial para su ejecución exitosa.

La metodología utilizada para este trabajo, de principio, fue la obtención y acopio de información documental, con el apoyo de diversas dependencias del ámbito federal, estatal, municipal y local, se realizaron recorridos de campo y reuniones de trabajo con autoridades, dependencias educativas y de Investigación, líderes, representantes y productores de la región, con la finalidad de obtener las características generales del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala

Posteriormente, el personal involucrado en este trabajo, tanto directivos como ejecutores, requirieron de técnicas participativas de planeación y seguimiento (Método ZOPP), adecuando el desarrollo de ésta región a la disponibilidad del agua, el cual a su vez, tiene como objetivo central frenar la sobreexplotación del acuífero, reduciendo gradualmente la extracción hasta alcanzar su estabilización y garantizar el uso sustentable de la región.

Señalando la importancia de que esta metodología es altamente participativa y asegura en corto tiempo la formulación de una estrategia lógica de los proyectos para cumplir los objetivos planteados en este trabajo, incluyendo indicadores de evaluación y condicionantes externos. Permite igualmente la

incorporación de los intereses y aportaciones de los distintos involucrados, y asegurar así un consenso para la aprobación de los proyectos, tanto en su formulación como en su ejecución.

Las técnicas que se utilizan tanto en la preparación como en el proceso de consulta con los usuarios son las comunes a las utilizadas en técnicas de planeación tales como:

- a) Técnicas de interrogación, como son las entrevistas individuales o por grupo, la encuesta y el panel. Su elección está en función de las características de los usuarios y que permiten lograr el mayor grado de sensibilización y participación para identificar la problemática del agua que les afecta y sus posibles soluciones.
- b) Técnicas de exposición, como son las utilizadas con medios gráficos como la proyección de acetatos, láminas y mapas; el rotafolio o pizarrón para ejemplificar datos o propuestas que se recogen directamente en las reuniones y que tienen el objetivo de consensuar lo expresado verbalmente en las reuniones por parte de los participantes.
- c) Técnicas del método ZOPP, como son el uso de tarjetas y de pizarrones donde puedan ser colocadas y agrupadas las tarjetas, incluso con la participación interactiva de los usuarios, lo cual tiene por objeto la formulación de los árboles de problemas y objetivos.
- d) Técnicas de análisis de tipo documental para determinar la factibilidad técnica de las propuestas, como las entrevistas en profundidad con los expertos, para el análisis de su viabilidad técnica, social, económica y ambiental.

recomienda el método ZOPP y aquellos que requiere para la exposición que sirve de base para la interacción de los usuarios en el proceso de consulta,

como son gráficos, mapas, láminas y materiales de escritura, así como de computación que permitan organizar la exposición y recoger la consulta directa con los usuarios.

4.1. Procedimiento Metodológico

A continuación se detallan las actividades que se realizaron durante las consultas con usuarios, desde su preparación hasta la validación de los árboles de problemas, árboles de objetivos, matriz de involucrados, matriz de planeación del proyecto, planeación operativa del proyecto y la estructura de ejecución.

a) Se programaron las reuniones con fecha, lugar y hora de manera consensuada entre las oficinas centrales, regional y estatal de la CNA, así como de las instituciones y organismos involucrados en la problemática hidráulica.

- La CNA estatal emitió las convocatorias para las reuniones con usuarios.
- La CNA estatal preparó los materiales a disponer en cada reunión a fin de programar el orden del día correspondiente.
- Se prepara hoja de registro de asistencia y el formato de la minuta para la reunión programada.

b) Preparación de los materiales para la reunión con los usuarios.

Se tomó en cuenta el tipo de usuarios que participó en la reunión y con base en ello, se determinaron los materiales más adecuados para la exposición de la problemática de los diferentes usos relevantes en la región.

Se analizó la forma más efectiva para difundir la información de la problemática: en forma de acetatos, rotafolio, láminas, proyección en cañón, etc., que permitiera difundir de manera más precisa los problemas particulares de los usos del agua de los usuarios.

Se determinó la mecánica que permitiera una efectiva interacción entre los usuarios y demás involucrados, con el objetivo de lograr una participación activa en la identificación de los problemas y de sus posibles soluciones; para ello, se analizaron las técnicas más adecuadas como por ejemplo: la lluvia de ideas, la escritura de los problemas a través de tarjetas, la entrevista tipo panel para buscar que cada uno expresara sus comentarios, etc.

c) Consulta con usuarios

La sesión se inició con la bienvenida por parte de la autoridad local del municipio donde se llevó a cabo la sesión correspondiente y personal de la CNA explicó el objeto de la reunión e informó de las autoridades presentes a nivel regional y nacional y de los representantes de la moderación, al mismo tiempo que otorgó la palabra a la autoridad regional de la CNA, para que explicará la mecánica de la reunión y la importancia de la participación de los usuarios en la planeación para el acuífero en cuestión.

Se proporcionó información en diferentes formas: por medio de acetatos o impresa, acerca de la nueva política implementada por la CNA para lograr una planeación de corto, mediano y largo plazo, que conlleve al uso eficiente y sustentable del agua. También se explicó el proceso de planeación hidráulica a fin de atender la problemática hidráulica. Después de esta explicación se otorgó la palabra al moderador, para que explicara la problemática correspondiente de la reunión.

Se expuso la problemática general de los diferentes usos del agua que afectan directamente al acuífero y a los usuarios en particular. Los temas fueron básicamente los descritos en la primera sesión, con lo cual se buscó que los usuarios contaran con una información actualizada y suficiente para poder opinar acerca de los problemas que en forma específica les afectan, al tiempo que complementarían con información adicional, manifestarían sus dudas y solicitarían información sobre algún aspecto no tratado.

Al término de esta exposición el moderador expuso de manera sintética las características del método ZOPP y resaltó la importancia de la participación de ellos para identificar los problemas particulares y determinar cuáles son los problemas centrales que pudieran ser consensuados entre ellos a fin de iniciar la metodología que propone el método ZOPP. Se les explicó que se tendrían cuando menos cuatro reuniones a fin de cubrir las fases de planeación del proyecto.

Dado que el tiempo previsto promedio por sesión con los usuarios fue corto, la manera práctica que se encontró para recoger la problemática de la región fue que ellos mismos describieran según su criterio, cada uno de los problemas en una tarjeta. Posteriormente éstas se agruparon en forma temática y se les pidió que explicaran de manera verbal los aspectos particulares que encerraba el concepto descrito en cada tarjeta, de lo cual, tomó nota el equipo moderador a fin de considerar las especificaciones planteadas. Al término de esta actividad, se consensó entre los usuarios los problemas centrales que se consideraron relevantes por cada uno de los usos, con lo cual, el moderador contó con el material necesario para elaborar los árboles de problemas y objetivos correspondientes a esos usos descritos, en lo posible, también se consensó con ellos las relaciones causa-efecto de los mismos.

Con la consulta efectuada en el punto anterior, el equipo de moderación elaboró los árboles de problemas y de objetivos, y cuando la problemática estuvo suficientemente clara, se hizo un primer ejercicio de la selección de alternativas y de la matriz de planeación. Para efectuar esta actividad el facilitador previamente consultó la información disponible para contrastar y reforzar la percepción obtenida de los usuarios respecto a los problemas centrales consensuados, así mismo, consultó con los expertos técnicos la factibilidad que tenían las perspectivas de solución planteadas en la primera sesión y con este material se realizó la segunda sesión donde se buscó validar, complementar y corregir los árboles formulados y en consecuencia la matriz de planeación, que en este caso ya había sido previamente elaborada. Esta segunda sesión también se aprovechó para informar a los usuarios acerca de las restricciones técnicas, sociales y económicas que impedían formular una perspectiva de solución tal como fue planteada por los usuarios en la primera sesión.

La tercera sesión tuvo por objetivo que el grupo de planeación pudiera validar de forma total los árboles de problemas, de objetivos, alternativas seleccionadas y la estrategia para la solución del proyecto planteado en la matriz de planeación. En dicha sesión se pudieron hacer las correcciones finales y se consensuó la propuesta final de la estrategia a seguir, conjuntamente con las acciones a realizar en el corto, mediano y largo plazo.

En la cuarta sesión se terminó de ajustar la planeación, consensuada con los usuarios a partir de que se incorporaron fichas técnicas, que fundamentaron las propuestas de cada uno de los proyectos formulados a través de una consulta con los expertos en las áreas técnica, social, económica y ambiental.

Finalmente se hizo una presentación ejecutiva del proyecto en donde todos los involucrados hacen acuerdos para llevar a cabo el seguimiento del plan propuesto.

Con todo lo anterior se dio por terminado el proceso de consulta y los materiales formulados de acuerdo al método ZOPP se integraron como parte medular a un documento, que adicionalmente describe de manera exhaustiva la información sintetizada que se mostró a los usuarios en la primera sesión. Por otra parte, en forma adicional se hizo una descripción sintética de las bondades y restricciones de los proyectos descritos en las matrices de planeación y se organizó una tabla sintética de dichos proyectos por uso que contiene las referencias más importantes para la toma de decisiones.

4.2. Materiales

Para alcanzar los objetivos planteados para este trabajo, se tomo en cuenta la información de los estudios geohidrológico más actualizados de la región de Huichapan-Tecoautla-Nopala, considerando que durante los últimos 30 años, se han llevado a cabo trabajos de carácter local para identificar la presencia y el flujo de las aguas subterráneas, con el fin de poder satisfacer las demandas de agua potable de los principales núcleos de población, construyéndose varios pozos exploratorios con resultados muy variados que van desde pozos fallidos que se agotan al momento de los aforos hasta pozos de 50 lps., con niveles estáticos de 20-40 hasta 180 metros de profundidad.

Por otro lado, es importante señalar que se realizó un taller con personal profesional especializado de la Universidad Autónoma de Tamaulipas para la aplicación de un “Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)”, como herramienta para la toma de decisiones, el cual permitió:

- ❖ La incorporación a su proceso de análisis de un enfoque deductivo de los problemas (análisis de las partes), y un enfoque de sistemas (análisis del funcionamiento del todo), para luego combinar estos dos enfoques en un sistema integrado y lógico

- ❖ El PAJ organiza los sentimientos, la intuición y la lógica en un enfoque estructurado para la toma de decisiones.
- ❖ El PAJ es un modelo matemático flexible que permite tomar decisiones combinando el juicio y los valores personales de manera lógica.
- ❖ La aplicación del PAJ comprende los siguientes pasos: (1) estructurar un problema como un conjunto de criterios de decisión organizados en forma jerárquica, (2) obtener juicios de esos criterios de decisión que reflejen ideas, sentimientos y emociones, (3) representar esos juicios con números significativos, (4) sintetizar resultados, y (5) analizar la sensibilidad del modelo ante los cambios de juicio.
- ❖ Una característica importante del proceso PAJ es su índice de inconsistencia, proporcionado por el programa **Expert Choice** y es no rebasar el límite máximo de 0.10 donde un índice de inconsistencia igual a 0 implica una consistencia perfecta en el proceso de ponderación; sin embargo, en el análisis real no es posible tener una consistencia perfecta. El PAJ acepta como tolerable una consistencia igual 0.10.

La jerarquización de los diversos proyectos que arrojó el proceso de planeación participativa como alternativas de solución a la problemática planteada por los diversos participantes en dicho proceso, con la finalidad de aplicar recursos con cierto sentido de orden y sin generar conflictos territoriales.

Finalmente, se realizó la aplicación de software para el procesamiento de información digital.

Al final se anexa el manual de la metodología ZOPP, proporcionado por la SGP, a través de la GPH de la CNA. 2003.

4.2. Caracterización General del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala

4.2.1. Localización

La zona del estudio se localiza geográficamente en la porción centro occidental del estado de Hidalgo, entre los paralelos: 20° 15' y 20° 40' de Latitud Norte y los meridianos 99° 29' y 99° 47' de Longitud Oeste. Ver figura 4.1.

La cuenca hidrológica que delimita a la zona geohidrológica de Huichapan-Tecoautla-Nopala, Se ubica en extremo noreste del estado de Hidalgo y tiene una extensión del orden de los 1,577.70 km².

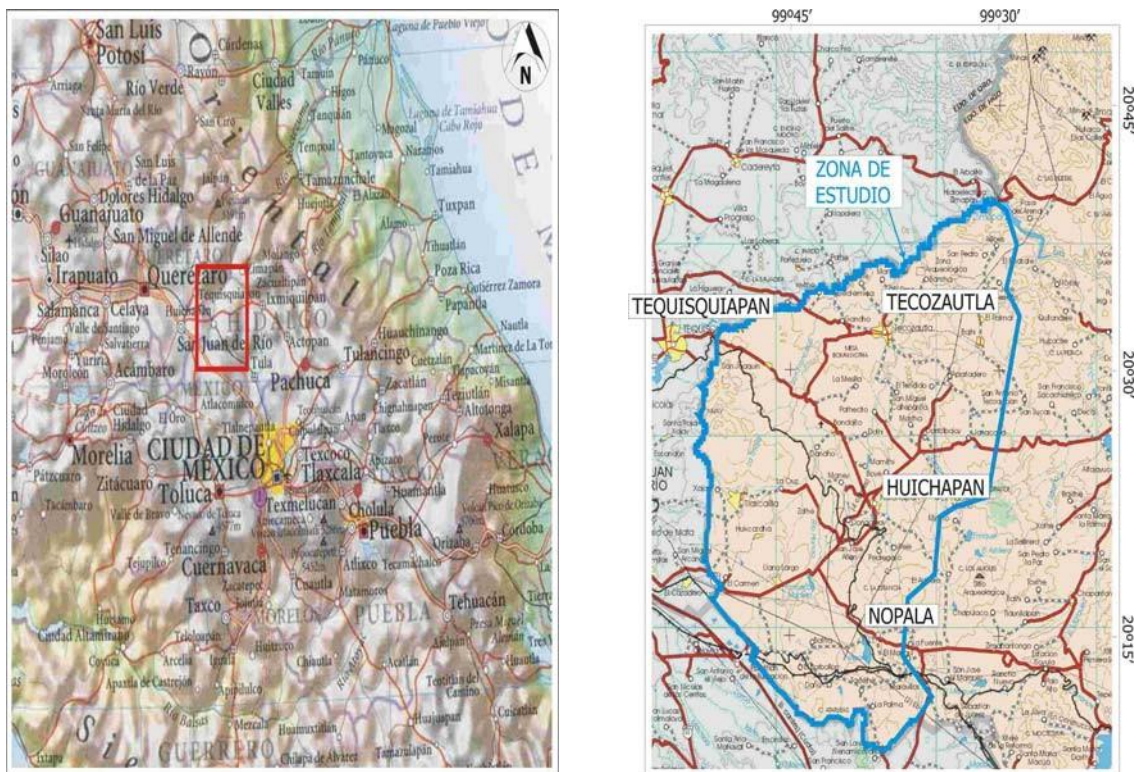


Figura 4.1.-Localización Regional y local del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Fuente: Lesser y Asociados.

Las principales poblaciones son Huichapan, Tecoautla y Nopala, las cuales corresponden a cabeceras municipales. Ver tabla 4.1.

Tabla 4.1. Poblaciones principales dentro del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Municipio	Superficie (Km ²)
Huichapan	668.10
Tecoautla	334.00
Nopala	575.60
Subtotal	1,577.70
Total Estatal	20,905.12

Colinda al norte con el estado de Querétaro, al sur con el estado de México, al oriente con los municipios Tepetitlan, Alfajayucan y Tasquillo y al occidente con el Estado de Querétaro. Políticamente abarca parte de los municipios Tepetitlan, Chapantongo y Alfajayucan y completamente a los municipios Nopala de Villagrán, Huichapan y Tecoautla (figura 4.2.).

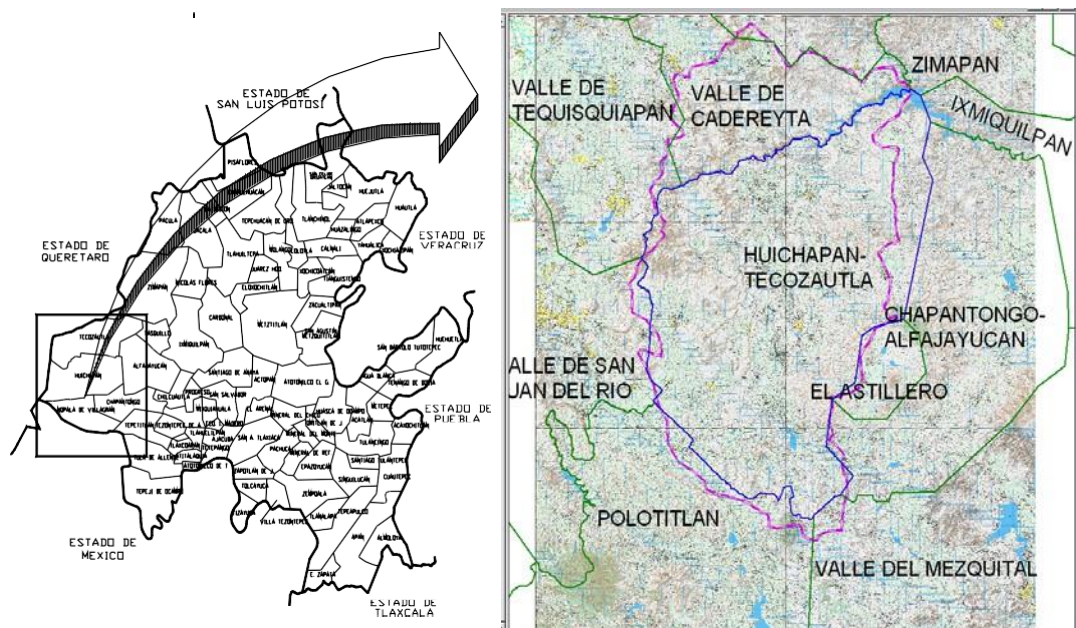


Figura 4.2. Colindancias con el acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Fuente: Sanx Ingeniería Integral y Desarrollo S. A. de C. V.

Geohidrológicamente la zona de estudio se encuentra dentro del acuífero denominado Huichapan-Tecozautla-Nopala, cuyos límites fueron publicados por la Comisión Nacional del Agua en el Diario Oficial de la Federación en el año del 2003 (acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos).

Tabla 4.2.- Vértices que limitan al acuífero 1307 de Huichapan-tecozautla-Nopala.

VERTICE	LONGITUD OESTE			LONGITUD NORTE			OBSERVACIONES
	GRAD.	MIN.	SEG.	GRAD.	MIN.	SEG.	
1	99	28	24.5	20	37	17.4	
2	99	29	5.3	20	34	46.8	
3	99	28	16.6	20	33	6.4	
4	99	30	33.6	20	22	57.5	
5	99	32	54.5	20	22	24.6	
6	99	33	55.8	20	21	45.1	
7	99	34	27.4	20	18	22.1	
8	99	36	18.8	20	17	9.2	
9	99	36	48.1	20	13	45.0	
10	99	34	37.0	20	11	33.0	
11	99	35	40.7	20	10	11.0	DEL 11 AL 12 POR EL LÍMITE ESTATAL
12	99	37	46.1	20	8	41.0	DEL 12 AL 13 POR EL LÍMITE ESTATAL
13	99	50	31.2	20	16	53.4	DEL 13 AL 14 POR EL LÍMITE ESTATAL
14	99	51	28.7	20	27	32.6	DEL 14 AL 15 POR EL LÍMITE ESTATAL
15	99	48	20.7	20	32	39.4	DEL 16 AL 17 POR EL LÍMITE ESTATAL
16	99	30	3.2	20	39	43.1	
17	99	29	13.4	20	39	12.7	
1	99	28	24.5	20	37	17.4	

Fuente: Lesser y Asociados. 2006.

La extensión y límite de este acuífero se muestra en la figura 4.3 y los vértices que lo limitan se presentan en la tabla 4.2.

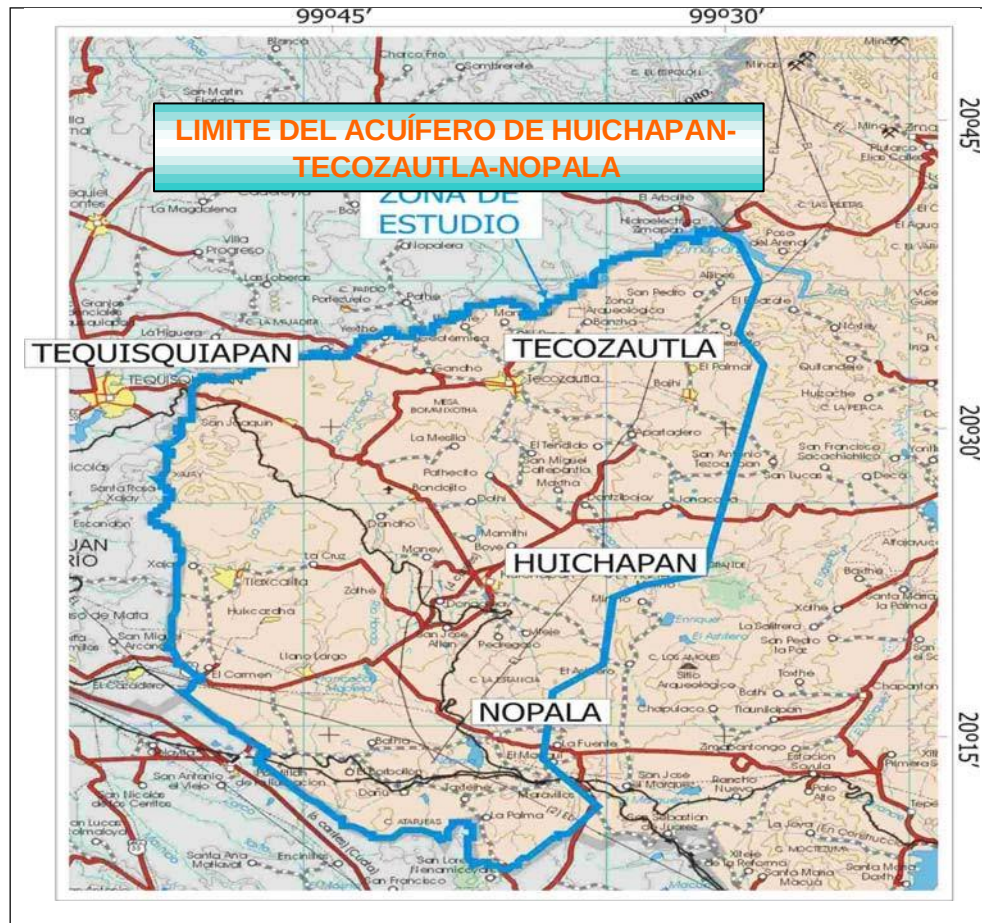


Figura 4.3.-Límite del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Fuente: Lesser y Asociados.

4.2.2. Fisiografía e Hidrografía

Lesser y Asociados. 2006, refiere que esa unidad geohidrológica se ubica dentro de la Región Hidrológica No. 26 “Río Pánuco” (figura 4.4), en la Subregión del Alto Pánuco (Río Moctezuma). La cuenca hidrológica a la que pertenece la unidad geohidrológica es la Cuenca Río San Juan, en la subcuenca que conforman los Ríos Tecoautla y San Francisco (figura 4.5.).

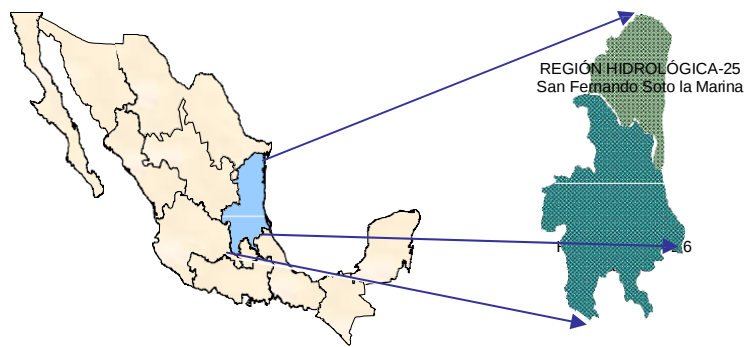


Figura 4.4. Región Hidrológica No. 26.

Fuente: Gerencia Regional Golfo Norte. CNA. 2006.

Además, menciona que el área estudiada se encuentra limitada al norte por el Río San Juan; hasta su confluencia con el Río Tula; al sur por los Cerros de Nopala y El Astillero; al este por el parteaguas definido por los Cerros Cosdha, que van de la Cortina de la Presa Zimapán a la Comunidad de Jonacapa; finalmente al oeste por la Presa Paso de Tablas y la Sierra formada por los Cerros Gordo, Xajay y La Cruz.

Señalando que dentro de la Unidad Hidrogeológica, escurren de sur a norte los Ríos Tecozautla y San Francisco-Hondo; ambos de régimen perenne que desembocan al vaso de la Presa Zimapán. Sirviendo como límite estatal y de la Unidad Geohidrológica, con orientación SW-NE, escurre el Río San Juan, que también vierte sus aguas al embalse de la presa y es el dren general de la región que además, limita la zona de estudio en su porción norte. Esta corriente es perenne y aguas abajo se une al Río Tula para formar el Río Moctezuma que desemboca en el Golfo de México.

La diferencia en la estructura y dureza de las rocas ha propiciado los distintos tipos de drenaje que tienen lugar en el área, tales como radial en el Cerro Nopala; paralelo en el Valle de San Miguel Caltepanitla; rectangular en la

porción norte y de tipo dendrítico en las faldas de la sierras que circundan el área.

En lo referente a su colindancia con otras unidades, la denominada Unidad Geohidrológica Huichapan-Tecoautla, se ubica entre las Unidades de El Astillero y Chapantongo-Alfajayucan al oriente; Polotitlán y Valle del Mezquital al sur; Valle de San Juan del Río y Valle de Tequisquiapan al poniente; Valle de Cadereyta, Zimapán e Ixmiquilpan al norte (figura 4.2.).

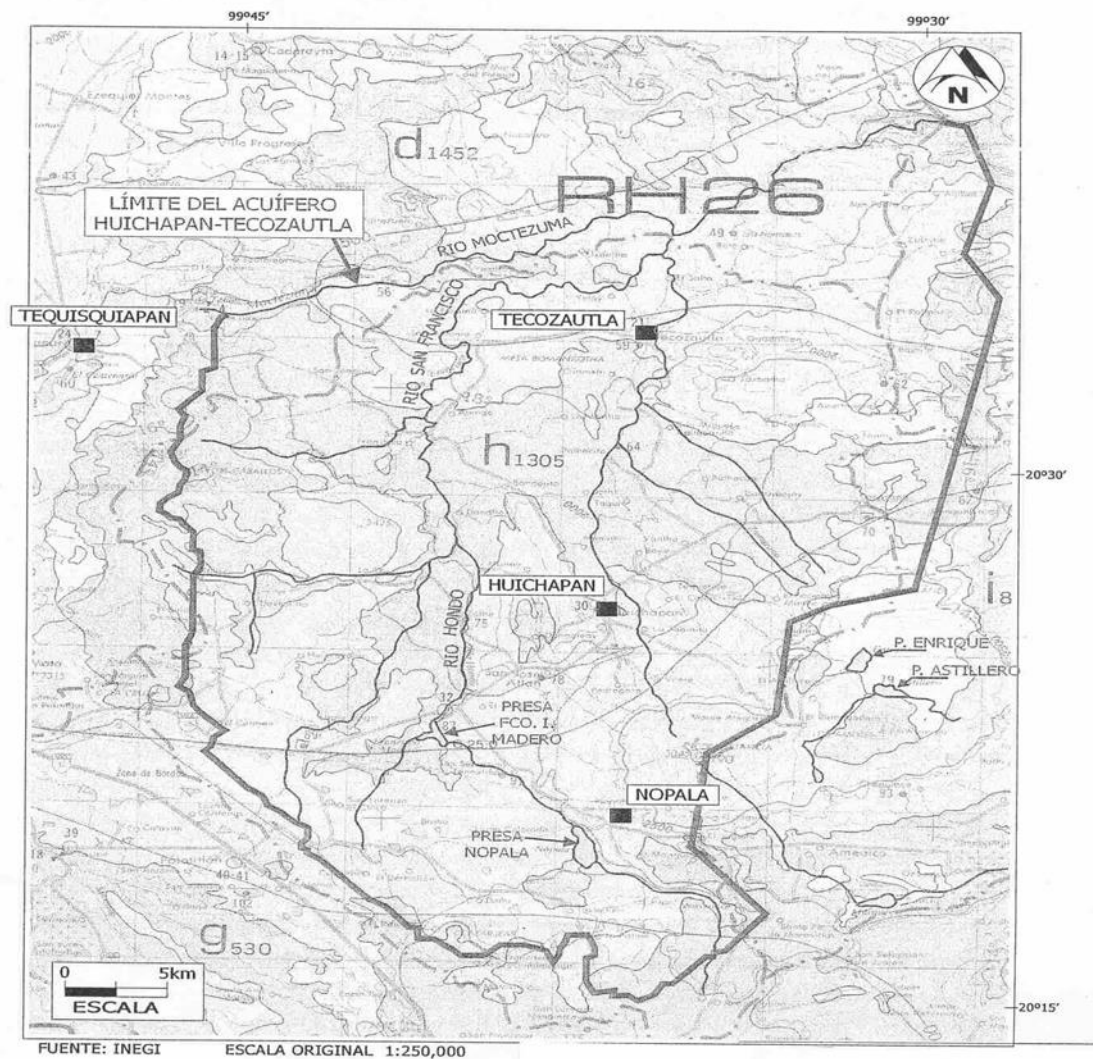


Figura 4.5. Hidrografía de la cuenca Huichapan-Tecoautla, Hgo.

Fuente: Lesser y Asociados.

4.2.3. Orografía

La zona de Tecozautla-Huichapan-Nopala se localiza en la parte septentrional de la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico Transmexicano. Esta provincia se caracteriza por tener una orientación regional este-oeste, que cruza la República Mexicana desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México, franja situada entre las latitudes de 19° 00' Y 20° 30', con una longitud de 1,000 kilómetros y una amplitud variable que va de los 50 a los 200 kilómetros.

Lesser y Asociados. 2006, señala que en esta zona se encuentran elevaciones topográficas que corresponden a volcanes. Los principales son el Cerro de Nopala, el Cerro del Astillero y La Sierra de Tequisquiapan. De menor magnitud se encuentra el Cerro La Cruz y el Cerro San Miguel Caltepanitla (figura 4.6).

Las elevaciones mayores en la porción sur y sureste del área están conformadas por los Cerros Nopala y La Estancia con 3 000 m.s.n.m, el Cerro de Hualtepec con 3 000 m.s.n.m, el Cerro La Gerja con 2 750 m.s.n.m; así como por los Cerros: Ixcabondhá, La Trampa, Las Cabras, Grande, El Soldado, Colorado, Las Palomas, Los Amoles, Cinzá, El Sombrero y Los Pelones, con elevaciones que fluctúan entre los 2 700 a los 2 800 m.s.n.m, los cuales forman de cierta manera una estructura circular alargada y abierta hacia el sur, constituyendo los bordes de la denominada Caldera de Huichapan o del Astillero. En la región suroeste se tienen los cerros El Rincón, Alto y frío con 2,350 m.s.n.m. En la parte poniente del área destacan los cerros La Cruz y El Colorado con 2,400 m.s.n.m. En la región noroccidental se tienen los cerros El Ratón, Grande, San Pedro y Mariano, los que conforman una cordillera de con una elevación medias de 2,000 m.s.n.m. En la parte noreste del área se tiene el macizo volcánico que constituye el cerro Taxbathá con 2,400 m.s.n.m (junto con sus elevaciones aledañas los cerros Ixcojón y El Rancho con 2,350 m.s.n.m); el cerro Pardo, Loma El Frutillar y el cerro Medho con 2,400 m.s.n.m, están conformados por rocas sedimentarias.

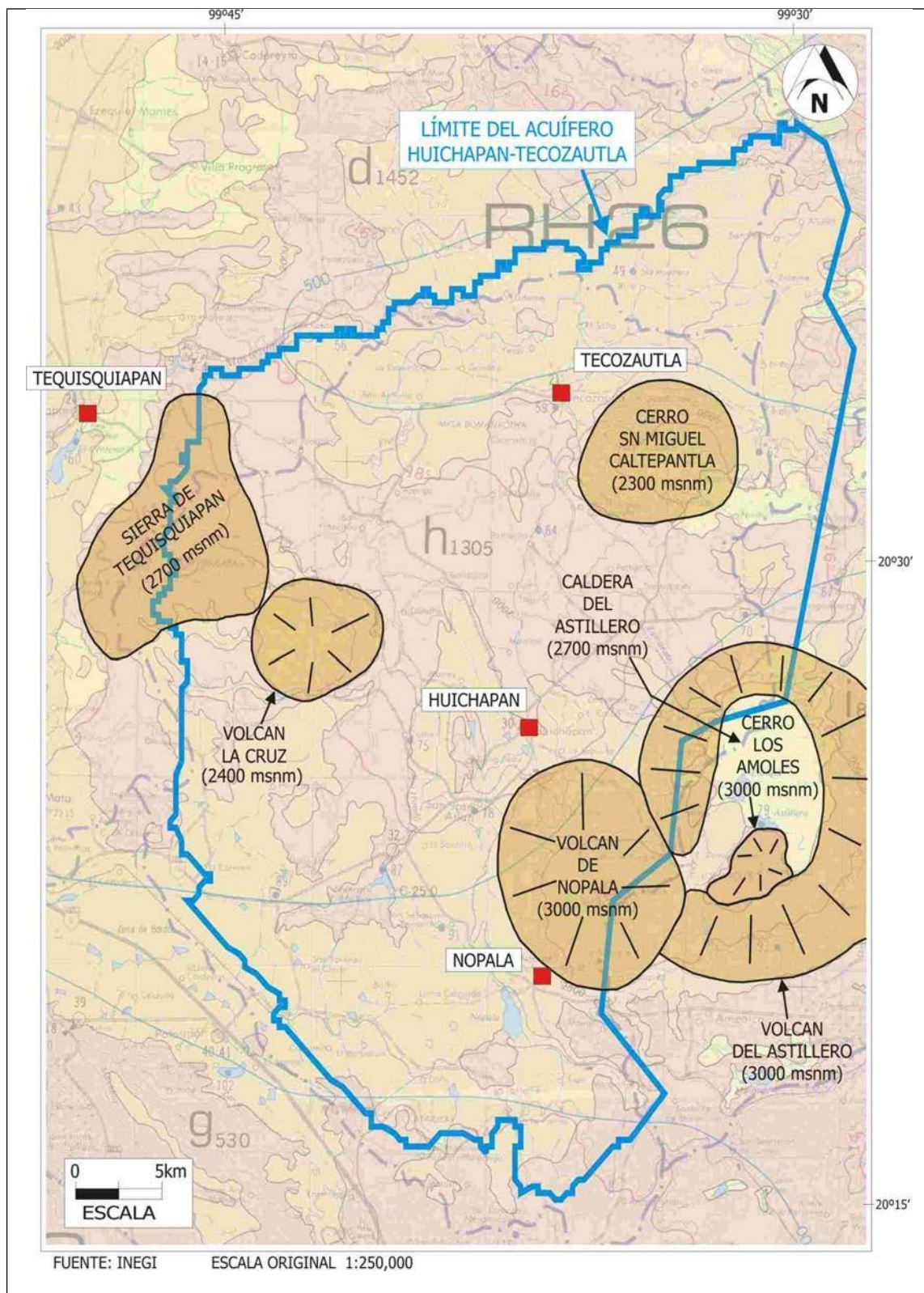


Figura 4.6. Orografía.

Fuente: Lesser y Asociados

4.2.4., Precipitación, climas y temperatura

Lesser y Asociados (2006), señala que el clima imperante en la región es del tipo BS₁ kw (w) que corresponde a un clima semiseco, templado. Hacia el norte (región de Tecozautla), el clima se modifica ligeramente y pasa a ser del tipo BS₁ hw que corresponde a un clima semiseco, semi-cálido, mientras que en la porción sur, en el área de los cerros de Nopala y el Astillero, el Clima es del tipo C(w₁) (w) que corresponde a un clima de tipo templado, subhúmedo, con lluvias en verano (figura 4.7).

Por lo que se refiere a la precipitación pluvial, la zona se caracteriza por presentar valores relativamente bajos de lluvia, los cuales fluctúan entre poco menos de 500 mm a más de 700 mm/año. Las precipitaciones menores de 500 mm/año ocurren en el área de Tecozautla y Huichapan y; precipitaciones entre 600 y 700 mm/año ocurren hacia Nopala, además, la temporada lluviosa se presenta durante los meses de junio a septiembre.

Las estaciones están distribuidas en el área en forma sistemática, de tal forma que permiten un análisis adecuado de las principales variables climatológicas (precipitación, evaporación, temperatura).

En forma global, en el área de estudio las condiciones promedio de las variables son las siguientes:

Tabla 4.3. Estaciones climatológicas en el acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Estación	Municipio	Área de Influencia Km ²	Precipitación media anual mm	Temperatura media anual (°C)	Periodo de Registro (años)
Tlaxcalilla	Huichapan	145.624	460.2	16.0	21
Presa Madero	Huichapan	182.540	504.4	15.3	56
Maravillas	Nopala	115.882		14.5	17
Jonacapa	Huichapan	238.944	525	15.2	35
Huichapan	Huichapan	201.512	443.7	15.5	19
El Potrero	Tecoautla	273.297	406.0	16.3	21

Por lo que se refiere a la temperatura, los valores medio anuales se presentan también en la figura 4.7, y la Tabla 4.3., observándose que van de 14 a 18 °C. Destacan la estación Huichapan clave 13-018 la cual reporta un promedio anual de 15.5°C. La estación climatológica Tecoautla clave 13-049 que tiene registrado un promedio de 16.3°C.

Por lo que se refiere a los efectos climáticos en el periodo de estiaje (figura 4.8) que se presenta entre noviembre y abril, la precipitación pluvial es menor de 75 mm en el norte y mayor en el sur, mientras que el rango de temperaturas

(mínimo y máximo) es de 06 y 24 °C en el norte del área de estudio y entre 3 y 18 °C en el sur.

Además, los efectos climáticos también presentan otras variaciones estacionales (figura 4.9.). En el periodo de lluvias que se presentan en mayo y octubre, la precipitación pluvial varía de norte a Sur, de 400 mm en Tecozautla a 475 mm en Huichapan y 550 mm en Nopala, mientras que el rango de temperaturas (mínimo y máximo) es de 15 y 27°C en el norte del área de estudio y entre 9 y 24° C en el sur.

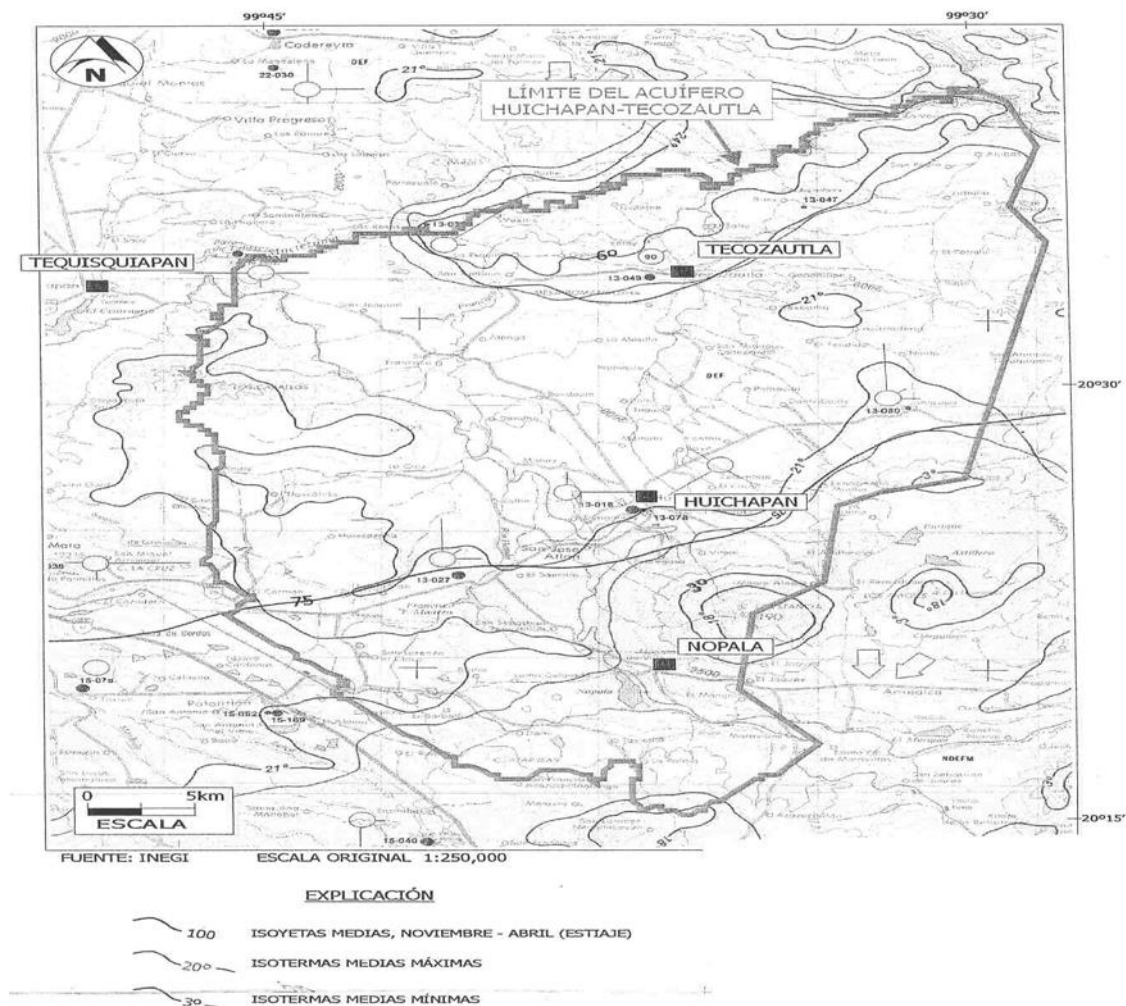


Figura 4.8. Los efectos climáticos en la zona de estudio (Noviembre – Abril).

Fuente: Lesser y Asociados

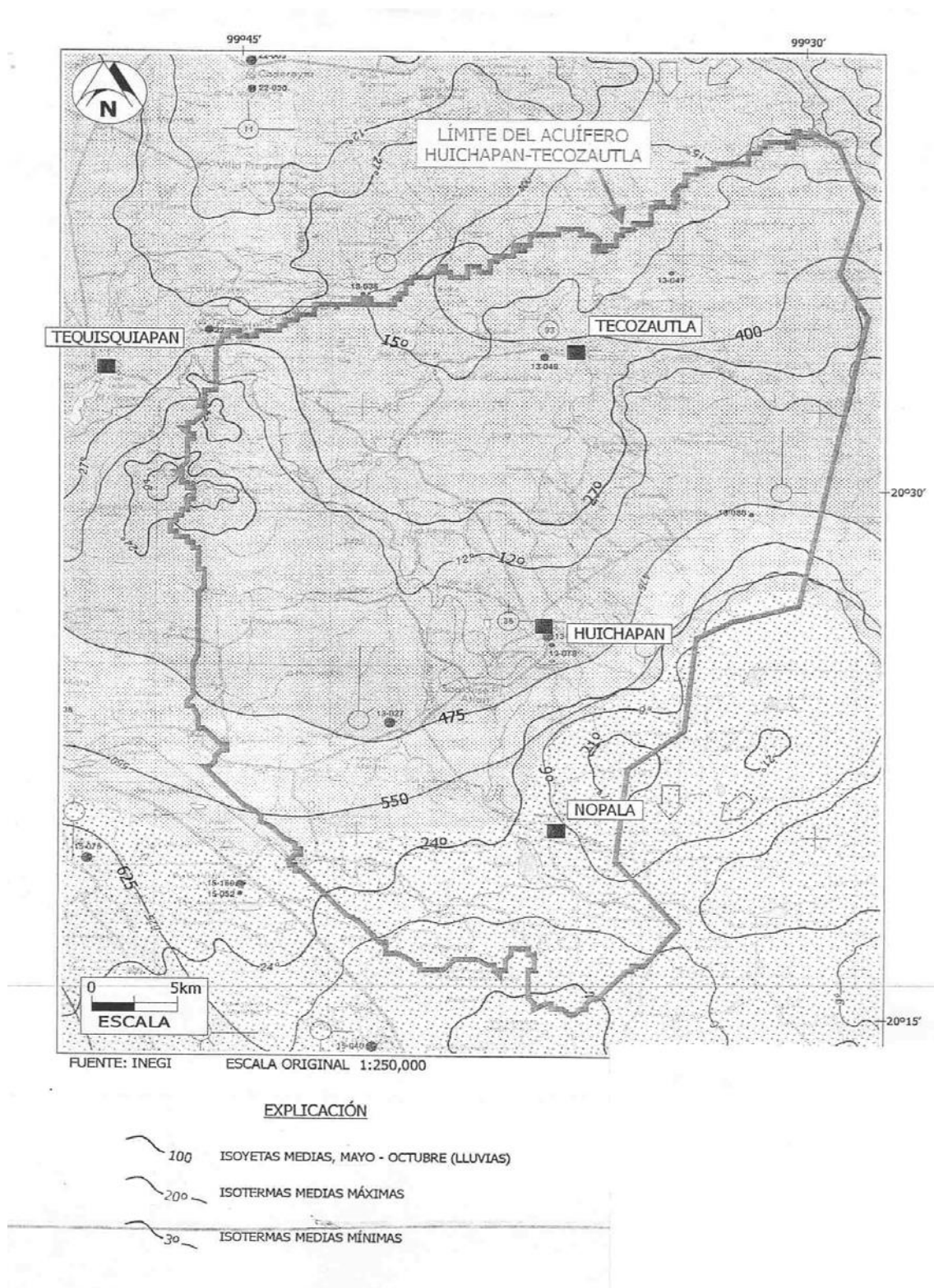


Figura 4.9. Efectos climáticos en la zona de estudio (Mayo-Octubre).

Fuente: Lesser y Asociados

4.2.5. El Sistema Hidrológico

4.2.5.1. Aguas Superficiales

Lesser reporta que la principal corriente superficial que drena la zona de Huichapan-Tecoautla-Nopala es el arroyo Hondo-Río San Francisco. Esta corriente nace en la porción sur de la zona de trabajo y sus aguas son controladas por la Presa Madero, en donde confluyen los arroyos San Juan y San Sebastián. A partir de este sitio, circula en dirección norte con el nombre de Arroyo Hondo y posteriormente cambia su designación por Río San Francisco. Recibe por la margen derecha al Arroyo Huichapan y finalmente desemboca al Río San Juan en el extremo norte de la zona de estudio. Este último, circula de poniente a oriente para, fuera del área de trabajo, unirse al Río Tula y entre ambos formar el Río Moctezuma que drena hacia el Golfo de México.

Otra corriente existente en la zona corresponde al Río Tecozautla que principia al sur/este del poblado de Huichapan, corre en dirección sur-norte y en esta porción recibe el nombre del Río Pathecitos. Posteriormente y cerca de la población de Tecozautla, cambia su nombre por el del Río Tecozautla. Finalmente se une al Río San Juan.

La presa Nopala ubicada en las inmediaciones de la población del mismo nombre, se forma por los escurrimientos del Arroyo Nopala. Esta corriente continúa en dirección al noroeste, donde toma el nombre de Arroyo San Joaquín para desembocar en la Presa Madero.

Dentro de la zona de estudio Lesser (2006), menciona que solamente la Presa Madero cuenta con estación hidrométrica y el Río San Juan a la altura de Paso de Tablas.

El Río San Juan se origina a una altura aproximada de 2,100 m.s.n.m y tiene una cuenca de captación de 5,435 km² hasta la estación Paso de Tablas. El Arroyo Hondo-Río San Francisco nace a una altura de alrededor de 2,750

4.3.5.2. Geología

4.2.5.2.1. Geomorfología

Lesser (2006), reporta que existen varios tipos de relieve de la superficie del terreno entre las que destacan los siguientes: Sierras, calderas, conos volcánicos, lavas, barrancas, valles, lomeríos, mesetas y barrancas (figura 4.11).

Menciona que la Caldera y Cono Volcánico de El Astillero es el rasgo geomorfológico más notable en la zona. El cono volcánico de la misma tiene en su base un diámetro de alrededor de 16 kilómetros, mientras que el interior de la caldera tiene 12 kilómetros de diámetro. El interior de la caldera corresponde a una falla de formas suaves, plano, que se eleva alrededor de 2,600 m.s.n.m, mientras que los bordes de la caldera alcanzan más de 2,700 m.s.n.m. Al sur de la caldera, se encuentran tres conos volcánicos conocidos como: Cerro Huatepec, que se eleva a más de 3,000 m.s.n.m. El valle en el interior de la caldera presenta una suave pendiente hacia su porción central y sur, donde existe un puerto topográfico que permite el drenado superficial de las aguas. Los flancos del volcán Caldera de El Astillero presentan pendientes medias, ya que en distancias de 2 kilómetros bajan 300 metros, de la cota 2,700 a la cota 2,400 m.s.n.m.

También señala que dentro de la zona estudiada se encuentran otros conos volcánicos de diferente tamaño, destacando entre ellos el del Cerro de la Cruz, ubicado en la porción centro-poniente, el cual corresponde a un cono volcánico de pendientes medias, formado por lavas basálticas y andesíticas.

Menciona además, que las corrientes de lava que fluyeron a partir de los centros eruptivos de El Astillero y Nopala, se extienden principalmente hacia el norte. En gran parte corresponden a ignimbritas y presentan una pendiente suave, al norte de El Astillero va de la cota 2,300 m.s.n.m, para bajar a 1,900 a la altura de Phatecitos. En estas rocas, así como en una serie de Tobas

ubicadas en una franja a lo largo de la porción central de la zona de trabajo (Río Hondo), se presenta un notable fracturamiento vertical que ha facilitado su erosión por escurrimientos superficiales, dando origen a un gran número de barrancas, muchas de ellas de pendientes verticales. Al suroeste del área de estudio se encuentran una serie de lomeríos y planicies entre Tlaxcalilla y El Carmen.

Al poniente de Huichapan se encuentra una serie de lavas basálticas que cubren una zona plana con ligera pendiente hacia el norte. Al oriente, con formas redondeadas, se encuentra una sierra de rocas calcáreas. Al noroeste se encuentra una sierra de formas abruptas conocida como Sierra de Tequisquiapan y finalmente el principal valle en la zona correspondiente a la zona plana ubicada en Tecozautla.

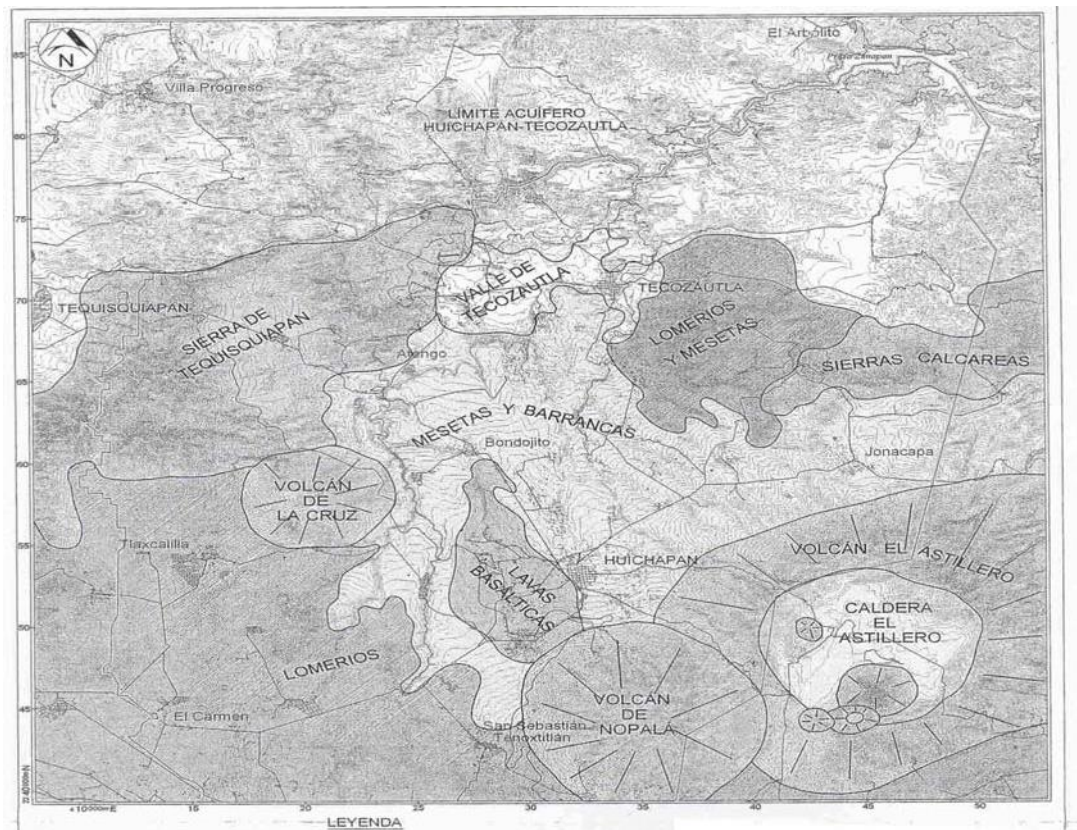


Figura 4.11. Geomorfología de la región de Huichapan, Nopala y Tecozautla, Hgo.

Fuente: Lesser y Asociados

4.2.5.2.2. Cartografía Geológica

Según Lesser (2006), en la zona de estudio se encuentran principalmente rocas y materiales volcánicos del Terciario y Cuaternario y, en menor proporción, sedimentos marinos del Cretácico.

Señala la existencia de cartografías geológicas y consideró que cada una de ellas presenta puntos de vista y atributos favorables, por lo que en el presente trabajo se incluyeron varias de ellas.

Lesser y asociados(2006), reportan que en la cartografía del Servicio Geológico Mexicano (figura 4.12), escala original 1:250,000, se observa que, principalmente en la mitad sur de la zona de estudio, afloran materiales volcánicos del Terciario-Cuaternario, constituyendo los cerros de Nopala, El Astillero y las elevaciones topográficas de la Cruz y San Miguel Caltepanitla. En esta cartografía se muestran estructuras correspondientes a volcanes, así como las direcciones de flujo de las corrientes lávicas. Hacia la mitad norte, en una franja que va desde Jonacapa hasta San Francisco, pasando por Pathecitos, se encuentran principalmente materiales volcánicos de tipo basáltico, mientras que al norte de Jonacapa se observa la presencia de rocas calizas del Cretácico Inferior. Cubriendo las partes bajas de los valles se encuentran materiales granulares del Cuaternario, en la hoja 1 de la figura 4.12, Lesser (2006), presenta la cartografía geológica mencionada; en la hoja 2 de la misma figura la explicación; en la hoja 3 se incluye la columna geológica, en la cual se describen los nombres formacionales y la litología predominante y en el extremo sur de la hoja 1, se muestra la traza de una sección geológica, la cual se presenta en la hoja 4 de la misma figura 4.12, donde se observa la disposición estructural de los materiales que constituyen el subsuelo.

En la figura 4.13, se muestra la cartografía geológica del INEGI escala 1:25,000, donde se observan los materiales volcánicos del Terciario que

constituyen las principales elevaciones volcánicas de Nopala, El Astillero, La Cruz y San Miguel Caltepanitla. En esta cartografía se marcan las estructuras volcánicas, así como la dirección del flujo de los derrames de lava. Entre Huichapan y Tecozautla destaca la presencia de materiales volcánicos de composición riolítica (tobas soldadas).

En la figura 4.14 se incluye la cartografía presentada en el artículo de Luís Silva (1991), la cual describe los eventos volcánicos referidos a la formación de la Caldera de El Astillero y los marca como rocas pre-caldera y post-caldera.

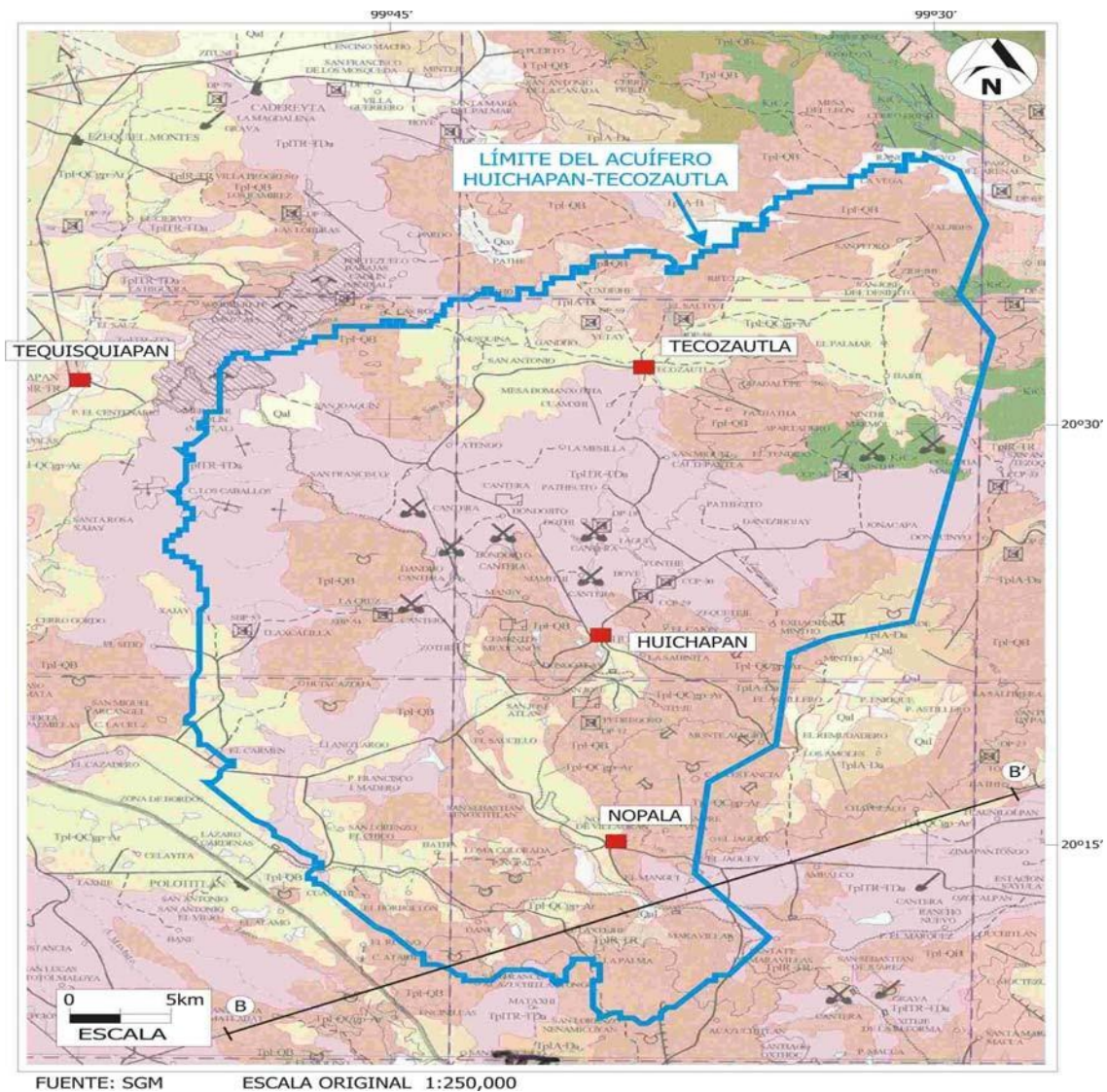


Figura 4.12. Geología (SGM 1/4).

Fuente: Lesser y Asociados.

COLUMNA GEOLÓGICA

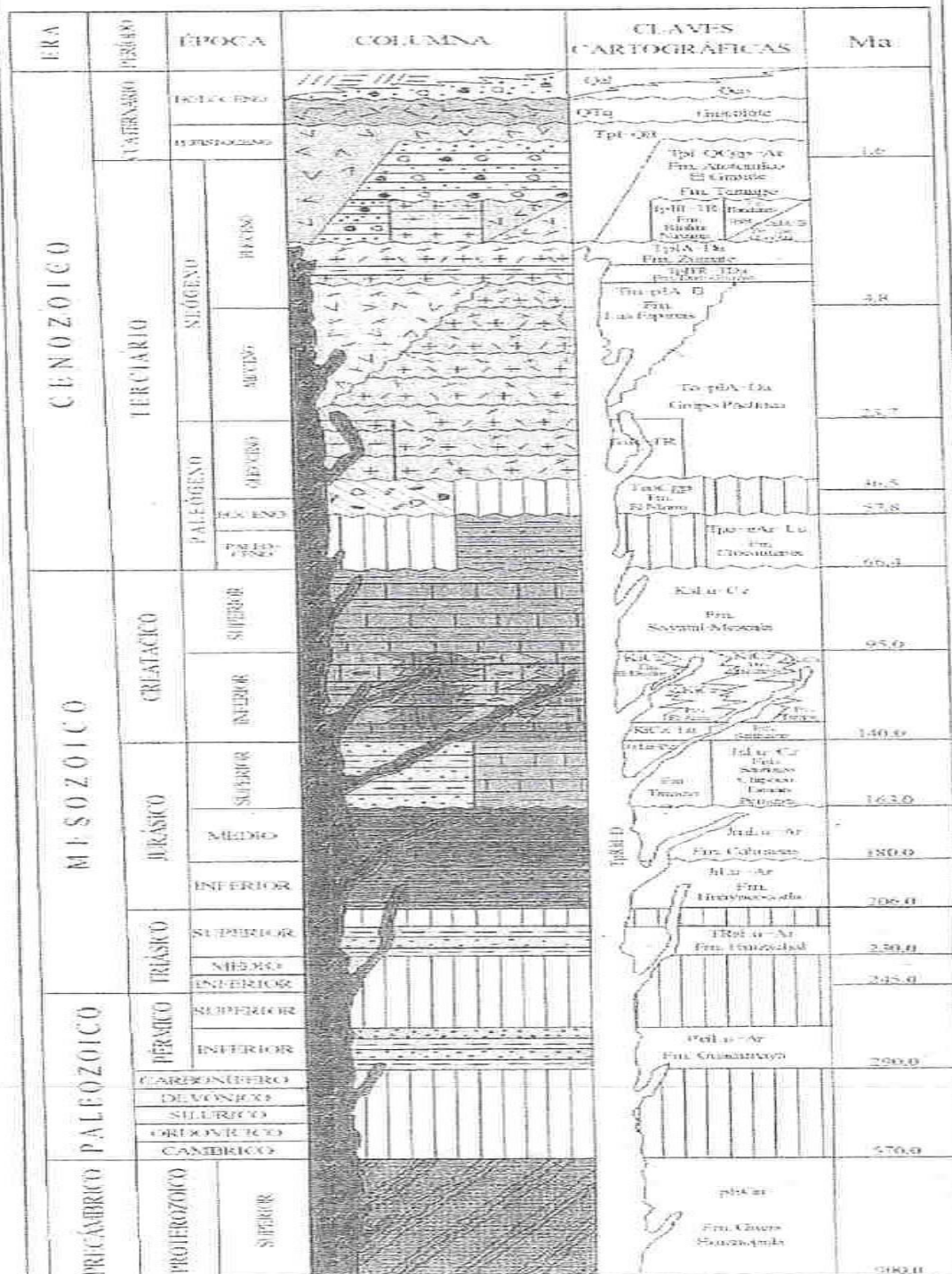


Figura 4.12. Columna Estratigráfica (SGM 3/4).

Fuente: Lesser y Asociados.

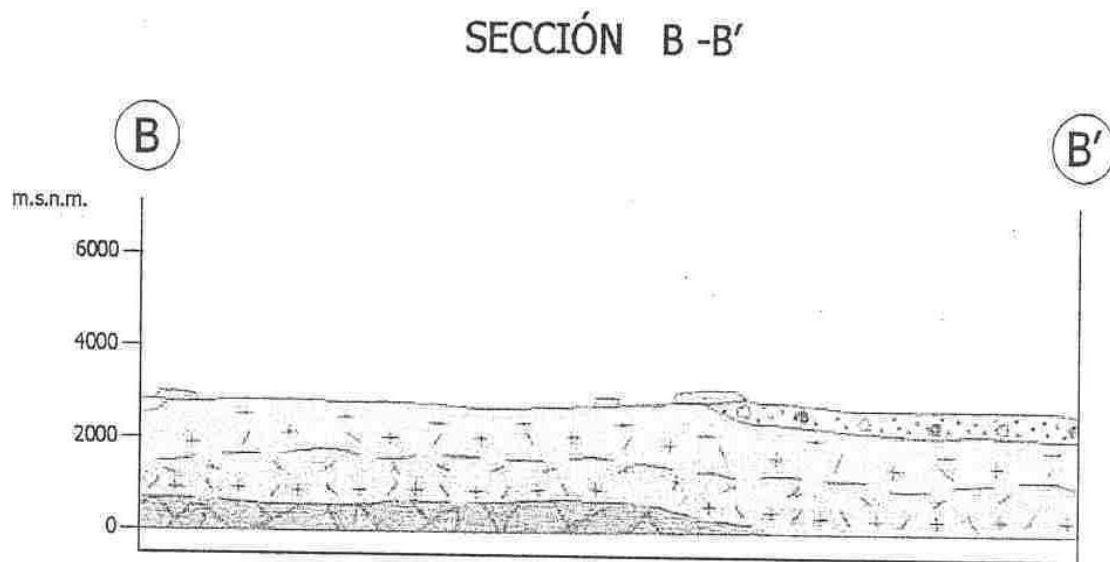


Figura 4.12. Sección Geológica B-B' (SGM 4/4).

Fuente: Lesser y Asociados.

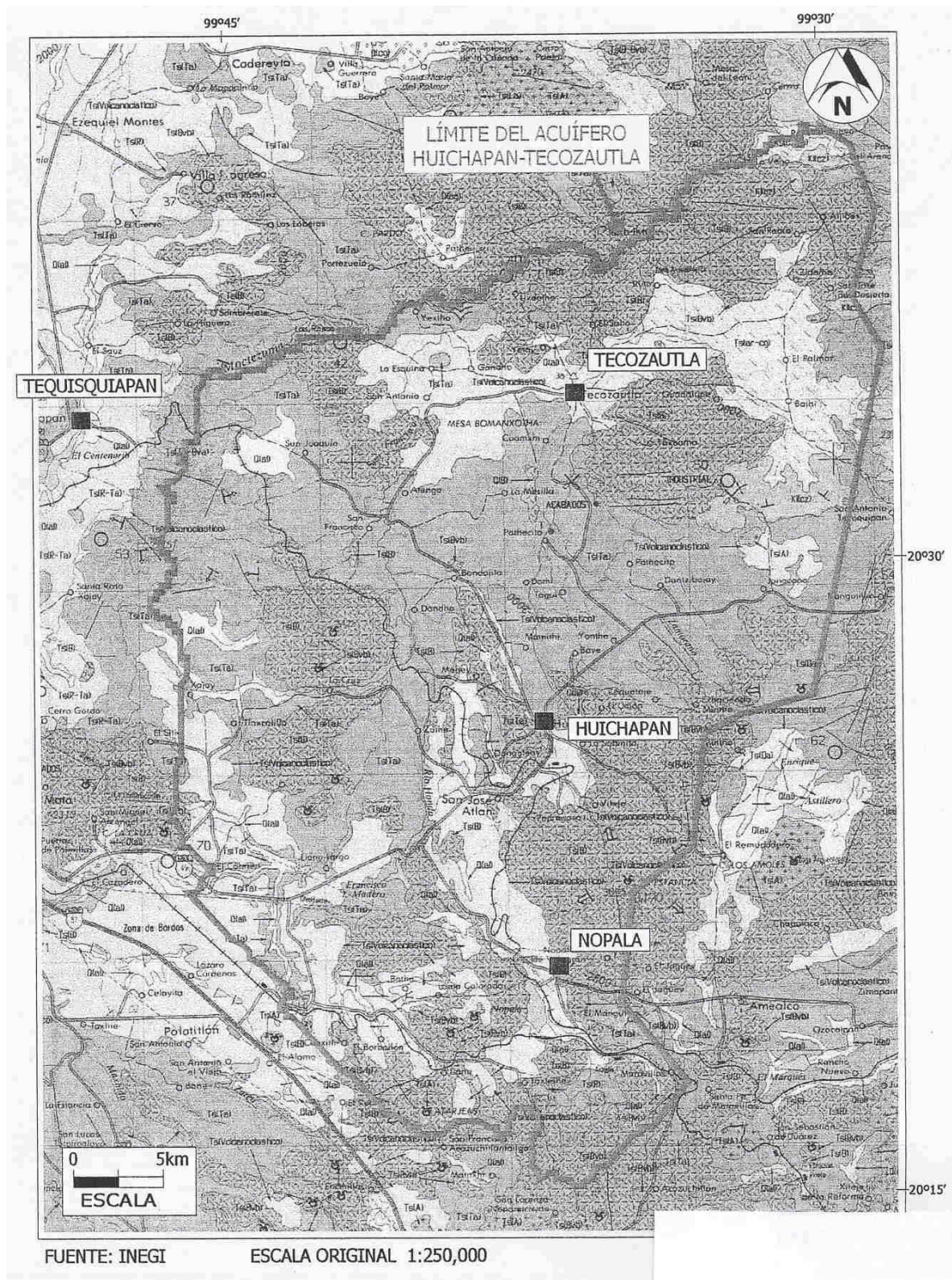


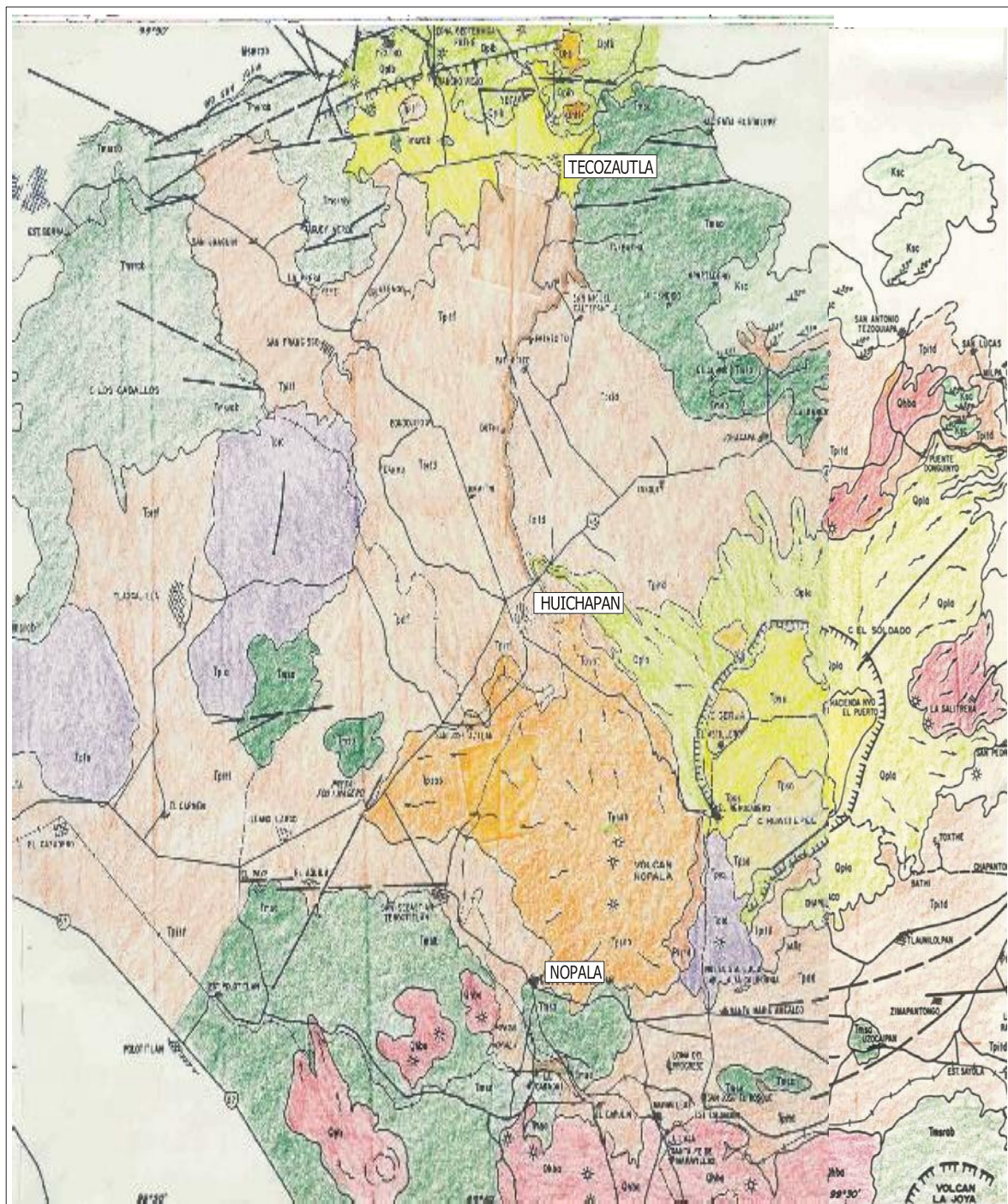
Figura 4.13. Geología (1/2). INEGI (1:250,000).

Fuente: Lesser y Asociados.

				ROCAS SEDIMENTARIAS Y VOLCANOSEDIMENTARIAS		ROCAS IGNEAS		ROCAS METAMORFICAS	
						INTRUSIVAS	EXTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO Q			C	SUELOS Q		Q		T
	T	SUPERIOR Ts	PLIOCENO T _{pl}		Ts	T _m	T	T	
			MIOCENO T _m						
	T	INFERIOR Ti	OLIGOCENO T _o		To	T	T		
			EOCENO T _e		Ti	Ti			
	PALEOCENO T _{pal}				T _{pal}				

Figura 4.13. Explicación de Geología (INEGI 2/2).

Fuente: Lesser y Asociados,



DE: LUIS SILVA, 1991.

Figura 4.14. Geología. Congreso Mexicano de Mineralogía, 1991.

Fuente: Lesser y Asociados.

4.2.5.2.3. Estratigrafía

Según Lesser (2006), la geología de la región se caracteriza por presentar tres secuencias litológicas principales representadas por (1) rocas carbonatadas del Cretácico, (2) andesitas y basaltos del Mioceno y (3) rocas piroclásticas del Plioceno. En el norte de la zona, las rocas volcánicas se encuentran intensamente fracturadas y falladas por dos sistemas estructurales denominados Pathé (NNW-SSE) y San Juan (ENE-WSW). Menciona además, que existen manifestaciones hidrotermales que se encuentran alineadas sobre la traza sur de la falla Pathé las que comprenden alteraciones de las rocas basálticas (zonas de caolín), vetas de cuarzo hidrotermal y manantiales calientes.

Las secuencias estratigráficas representativas de los diferentes episodios volcánicos que se sucedieron en el área, se basó en los trabajo de Silva (1991) y Lesser (1970).

4.2.5.2.4. Geología del Subsuelo

Lesser y Asociados señalan que para ilustrar la distribución de las rocas y materiales que constituyen el subsuelo, se construyeron 2 secciones geológicas, denominadas A-A' y B-B', las cuales se muestran en las figuras 4.17 y 4.18. La sección A-A' tiene un trazo norte-sur a partir del geiser localizado al norte del Valle de Tecozautla. Presenta el subsuelo del mencionado valle constituido por materiales volcánicos fracturados de acuerdo a los cortes litológicos y a los resultados de las pruebas de bombeo. Geológicamente, se correlacionan con los materiales volcánicos de edad cuaternaria y composición predominantemente basáltica. Se desconoce con precisión su espesor el cual se infirió entre 120 y 200 metros. Bajo ellos, se encuentra la formación San Francisco. En la porción sur de la sección se presenta un escarpe topográfico que se interpretó como una falla normal, siendo el bloque caído el Valle de Tecozautla.

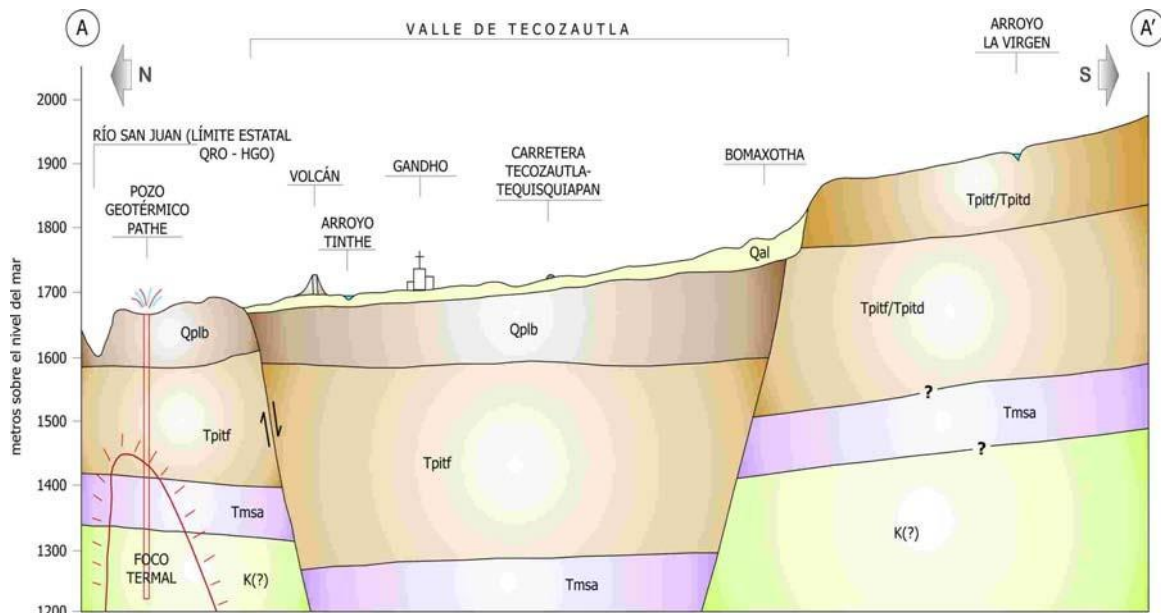


Figura 4.15. Geología del subsuelo Sección A-A'

Fuente: Lesser y Asociados

La sección B-B', corresponde prácticamente a la continuación norte-sur de la sección anterior, solamente que desplaza ligeramente hacia el oriente con el objeto de cortar aspectos más ilustrativos de esta zona. El extremo norte de la sección parte de la barranca de Pathecitos, en cuya base se encuentra una toba impermeable que es la consecuencia del afloramiento de los manantiales. El subsuelo de la mayor parte de la sección corresponde a material volcánico producto de la erupción del Volcán del Astillero, con una secuencia principalmente de ignimbritas, intercaladas con tobas deleznales que se han clasificado dentro de las unidades San Francisco y Don Guinyo, emplazadas aparentemente en la misma época. Bajo estos materiales, se sugiere la presencia de volcánicos, andesíticos y basálticos del Mioceno, cuya profundidad se desconoce con precisión y se tiene aproximadamente 400 metros de profundidad. Bajo estas rocas y constituyendo el basamento geológico, se encuentran sedimentos marinos del Cretácico Superior (lutitas equivalentes a la Formación Mezcala) e Inferior (calizas de la Formación El Doctor). Afloramientos de estas unidades se encuentran en las áreas de Jonacapa y Nindho, al este y noreste respectivamente del área de estudio, por

lo que deben de continuarse bajo los productos volcánicos aunque se desconoce su profundidad. Tentativamente y con el apoyo de la geofísica se sigue podrían encontrarse entre 400 y 600 metros de profundidad.

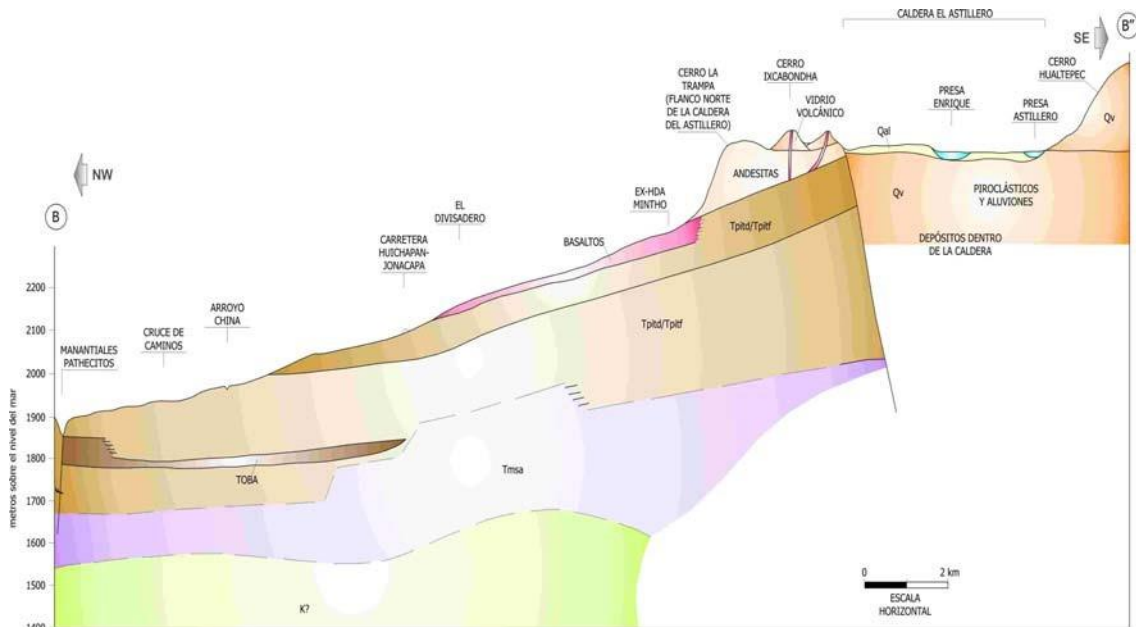


Figura 4.16. Geología del subsuelo Sección B-B'.

Fuente: Lesser y Asociados.

4.2.5.2.4. Hidrogeología

Lesser señala que las unidades de rocas existentes se clasificaron de acuerdo a su capacidad para permitir la infiltración, circulación y almacenamiento de agua subterránea. Se formaron 2 grupos: Rocas permeables y rocas impermeables.

Con excepción de las calizas del Cretácico (Kc) y las rocas volcánicas del Mioceno Superior (Tmsa), el resto de las rocas y materiales de la zona presentan diferentes grados de permeabilidad.

Destacan los materiales que forman el Valle de Tecozautla, de los cuales existe poca información del subsuelo pero se considera corresponden a aluviones intercalados con corrientes de lavas basálticas y riolíticas con alta permeabilidad.

En el valle que se forma dentro de la caldera de El Astillero, se encuentra una alternancia de piroclásticos de buena permeabilidad con un espesor de alrededor de 100 metros.

Los basaltos de las unidades Tpsab y Tpia presentan fracturamiento y permeabilidad, sin embargo, su alta posición topográfica hacen que funcionen como zonas de recarga o bien, llegan a formar acuíferos colgados que dan origen a manantiales de caudales reducidos.

Las ignimbritas de las unidades Tpitf y Tpitd, presentan fracturamiento principalmente vertical. El fracturamiento no es muy denso pero las fracturas llegan a presentar aberturas considerables. Permiten la infiltración de agua y la formación de un acuífero que, por su alta posición topográfica, presenta niveles de saturación a profundidades en ocasiones de más de 200 metros. Por ello. Los escasos pozos dentro de esta unidad se han ubicado en cotas topográficas bajas, en las partes inferiores de las barrancas.

El carácter volcánico riolítico de la región, ocasiona la presencia de focos termales en la mayor parte de la zona, por lo que es común la presencia de agua termal, la que es más evidente en manantiales que brotan sobre rocas de tipo ignimbritas, las cuales afloran principalmente al sur de San Miguel Caltepanitla, así como en pozos que han interceptado el agua en dichos manantiales.

4.2.5.3. Aguas Subterráneas

4.2.5.3.1. Censo de aprovechamientos

El censo de aprovechamientos de agua subterránea incluyó 206 aprovechamientos entre pozos, norias y manantiales y la información que se

recabó de ellos fue: localización con geoposicionador, fotografía y sus características constructivas y de operación, principalmente nivel estático, caudal de extracción y tiempo de operación. La localización de los sitios censados se presenta en la figura 4.19.

De los 206 aprovechamientos censados, 78 se utilizan en agricultura, 54 en el uso público urbano o doméstico, 2 en abrevaderos, 2 en la industria, 37 no se utilizan y el resto en usos varios, según el propio Lesser y Asociados.2006.

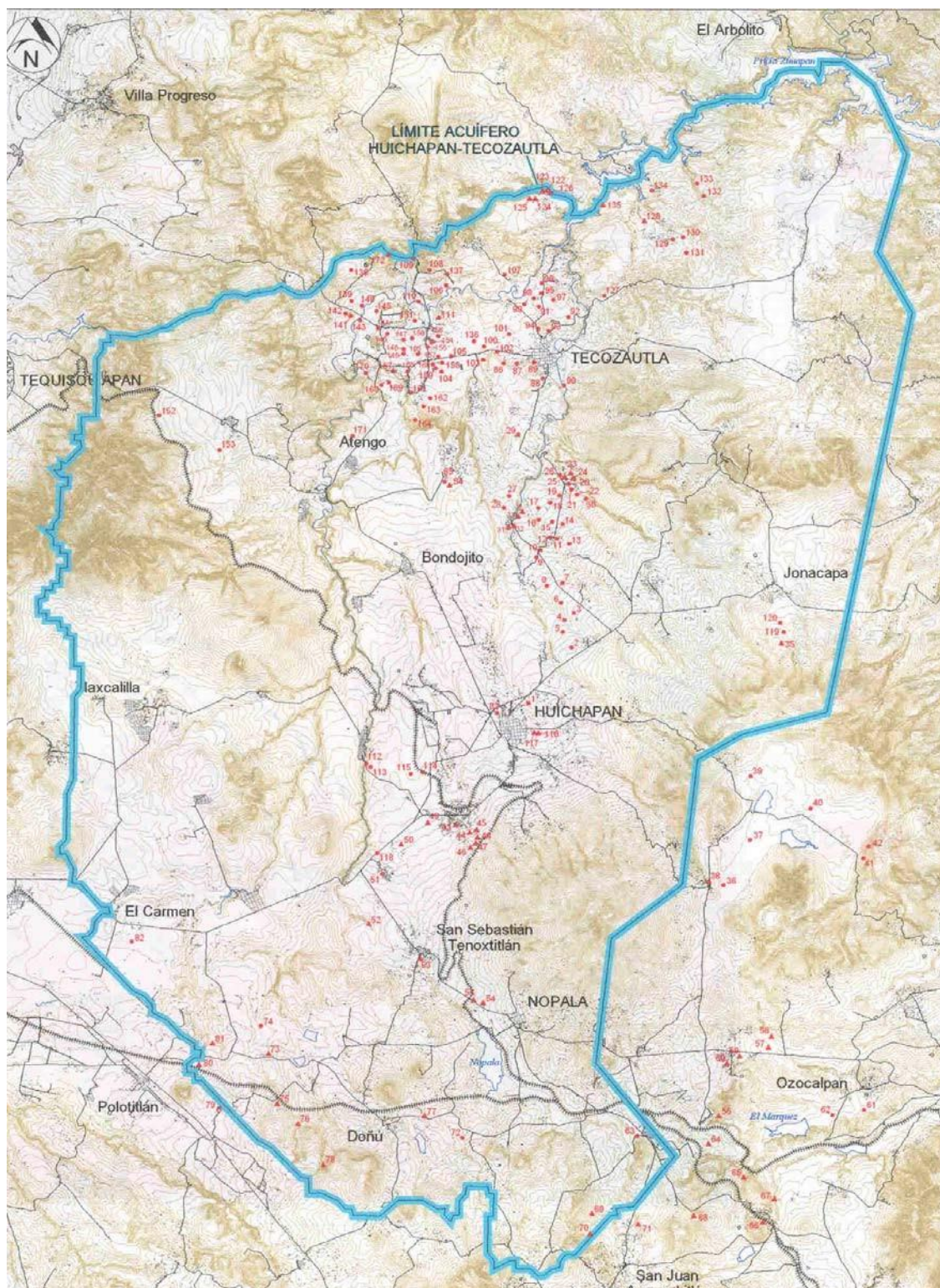


Figura 4.17. Localización de sitios de aprovechamiento censados.

Fuente: Lesser y Asociados.

Es importante mencionar que durante el recorrido, se observó la desaparición de manantiales, principalmente en la zona de Huichapan y San Francisco. Lo cual se puede asociar al abatimiento de los niveles piezométricos figura 4.20).



4.2.5.3.2. Determinación de los volúmenes de extracción

120

aprovechamiento que se encontró operando y considerando el tiempo de bombeo consignado por el usuario. El segundo (en forma indirecta) se utilizó la superficie sembrada por ciclo agrícola, lámina de riego bruta para pozos agrícolas; para el caso de agua potable, con la población servida y dotación por habitante.

De acuerdo con el censo de aprovechamientos, actualmente se explota 57.2 Mm³ en el acuífero de los cuales el 43.3 se destinan al uso agrícola, 12.2 Mm³ al uso público urbano y 1.7 Mm³ a diversos usos tales como servicios (recreación) y pecuario (figura 4.21).

En cuanto a la extracción por tipo de aprovechamientos, los pozos extraen 52.5 Mm³, mientras que los manantiales dentro del área de estudio descargan 4.7 Mm³ anuales.

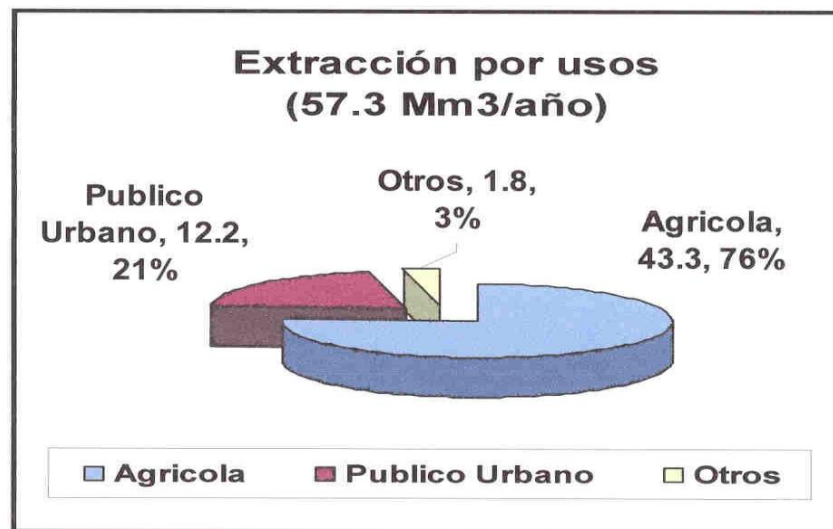


Figura 4.19. Distribución de extracción anual por usos en el acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Fuente: Sanx Ingeniería Integral y Desarrollo S. A. de C. V.

4.2.5.3.3. Piezometría

4.2.5.3.3.1. Profundidad al nivel estático

A partir de diversas fuentes de consulta se obtuvo la profundidad al nivel estático en varias fechas, la cual se presenta en las configuraciones de la figura 4.22, para los años 1974, 1978, 1996 y 2000. Posteriormente, en la figura 4.23. se incluye la configuración de la profundidad al nivel estático construida para el presente año 2006 con los datos del censo de aprovechamientos.

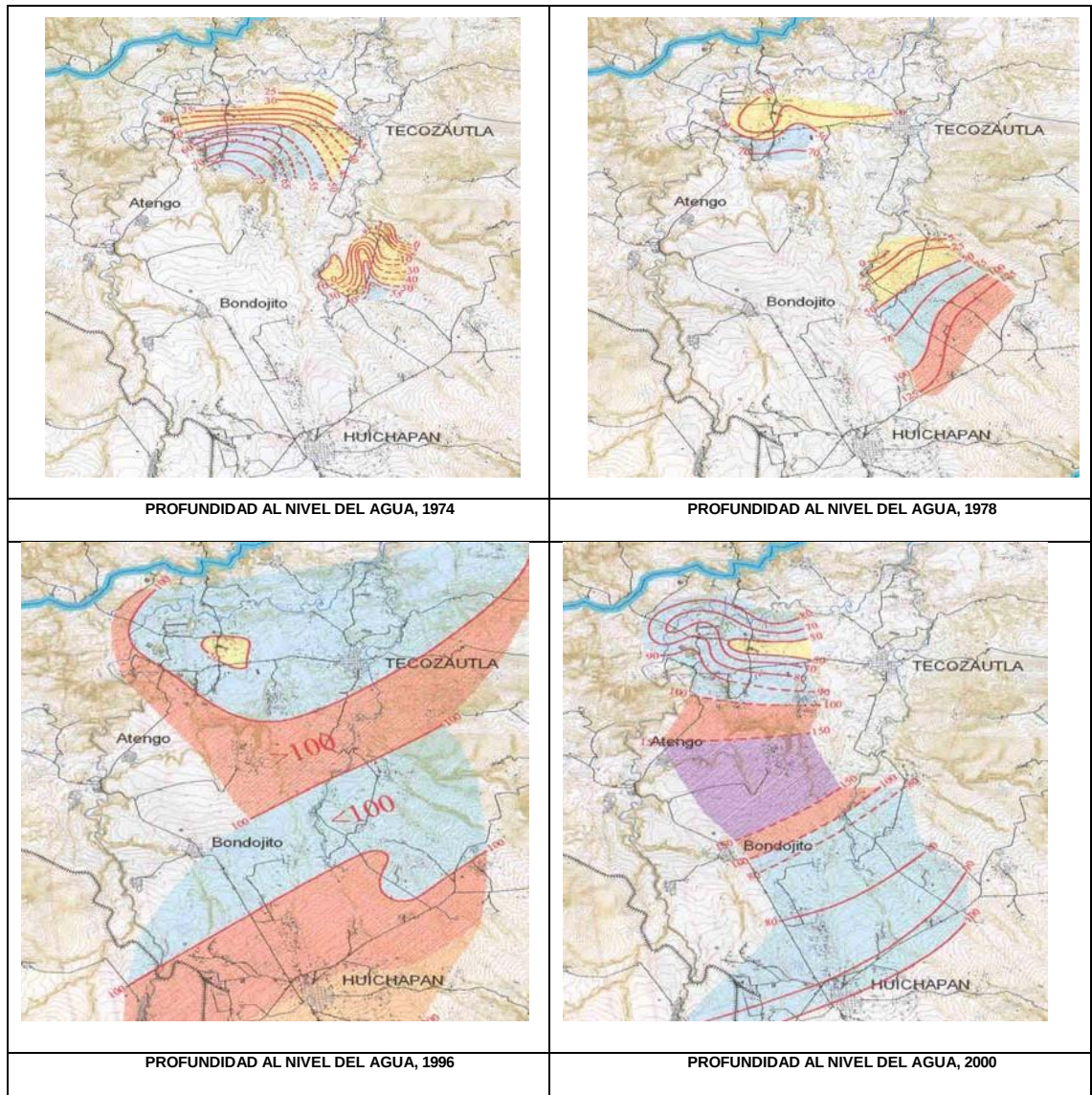


Figura: 4.20. Profundidades al nivel estático en diferentes años.

Fuente: Lesser y Asociados.

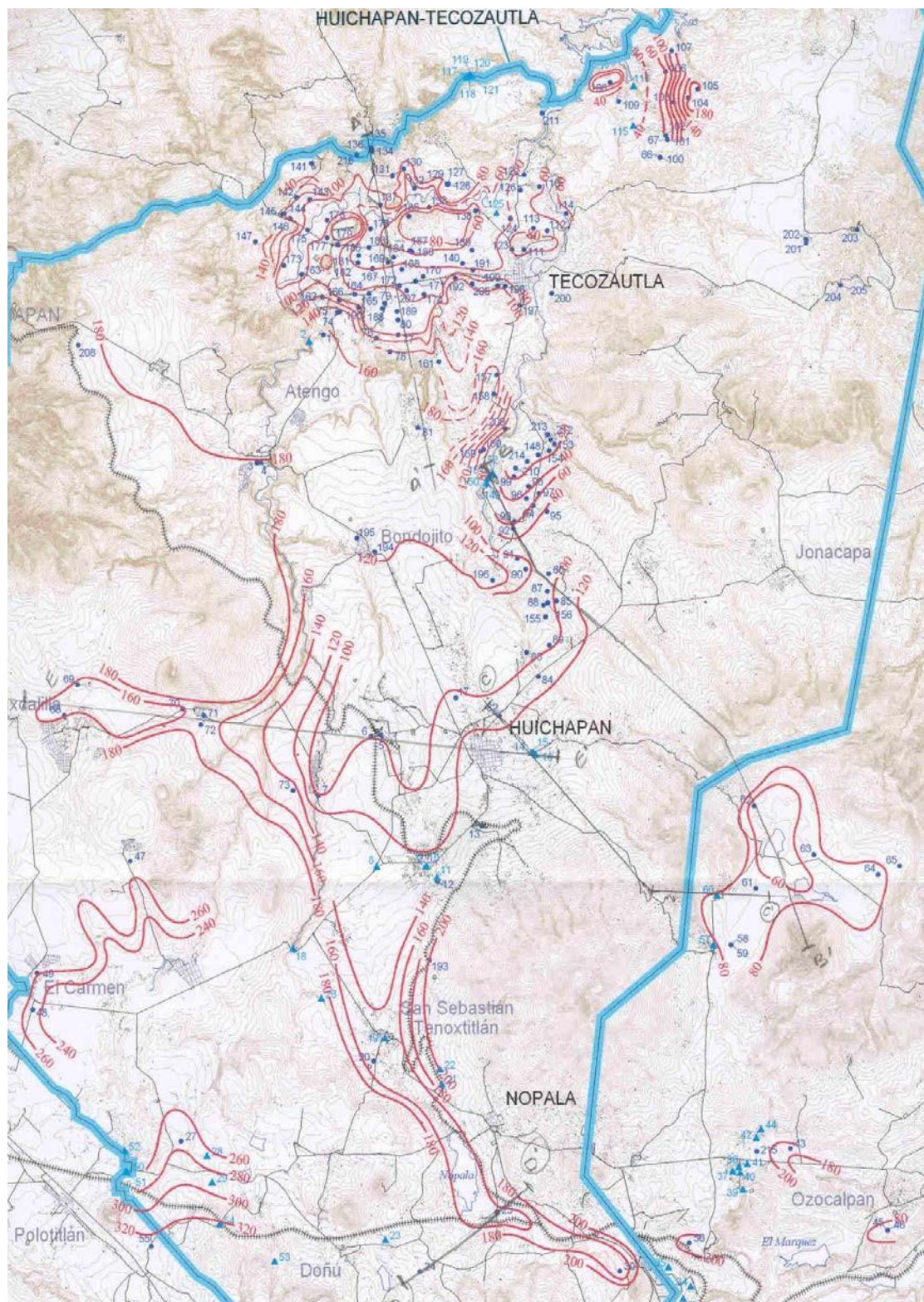


Figura: 4.21. Profundidades al nivel estático en 2006.

Fuente: Lesser y Asociados.

En el año de 1974, las profundidades al nivel estático registradas varían de 25 a 73 m en la zona de Tecozautla, encontrándose los valores más profundos en la porción sur del valle y los más someros en la parte norte. En el área de Pathecitos, se encuentran profundidades que van desde 0 representados por manantiales, hasta 55 metros. Los valores menores se encuentran hacia las barrancas y los valores de 50 metros corresponden a pozos ubicados en las planicies o mesas altas de la zona.

Para el año de 1978 en el área de Tecozautla se registran valores similares a los de la fecha anterior, entre 30 y 50 metros en el norte del valle, que se profundizan entre 50 y 70 metros en la parte sur. En el área de Pathecitos se definen también valores similares pero, para esta fecha, se cuenta con mayor número de registros hacia el sur, desde Pathecitos hasta la carretera Huichapan-Jonacapa. La profundidad al nivel estático va desde 0 metros en el área de Pathecitos a más de 125 metros cerca de la carretera mencionada y es debido al gran desnivel topográfico que presenta la superficie del terreno.

Para el año de 1996 se detectaron zonas con diferentes valores de profundidad al nivel estático, En el área de Tecozautla, la mayor parte presenta profundidades entre 50 y 100 metros, o sea mayores a las registradas en años anteriores. En el área de Pathecitos se vuelven a encontrar valores similares que hacia las partes altas que llegan a presentar hasta 100 metros de profundidad. Es en este año cuando se presenta la primera configuración de la profundidad al nivel estático en el área de Huichapan, observándose que los niveles se encuentran entre 100 y 120 metros de profundidad, ubicándose los más profundos al sur y los menos profundos al norte de la población de Huichapan.

Para el año 2000, la configuración elaborada y que se presenta en la figura 4.22, muestra valores entre 50 y 100 metros para el área de Tecozautla, las

cuales se incrementan hasta 150 metros al sur del valle. Posteriormente y más hacia el sur, se vuelven a encontrar valores menores al último rango mencionado (100-150 metros) hacia el sur de la zona de estudio, correspondiente al área de Huichapan.

La configuración construida con los datos del censo para el año 2006, (figura 4.23, muestra que actualmente el nivel del agua en Tecozautla se ubica entre 60 y 80 metros de profundidad y hacia el sur se profundiza. La presencia de un lomerío en el centro del valle provoca la formación de la curva a 60 y 80 metros. Al noreste de la zona en estudio la profundidad al nivel estático va de 40 a 180 metros y esta en relación a la topografía del terreno. Al norte de Huichapan se trazaron curvas que van de 20 a 180 metros, con formas irregulares debido a la topografía del terreno.

4.2.5.3.3.2. Elevación del Nivel Estático y Dirección del Flujo Subterráneo.

En la figura 4.24, se muestran las configuraciones de la elevación del nivel estático para los años 1974, 1978, 1996 y 2006. Para los registros más antiguos que corresponden al año de 1974, el nivel estático se encontraba entre 1,400 y 1,700 m.s.n.m en el Valle de Tecozautla, presentándose los valores más altos en la periferia del Valle y los menores hacia el centro del mismo, indicando un flujo subterráneo concéntrico de la periferia hacia el centro del mismo valle.

En el área de Pathecitos, se encuentran algunas curvas que indican la elevación del nivel estático entre 1,855 y 1,870 m.s.n.m, que corresponden a valores ubicados aproximadamente a 150 m. por arriba de los registrados para Tecozautla.

En el año de 1978, se presentan pocas mediciones que permiten configurar (de manera parcial) un trazo similar al detectado en 1974, con los valores más altos

en el sur, que disminuyen hacia el centro del valle de Tecozautla, indicando la dirección del flujo subterráneo.

En este mismo año, la información en el área de Pathecitos es más abundante que para el año anterior, lo cual permitió el trazo de curvas que van de 1,860 a 1950 m.s.n.m y que indican una dirección de flujo subterráneo del SE al NW.

Para 1996, las mediciones piezométricas abarcaron una mayor extensión, encontrándose un flujo de agua en el valle de Tecozautla, marcado por las líneas 1,600 y 1,650 m.s.n.m con una dirección del SW al NE, en dirección al Río San Juan.

Independientemente a las curvas anteriores, se marcaron las curvas entre Pathecitos y Huichapan, las que van de 1,800 a 2,200 m.s.n.m, indicando una dirección de circulación del flujo subterráneo del SE al NW, o sea de la falda del volcán El Astillero, hacia el Río Pathecitos.

Al poniente de Huichapan se marcaron las curvas 1,950 a 2,200 m.s.n.m, que muestran el flujo de agua subterránea del SE, al pie del volcán de Nopala, que se dirige hacia el NW.

Por lo que se refiere al año 2000, la elevación del nivel estático indica un flujo general de sur a norte, que va desde Huichapan representado por la curva 2,000 m.s.n.m, hasta el norte del valle de Tecozautla, representado por la curva 1,610 m.s.n.m.

En la figura 4.25, se muestra la configuración de la elevación del nivel estático y dirección del flujo subterráneo para el año 2006, observándose que en Tecozautla existe un flujo hacia el centro del valle, con un cono piezométrico al

NW y una salida subterránea al NE. En los aprovechamientos ubicados en el extremo NE de la zona de estudio, se marco un flujo subterráneo de sur a norte, aparentemente para drenar al Río San Juan.

La gran cantidad de información obtenida, permitió buen detalle y confirmar la existencia de subsistemas acuíferos.

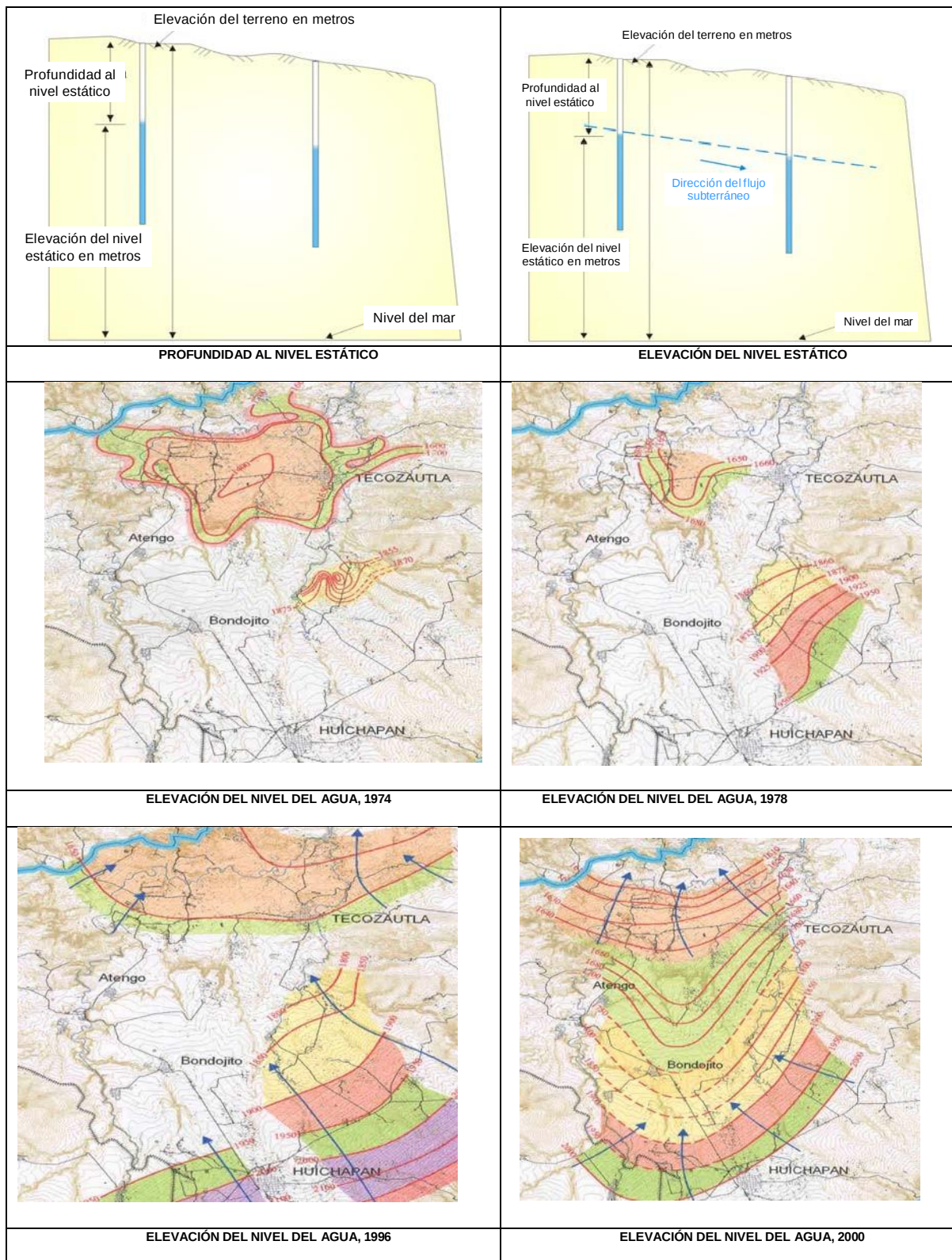


Figura: 4.22. Configuraciones de la elevación del nivel estático en diferentes años.

Fuente: Lesser y Asociados.

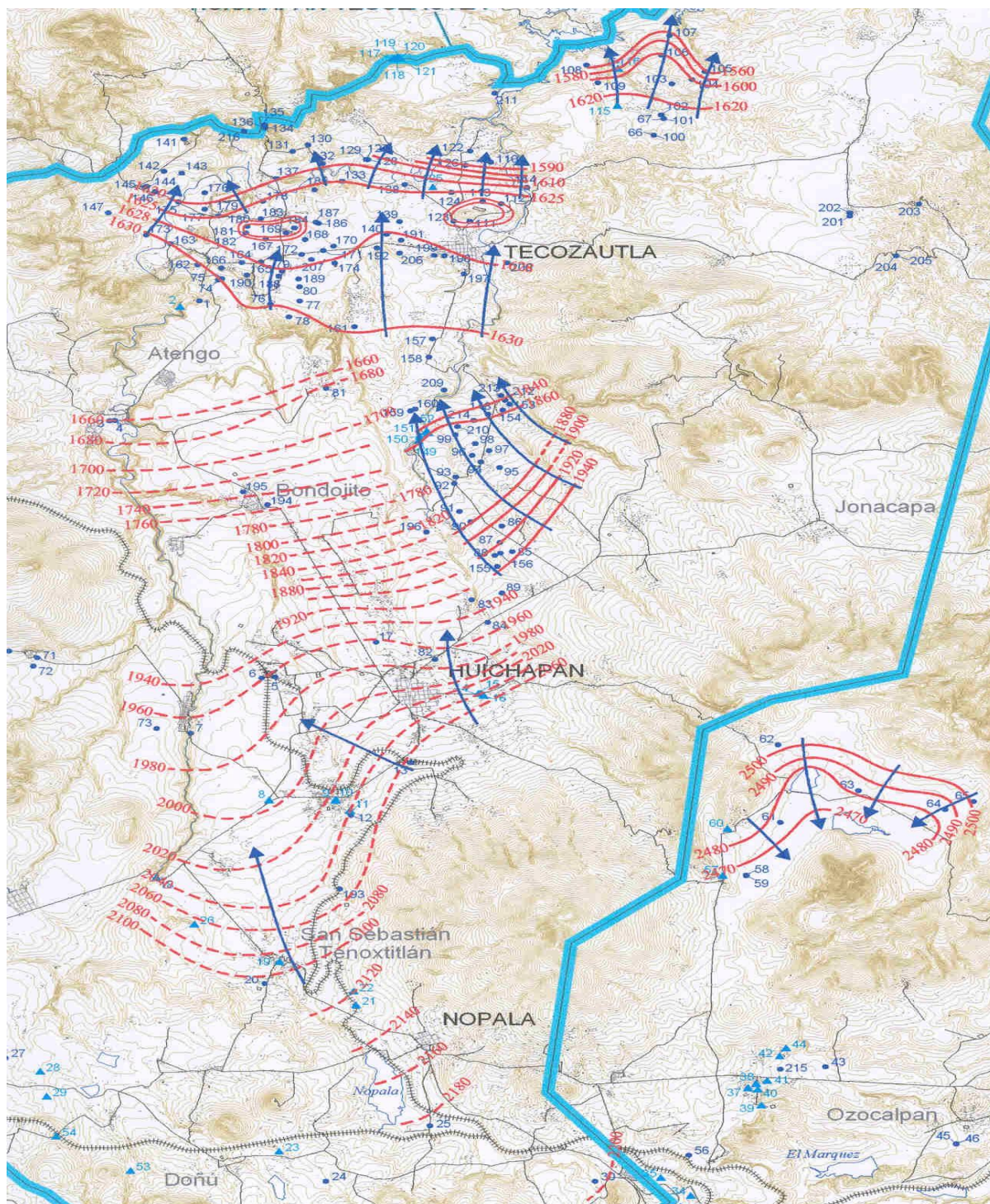


Figura: 4.23. Configuración de la elevación del nivel estático en el año 2006.

Fuente: Lesser y Asociados.

4.2.5.3.3. Evolución del Nivel Estático

En las figuras 4.26, se presentan las evoluciones del nivel estático en los últimos 11 años (1995-2006). En la primera evolución mencionada se detectaron abatimientos de 8 metros en el valle de Tecozautla, de 1 metro en las cercanías de Pathecitos, pero también recuperaciones entre 0 y 4 metros en la parte sur de Pathecitos. Para el segundo periodo considerado, se contó con pocos datos que solo permitieron el trazo de pocas curvas en Tecozautla y que reporto entre -1.0 y -4.0 metros. Lo pocos datos y la recuperación detectada en Pathecitos son un reflejo de los pocos e inconsistentes datos por lo que estas medidas deben tomarse con reservas.

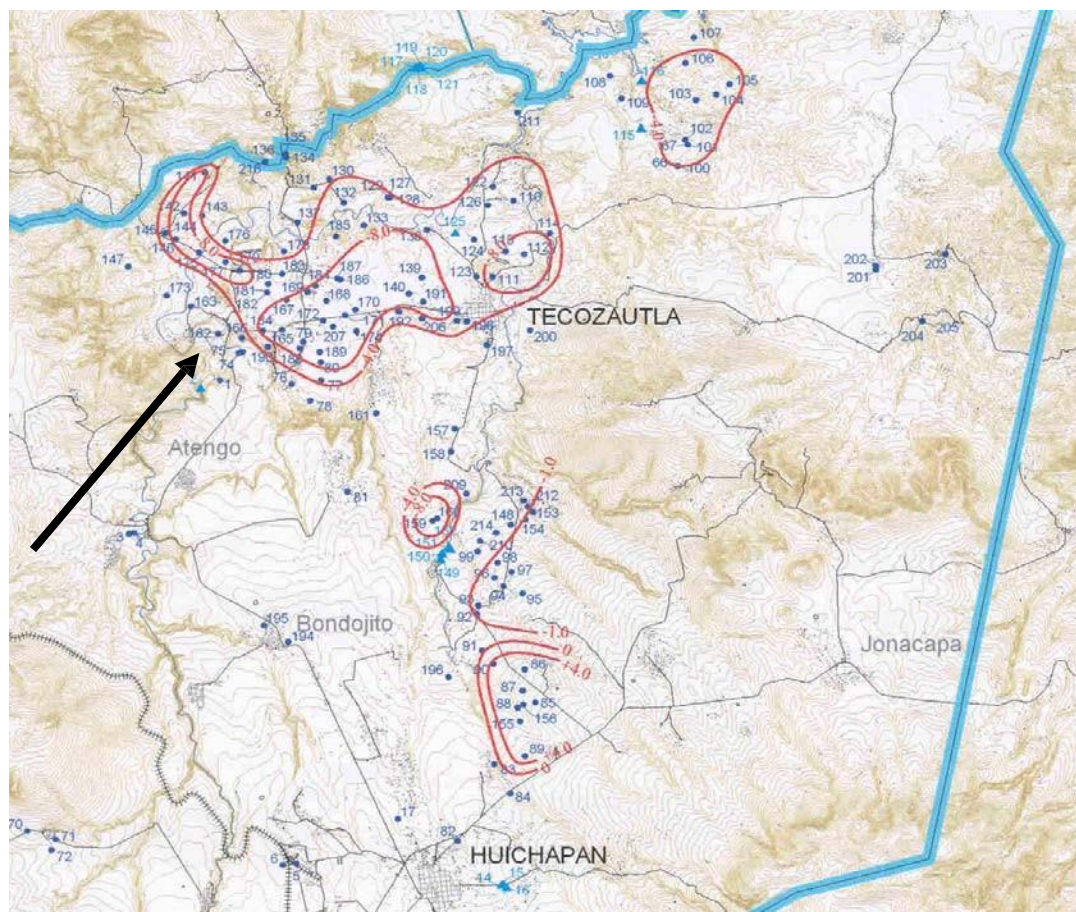


Figura 4.24. Evolución del nivel estático en los últimos 11 años.

Fuente: Lesser y Asociados.

4.2.5.4. Pruebas de Bombeo

La prueba de bombeo consistió en observar los efectos de abatimiento o recuperación de los niveles piezométricos en un acuífero. Los niveles fueron obtenidos a través de captaciones hidráulicas en pozos y se observaron en el propio pozo de bombeo (pozo de operación) o en pozos próximos a él (pozo de observación).

El objetivo principal de las pruebas de bombeo fue estimar las características hidrodinámicas de la formación acuífera como son transmisividad y coeficiente de almacenamiento. También se llegó a definir a través de la interpretación de prueba de bombeo, el tipo de acuífero, la existencia de barreras laterales, recarga de ríos o manantiales, radio de influencia del pozo, factor de infiltración y predicción del comportamiento de los niveles piezométricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados de este trabajo de investigación dividido en 3 partes que comprenden: el Proceso de Participación Social, Resultados del Método ZOPP al estudio de caso; la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico y la Problemática Hidráulica de la Región. Cada una de las partes fue analizada y discutida para generar las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

5.1. El Proceso de Participación Social

Con relación a la participación de los usuarios, los Consejos de Cuenca son la figura jurídica que se establece en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, para promover su participación en la formulación, seguimiento y actualización de la programación hidráulica de las cuencas del país.

Para cumplir con este propósito se ha dado un proceso de organización que se inicia con la constitución de Comités Técnicos, conformados por funcionarios públicos responsables de integrar la información de soporte, para validar con los usuarios lo concerniente al diagnóstico; la problemática, causas y efectos; y las alternativas de solución desde el ámbito subregional.

De esta forma se logró consolidar el esquema 5.1., donde se señalan los diferentes procesos que han culminado con la estructura que se señala en el esquema.

En razón de lo señalado anteriormente, el día 8 de septiembre de 2000, se instaló formalmente el Comité Técnico de Aguas Subterráneas del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala, constituido por los representantes de los usos agrícola, pecuario, público-urbano, industrial, servicios y de acuacultura,

quienes a través de una Asamblea General de Usuarios eligieron a su Comité Directivo, el cual, se constituyó como Asociación Civil desde enero de 2005 y forma parte del Consejo de Cuenca del Río Pánuco, éste último constituido oficialmente el 29 de agosto de 1999, tal como se ilustra en la Figura 5.1.

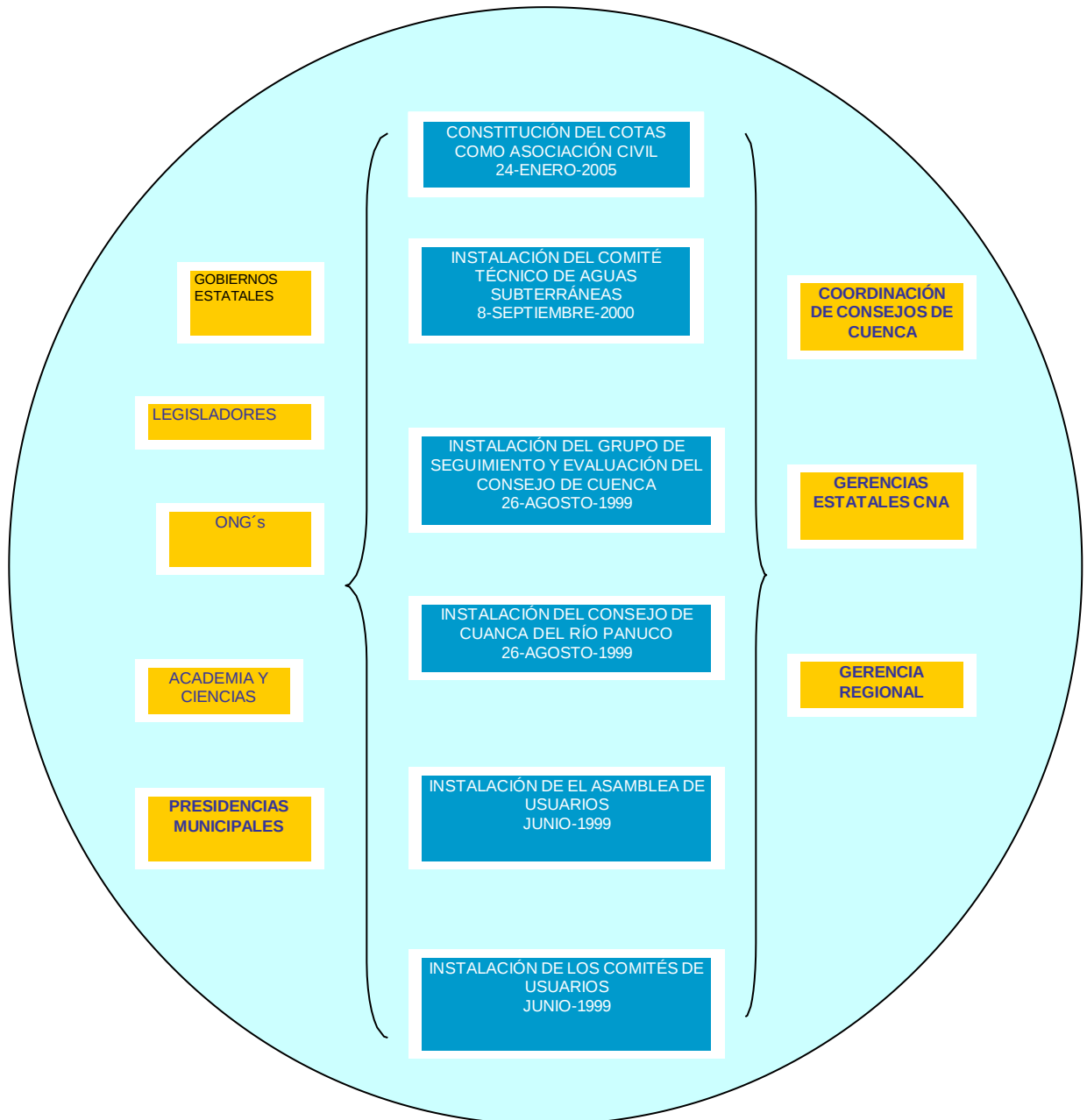


Figura 5.1. Reuniones de Consenso en la Región del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

5.2. Resultados del Método ZOPP al estudio de caso

Una vez aplicado el método ZOPP al estudio de caso del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala, el cual se fundamentó en el diagnóstico participativo y la definición de una visión conjunta y una estrategia de acción concertada entre los participantes, se obtuvieron los siguientes resultados:

1.4.1. Integración del Grupo de Planeación (GP).

El grupo de planeación del taller quedó conformado por el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala constituido por representantes de los diferentes sectores de usuarios existentes en el acuífero y como invitados diferentes dependencias de los tres niveles de gobierno, vinculadas con las actividades productivas, asimismo, participaron instituciones de educación superior, centros de investigación y organismos no gubernamentales, todos ellos con probada capacidad de análisis de la problemática del acuífero, en la Tabla 5.1 se señala la participación de los involucrados en las cuatro etapas del proceso metodológico.

El COTAS tiene como compromisos continuar el proceso de planeación, apoyar las gestiones necesarias para la aportación de recursos técnicos, financieros y materiales para la ejecución de las acciones establecidas, así como para promover la integración de comisiones de trabajo para el análisis y atención de asuntos específicos relacionados con el manejo del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Cabe destacar que la coordinación del proceso de planeación del proyecto estuvo a cargo del presidente y Secretario respectivamente del COTAS del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala y de la Gerencia Estatal de la Comisión Nacional del agua en el Estado de Hidalgo.

Tabla 5.1. Relación de participantes del “Taller de Planeación Participativa (ZOPP)."

Nombre	Institución /Dependencia	1ª etapa (2004)			2ª etapa (2005)			3ª etapa (2005)			4ª etapa (2005)
		Noviembre			14	15	16	02	03	04	
Manuel Rojo Cervantes	Presidente del COTAS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alfredo Hurtado Acevedo	Salitrera Pozo Garambullo										
Juan Rojo Soto	San Miguel Caltepanitla	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Jesús Resendiz Camacho	Pozo San Antonio.										
Rigoberto Soto Chávez	Unidad de Riego Chichimequillas Pathecito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pedro Martín Resendiz Corchado	Sociedad Fantay	X	X	X				X	X	X	X
José Ricardo García Sánchez	Organismo Operador, Nopala de Villagran	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fernando Rodríguez González	Unidad de Riego Chichimequillas Pathecito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Saúl Rojo Dorántes	Organismo Operador Tecozautla	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rafael Martínez Rojo	Organismo Operador Huichapan	X	X	X	X	X	X				
Guillermo Resendiz González	Tesorero del COTAS	X	X	X	X			X	X	X	
Vicente García Jiménez	Crucero Gandho - Rancho Loma Linda				X	X	X	X	X	X	
Andrea Argüelles Mota	COEDE				X	X	X	X	X	X	X
Francisco Camacho San Nicolás	San Antonio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Luis Trejo Salinas	Agricultura Gobierno del Estado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rubén Resendiz Ramírez	La Paila	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Crescencio Uribe Rojo	Balneario el Paraíso, Huichapan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cristóbal Humberto Resendiz Hernández	Asociación de Usuarios de Riego Agua y Desarrollo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ángel Rojo Yáñez	Tierras Negras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Felipe Resendiz Resendiz	Pozo La Paila	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nazario Resendiz Rubio	Jofñe manzana 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Edmundo Resendiz Paz	Jofñe manzana 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Benito Banchi Hernández	La Mesilla	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Juan Cruz Hernández	Pozo Motha	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Horacio Trejo Matus	Sistema de agua potable Pañhe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Juan Dimas Juárez	Sistema de agua potable Pañhe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Francisco escamilla Oviedo	CEAA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Flavio Hernández Santander	La Paila	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1.4.2. Consulta interactiva con usuarios del agua

Dentro del análisis de la información existente bajo los cuales se realiza el estudio, se contemplaron cuatro sesiones de consulta con los usuarios en las fases de análisis y planeación en la zona de estudio. (Ver Tabla 5.2.)

La primera sesión contempló la identificación de los usuarios y demás involucrados participantes de la problemática con relación a los diferentes usos del agua en la zona de estudio, a fin de exponer de manera simplificada los

aspectos de ubicación, características hidroclimatológicas, características socioeconómicas, disponibilidad del agua, infraestructura, usos del agua, problemática general y específica por uso detectada en el diagnóstico, estrategias para mejorar el uso y manejo del agua en cada uno de los usos, escenarios posibles y perspectivas de solución, así como la capacitación en el manejo y aplicación de la metodología. Con base en lo anterior, se les ofrece a los usuarios un marco para interactuar respecto a sus problemas particulares e identificar con base a criterios de consenso los problemas y objetivos específicos de la problemática hidráulica relevante.

La segunda sesión tuvo como objetivo consensuar con los usuarios, participantes y actores clave, e identificación de involucrados en el proyecto (ver tabla 5.3.), para posteriormente elaborar la matriz de planeación del proyecto a fin de validar la percepción que fue capturada en la primera sesión y que ahora se presenta dentro de los esquemas propuestos por el método ZOPP. Durante esta sesión se permite ampliar las especificidades de los usuarios en cada uso, al mismo tiempo que permite ordenar y revalorar las relaciones causa-efecto, los objetivos y sus relaciones medios-fines; para posteriormente pasar a la selección de alternativas y la descripción de los contenidos en la matriz de planeación. La validación que se puede obtener hasta este momento es fundamentalmente de tipo conceptual y en torno a identificar con claridad los problemas, los objetivos, las alternativas y los resultados posibles a obtener en tiempo y espacio, así como los supuestos importantes que habrá que tomar en cuenta para el éxito del proyecto resultante de la problemática identificada; así también, los criterios e indicadores de factibilidad técnica que permitan visualizar que el proyecto sea realmente posible.

En la tercera sesión se presentaron las estrategias del proyecto para su validación final, con los usuarios y demás involucrados, en cuyas propuestas deberá de haber previamente una consulta a los expertos y técnicos de los

diferentes ámbitos que contemple el proyecto a fin de determinar las posibles restricciones que pueden tener los objetivos y las estrategias planteadas y consensuadas con los usuarios. En caso de que las restricciones sean contrarias a la descripción de resultados en la matriz de planeación, esta sesión no sólo brinda la oportunidad de corregir y realizar los replanteamientos adecuados en la estrategia, sino además permite lograr un consenso nuevamente con los usuarios entre lo posible y lo deseable, lo cual por otra parte hace que los usuarios mantengan un nivel de confianza en su participación y pueda lograrse mediante el consenso, la satisfacción de que la estrategia concebida sea la más adecuada en el marco de la situación actual y las condicionantes existentes.

La cuarta sesión consistió en una revisión integral de la planeación del proyecto, comenzando con los involucrados, sus fortalezas y debilidades e intereses, hasta los indicadores verificables y las fuentes de verificación y supuestos importantes. Para finalmente cerrar con una presentación de los resultados obtenidos.

Tabla 5.2. Sesiones de consulta con los usuarios en la zona de estudio.

NÚMERO DE SESIÓN	TEMAS	2004	2005		
		Noviembre	Abril	Mayo	Junio
1ª.	Integración del Grupo de Planeación				
	Capacitación en la Metodología ZOPP				
	Elaboración del Árbol de Problemas				
2da.	Árbol de Objetivos				
	Análisis de Alternativas				
	Matriz de Involucrados				
3ª.	Conclusión de la Matriz de Involucrados				
	Elaboración de la Matriz de Planeación del Proyecto				
	Elaboración del Plan Operativo				
	Estructura de Ejecución				

4ta.	Revisión Integral de la Planeación Operativa del Proyecto				
	Presentación Final de los Resultados				

A continuación se muestran los resultados del método ZOPP, aplicados al estudio en cuestión, en donde se esquematiza el Árbol de Problemas, Árbol de Objetivos, Matriz de Involucrados y la fase de planeación que comprende la estructura general del proyecto, conteniendo el objetivo del proyecto, sus resultados/productos y actividades principales, y la formulación de indicadores verificables objetivamente. Las fuentes de verificación para los Indicadores e identificación de los Condicionantes Externos, se explicitan en la Matriz de Planeación del Proyecto, y en la Planeación Operativa, cerrando con esto el ciclo inicial de planeación.

5.2.3. Árbol de Problemas

Del diagnóstico de la situación actual del acuífero, realizado a partir de la identificación de la problemática hidráulica prevaleciente, se obtuvieron los problemas principales existentes en la zona de estudio, relacionados con el problema central identificado. Estos problemas están a su vez vinculados entre sí mediante relaciones causa-efecto, siendo los niveles inferiores causas de los problemas situados en los niveles superiores, y tienen una relación directa.

En el anexo 10.1, se observa que el problema central identificado como “Manejo Inadecuado del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala” presenta 5 causas principales que inciden directamente:

El inadecuado manejo del acuífero de esta región ha generado por diversas causas: una baja eficiencia en el uso público urbano, el uso del agua en el riego agrícola es excesivo, existe sobreexplotación del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, existe un deficiente desempeño institucional y una legislación en el uso del agua inadecuada.

El efecto principal consensuado en este estudio nos conduce a una degradación de la calidad de vida de la población en general.

1.4.3. Árbol de Objetivos

El árbol de objetivos se elaboró a partir del consenso de la problemática y alternativas de solución, y representa las situaciones factibles y deseables que se derivan en la solución de cada uno de los problemas. El conjunto de estos objetivos conforma el Árbol de Objetivos, del cual podemos seleccionar una estrategia óptima para el proyecto.

En el anexo 10.2, se indican los principales medios y fines para el logro del objetivo central denominado “Manejo adecuado del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala”.

En síntesis se espera que el adecuado manejo del acuífero de esta región tenga como resultados, en el corto, mediano y largo plazo, una alta eficiencia en el uso público urbano, que el uso del agua en el riego agrícola no sea excesiva, que no exista sobreexplotación del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, que exista un eficiente desempeño institucional y una legislación adecuada, para de esta manera se observe una disminución de conflictos y problemas ambientales, un control adecuado de la extracción subterránea, disminución de los costos de extracción y de contaminantes a niveles permisibles, así como un desarrollo regional acorde al plan de gestión del acuífero, que se reflejará en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes en la zona.

1.4.4. Matriz de Involucrados

En el análisis de involucrados del proyecto se generó la relación de participantes señalando sus funciones y actividades específicas, así como sus

intereses que contribuyen al plan de manejo del acuífero. Además, se determinaron las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos, tal como se indica en la Tabla 5.3., esto permitió conformar la estructura de ejecución con los directamente responsables e instituciones y organizaciones de apoyo.

Tabla 5.3. Matriz de Involucrados en el Plan de Manejo del Acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.

Involucrados	Función /Actividad	Interés	Fortalezas	Debilidades
CONAGUA	Administrar las Aguas Nacionales y bienes inherentes	Sustentabilidad del recurso agua y fomentar la participación de los usuarios.	Infraestructura, Ley, Experiencia, Personal Capacitado	- Falta de continuidad en los Programas, - Limitación de recursos. - Intereses políticos
Sociedad Civil (Chichimequillas-Pathecito)	Administración local de la distribución del agua para regadío en el campo	Fomentar la producción agrícola y frutal	Organización social para gestionar apoyos económicos y técnicos	Falta de recursos económicos Intereses políticos
Sistema de agua potable municipal	Administración y distribución del agua potable y alcantarillado	Suministro equitativo del servicio de agua potable y alcantarillado	Asignación de recursos para mantenimiento de líneas y personal experimentado	Personal no capacitado. Falta de administración Proteccionismo falta cultura del agua
Organización indígena para el desarrollo de la comunidad de la mesilla, A. C.	Cuidar el agua del acuífero	Desarrollo comunal	Organización firme y fuerte	Falta de recursos para avanzar
Sociedad de producción rural (El Mirador)	Administración del agua para el buen funcionamiento de la sociedad	Fomentar la producción agrícola y frutal Eficientizar el recurso, utilizando redes de distribución adecuadas	Contar con los programas de las diferentes dependencias de gobierno (riego por goteo, aspersión, etc.)	Falta de recursos económicos. Falta información de programas. Falta de cultura para con el agua
Ecología Municipal Huichapan	Conservar el medio ambiente y procurar el equilibrio ecológico	Recuperar y conservar los recursos acuíferos	Poder de convocatoria y personal calificado	Falta de recursos económicos Insuficiente personal
SEDESO (Estatad Hidalgo)	Supervisar la aplicación de recursos y la correcta ejecución de obra Gestión	Procurar el bienestar de las comunidades	Contacto permanente con la población	Recursos económicos limitados
Comité de Agua potable la mesilla	Organizar a los usuarios para cuidar el agua	Que el agua nos alcance a todos los usuarios	Se cuenta con poder de convocatoria (internamente) aportaciones para gastos menores	No contamos con personal capacitado ni para gastos más elevados Falta de recursos
COTAS	Organizar a los usuarios para optimizar el recurso en la región	Preservar el acuífero en la región Huichapan- Nopala y Tecoautla	- Se cuenta con un reconocimiento de los usuarios	No se cuenta con infraestructura operativa Falta de difusión en la región (COTAS) Integración de los Municipios y Dependencias
SEMARNAT	Aplicación de la Normatividad para la protección del medio ambiente	Lograr un desarrollo sustentable de los aprovechamientos naturales	Se cuenta con una infraestructura, se tienen las reglas y lineamientos, apoyos técnicos	No se tienen recursos para invertir en infraestructura
SECRETARIA DE SALUD	Prevención de enfermedades	Vigilancia de la calidad del agua	Infraestructura estatal para la vigilancia de la calidad del agua	Actitud negativa del personal operativo
CFE	Producir energía	Brindar el servicio	Monopolio	Obsolescencia
CONAFOR	Promover la conservación de ecosistemas forestales y cultura forestal	Coordinar con beneficiarios la realización de labores de conservación de suelo y reforestación	Se cuenta con normatividad asesoramiento técnico, Recursos económicos	Falta de personal operativo
SAGARPA	Ordenar la producción de alimentos	Aprovechamiento eficiente del recurso	Programas de fomento y apoyo	Burocratismo e importaciones
CEAS	Normatividad en asuntos de agua	Garantizar el desarrollo sustentable	Programas y presupuestos	No tiene Ley normativa
FOMENTO AGROPECUARIO	Fomentar las actividades agropecuarias	Mejorar la calidad de vida de los productores	Disposición del gobierno en apoyo a la productividad	Limitación de recursos
PROFEPA	Aplicación de la Ley y normatividad	Conservación y restauración del medio ambiente y los recursos naturales	Leyes y reglamentos	Recursos insuficientes
FIRCO	Agente técnico para la valoración de proyectos	Desarrollar la productividad y conservación	Experiencia	Recursos limitados

	desarrollo a nivel de microcuencas			
INIFAP	Investigación y desarrollo	Uso eficiente y conservación del recurso	Capacidad técnica	Falta de recursos económicos
CONAZA	Asistencia a zonas áridas	Aprovechar integralmente el recurso	Estructura, experiencia y cobertura	Limitación de recursos
Presidencias Municipales	Coordinación de programas	Instancia local de gestión	Cercanía con los usuarios y dependencias, conocimiento de la región	Recursos insuficientes
COEDE	Dirigir, evaluar y conducir las políticas ambientales en el estado	Lograr el desarrollo sustentable del recurso agua a través del manejo integral de las cuencas	Legislación ambiental	Recursos económicos limitados

5.2.6. Matriz de Planeación del Proyecto (MPP)

En la Matriz de Planeación del Proyecto se expresa de manera integrada la estrategia de ejecución del proyecto, la cual fue derivada a partir de las alternativas propuestas por los involucrados. En ella se considera el objetivo superior del proyecto, pero se enfoca sobretodo en el objetivo principal del estudio que es el manejar adecuadamente el acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, y el cual se obtuvo en el Árbol de Objetivos.

A partir de este objetivo principal, se plantearon los productos o resultados a alcanzar en este estudio, los cuales se resumen en cinco. Es importante resaltar que tanto para los objetivos como para los resultados se señalan los indicadores de verificación, que nos permitirán medir el logro de cada uno de estos. Adicionalmente, se describen las fuentes de verificación, es decir las instituciones en donde se encontrará la información para evaluar el avance del plan. Otra parte que es necesario tomar en cuenta son los supuestos o factores externos que impactan directamente al plan de manejo. Finalmente, se plantean las actividades principales a desarrollar para cada resultado esperado. Ver anexo 10.3-A y 10.3-B.

5.2.7. Planeación Operativa del Plan

En la planeación operativa del proyecto, [se desagregaron](#) las actividades principales contenidas en la matriz de planeación del proyecto en

subactividades, con una asignación de atributos que permiten hacer administrables o monitoreables las mismas, tales como las fichas descriptivas, los resultados esperados, así como las fechas de ejecución y responsables, etc., Cabe decir que no contiene aún información sobre costos, éstos deben ser calculados posteriormente, cuando exista una claridad en los compromisos de ejecución de los involucrados. Sin embargo, en algunas actividades se proponen cifras estimadas que están expuestas a los requerimientos del programa de gestión (Ver anexos: 10.4.1, 10.4.2, 10.4.3, 10.4.4 y 10.4.5.).

Los cinco resultados principales esperados para el logro del manejo adecuado del acuífero son los que se describen a continuación:

- a) Uso eficiente del agua en el uso público urbano
- b) Mejora la eficiencia en el uso del agua en la agricultura
- c) Uso racional y sustentable del acuífero.
- d).Coordinación institucional
- e) Legislación adecuada

Es fundamental la participación de las dependencias consideradas en la matriz de involucrados de este proceso de planeación participativa (método Zopp), ya que son actores preponderantes cuya intervención puede disminuir y estabilizar la problemática del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala, esta situación es posible, solo si existe en primer termino, su participación y en seguida, es necesario que se coordinen, al interior y entre cada una de ellas.

Si esta situación se presenta, es posible que a través del diseño de un proyecto integral de campañas de promoción de cultura del agua, se sensibilice a todos los usuarios sobre la escasez del recurso y modificará favorablemente hábitos de consumo.

Es necesario también, caracterizar a los usuarios para diseñar componentes de difusión eficientes, esto con la finalidad de contar con un programa de componentes específicos por sector usuario.

Se aplicarán los componentes de difusión tales como manuales, folletos, spots, carteles, concursos, talleres, foros, eventos, videos, etc. Con enfoque a la modificación de hábitos de usuarios acordes con el uso eficiente del agua.

Se medirán los indicadores por sector usuario, para evaluar los resultados de la campaña y de esta forma se retroalimentará.

Se diseñarán programas de capacitación a todos y cada uno de los sectores, para cubrir los objetivos de capacitación. Por otra parte, se formarán instructores con base al programa integral.

Se elaborará un diagnóstico de necesidades de capacitación, que caracterice las necesidades para el diseño de cursos a los usuarios.

El seguimiento y evaluación de la capacitación, consistirá en medir y evaluar los objetivos trazados, verificando y confirmando el cumplimiento y aprobación de los objetivos generales de cada curso.

Se diseñarán estrategias de transferencia de tecnologías de los diferentes sectores que permitan conocer cuales son las tecnologías más apropiadas para cada sector.

Se elaborará un diagnóstico de tecnología utilizada, mediante el análisis de información existente, encuestas, entrevistas y talleres participativos para conocer el nivel tecnológico utilizado por los diferentes sectores.

A partir de un análisis estratégico proponer programas de transferencia de tecnología para identificar planes y proyectos específicos por sector.

Identificar organizaciones, instituciones y dependencias para apoyos, mediante visitas y análisis de reglas de operación de los diferentes programas. Conocer quiénes y cómo pueden apoyar a la transferencia de tecnología.

Impulsar la adopción de tecnología por los diferentes sectores, que los diferentes sectores adopten la tecnología para un uso eficiente del agua y lograr que los usuarios adopten tecnología acorde a sus necesidades y capacidades.

Mediante el análisis de indicadores, visitas y encuestas se conocerá el impacto de la tecnología adoptada para su evaluación y seguimiento.

Tabla 5.4.- Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero.

Actividades y Subactividades	Ficha descriptiva	Resultados esperados	Cronograma	Costo estimado	Responsables de ejecución	Instituciones y organizaciones de apoyo
4.1 Elaborar campaña de promoción de la cultura del agua	Diseñar y realizar un proyecto integral de promoción de cultura del agua	Sensibilizar a todos los usuarios sobre la escasez del recurso y modificar favorablemente hábitos de consumo	Permanente		COTAS	CNA, INTERAPAS, CEA, UASLP, COLEGIO DE SAN LUIS, SEGE
4.1.1 Diseño de la campaña de la promoción de la cultura del agua	Caracterizar usuarios para diseñar componentes de difusión eficientes	Contar con un programa de difusión con componentes específicos por sector	1 año		COTAS	CNA, INTERAPAS, CEA, UASLP, SEGE, SAGARPA, CFE.
4.1.2 Realización de la campaña	Aplicación de componentes de difusión (manuales, folletos, spots, carteles, concursos, talleres, foros, eventos, videos, etc.)	Modificar hábitos de usuarios acordes con el uso eficiente	Permanente		COTAS	CNA, INTERAPAS, CEA, UASLP, SEGE, SAGARPA, SEDARH, SEGAM, AYO. CLUBES DEPORTIVOS Y CINES
4.1.3 Evaluación y seguimiento	Medir indicadores por sector para evaluar los resultados de la campaña e identificar subcomponentes que requieren modificación	Medición de indicadores y retroalimentación de la campaña	Permanente		COTAS	CNA, INTERAPAS, CEA, UASLP, COLEGIO DE SAN LUIS
4.2 Realizar programa de capacitación a todos los sectores	Diseñar programa integral de capacitación por sectores	Obtener capacitación de usuarios de los diferentes sectores	3 meses		COTAS	CNA, CEA, UASLP, COLEGIO DE SAN LUIS
4.2.1 Realizar programa de capacitación	Realizar programas específicos para cada sector	Cubrir los objetivos de capacitación de cada sector	6 meses		COTAS	CEA, INTERAPAS, UASLP, UTSLP
4.2.2 Realizar diagnóstico de necesidades de capacitación	Caracterizar necesidades de capacitación	Contar con los cursos que cubran necesidades de usuarios	6 meses		COTAS, CNA	CEA, INTERAPAS
4.2.3 Programa de capacitación	Diseñar cursos y desarrollar por sectores	Cumplir capacitación programada	2 meses		COTAS	CNA, ACADEMIA MEXICANA, LEGISLACION AMBIENTAL Y CEA
4.2.4.- Realización de cursos de capacitación	Capacitación y formación de instructores en base al programa integral	Contar con instructores capacitados	7 meses		COTAS	IMTA, CNA, UASLP, COLEGIO DE SAN LUIS
4.2.5 Seguimiento y evaluación de la capacitación	Medición y evaluación de los objetivos trazados en capacitación	Verificar y confirmar el cumplimiento y aprobación de los objetivos generales intermedios de cada curso	8 meses		COTAS, CNA	IMTA, UASLP, COLEGIO DE SAN LUIS

1.4.4.1. Legislación adecuada

Las subactividades planteadas para la obtención de este resultado son el revisar y analizar los aspectos técnicos, administrativos y legales, así como los

lineamientos del reglamento del acuífero, a través del grupo especializado. Para ello, se elaborará el anteproyecto del reglamento del acuífero, posteriormente se adecuarán para cada uno de los sectores usuarios.

En su aprobación del reglamento y de la normatividad vigente, se enviará a las instancias correspondientes previo a su publicación oficial. Se definirán los medios de distribución e impresión a los grupos de interés. Se promoverán foros y se realizarán reuniones con los grupos de usuarios para su conocimiento. Asimismo, se llevarán a cabo convenios de coordinación entre el COTAS y las instituciones involucradas.

Se concertarán convenios de apoyos financieros y de proyectos, para obtener información real y se gestionarán con instituciones financieras, gubernamentales, de investigación y grupos de usuarios para los proyectos en la optimización del uso del agua.

Tabla 5.5.- Legislación adecuada.

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
5.1.- Elaboración del Proyecto de reglamento del acuífero.						
5.1.1.- Conocer los aspectos técnicos, administrativos y legales.	Revisión y análisis de los aspectos técnicos, administrativos y legales por grupo.	Contar con los lineamientos generales para la elaboración del reglamento.	3 meses		COTAS	CEAA, CAPOSA, universidades, SEDARH, CAMARAS, asociaciones,
5.1.2.- Elaborar en anteproyecto del reglamento del acuífero.	Integrar el equipo especializado para la elaboración del anteproyecto.	Contar con el anteproyecto del reglamento.	3 meses.		COTAS.	BARRA DE ABOGADOS, CEAA, CAPOSA, UNIVERSIDAD, CNA.
5.1.3.- Revisión, análisis y propuestas de modificación y adición al anteproyecto por todos los sectores.	Grupo multidisciplinario y grupo especializado revisan el anteproyecto.	Modificación al anteproyecto.	3 meses		COTAS	Usuarios de todos los sectores, Dependencias, Cámaras, etc.
5.1.4.- Elaboración del proyecto de reglamento.	Redacción y revisión del proyecto de reglamento por grupo.	Reglamento del acuífero.	1 mes.		COTAS, CNA.	OFICINAS CENTRALES, DE CNA, SEMARNAT.
5.1.5.- Aprobación del Reglamento.	Enviar reglamento a las instancias	Publicación oficial del reglamento.			COTAS, CNA, SEMARNAT	OFICINAS CENTRALES DE CNA, SEMARNAT.
5.2.- Difundir el reglamento y normatividad vigente.						
5.2.1.- Impresión y distribución del reglamento a grupos de interés.	Definir los medios de difusión y distribución del reglamento.	Accesibilidad y disponibilidad del reglamento.	3 meses		COTAS, CNA	TODOS.
5.2.2.- Análisis y estudio del reglamento por grupos de interés.	Promover foros y realizar reuniones con los grupos de usuario.	Conocimiento del reglamento por los usuarios.	6meses		COTAS, CNA	TODOS.
5.3.- Realizar convenios de coordinación entre el COTAS y las instituciones						
5.3.1.- Concertar convenios para obtener información real.	Gestionar convenios con instituciones y grupos de usuarios para contar con la información.	Convenios	Permanente.		COTAS	SAGARPA, SEDARH, CNA, INDUSTRIALES, USUARIOS.
5.3.2.- Concertar convenios de apoyos financieros y de proyectos.	Gestionar convenios con instituciones financieras, gubernamentales y de investigación para los proyectos.	Convenios	Permanente		COTAS	SAGARPA, SEDARH, CNA, INDUSTRIALES, USUARIOS.
5.3.3.- Concertar convenios para optimizar el uso del agua.	Gestionar convenios con instituciones financieras, gubernamentales y de investigación para optimizar el uso del agua.	Convenios	Permanente		COTAS	SAGARPA, SEDARH, CNA, INDUSTRIALES, USUARIOS.

5.3. Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico

5.3.1. Antecedentes

La aplicación de la herramienta matemática denominada **Proceso Analítico Jerárquico (PAJ)**, surgió como una necesidad para complementar los resultados obtenidos del ejercicio de planeación participativa, (con la metodología ZOPP) que se llevó a cabo en los años 2004-2005, donde participaron usuarios del agua del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) de este mismo acuífero, representantes de instancias de los tres ordenes de gobierno e instituciones académicas y de investigación, con la finalidad de generar y dar un orden a la implementación de proyectos, para tratar de alcanzar el objetivo superior del programa del árbol de objetivos de este proceso de planeación participativa, que es, el crecimiento y desarrollo eficiente de la región de Huichapan-Tecozautla-Nopala.

Una aplicación anterior del PAJ a este tipo de procesos de planeación integral del recurso hidráulico se había dado con el Grupo Especializado de Trabajo del Sistema Lagunario del Río Tamesí (GET-SLRT) en Tampico, Tamaulipas, en el año 2004. En aquella ocasión la aplicación del PAJ permitió jerarquizar en forma eficiente y consensuada los resultados que se obtuvieron de la aplicación del Método ZOPP en aquella región, para establecer el manejo sustentable de los recursos hidráulicos del SLRT.

Los resultados que se describen, muestran entonces el proceso de aplicación del PAJ a la problemática que tienen los usuarios del agua del COTAS Huichapan-Tecozautla-Nopala.

5.3.2. Marco de Referencia

Como se mencionó anteriormente, la aplicación del PAJ al caso COTAS Huichapan-Tecozautla-Nopala se basa en los resultados obtenidos de la aplicación del Método ZOPP en donde se identificaron programas específicos, líneas de acción asociadas a cada programa específico, y proyectos vinculados a cada línea de acción, que en conjunto contribuyen a lograr el manejo sustentable del acuífero Huichapan-Tecozautla-Nopala.

Para facilitar la aplicación del PAJ, se optó por tomar los programas específicos y líneas de acción obtenidas del Método ZOPP para integrar la jerarquía que posteriormente se analizó mediante la aplicación del PAJ a través del programa ***Expert Choice***. Estos programas específicos y líneas de acción son los siguientes:

Programas específicos:

1. Uso eficiente del agua en uso publico urbano
2. Uso racional y sustentable del acuífero
3. Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero
4. Mejora de la eficiencia en el uso del agua en la agricultura
5. Legislación adecuada

Líneas de acción:

- 1.1 Eficientar la operación de los sistemas de agua potable
- 1.2 Infraestructura urbana
- 1.3 Disponer de un marco jurídico aplicado a la región

- 1.4 Fortalecimiento organizativo del sistema de agua potable
- 1.5 Impulsar una cultura del agua
- 2.1 Conocimiento de la disponibilidad del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala
- 2.2 Reglamentación del acuífero
- 3.1 Propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero
- 3.2 Establecer mecanismos de comunicación y coordinación interinstitucional
- 3.3 Generación y difusión de la información actualizada del acuífero
- 4.1 Tecnificación de los sistemas de riego
- 4.2 Establecimiento del patrón de cultivos rentables de la región
- 4.3 Recuperación del acuífero
- 5.1 Establecer un marco legal adecuado al manejo integral de acuífero

A cada línea de acción se le vinculó con diferentes proyectos, siendo éstos un total de 36 proyectos identificados para lograr el objetivo global del manejo sustentable del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala. Con estos programas y líneas de acción identificadas mediante el método ZOPP se procedió entonces a integrar una matriz de liga entre programas específicos y líneas de acción. Esta matriz posteriormente sirvió de base para desarrollar la jerarquía a analizar mediante el PAJ. Esta matriz de liga se muestra en la Tabla No.1.

Es importante hacer notar que originalmente se identificaron 14 líneas de acción asociadas a los 5 programas específicos; sin embargo, durante la discusión que se tuvo con el grupo de participantes del taller del PAJ se llegó a la conclusión de que 3 líneas de acción son similares y se incorporaron y fusionaron dentro de otras líneas de acción semejantes. Estas líneas de acción que se

consolidaron se indican en amarillo dentro de la Tabla No. 4.12. Además, allí se indica a qué línea de acción se incorporaron las 3 líneas de acción consolidadas.

Revisando la información mostrada en la Tabla No. 4.12. se puede ver que en la primera columna se muestra el número total de líneas de acción que finalmente se incorporaron al modelo del PAJ. Esas líneas de acción se resumieron en 11. La segunda columna muestra las abreviaciones que se utilizaron para identificar a cada línea de acción. La tercera columna muestra descripción de cada línea de acción. Las últimas 5 columnas representan los 5 programas específicos identificados en el método ZOPP.

Las “X’s” mostradas en cada celda de esta matriz de liga representan la vinculación que existe entre cada programa específico y las 11 líneas finales de acción que se determinaron. La consolidación de estas líneas citadas y la relación con los programas específicos fue establecida por el grupo de participantes de este taller mediante una discusión y el establecimiento de acuerdos.

Tabla No.5.6. Matriz de liga entre programas específicos y líneas de acción.

LINEAS DE ACCION			PROGRAMAS ESPECIFICOS				
			Uso eficiente del agua en uso publico urbano.	Se haga uso racional y sustentable del acuífero.	Participación, Coordinación institucional para el manejo integral del Acuífero.	Se mejora la eficiencia en el uso del agua en la agricultura.	Legislación Adecuada.
L1	FEOSAP	Fortalecer y eficientar la operación de los Sistemas de Agua Potable	x	x	x		X
L2	IU	Infraestructura Urbana	x	x			
L3	MJAR	Disponer de un Marco Jurídico aplicado a la Región			x	x	X
	FOSAP	Fortalecimiento organizativo del Sistema de Agua Potable (pasa a FEOSAP)	x	x			X
L4	ICA	Impulsar Cultura del Agua	x	x	x	x	X
L5	CDAH	Conocimiento Continuo de la disponibilidad del acuífero Huichapan –Tecoautla- Nopala	x	x	x	x	
L6	REGA	Reglamentación del Acuífero	x	x		x	X
L7	DIMIA	Propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero		x	x	x	X
L8	MCCI	Establecer mecanismos de comunicación y coordinación interinstitucional			x	x	
	GDIAA	Generación y difusión de la información actualizada del acuífero (pasa a CDAH)				x	
L9	TSR	Tecnificación de los sistemas de riego	x	x	x	x	
L10	PCRR	Establecimiento del patrón de cultivos rentables de la región	x		x	x	
L11	RECA	Recuperación del Acuífero	x	x	x		
	MLMIA	Establecer un marco legal adecuado al manejo integral de acuífero (pasa a REGA)					X

En la Figura No. 4.12. se muestra la jerarquía que se obtuvo de la matriz de liga mencionada anteriormente. Como se puede ver, el objetivo global de este proceso de planeación es el alcanzar el manejo sustentable del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala. En el segundo nivel de esta jerarquía se observan los programas específicos identificados y en el tercer nivel se muestran las 11 líneas de acción incorporadas finalmente en el modelo del PAJ.

Las líneas trazadas en esta jerarquía indican las diferentes ligas que se establecieron entre los programas específicos y las líneas de acción definidas

durante el proceso de planeación del método ZOPP. Esta jerarquía fue la que posteriormente se incorporó en el programa Expert Choice para su correspondiente ponderación.

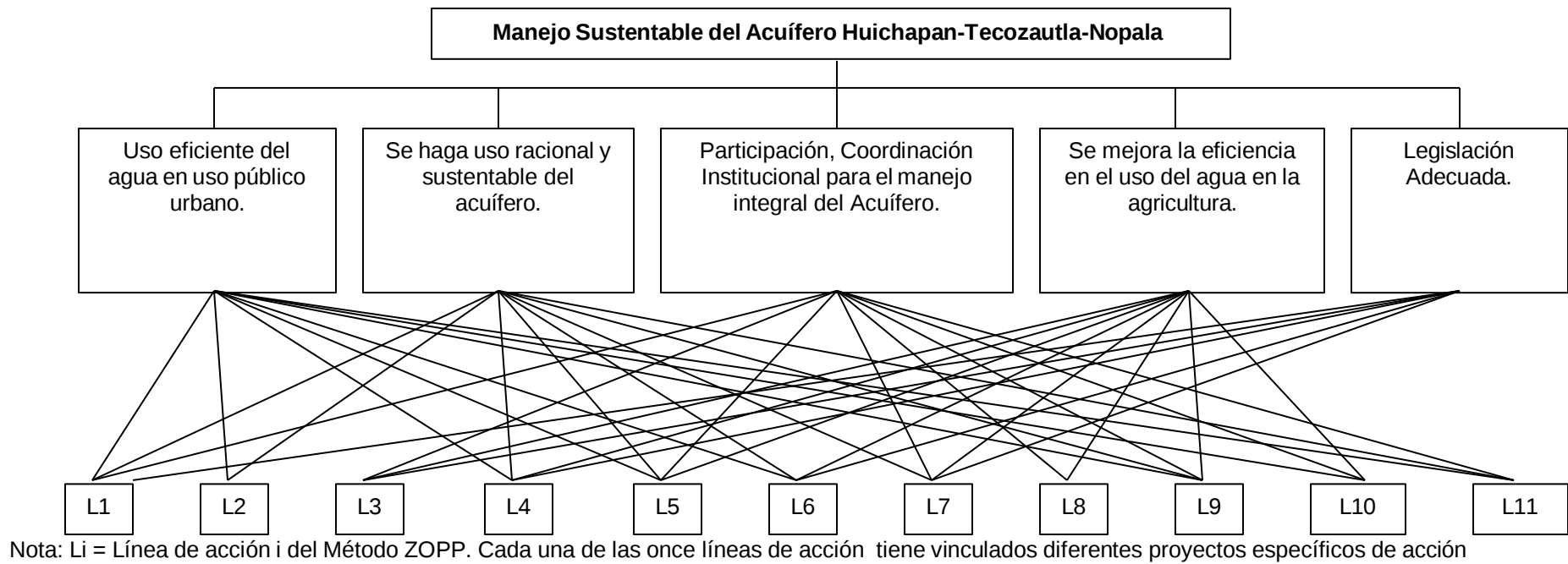


Figura No.5.2. Jerarquía incorporada al modelo del Proceso Analítico Jerárquico.

i. Resultados de la aplicación del Proceso Analítico

Jerárquico

De la aplicación del proceso analítico jerárquico (PAJ) llevado a cabo los días 13 y 14 de febrero de 2007, en las oficinas de la Gerencia Operativa del Comité Técnico de Aguas Subterráneas Huichapan-Tecozautla-Nopala (COTAS), se obtuvieron los criterios de los miembros del mismo grupo, vertidos en el modelo PAJ, ponderando las opiniones de los miembros participantes, quedando el consenso para los diferentes programas específicos que se realizarán para alcanzar el objetivo común: **manejo integral sustentable del acuífero Huichapan-Tecozautla-Nopala**, con la finalidad de alcanzar su óptima utilización, según las necesidades de los usuarios del acuífero en mención.

Ejercicio 1. De los cinco programas específicos obtenidos por el método ZOPP: 1) Uso eficiente del agua en uso público urbano, 2) Uso racional y sustentable del acuífero, 3) Participación, coordinación institucional para el manejo integral del acuífero, 4) Mejorar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura, 5) Legislación adecuada; realizado previamente (2004-2005). La ponderación obtenida para estos cinco programas específicos fue la siguiente: el programa específico **dos** tuvo un peso igual a **0.342** equivalente a **34.2%**; para el programa específico **cinco** tuvo un peso igual a **0.297** equivalente a **29.7%**; el programa específico **cuatro** tuvo un peso igual a **0.185** equivalente al **18.5%**; el programa específico **tres** tuvo un peso igual a **0.120** equivalente al **12%**; y finalmente el programa específico **uno** tuvo un peso de **0.056** equivalente al **5.6%**. Estos resultados se muestran en la Figura 4.4.

USO EFICIENTE DEL AGUA EN USO PUBLICO URBANO

Compare the relative importance with respect to: Goal: MANEJO SUSTENTABLE DEL ACUIFERO HUICHAPAN-TECOZAUTLA-NOPALA

USO RACIONAL Y SUSTENTABLE DEL ACUIFERO

Extreme

Very Strong

Strong

Moderate

Equal

Moderate

Strong

Very Strong

Extreme

	USO EFICIENTE DEL AGUA EN USO PUBLICO URBANO	USO RACIONAL Y SUSTENTABLE DEL ACUIFERO	PARTICIPACION Y COORDINACION INSTITUCIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL ACUIFERO	MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA	LEGISLACION ADECUADA
USO EFICIENTE DEL AGUA EN USO PUBLICO URBANO		5.000	3.000	5.000	3.000
USO RACIONAL Y SUSTENTABLE DEL ACUIFERO			3.000	3.000	1.000
PARTICIPACION Y COORDINACION INSTITUCIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL ACUIFERO				1.000	5.000
MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA					1.000
LEGISLACION ADECUADA	Incon: 0.08				

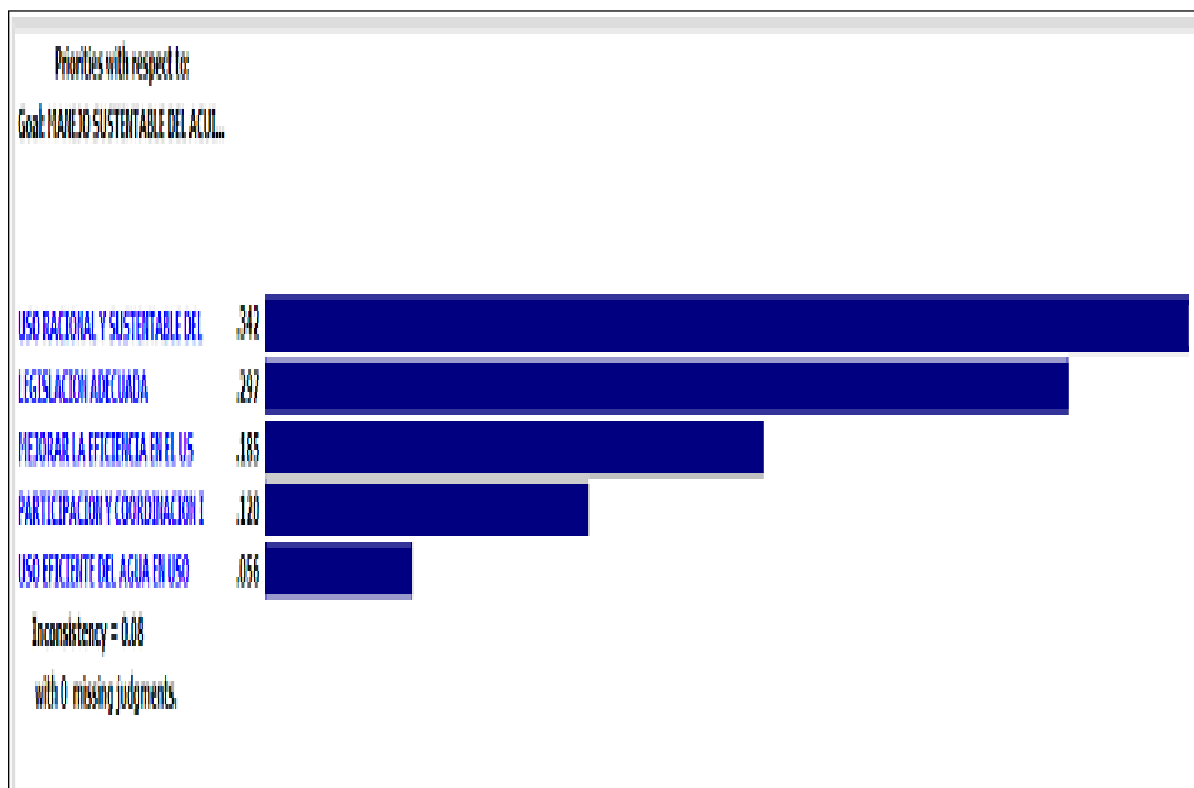


Figura No. 5.3.- Resultados de la ponderación de los cinco programas específicos con respecto al objetivo global.

El significado de los porcentajes indicados expresa la importancia relativa de las acciones globales a desarrollar por el Comité Técnico de Aguas Subterráneas del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala (COTAS), es decir, unas respecto de otras.

Una manera de interpretar los resultados es equiparar los esfuerzos de inversión para la realización de los cinco programas específicos globales, es decir: para el programa específico **uno**, se aplicará el **5.6%** de la inversión ejecutada durante un año; para el programa específico **dos**, se aplicará el **34.3%** de la inversión ejecutada durante un año; para el programa específico **tres**, se aplicará el **12%** de la inversión ejecutada durante un año; para el programa específico **cuatro**, se aplicará el **18.5%** de la inversión ejecutada durante un año y finalmente para el programa específico **cinco**, se aplicará el **29.7%** de la inversión ejecutada durante un año.

Ejercicio 2. A continuación se muestran las ponderaciones de los diferentes programas específicos con sus respectivas líneas de acción asociadas.

Para el programa específico uno: uso eficiente del agua en uso público urbano, los resultados fueron los siguientes:

Para infraestructura urbana, el 24.3%;

Para fortalecer y eficientar la operación de los sistemas de agua potable, el 16.6%;

Para conocimiento continuo de la disponibilidad del acuífero HTN, el 16.0%;

Para impulsar la cultura del agua, el 13.6%;

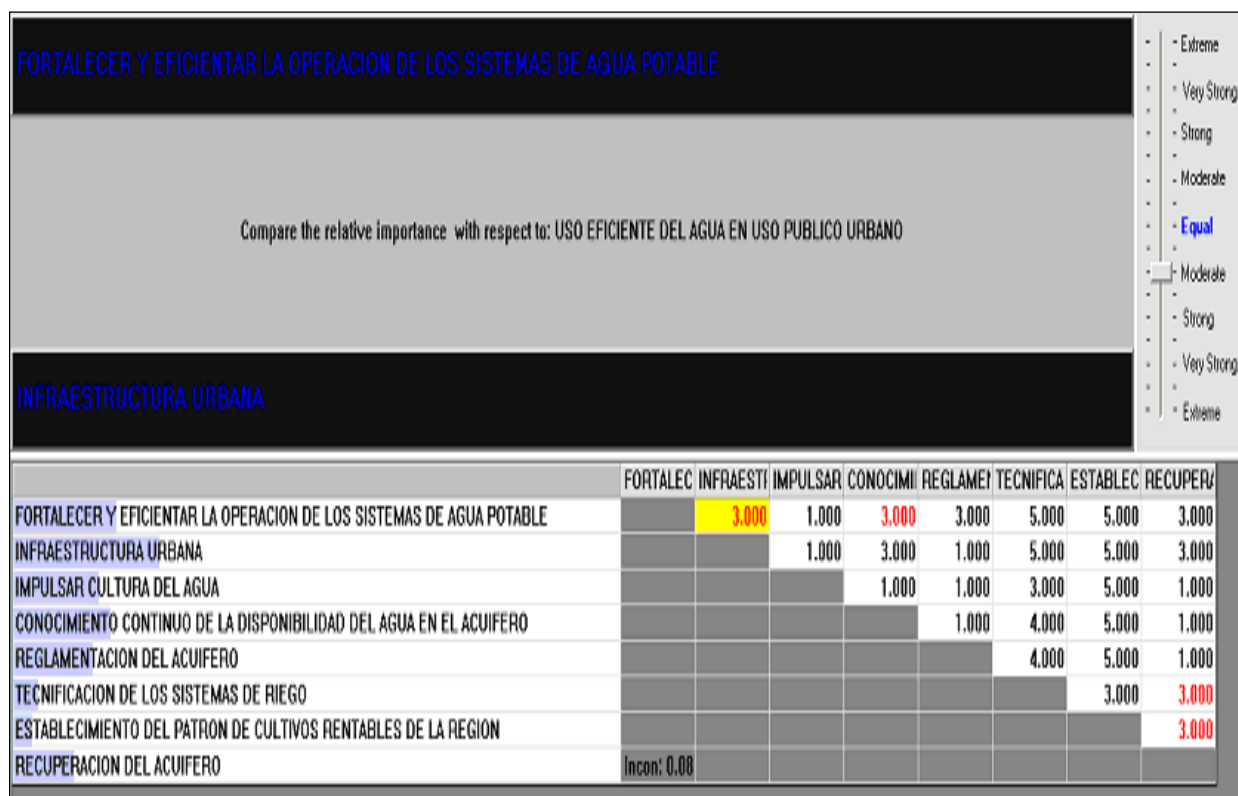
Para reglamentación del acuífero, el 12.8%;

Para recuperación del acuífero, el 9.9%;

Para tecnificación de los sistemas de riego, el 4.1%; y finalmente

Para establecimiento del patrón de cultivos rentables de la región, el 2.7%.

Los resultados anteriores se muestran en la Figura No. 4.5.



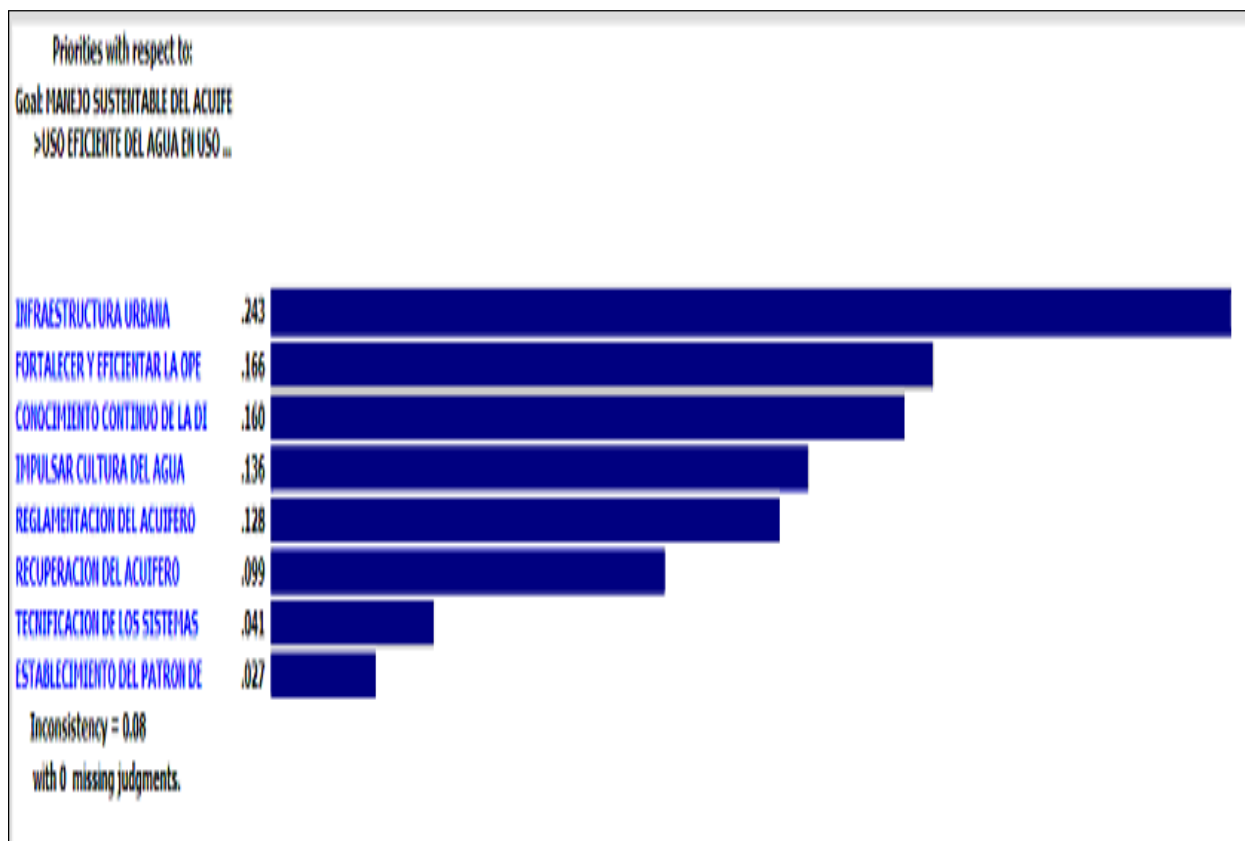


Figura No. 5.4. Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico uno.

Ejercicio 3. Para el programa específico dos: uso racional y sustentable del acuífero, los resultados fueron los siguientes:

Para tecnificación de los sistemas de riego, el 39.1%;

Para propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero, el 17.0%;

Para reglamentación del acuífero, el 11.5%;

Para conocimiento continuo de la disponibilidad del acuífero HTN, el 10.2%;

Para impulsar la cultura del agua, el 6.1%;

Para fortalecer y eficientar la operación de los Sistemas de agua potable, el 6.0%;

Para recuperación del acuífero, el 5.9% y finalmente

Para infraestructura urbana, el 4.3%.

Estos resultados se muestran en la Figura No. 4.6.

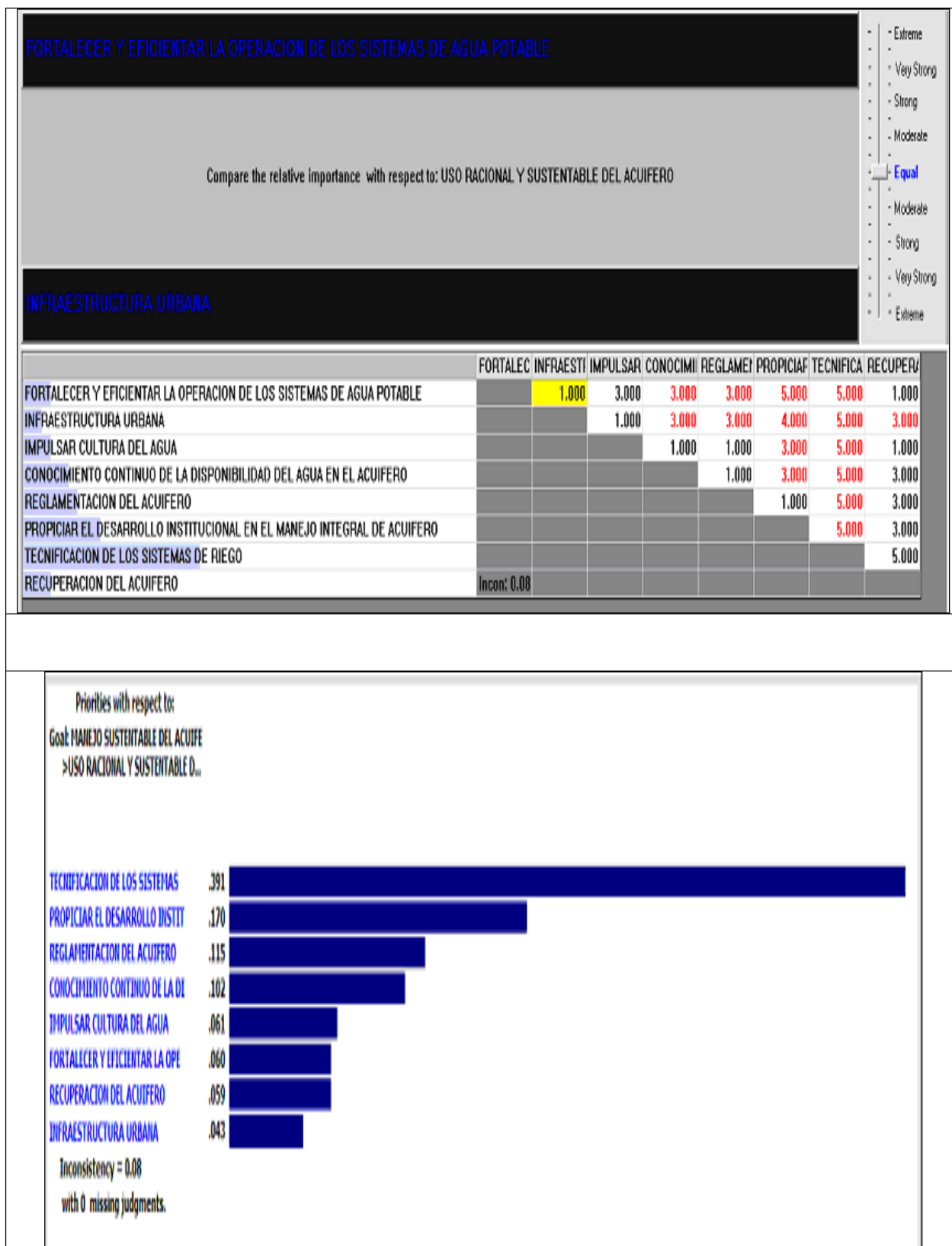


Figura No.5.5.- Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico dos.

Ejercicio 4. Para el programa específico tres: participación, coordinación institucional para el manejo integral del acuífero, los resultados fueron los siguientes:

Para establecer mecanismos de comunicación y coordinación interinstitucional, el 23.5%;

Para disponer de un marco jurídico aplicado a la región, el 18.1%;

Para propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero, el 17.6%;

Para conocimiento continuo de la disponibilidad del acuífero HTN, el 10.4%;

Para recuperación del acuífero, el 9.1%;

Para impulsar la cultura del agua, el 7.9%;

Para tecnificación de los sistemas de riego, el 5.8%;

Para establecimiento del patrón de cultivos rentables de la región, el 4.0% y finalmente

Para fortalecer y eficientar la operación de los sistemas de agua potable, el 3.6%.

Los resultados anteriores se muestran en la Figura No. 4.7.

FORTALECER Y EFICIENTAR LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE										- Extreme
										- Very Strong
										- Strong
										- Moderate
										- Equal
										- Moderate
										- Strong
										- Very Strong
										- Extreme
Compare the relative importance with respect to: PARTICIPACION Y COORDINACION INSTITUCIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL ACUIFERO										
DISPONER DE UN MARCO JURIDICO APLICADO A LA REGION										
	FORTALEC	DISPONER	IMPULSAR	CONOCIM	PROPICIA	ESTABLEC	TECNIFICA	ESTABLEC	RECUPER	
FORTALECER Y EFICIENTAR LA OPERACION DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE		5.000	3.000	3.000	5.000	5.000	1.000	1.000	3.000	
DISPONER DE UN MARCO JURIDICO APLICADO A LA REGION			3.000	3.000	1.000	3.000	3.000	3.000	3.000	
IMPULSAR CULTURA DEL AGUA				1.000	3.000	3.000	1.000	3.000	1.000	
CONOCIMIENTO CONTINUO DE LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN EL ACUIFERO					1.000	3.000	3.000	3.000	1.000	
PROPICIAR EL DESARROLLO INSTITUCIONAL EN EL MANEJO INTEGRAL DEL ACUIFERO						1.000	3.000	3.000	3.000	
ESTABLECER MECANISMOS DE COMUNICACION Y COORDINACION INTERINSTITUCIONAL							3.000	3.000	3.000	
TECNIFICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO								3.000	3.000	
ESTABLECIMIENTO DEL PATRON DE CULTIVOS RENTABLES DE LA REGION									3.000	
RECUPERACION DEL ACUIFERO	Incon: 0.05									

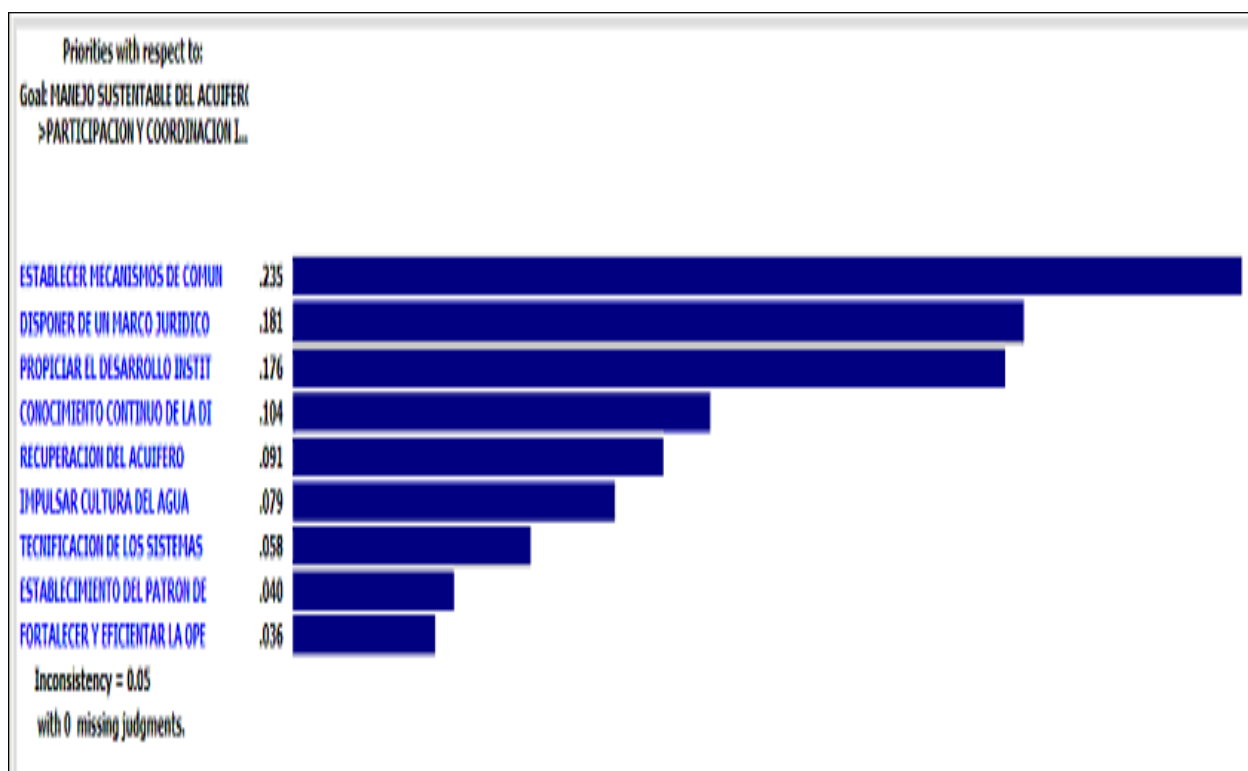


Figura No. 5.6. Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico tres.

Ejercicio 5. Para el programa específico cuatro: mejorar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura, los resultados fueron los siguientes:

Para tecnificación de los sistemas de riego, el 34.0%;

Para establecer mecanismos de comunicación y coordinación interinstitucional, el 17.3%;

Para propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero, el 15.3%;

Para el conocimiento continuo de la disponibilidad del acuífero HTN, el 8.5%;

Para establecimiento del patrón de cultivos rentables de la región, el 7.8%;

Para impulsar la cultura del agua, el 6.1%;

Para reglamentación del acuífero, el 6.1% y finalmente

Para disponer de un marco jurídico aplicado a la región, el 4.8%

Estos resultados se muestran en la Figura No. 4.8.

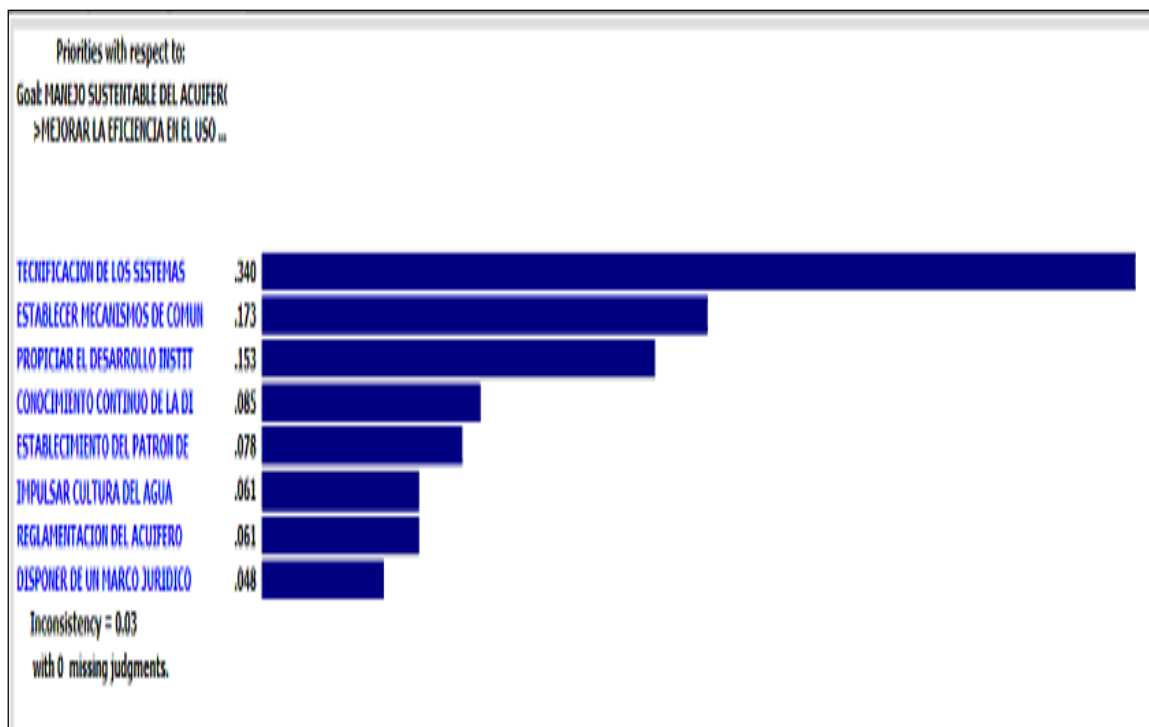
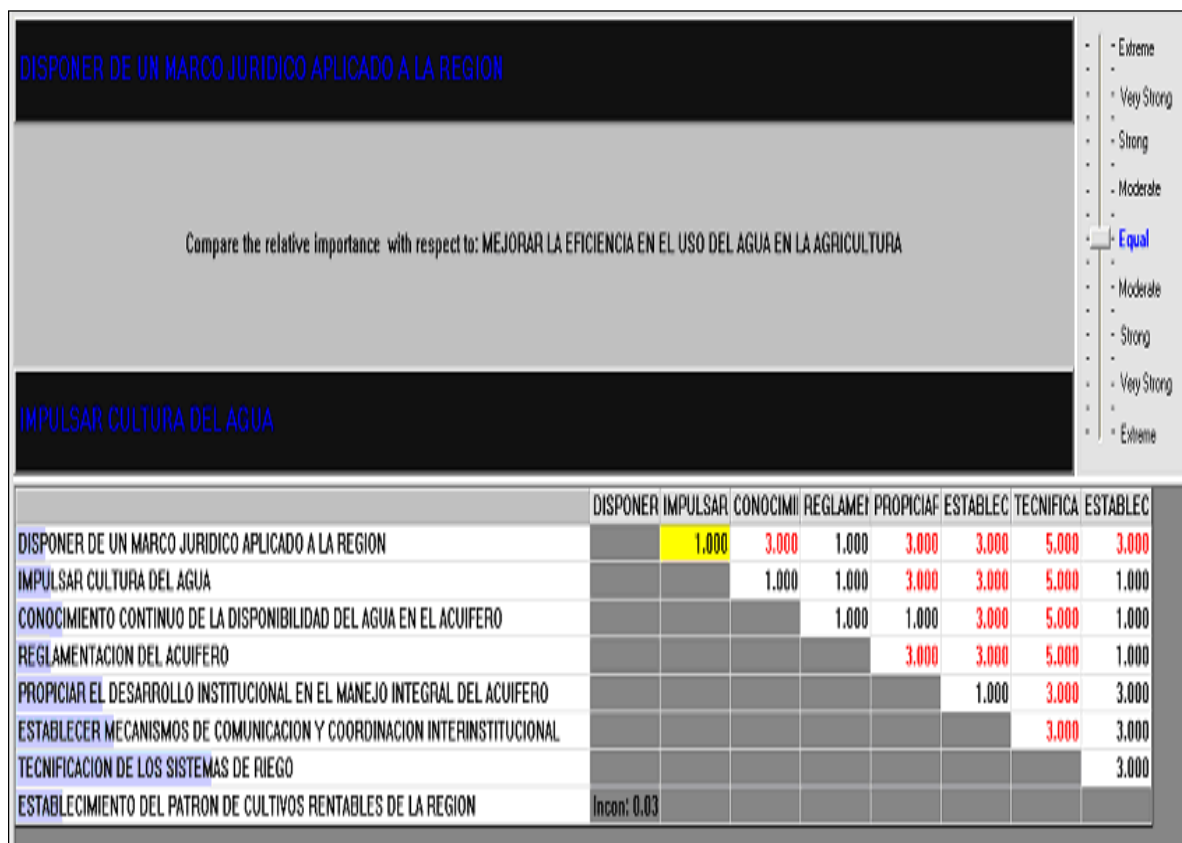


Figura No. 5.7.- Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico cuatro.

Para el programa específico cinco: legislación adecuada, los resultados fueron los siguientes:

Para disponer de un marco jurídico aplicable a la región, el 38.1%;

Para reglamentación del acuífero, el 31.1%;

Para propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero, el 12.8%;

Para fortalecer y eficientar la operación de los sistemas de agua potable, el 11.8% y finalmente

Para impulsar la cultura del agua, el 6.2%

Los resultados se muestran en la Figura No. 4.9.

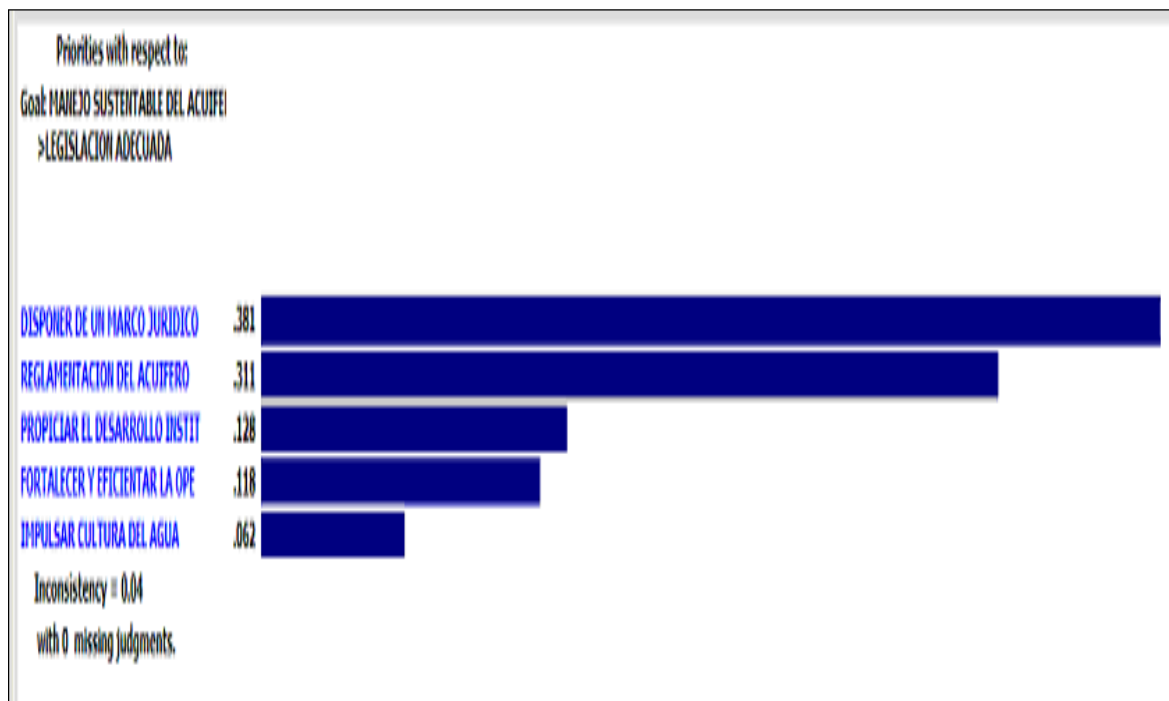
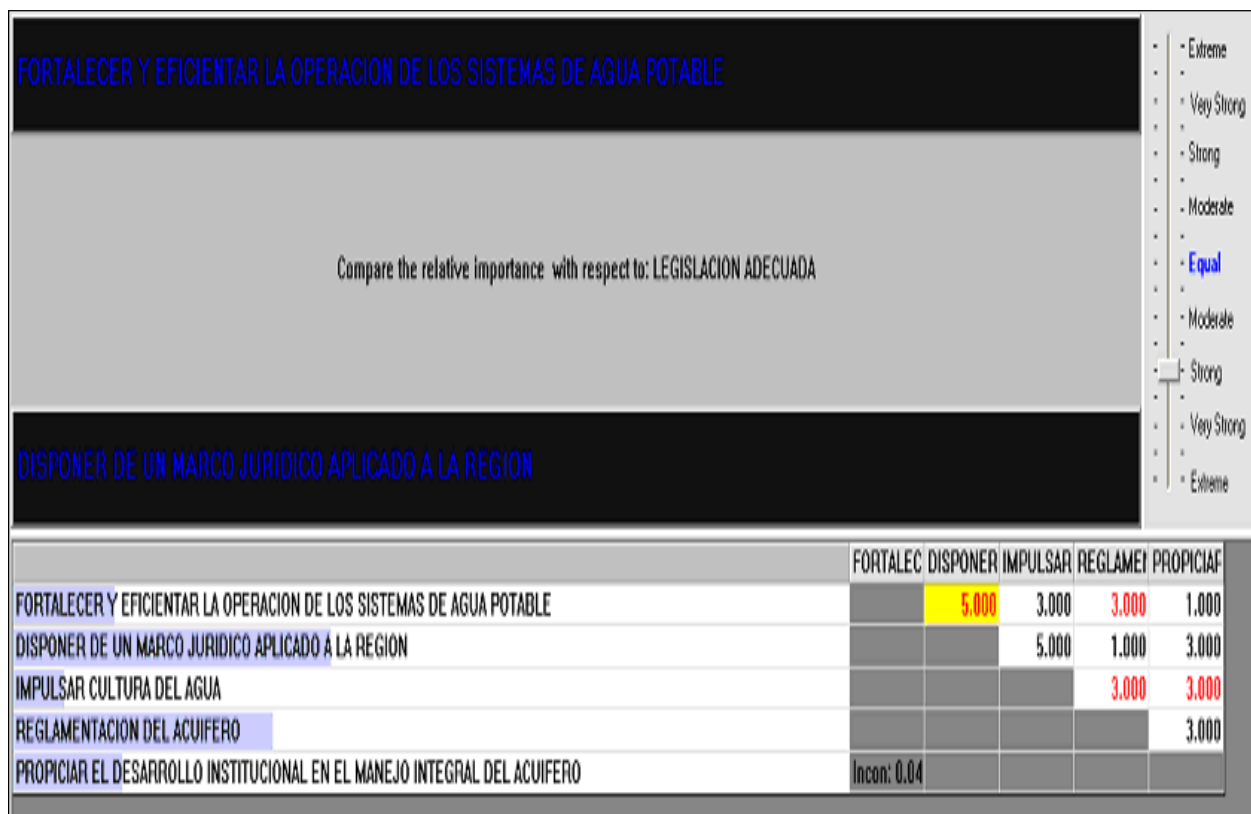


Figura No.5.8.- Resultados de la ponderación de las líneas de acción asociadas al programa específico cinco.

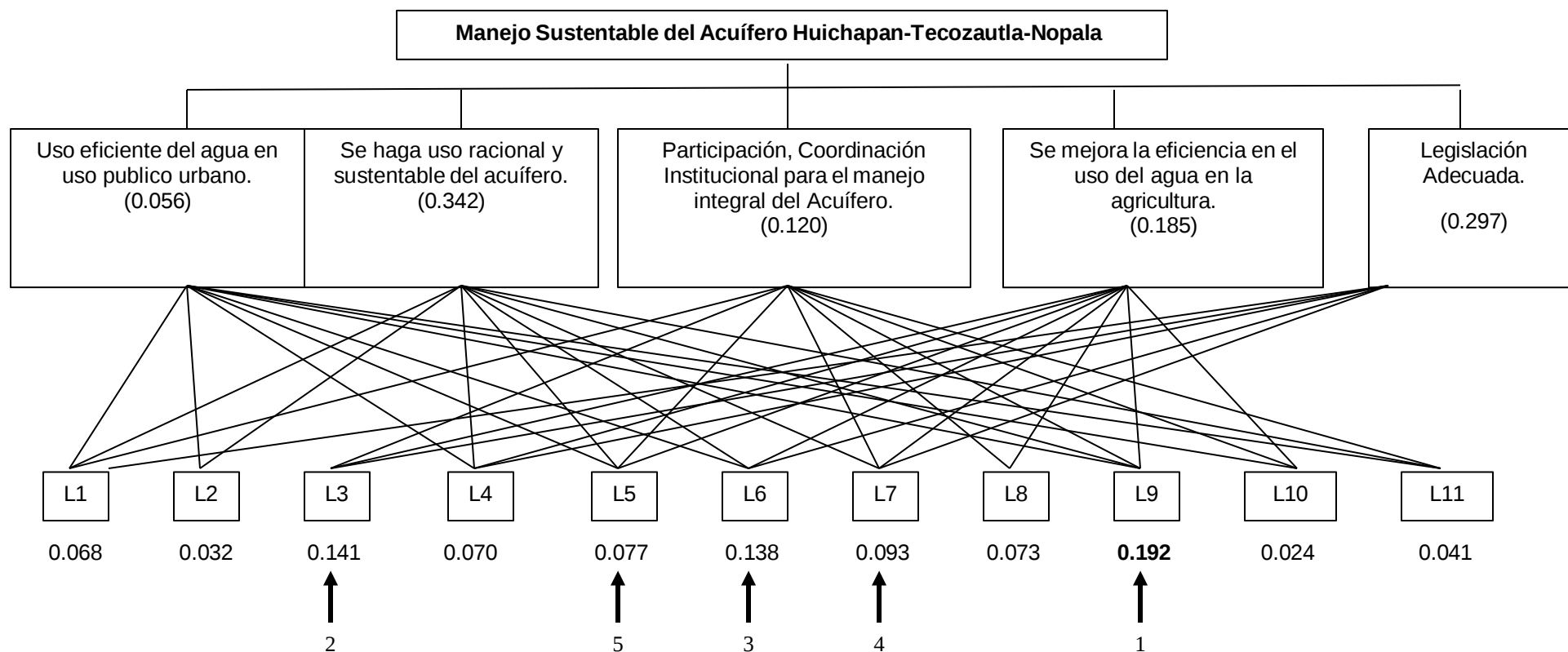
Ponderación global de la jerarquía utilizada

Los resultados que a continuación se muestran, representan la ponderación global de la jerarquía aplicada en el modelo PAJ, en donde se observan los pesos obtenidos para las diferentes líneas de acción.

De las líneas de acción y los programas específicos, se obtuvieron las prioridades globales respecto al objetivo general: manejo sustentable del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala. Los valores relativos de las once líneas de acción obtenidas con el método ZOPP, tienen los pesos específicos relativos siguientes:

- La tecnificación de los sistemas de riego obtuvo el peso correspondiente al 19.2%;
- El disponer de un marco jurídico aplicado a la región obtuvo el peso correspondiente al 14.1%;
- La reglamentación del acuífero obtuvo un peso correspondiente al 13.9%;
- Propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero obtuvo el peso correspondiente al 9.3%;
- El conocimiento continuo de la disponibilidad del agua en el acuífero HTN obtuvo un peso correspondiente al 7.7%;
- Establecer mecanismos de comunicación y coordinación interinstitucional obtuvo un peso correspondiente al 7.3%;
- Impulsar la cultura del agua obtuvo un peso del 7.0%;
- Fortalecer y eficientar la operación de los sistemas de agua potable obtuvo un peso del 6.0%;
- Propiciar el desarrollo institucional en el manejo integral del acuífero obtuvo un peso del 5.1%;
- La recuperación del acuífero obtuvo un peso del 4.1%;
- La infraestructura urbana obtuvo un peso del 3.2 %; y finalmente
- El establecimiento del patrón de cultivos rentables de la región obtuvo un peso del 2.4%.

Estos resultados se muestran en las Figuras No. 4.10. y No. 4.11.



Nota: Li = Línea de acción i del Método ZOPP. Cada una de las once líneas de acción tiene vinculados diferentes proyectos específicos.

Figura No. 5.9. Resultado final de la jerarquización del modelo del Proceso Analítico Jerárquico.

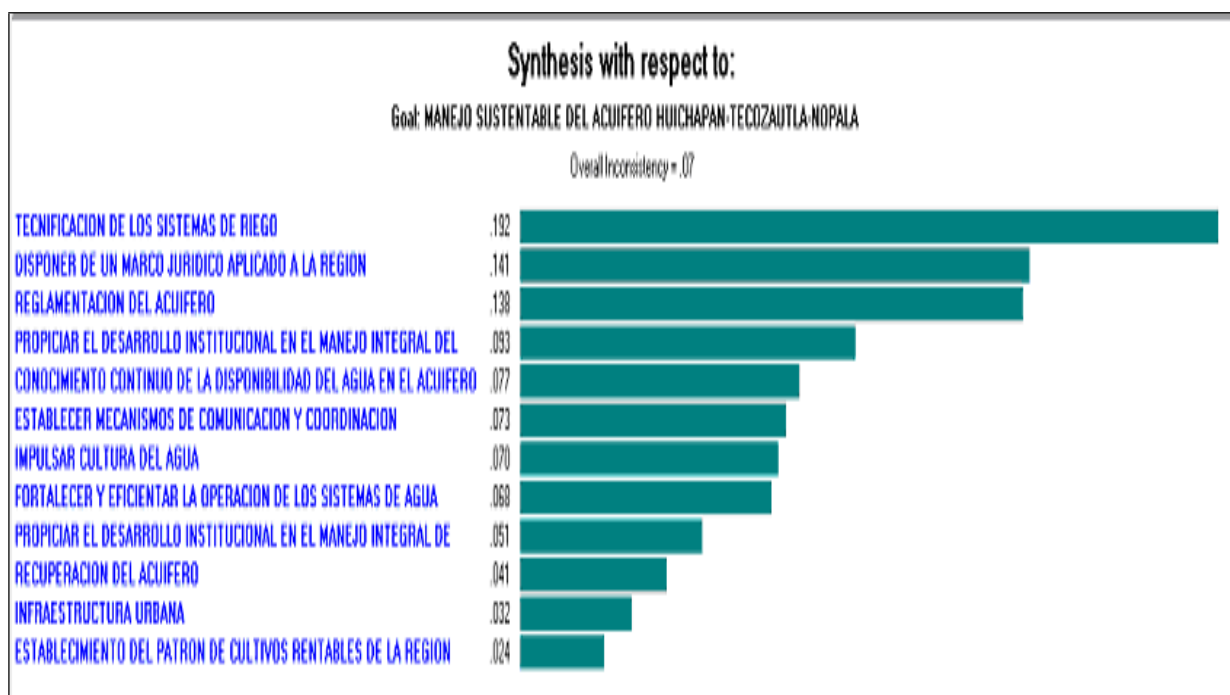


Figura No. 5.10. Resultados de la ponderación global de la jerarquía aplicada en el modelo del PAJ.

Cabe mencionar que estos pesos indican a la vez que los proyectos asociados a dichas líneas de acción tienen la misma prioridad, es decir, los proyectos asociados a la línea de acción denominada tecnificación de los sistemas de riego tiene la misma prioridad del 19.2%. Este mismo criterio se aplicó a las restantes líneas de acción ponderadas.

5.4. Problemática hidráulica

El análisis de la problemática se llevó a cabo en el marco de los criterios que establece la Metodología ZOPP, se adoptó el concepto de trabajar un plan por etapas, las cuales han sido descritas como colaboración interinstitucional y social, en las que se parte de la identificación del problema central por atender, y el planteamiento de objetivos conjuntamente definidos.

Debido a la complejidad de la problemática que se atiende, ha sido necesario diversificar el análisis para identificar alternativas de solución específicas, de tal forma que al relacionarlas en forma ordenada, el resultado global esperado conlleve a la solución integral del problema central “Inadecuado Manejo del Acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala”.

En ese sentido se planteó de origen una investigación interdisciplinaria, con el objeto de no revisar los problemas por especialidades, sino como una totalidad, de acuerdo con la percepción de cada uno de los participantes, que trabajando en forma coordinada, se logró establecer propuestas sustentadas, que podrán contribuir a los resultados esperados.

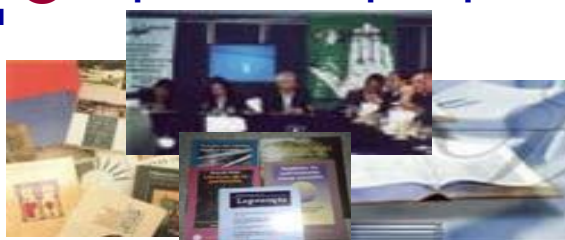
Se concluyó que la problemática del agua que presenta la región, es el resultado de una serie de procesos de tipo productivo, tecnológico y social, puestos en marcha desde el pasado reciente, que han incidido en efectos graves para el medio físico y ambiental, particularmente respecto a sus recursos hidráulicos. Esto es, debido principalmente a la ubicación geográfica de la zona que está caracterizada por condiciones hidrológicas adversas, propias de zonas áridas y semiáridas que limitan la posibilidad de contar con una mayor disponibilidad de agua.

1 Obtención de información

Información complementaria adicional



2 Experiencia del participante



3 Definición del Problema

Diagnóstico



Figura 5.11. Análisis de Problemas.

Fuente: Dirección Local Hidalgo. CONAGUA.2005.

El desequilibrio entre la recarga y la extracción en la zona de estudio y los efectos de la sequía en los últimos años, ha dado como resultado serios problemas que actualmente enfrentan los usuarios del agua, entre ellos destacan los siguientes: descenso drástico de los niveles de agua.- En el acuífero de la región, los niveles del agua siguen bajando hasta alcanzar 150 m de profundidad en ciertas áreas, cuando en 1974 su profundidad era de 25-73 m.

1. Reducción en el rendimiento de los pozos e incremento de los costos de extracción.- Como resultado de cambios en las condiciones de bombeo (mayor abatimiento) se reduce la eficiencia de los equipos de bombeo; asimismo, los caudales de aportación; redundando todo ello en mayores costos de extracción por litro bombeado.
2. Pozos fuera de operación.- Al descender los niveles piezométricos las cámaras de bombeo de los pozos poco profundos quedan por sobre dichos niveles y ello impide que los pozos puedan seguir extrayendo agua del subsuelo, quedando algunos fuera de operación y en la necesidad de profundizarlos.
3. La contaminación puntual en zonas aledañas a las poblaciones debido a las descargas urbanas e industriales sin tratamiento, constituyen un riesgo potencial para los mantos acuíferos que son la fuente de abastecimiento de agua potable en estas ciudades. En las áreas agrícolas el uso inadecuado de agroquímicos está propiciando contaminación en los acuíferos.
4. Freno al desarrollo de sectores productivos.- A pesar de que existen restricciones desde que se decretó la veda para el acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala, el crecimiento de la población ha incidido en una mayor demanda del recurso hídrico que aunado a su uso inadecuado ha generado en consecuencia la sobreexplotación. La mayor contribución del acuífero es hacia el sector agrícola y municipal o público-urbano; esto limita el aprovechamiento de los sectores productivos (industrial, pecuario,

servicios y de acuacultura) por lo que se tienen fuertes presiones sobre el recurso.

5. Fuerte competencia por el uso del agua.- Dado que la demanda continúa en aumento y ésta no puede seguir cubriéndose a costa de la reserva no renovable del acuífero, se tiene que suministrar en detrimento de algún otro uso; en el caso del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala, la competencia se está dando entre los usuarios agrícolas, uso público-urbano y de servicios. Es evidente la necesidad de coordinar los planes de desarrollo, económico y urbanos con los relacionados con el manejo del recurso.
6. Afectación al entorno natural.- El desarrollo urbano con su carpeta de concreto y pavimento ha impermeabilizado una gran extensión de la zona de recarga a los acuíferos, así mismo, la vegetación natural, sobre todo en las partes altas ha desaparecido.
7. Impacto Social.- Algunas balnearios han visto limitado su crecimiento debido a la alta concentración de aprovechamientos y al deficiente manejo de los recursos hídricos, que han provocado en conjunto la sobreexplotación de este acuífero.
8. Se continúa la construcción de casas-habitación sin garantizar el suministro del servicio de agua potable.

Por otra parte, se han identificado varias causas que originan el desequilibrio del acuífero, entre las más impactantes podemos citar las siguientes:

- a) Uso Ineficiente del agua en todos los sectores usuarios.- Se tiene una baja eficiencia en el uso del agua y la energía eléctrica lo que incide en la baja productividad y disponibilidad de recursos para mejorar las condiciones operativas en los equipos de bombeo y en la conducción, esto se tiene identificado tanto para el Organismo Operador (Huichapan) como para los usuarios agrícolas.

Probablemente el sector industrial (CEMEX) es el que ha ido adecuando en forma más sistemática la infraestructura para el bombeo aunque no se dispone de datos sobre su eficientización en el ahorro de agua.

- b) Dado que la demanda continúa en aumento y ésta no puede seguir cubriéndose a costa de la reserva no renovable del acuífero, se tiene que suministrar en detrimento de algún otro uso, la competencia se está dando entre los usuarios agrícolas, público-urbano y de servicios, en otros casos la competencia se observa entre los mismos usuarios agrícolas.
- Cultura inadecuada del agua.- Los usuarios desconocen el valor real del agua, la disponibilidad, la difusión del manejo del agua, la educación y concientización para el ahorro del agua.

Tomando en cuenta este panorama de la problemática hidráulica en el acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala, la consulta se concibió como un proceso interactivo entre usuarios que inició desde la definición de criterios comunes, hasta el logro compartido de la percepción respecto a los problemas que se detectaron, relativos al uso y manejo del agua por parte de los usuarios. Para facilitar la comprensión de la problemática e identificar mejor las relaciones causa–efecto, posibilitando en esa medida la proyección de objetivos y estrategias que alcanzarán perspectivas de solución de corto, mediano y largo plazo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

1.- Con el presente estudio se ha logrado diseñar el “Programa de gestión para el Manejo del Acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala”, mediante la aplicación del método ZOPP, siendo este una base conceptual sólida para dar solución a la problemática hidráulica prevaleciente en el acuífero. De esta manera se ha alcanzado el objetivo general del estudio, así como los objetivos específicos.

Cabe subrayar que a partir del análisis de la situación que prevalece en el acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala, aplicando paso a paso la metodología ZOOP, se obtuvieron como productos o resultados los siguientes:

- La integración del grupo de planeación.
- El árbol de problemas.
- El árbol de objetivos.
- La matriz de involucrados.
- La matriz de planeación del proyecto.
- La planeación operativa del proyecto.
- La estructura de ejecución del proyecto.

En los cuales, se señalan a las dependencias involucradas directamente en el desarrollo del programa, así como a las instituciones de apoyo. Se especifica el cómo y en qué parte del programa van a estar participando. Es importante contar con el compromiso de los involucrados, para dar seguimiento y evaluar el

desarrollo del programa, así como para mejorar y complementar los instrumentos de planeación.

El programa de gestión para el manejo integral del acuífero señala los resultados estratégicos en los cuales se deberá enfocar el trabajo de los involucrados, para así lograr un adecuado manejo del acuífero y evitar su sobreexplotación, estos son los que a continuación se mencionan:

- Uso eficiente del agua en el uso público urbano.
- Uso racional y sustentable del acuífero.
- Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero
- Mejora de la eficiencia en el uso del agua en la agricultura.
- Legislación adecuada.

2.- La implementación de los proyectos señalados en el Programa de Gestión para el Manejo Integral del acuífero, sugiere aprovechar el proceso de elaboración de los Programas Operativos Anuales (POAs), que estén acordes a los planes de desarrollo municipal y que estén dirigidos fundamentalmente al sector hidroagrícola, además para lograr los mejores resultados, los recursos que se apliquen se deberán alinear al resultado del Proceso Analítico Jerárquico que se aplico, que señala las líneas sobre las que se debe trabajar.

3. Cabe mencionar que aún cuando en términos programáticos estas cuatro sesiones bastaron para consultar a los usuarios (actores principales), los resultados obtenidos hubieran sido mejorados, con una mayor participación de representantes de dependencias (equipo multidisciplinario) para lograr los objetivos de consulta más altos, por lo tanto, es conveniente mencionar que los resultados obtenidos deben de considerar diversos factores que es importante tomar en cuenta, tales como:

- a) La precisión de la información del diagnóstico.
- b) El grado de sensibilización que cada grupo de usuarios manifiesta.
- c) Las condicionantes que cada grupo de usuarios consultado impone para su participación y toma de decisiones.
- d) El grado de facilidad con que se adaptan los usuarios a los esquemas de consulta que requiere el ZOPP.
- e) La dificultad para aislar el ejercicio de consulta para la planeación, respecto de sus problemas inmediatos que tienen del agua y que requieren una solución expedita.
- f) Las demandas de información específica como condicionante para continuar el proceso de consulta.

Estas son las causas de que la consulta con usuarios supere el número de reuniones reprogramadas.

Es importante mencionar que dentro de los esfuerzos al interior de la Comisión Nacional del Agua (CNA), se destaca la introducción del método ZOPP, Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos. Esta metodología es altamente participativa y asegura en un corto tiempo la formulación de una estrategia lógica de los proyectos para cumplir los objetivos planteados, incluyendo indicadores de evaluación y condicionantes externos. Permite igualmente la incorporación de los intereses y aportaciones de los distintos involucrados, y asegurar así un consenso para la aprobación de los proyectos, tanto en su formulación como en su ejecución.

Si bien el trabajo realizado ha sido de mucho compromiso y responsabilidad, la ejecución y los resultados de estas iniciativas pueden ser de mayor eficiencia en la medida que los involucrados manejen adecuadamente técnicas participativas

de planeación y seguimiento, del desarrollo de procedimientos de trabajo grupal y de monitoreo y evaluación del avance y los resultados de los proyectos. Para ello, se requiere gestionar la decisión de las instituciones, para asegurar su participación activa en la ejecución de las diferentes actividades que sean de su competencia y para establecer los mecanismos de coordinación interinstitucional.

En síntesis, la estrategia propuesta define el programa de trabajo a corto, mediano y largo plazo para estabilizar y mitigar la sobreexplotación del acuífero a través del aprovechamiento eficiente de las extracciones subterráneas, y del reuso del agua, como una medida indispensable para asegurar el abastecimiento de agua potable y apoyar el desarrollo de la Región, sin afectar a la población futura.

4. La zona de estudio se dividió en seis subcuencas hidrológicas denominadas: Subsistema acuífero Tecozautla, Subsistema acuífero Pathechitos, Subsistema acuífero Huichapan, Subsistema acuífero Nopala, Subsistema acuífero El Astillero cada una de ellas se considera como una subcuenca hidrogeológica, para fines de análisis de la unidad acuífera y presentan características muy variables entre ellas, como origen de recarga, propiedades hidráulicas, características geológicas que proporcionan varios esquemas de funcionamiento, en este sentido, las condiciones técnico estructurales tienen gran relevancia en cada una de ellas, debido a que según sea la intensidad del fracturamiento, así como la orientación de las fracturas se generan las condiciones de explotación y de interconexión entre las subcuencas, como es el caso de las subcuencas de taguít-Caltepantla con Tecozautla.

Tomando en cuenta que el éxito o el fracaso de un plan o proyecto de desarrollo, rara vez puede ser explicado por una sola causa. Las condiciones estructurales de un plan o proyecto y los factores que pueden ser influenciados por las decisiones y actuaciones de los grupos involucrados en su ejecución, juegan un papel de gran importancia.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda que en trabajos posteriores, se calibre, se valide y se corra el modelo matemático de simulación, referido en la revisión bibliográfica, por lo menos para dos escenarios, proyectados a 5 y/o 10 años, bajo condiciones actuales y bajo condiciones que consideren la implementación de los diversos proyectos señalados en el ejercicio de planeación participativa y alineados con el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), para observar realmente el comparativo entre ambos escenarios.

1. Se recomienda repetir al menos cada dos años el ejercicio del Proceso Analítico Jerárquico para observar si se mantiene la tendencia o es necesario reorientar la aplicación de los recursos por proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aparicio Mijares, F. J. 1996. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa; México, D. F. 303p. ISBN 968-18-3014-8
2. Ariel, Consultores, S. A. y CNA. *Estudio Hidrogeológico de la zona Tecozautla, Huichapan, Nopala, Estado de Hidalgo*. 1999.
3. CNA. 2003.- Programa Hidráulico Regional. Golfo Norte. Región IX.pg-13
4. CNA. Criterios recomendados para la caracterización e identificación de los actores claves. Resumen Ejecutivo. 1998.
5. CNA. Plan de Gestión Integral del Valle de Toluca, 2001.
6. CNA.- Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos Método ZOPP.
7. CNA-GEHGO. Programa Hidráulico de Gran Visión 2000-2025 del Estado de Hidalgo, 2000.
8. CNA-SGP. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006.
9. Comisión Estatal del Agua.- Gobierno del Estado de Hidalgo.-Calidad del Agua del Río San Juan (Hidalgo).-1997.
10. CONAGUA. 2006.- Estadísticas del Agua en México.-México.2006. pg-38
11. Consultores en Geología, S.A. (1977). Niveles Piezométricos 1972, Marzo 2003.
12. Custodio, E. / Lamas, M. R. Hidrología Subterránea, 2ª Ed., Omega, Barcelona España, 1157 p.
13. Dourojeanni, Axel.1998. Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable, aplicados a microregiones y cuencas (89/05/Rev1). Serie Ensayos, Santiago de Chile, Instituto latinoamericano y del Caribe de planificación, economía y social, 1991.
14. Escobar Villagran, B. Samuel. 2005.- Impacto de la Sobreexplotación de Acuíferos en los escurrimientos de la Cuenca del Río Laja.
15. Flores Tapia, R. "Gestión de proyectos en comunidades rurales del estado de Guanajuato", UNAM, 2002.
16. Gutiérrez Gómez, G. "La Gestión Integral de Cuencas Hidrológicas: Una alternativa de Solución al problema internacional de los recursos hidráulicos", UNAM, 2000.
17. Juntermanns Gerd. 1996.-Técnicas Apropriadas de Gestión de Proyectos.-Berlin-RFA. 1996.
18. Manual de referencia del SIZOPP, sistema de información para proyectos formulados con el método ZOPP". CNA, Diciembre 1999
19. Metodología de Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos.- Método Zopp. CNA. 2001.
20. Metodología de Planeación de proyectos Orientados a Objetivos (ZOPP). CNA, 2000.

21. Monsalve Sáenz, G. Hidrología en la Ingeniería. 2ª Ed., Alfaomega, México, D. F. 382 p. ISBN 970-15-0404-6.1999.
22. Piña Sánchez, R. A. "Propuesta de un Sistema de indicadores socioeconómicos para la planeación Hidráulica Regional, Mayo 2001.
23. SARH. Estudio Hidrogeológico, Consultores, S.A.1977.
24. SARH. Estudio Hidrogeológico, Tecnología y Sistemas, 1984.
25. Stretta y del Arenal. Estudio Hidrogeológico preliminar. UNAM. 1961.
26. Valdebenito Sergio. Guía Metodológica para la Planeación Participativa de Proyectos y Programas Relacionados con la Gestión Sustentable del Agua.2004.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AIMMGM	Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgias y Geólogos de México
AMLA	Academia Mexicana de Legislación Ambiental
AT	Asociaciones Técnicas
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
CANACINTRA	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
CC	Consejo de Cuenca
CCA	Consejo Consultivo del Agua
CEAA	Comisiones Estatales del Agua y Alcantarillado.
CEMCAS	Centro Mexicano de Capacitación en Agua y Saneamiento
CENATRYD	Centro Nacional de Transferencia de Tecnología de Riego y Drenaje
CEDEMUN	Centro Nacional de Desarrollo Municipal
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COEPO	Consejo Estatal de Población
COTAS	Comité Técnico de Aguas Subterráneas
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DOF	Diario Oficial de la Federación
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales
GAS	Gerencia de Aguas Subterráneas
GP	Grupo de Planeación del Taller ZOPP

GPH	Gerencia de Planeación Hidráulica – CNA
GRGC	Gerencia Regional Golfo Centro
GEHGO	Gerencia Estatal en Hidalgo
GSE	Grupo de Seguimiento y Evaluación del CC
GTC	Grupo Técnico Consultivo
ICA	Índice de Calidad del Agua
IIE	Instituto Internacional de Energía
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INIFAP	Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria.
CAPOSA	Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Huichapan.
JBIC	Banco Japonés de Cooperación Internacional
LAN	Ley de Aguas Nacionales
MPP	Matriz de Planeación del Proyecto
NOM	Norma Oficial Mexicana
ONGs	Organismos no Gubernamentales
PAC	Programa de Alianza para el Campo
PDU	Plan de Desarrollo Urbano
PEA	Población Económicamente Activa
PIB	Producto Interno Bruto
PHEHGO 2000-2025	Programa Hidráulico de Gran Visión 2000 – 2025 del Estado de Hidalgo
PMSAPAS	Plan Maestro de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
PND	Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006
PNH	Programa Nacional Hidráulico 2001-2006
PNMA	Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006
PRODEP	Programa de Desarrollo Parcelario
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCNM	Sistema de Cuentas Nacionales de México
SEDARH	Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEDUCOP	Secretaría de Desarrollo Urbano, Comunicaciones y Obras Públicas
SEGE	Secretaría de Educación del Gobierno del Estado
SEGAM	Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SICAFO	Sistema Integral de Capacitación y Formación
SGT	Subdirección General Técnica
SI-GEHGO	Subgerencia de Ingeniería de la Gerencia Estatal en Hidalgo
SNIM	Sistema Nacional de Información Municipal
SSA	Secretaría de Salubridad y Asistencia
SUIBA	Sistema Unificado de Información Básica del Agua
UPR	Unidad de Programas Rurales
ZOPP	Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos (siglas en alemán)

ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
Lps	litros por segundo
Msnm	metros sobre el nivel del mar
Mm³	Millones de metros cúbicos
m²/s ó m²/seg	Metro cuadrado sobre segundo
Ppm	partes por millón
SDT	Sólidos Disueltos Totales

ANEXOS

10.1. Árbol de Problemas

10.2. Árbol de Objetivos

10.3-A. Matriz de Planeación

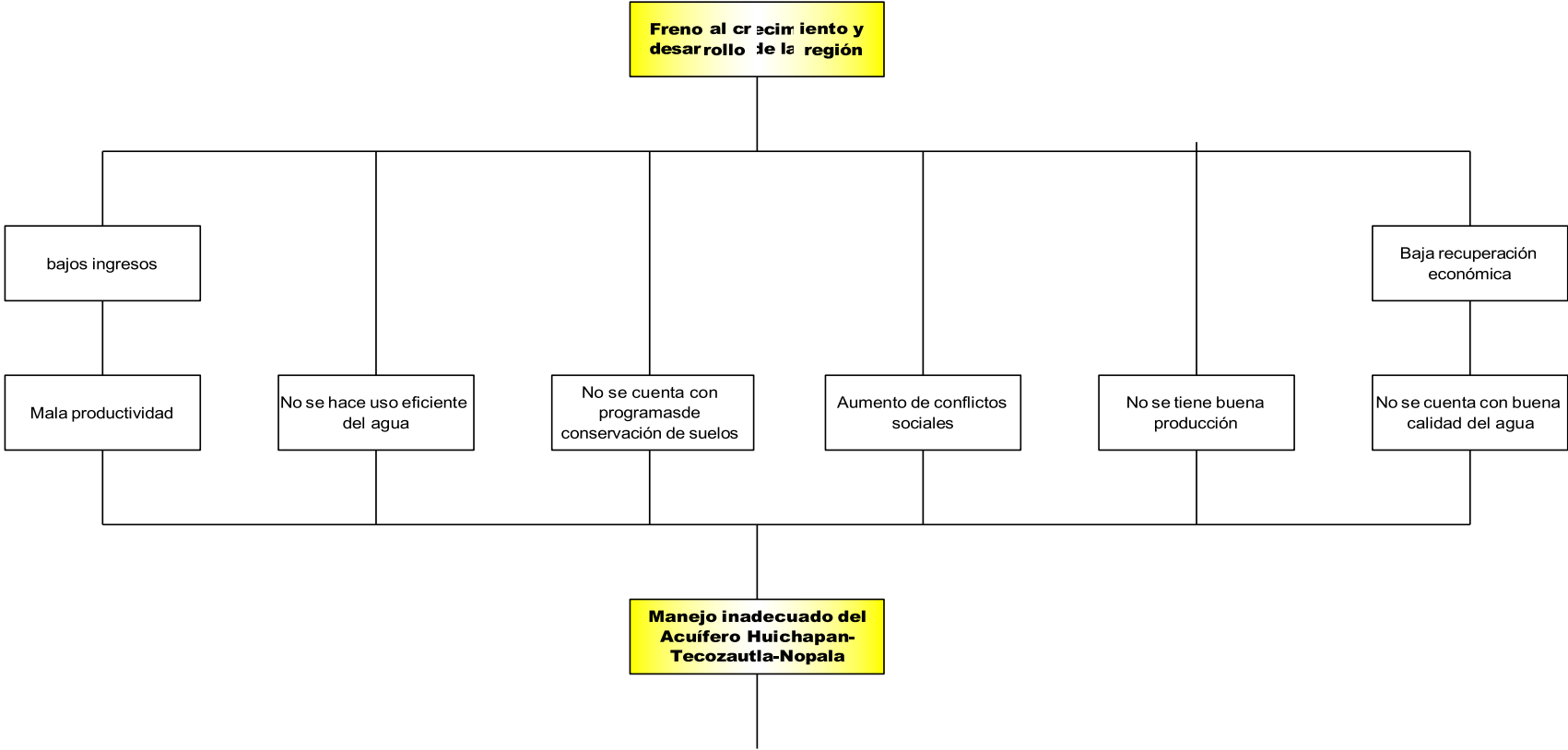
10.3-B. Matriz de Planeación

10.4. Planeación Operativa del Plan

- 10.4.1. Uso eficiente del agua en el uso público urbano
- 10.4.2. Mejora la eficiencia en el uso del agua en la agricultura
- 10.4.3. Uso racional y sustentable del acuífero.
- 10.4.4. Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero.
- 10.4.5. Legislación adecuada

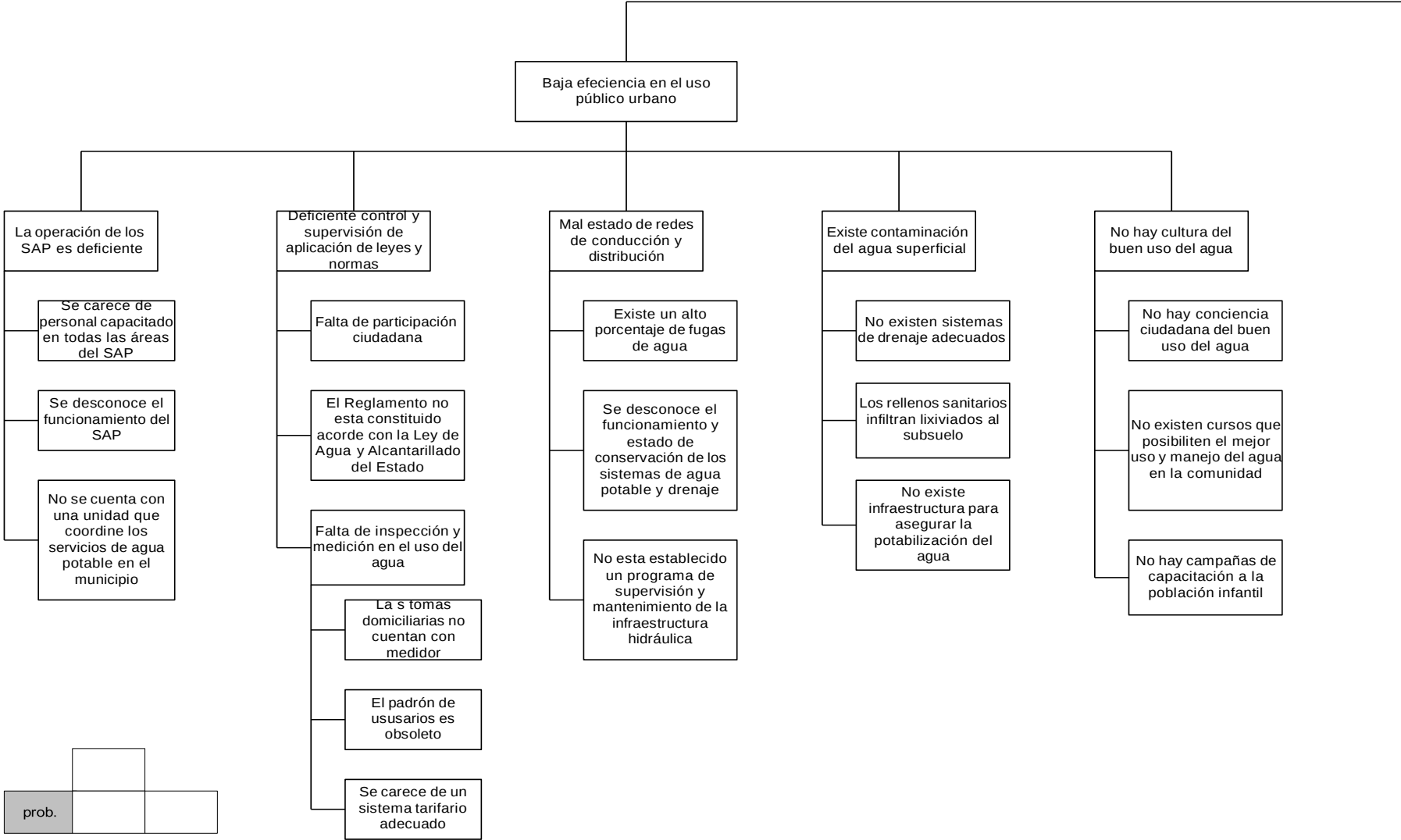
10.5. Proceso Analítico Jerárquico

Anexo 10.1. Árbol de Problemas (1/4)

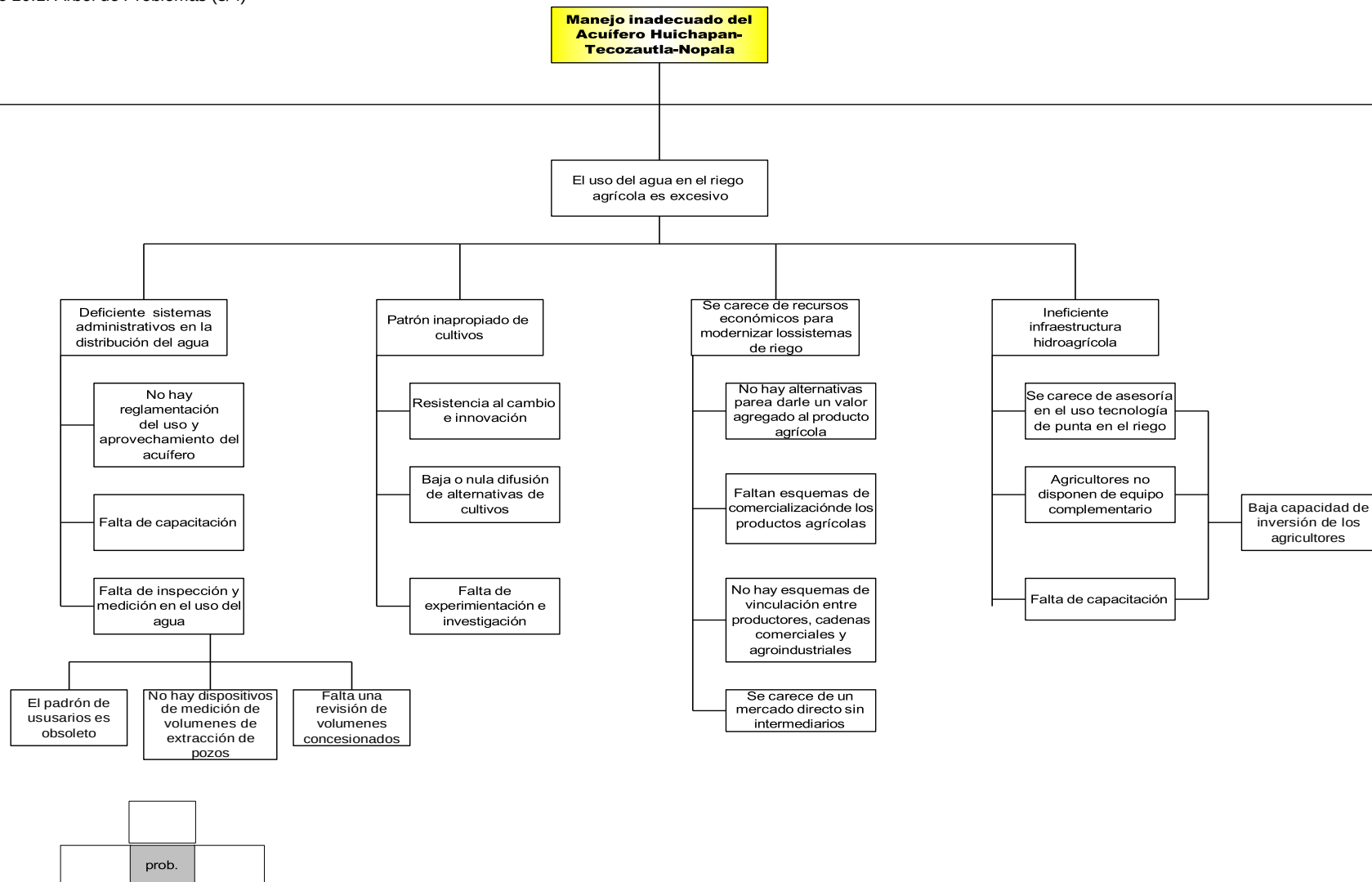


	prob.	

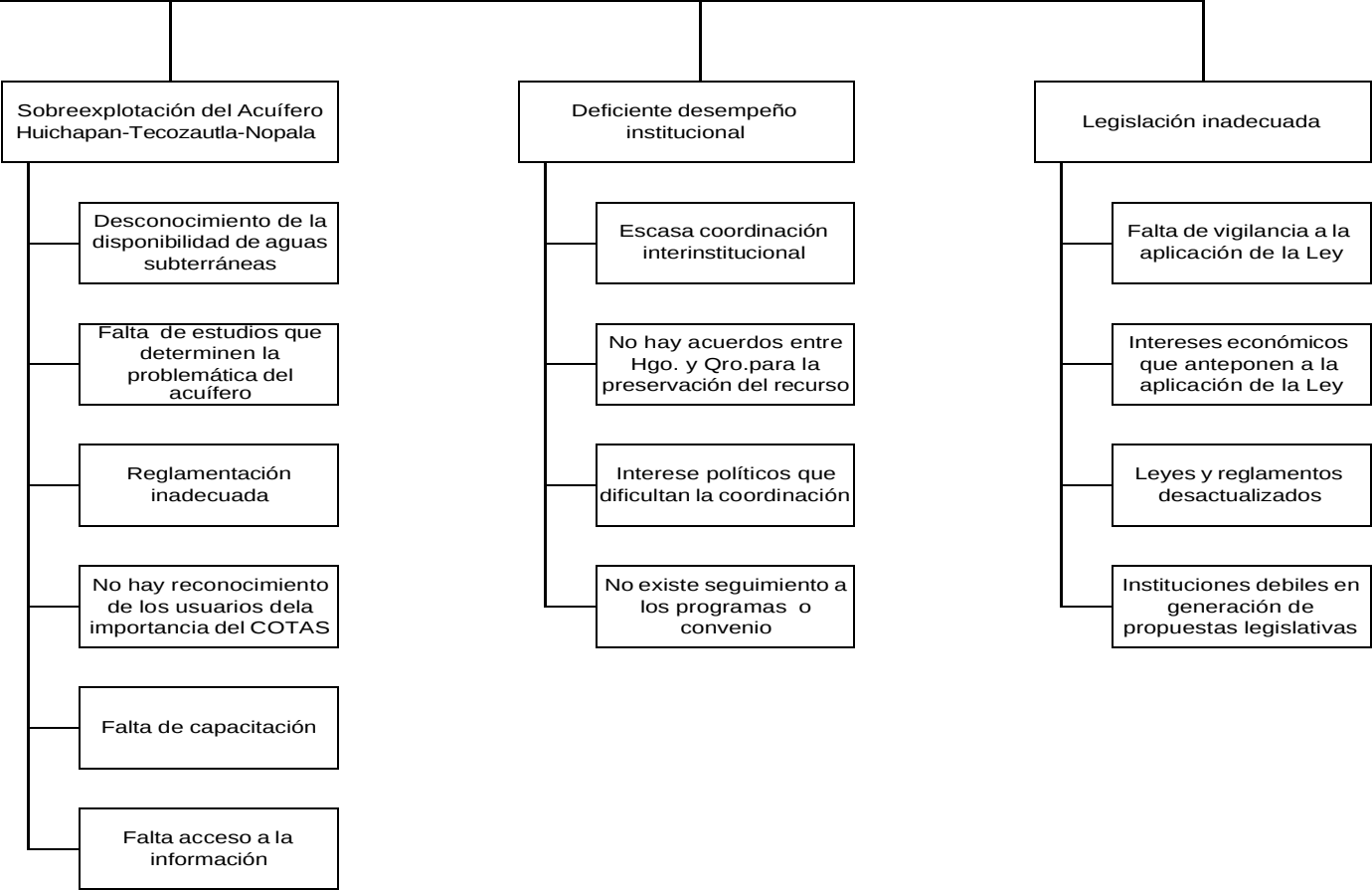
Anexo 10.1. Árbol de Problemas (2/4)



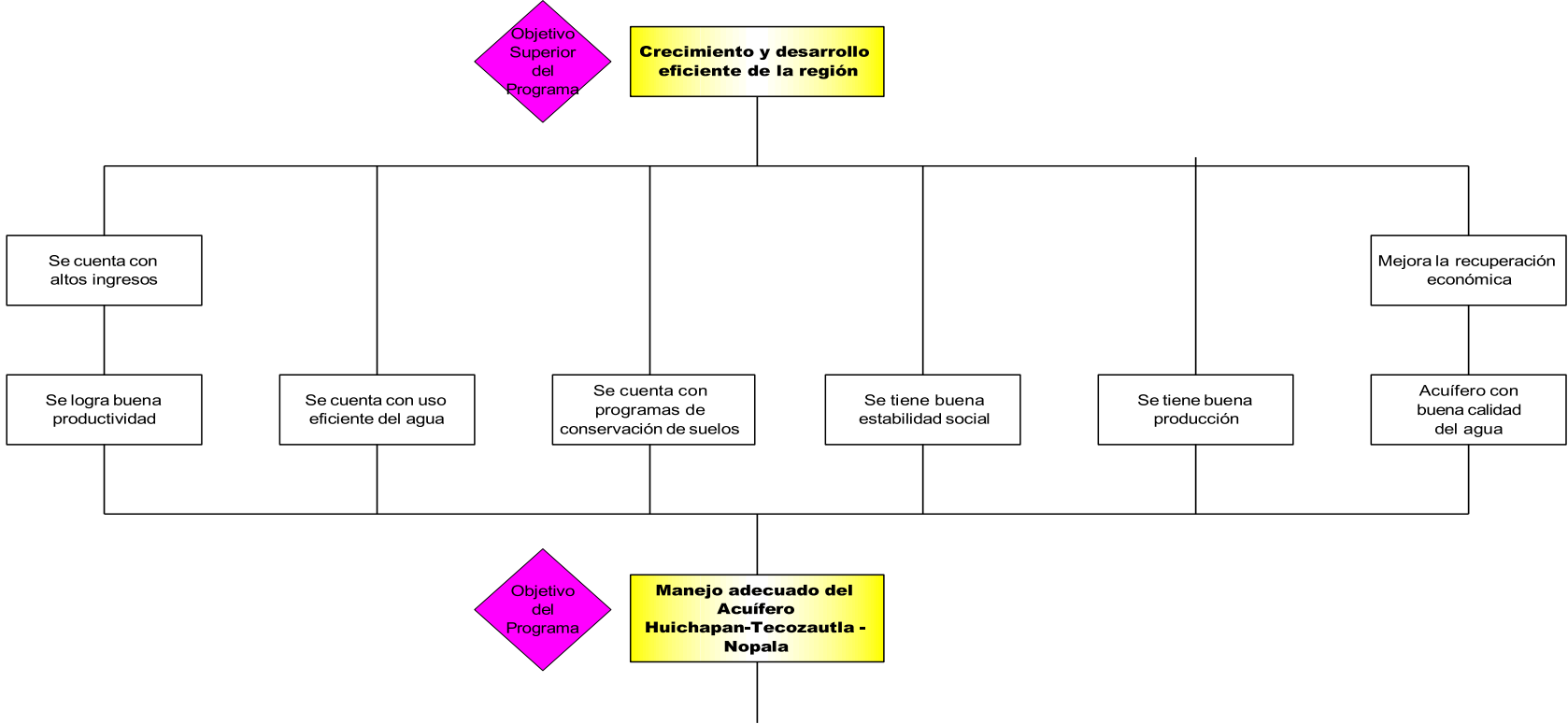
Anexo 10.1. Árbol de Problemas (3/4)



Anexo 10.1. Árbol de Problemas (4/4)

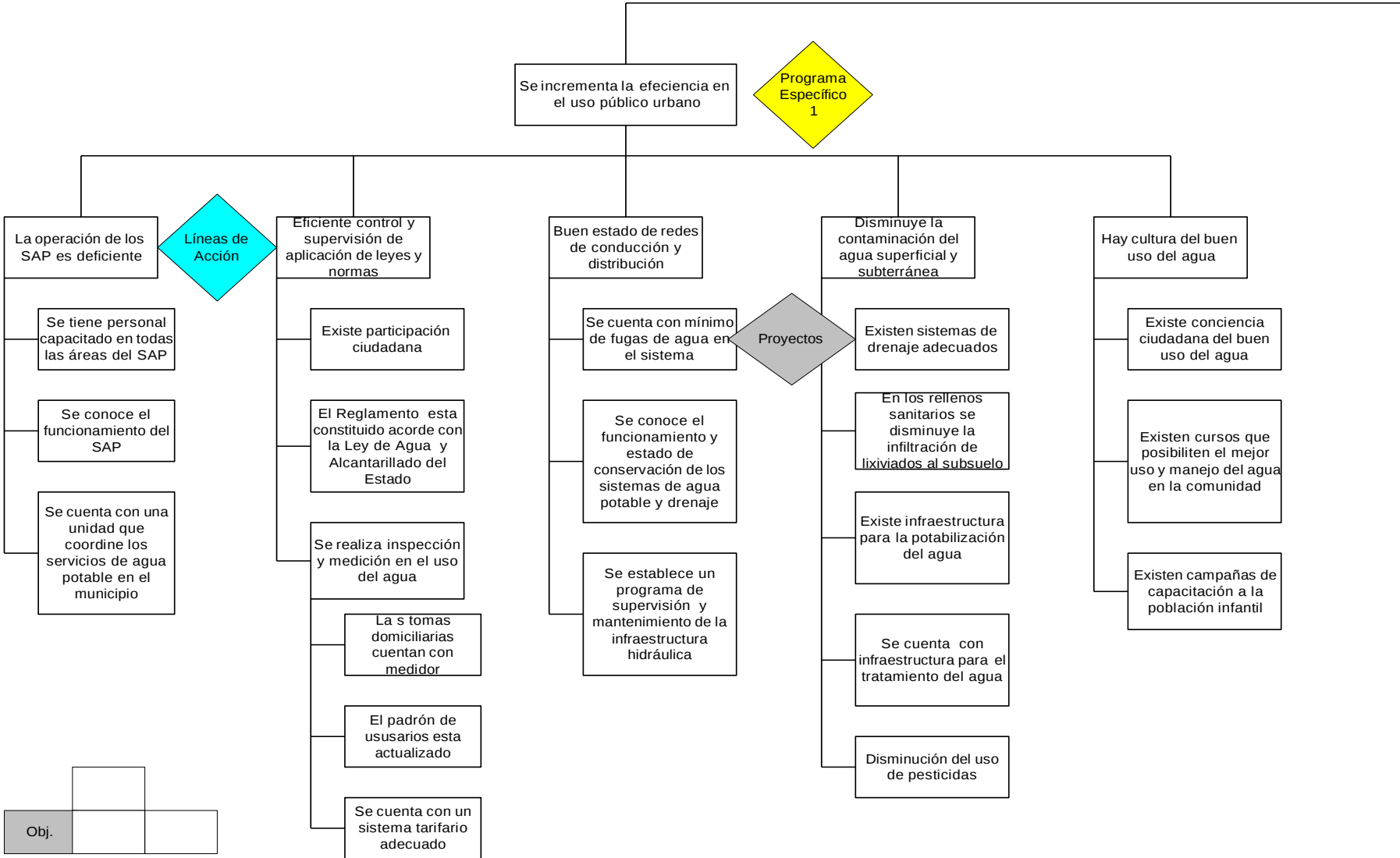


Anexo 10.2. Árbol de Objetivos (1/4)

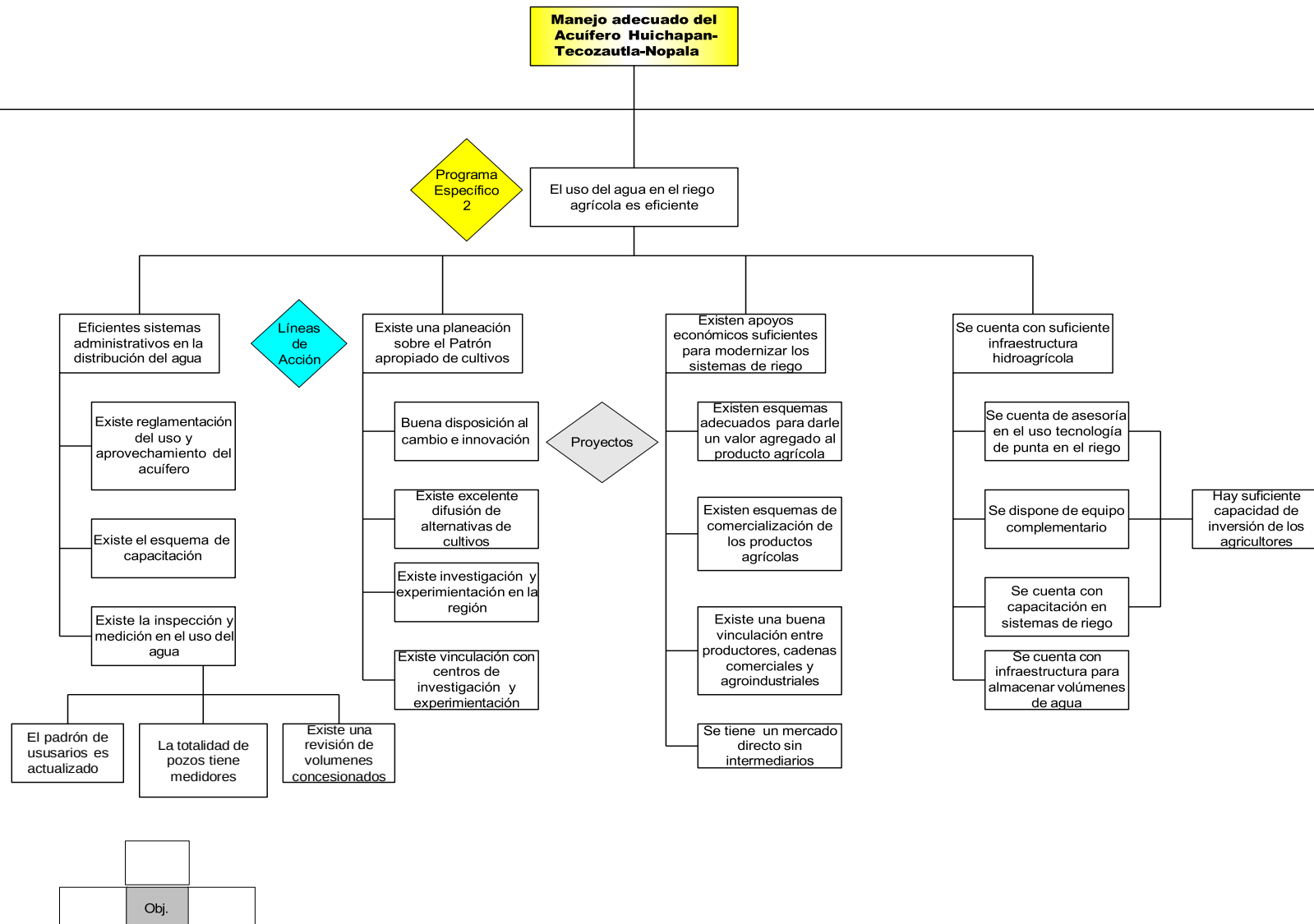


	obj.	

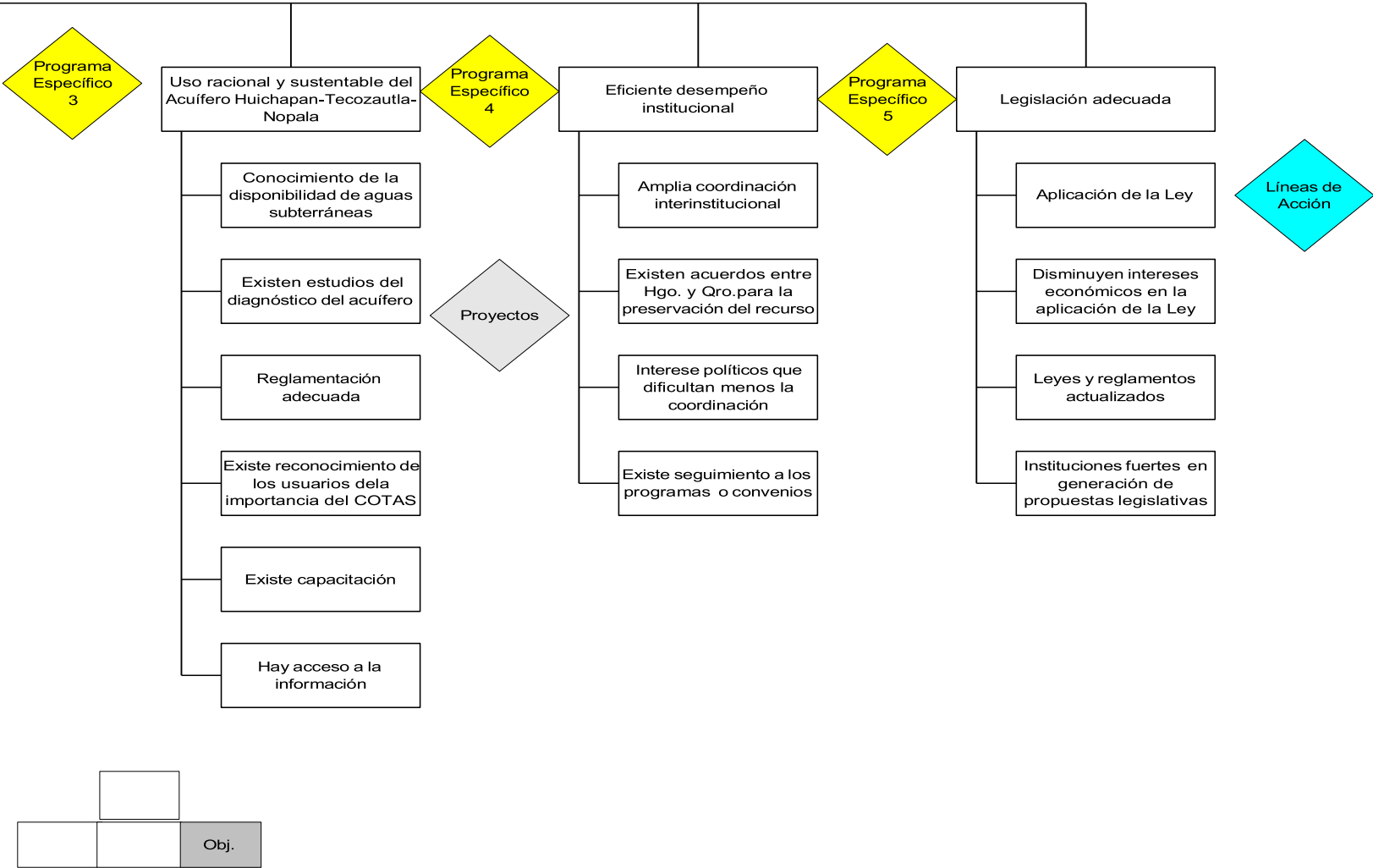
Anexo 10.2. Árbol de Objetivos (2/4)



Anexo 10.2. Árbol de Objetivos (3/4)



Anexo 10.2. Árbol de Objetivos (4/4)



Anexo 10.4.1-A. .Matriz de Planeación (MPP)

Objetivos y Actividades	Indicadores verificables objetivamente	Fuente de Verificación	Supuestos importantes
Objetivo Superior: Desarrollo sustentable de la región de Huichapan-Tecoautla-Nopala.	✓ Conservación y recuperación de los ecosistemas. ✓ Se incrementa la cobertura de servicios. ✓ Conservación y recuperación de ecosistemas.	✓ Análisis de Hábitat. ✓ Balances hidrológicos. ✓ Estadísticas sobre inversiones en la región.	✓ Condiciones políticas adecuadas. ✓ Gestión en tiempo y forma de los recursos. ✓ Se cuenta con el apoyo de la población para el proyecto.
Objetivo General del Programa: Se tiene un uso sustentable del acuífero.	✓ Mejoramiento de la calidad del agua ✓ Estabilización y recuperación de niveles (piezométricos).	✓ Sistema de Monitoreo de la calidad del agua. ✓ Análisis piezométricos	✓ Se cuenta con recursos para el desarrollo de la infraestructura.
Resultados/Producto			
1.- Se incrementa la eficiencia del agua en uso público urbano.	1.1 Consolidación de organismos operadores 1.2. Contar con el equipo de medición adecuado • Porcentaje de pérdidas. • Costo de m3 extraído • Porcentaje de reuso • Consumo per cápita 1.3. Se mejora el nivel de recaudación • Índice de rezago de cobertura en la infraestructura. • Índice de cobranza	1.1.-CAPOSA, COTAS, CEAA, CNA, MUNICIPIO. 1.2.-CAPOSA, COTAS. CNA, SAGARPA, CFE, CEAA. 1.3.-CAPOSA, CEAA y MUNICIPIO.	
2.- Mejora de la eficiencia en el uso del agua en la agricultura.	4.1.- Índice de sobreexplotación. 4.2.- Eficiencia de riego parcelario. 4.3.-Productividad por m3 por uso. 4.4.-Porcentaje de pérdidas 4.5.- Porcentaje de reuso. 4.6.- Consumo per cápita. 4.7.- Índice de tecnificación. 4.8.- Producción por m3 extraída por uso	4.1. CNA y COTAS 4.2.-FIRCO, SAGARPA, SEDARH. 4.3.-SAGARPA, SEDARH Y COTAS 4.4.-CAPOSA 4.5.-CNA, CEAA y CAPOSA 4.6.-CAPOSA 4.7.-FIRCO, SEDARH, SAGARPA, CNA. 4.8.-CFE, CNA, SAGARPA y COTAS	
3.- Uso racional y sustentable del acuífero.	2.1. Conocimiento de la disponibilidad del acuífero Huichapan-Tecoautla-Nopala. • Estudios de niveles piezométricos 2.2. Conocimiento de zonas de recarga • Estudios de factibilidad técnica integral 2.3. Conocimiento de la infraestructura que se requiere para la recarga del acuífero. • Revisión de volúmenes de extracción m3 por hectárea 2.4. Índice de información del acuífero obtenida vs la programada.	2.1.- CNA, CEAA, COTAS. 2.2. CNA, CEAA, COTAS. 2.3. CNA, CEAA, COTAS. 2.4. CNA, CEAA, COTAS.	
4.- Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero.	3.1. Cobertura de servicios 3.2. ingreso per cápita 3.3. Índice de calidad del agua		
5.- Legislación adecuada	5.1. Establecimiento de un marco legal adecuado al manejo integral de acuífero, que incluya información relativa al número de conflictos, índice de sobreexplotación, índice de sanciones, etc.	5.1. COTAS, CNA, PROFEPA	

Anexo 10.4.1-B. Matriz de Planeación (MPP)

Actividades principales	
Resultado 1.- Se incrementa la eficiencia del agua en uso público urbano.	
1.1. Elevar el nivel de eficiencia en la operación de los Sistemas de Agua Potable y proporcionar un mejor servicio a la población con actividades como:	• Capacitación del personal operativo • Adquisición de equipo para operar eficientemente el sistema • Programa de inspección y vigilancia
1.2. Mejoramiento de la Infraestructura Hidráulica Urbana a través de acciones como:	• Rehabilitación y modernización de la infraestructura hidráulica urbana • Inspección y medición en el uso del agua • Tratamiento de aguas residuales • Infraestructura para captar agua de lluvia • Infraestructura para potabilizar agua • Capacitación en el uso adecuado de pesticidas.
1.3. Disponer de un marco aplicado a la región.	• Adecuación del marco jurídico • Propuesta de Ley para evitar lixiviados • Elaboración de reglamento para comités de agua potable independientes
1.4. Fortalecimiento organizativo del Sistema de Agua Potable	• Impulso a la cultura del agua con la elaboración de textos relacionados con el manejo y cuidado del recurso. • Plan de ordenamiento. • Campañas de promoción y sensibilización a la población sobre el buen uso y ahorro del agua.
Resultado 2.- Mejorar la eficiencia del uso del agua en la Agricultura.	
4.1. Tecnificación de los sistemas de riego a través de acciones como:	▪ Contar con infraestructura hidroagícola. ▪ Asesoría técnica para definir el tipo de riego apropiado. ▪ Acceder a los programas de apoyo existentes.
4.2. Establecimiento de un patrón de cultivos rentable para la región.	▪ Elaboración de un diagnóstico de factibilidad agrícola. ▪ Capacitación sistemática a los productores (teórico-práctica).
4.3. Recuperación del acuífero.	▪ Balance hidráulico del acuífero.
Estudio de la infraestructura para la recarga del acuífero.	
Resultado 3.- Hacer un uso racional y sustentable del acuífero	
2.1. Conocimiento de la disponibilidad del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala, mediante acciones como:	• Elaboración del Diagnóstico del comportamiento del acuífero. • Operación de red de medición hidrométrica, piezométrica, climatológica y de calidad del agua. • Actualización del padrón de usuarios.
2.2. Obras para la recarga del acuífero con acciones como:	• Elaboración de proyectos de recarga. • Proyecto de reforestación de la cuenca. • Consolidación de áreas naturales protegidas. • Apoyos en la Aplicación del Ordenamiento Ecológico Territorial. • Elaboración de estudios de factibilidad técnica, económica, social, ambiental y legal para la construcción de almacenamientos.
2.3. Infraestructura de recarga del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.	▪
Resultado 4.- Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero.	
3.1. Propiciar la participación institucional en el manejo integral del acuífero a través de acciones como:	▪ Coordinación institucional para la atención de emergencias.
3.2. Establecimiento de mecanismos de comunicación y coordinación interinstitucional a través de:	▪ Establecimiento de mecanismos de coordinación e intercambio de información interinstitucional. ▪ Desarrollar un sistema integral de planeación, seguimiento y evaluación de las metas y programas de las distintas instituciones para la planeación de proyectos para la mejora del acuífero. ▪ Promoción y difusión de programas interinstitucionales.
3.3. Generación y difusión de la información actualizada del acuífero a través de:	▪ Establecer un centro de información de consulta del agua. ▪ Conocer y difundir el comportamiento hidráulico del acuífero de Huichapan-Tecozautla-Nopala.
Desarrollar herramientas para análisis de datos (Sistemas de información Geográfica).	
Resultado 5.- Legislación adecuada.	
5.1. Establecimiento de un marco legal adecuado para el manejo integral del acuífero	• Revisión y adecuación del marco jurídico • La elaboración de un Reglamento del acuífero. • La difusión del Reglamento y normatividad vigente. • Realizar convenios de coordinación entre el COTAS y las instituciones involucradas.

Anexo 10.4.1. Uso eficiente del agua en el uso público urbano

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
1.1. Consolidación de los organismos operadores.		Personal capacitado				
1.1.1.- Elaborar diagnóstico de eficiencias.						
1.1.1.1. Inventario de equipo y el estado físico en que se encuentra.	Los comités y organismos elaborarán su propio Inventario.	Conocimiento de Equipo y necesidades.	2 MESES		Organismos Operadores, Comités de Águas independientes.	Municipio, CNA, CFE, CEAA y COTAS
1.1.1.2 Conocer el perfil del personal operativo y administrativo.	Realizar evaluación de puestos.	Conocimiento de Puestos y la capacidad actual del Personal.	1 mes		Organismos Operadores, Comités Agua Potable independientes.	Municipio, COTAS Universidades
1.1.1.3 Evaluar el Sistema Administrativo.	Analizar y evaluar los procesos Administrativos.	Eficiencia procesos Administrativos.	3 meses		Organismos Operadores, Comités de Agua Potable independientes.	Municipio, COTAS Universidades
1.1.1.4 Conocimiento de la Red de Agua Potable.	Revisión Física y de Gabinete del S. A. P.	Conocimiento pleno de los S. A. P.	3 meses		Organismos Operadores, Comités de Agua Independientes	CEA, CNA, MUNICIPIO, COTAS
1.1.2. Verificar la existencia o falta de planos de los S. A. P y Alcantarillado.						
1.1.2.1 Elaborar inventario de Planos.	Acopio de Planos.	Conocimiento de Planos existentes y faltantes.	1 mes		Organismos Operadores, Comités de Agua Independientes.	Municipio, CEA, CNA, INEGI
1.2.2 Realizar análisis comparativo para determinar la procedencia de su actualización	Revisión física y de Gabinete	Información Confiable y verificable	2 meses		Organismos Operadores Comités de Aguas	Municipio, CEAA , CNA
1.2.3 Elaboración de Planos Faltantes	Revisión física y trabajo de Gabinete	Contar con todos los planos de los diferentes S.A.P y Alcantarillado	1 mes		Organismos Operadores Comités de Aguas	Municipio, CEAA , CNA
1.1.3. Conocer las fuentes y programas de financiamiento de las distintas dependencias.						
1.1.3.1. Recopilación de información.	Solicitud de Información a las dependencias.	Conocer a que programa se puede acceder.	1 mes		COTAS, Municipio, Gobierno del Estado y CEAA.	CEAA, SEMARNAT, SAGARPA, CONAFOR, FIRCO, SEDESOL, COEDE, ETC.
1.1.3.2 Conocer las reglas de operación y requisitos.	Análisis y Selección de las acciones y programas viables.	Conocimiento de la fuente de financiamiento mas idónea.	02 meses		COTAS, Municipio, Gobierno del Estado, y CNA, CEAA.	CEAA, SEMARNAT, SAGARPA, CONAFOR, FIRCO, SEDESOL, COEDE, ETC.

Anexo.- 10.4.1. -Continuación. Uso eficiente del agua en el uso público urbano

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
1.1.4. Mejorar el suministro de agua potable.						
1.1.4.1 Diagnóstico para conocer la situación de la prestación del servicio.	Aplicación de encuestas a usuarios.	Conocer las necesidades reales de la población.	1 mes		CAPOSA (Org. Operador) Comités de Agua Potable	Municipio, Universidades y Instituciones de Investigación COTAS.
1.1.4.2 Detección de infraestructura obsoleta.	Cambio de Infraestructura obsoleta.	Mejor calidad en el servicio de suministro.	6 meses		Organismo Operador Comités de Agua Potable.	Municipio, CEAA, CNA, COTAS.
1.1.4.3- Diagnóstico de operatividad del sistema.	Ampliación de la infraestructura.	Optimizar el suministro de agua.	2 meses		Organismo Operador Comités de Agua Potable	Municipio, CEA, CNA, COTAS
1.1.4.4. Detección y cancelación de tomas clandestinas con la aplicación de la Ley.	Supervisión y vigilancia del S. A. P	Minimizar el numero de tomas clandestinas.	2 meses		Organismo Operador Comités de Agua Potable	Municipio, CEAA COTAS
1.1.5. Capacitar al personal operativo						
1.1.5.1. Identificar las necesidades de capacitación técnicas y administrativas.	Elaborar el diagnostico de necesidades de capacitación por organismos operadores.	Conocer las necesidades reales de capacitación de los organismos operadores.	1 mes		Organismos operadores Comités de agua potable	COTAS, Municipios, CEAA, CNA
1. 1.5.2. Unificar el diagnostico de necesidades de capacitación para elaborar el programa regional y vincularlo con el COTAS.	Elaborar el programa Regional de Capacitación.	Contar con un programa integral de capacitación y funcionamiento.	2 meses		Organismos operadores Comités de agua potable, COTAS	Municipios, CEAA, CNA
1.5.3 Elaborar un padrón de dependencias o prestadores de servicios de capacitación.	Presentar el programa de capacitación al seno del G. S. E. para solicitar el apoyo de las instancias participantes.	Tener identificadas las fuentes de capacitación y financiamiento de los organismos operadores.	2 meses		Organismos operadores Comités de agua potable, COTAS	Municipios, CEAA, CNA
1.1.5.4. Gestionar los recursos necesarios para ejecutar los servicios de capacitación.	Seleccionar y contar o convenir los servicios de capacitación.	Ejecutar el programa de capacitación.	4 meses		Organismos operadores Comités de agua potable, COTAS	Municipios, CEAA, CNA

Anexo.- 10.4.1. -Continuación. Uso eficiente del agua en el uso público urbano

1.1.6. Mejorar la calidad del agua						
1.1.6.1.- Elaborar el diagnostico de calidad del agua de los organismos operadores.	Realizar análisis químicos y bacteriológicos, de las fuentes de abastecimiento.	Identificar y cuantificar los parámetros que resulten deficientes.	3 meses		Organismos operadores Comités de agua potable y municipios	S.S.A., CEAA, CNA.
1.1.6.2.- Proteger las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable.	Instalar cercados perimetrales a fuentes de abastecimiento.	Disminuir el riesgo de contaminación de fuentes de abastecimiento.	1 año		Organismos Operadores, Municipios, CEAA	CNA
1.1.6.3.- Incrementar las coberturas de desinfección.	Instalación de equipos necesarios.	Mejorar los parámetros de calidad del agua.	1 año		Organismos Operadores, Comités de agua potable y municipios, CEAA	CNA
1.1.6.4.- Reglamentar y supervisar el servicio de suministro de agua potable en pipas.	Elaborar el reglamento de servicio de agua potable en pipas y el programa de supervisión.	Mejorar el control y la calidad del servicio de suministro de agua potable en pipas.	5 meses		Organismos operadores, municipio	S.S.A, CEAA
1. 1.6.5.- Supervisión de las aplicaciones de las normas de calidad del agua.	Realizar programa de monitoreo permanente.	Cumplimiento de la norma.	Permanente (semanal)		SSA, Organismos Operadores Comités de Agua Potable, Municipios.	CNA, CEAA,
1.1.7. Gestionar la elaboración del plan de desarrollo						
1.1.7.1.- Elaborar solicitud al INVIDAH.	Consensuar términos de la solicitud y presentarla ante INVIDAH.	Aprobar la elaboración del plan de desarrollo.	1 mes		Organismos Operadores , Municipios, COTAS.	Gobierno Estatal, CEAA, CNA
1. 1.7.2.- Dar seguimiento al trámite de solicitud.	Verificar avances en la gestión.	Contar con los planes Municipales de desarrollo.	Permanente		Organismos Operadores , Municipios, COTAS	Gob. Estatal, CNA, COTAS

Tabla 4.7.-Continuación. Uso eficiente del agua en el uso público urbano

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
1.2. Contar con el equipo de medición adecuado						
1.2.1. Elaborar un análisis de costos y calidad de medidores.						
1.2.2. Seleccionar y adquirir equipo de micromedición.						
1.2.3. Instalar medidores a todos los usuarios						
1.2.3.1.- Identificar tomas domiciliarias sin medición.	Actualización del padrón de usuarios.	Conocer las Necesidades reales de equipamiento (medidores)	4 meses		Organismos Operadores, municipios y Comités de Agua Potable	CEAA, CNA
1.2.3.2.- Determinar y priorizar sitios de instalación.	Elaborar expedientes Técnico económicos.	Contar con el programa de trabajo para incrementar la cobertura de micro y macro medición	2 meses		Organismos Operadores, municipios y Comités de Agua Potable, COTAS.	CEAA, CNA
1.2. 3.3.- Obtener listado de proveedores confiables o fabricantes certificados por CNA.	Seleccionar y cotizar con los proveedores que se adapten a las necesidades.	Adquirir el mejor equipo de medición al costo más económico.	1 mes		Organismos Operadores, municipios y Comités de Agua Potable.	COTAS, CEAA, CNA, IMTA, ANEAS.
1.2.3.4.- Identificar instancias o programas para gestionar y aprobar los recursos.	Solicitar información a CNA y CEAA respecto a programas de apoyo.	Conocer las fuentes y montos viables de inversión.	1 mes		Organismos Operadores, municipios y Comités de Agua Potable	CNA, CEAA, COTAS, BANOBRAS.
1.2.3.5.- Suministrar e instalar equipo de macro y micro medición.	Aplicar el programa de trabajo priorizado.	Incrementar la cobertura de macro y micro medición	1 año.		Organismos Operadores, municipios y Comités de Agua Potable	CNA, CEAA, COTAS
1.2.3.6.- Supervisar funcionamiento de macro y micro medición y aplicar mantenimiento.	Elaborar programa de supervisión y mantenimiento de macro y micro medición.	Optimizar la macro y micro medición.	1 año.		Organismos Operadores, municipios y Comités de Agua Potable	COTAS, CEAA, CNA, IMTA, CEMCAS
1.2.4. Supervisar el funcionamiento de la macro y micro medición y aplicar mantenimiento.						

público urbano

T
a
b
l
a

4
.
7
.
-
C
o
n
t
i
n
u
a
c
i
ó
n
.

U
s
o

e
f
i
c
i
e
n
t
e

d
e
l

a
g
u
a

e
n
e
l

u
s
o

1.3. Se mejora el nivel de recaudación.						
1.3.1. Actualización del Padrón de usuarios						
1.3.2. Establecer programas de recuperación de cartera vencida, aplicando la ley.						
1.3.2.1.- Identificar Usuarios Morosos	Elaborar censo casa x casa	Padrón de usuarios elaborado	01/07/04 15/12/04		Organismos operadores, Comités de agua potable	CNA, CEAA, Instituciones Educativas
1.3.2.2.- Difundir información de costos de operación de S. A. P	Implementar campañas de difusión.	Sensibilizar de Usuarios.	Permanente		Organismos Operadores y Comités de agua potable independientes.	CEAA, CNA, COTAS
1.3.2.3.- Requerir pago a morosos	Aplicar sanciones de acuerdo a la Ley.	Minimizar la cartera vencida.	5 meses		Organismos operadores, Com. de agua potable, Municipios.	CNA, CEAA, COTAS
1.3.2.4.- Modernizar sistemas de registro y facturación.	Adquirir software y hardware.	Eficientar el sistema de cobro.	5 meses		Municipio, Organismos operadores, Comités de agua potable	CEAA, CNA, IMTA
1.3.3. Adecuación de tarifas						
1.3.3.1.- Realizar estudio tarifario.	Analizar costos de operación y clasificar usuarios por rangos de consumo.	Determinar tarifas de autosuficiencia.	5 meses		Organismos Operadores, Comités de Agua potable, Municipios.	CEAA, CNA
1.3.3.2. Solicitar autorización de tarifas por el congreso local	Fundamentar y presentar la Solicitud al congreso	Obtener autorización de tarifas	6 meses		Organismos operadores, Comités de Agua potable, Municipios.	CEAA, Gob. Del Estado

Tabla 4.8.-Mejora la eficiencia en el uso del agua en la agricultura.

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
4.1. Tecnificación de los sistemas de riego						
4.1.1.- Contar con infraestructura hidroagrícola.						
4.1.2.- Asesoría técnica para definir el tipo de riego apropiado.						
4.1.3.- Acceder a los programas de apoyo existentes.						
4.2.- Establecimiento de un patrón de cultivos rentable para la región.						
4.2.1.-Elaboración de un diagnóstico de factibilidad agrícola.						
4.2.2.- Capacitación sistemática a los productores (teoría-práctica)						
4.3.- Recuperación del acuífero.						
4.3.1.- Balance hidráulico del acuífero.						
4.3.2.- Estudio de infraestructura para la recarga del acuífero.						

Tabla 4.8. Continuación-.Mejora la eficiencia en el uso del agua en la agricultura.

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
4.3 Realizar programas de transferencia de tecnología	Diseñar estrategias de adopción de tecnologías de los diferentes sectores	Conocer cuales son las tecnologías más adecuadas por sector	Permanente		COTAS, CNA	INTERAPAS, SEDARH, CEA, UASLP, AYTO, INIFAP IMTA
3.3.1 Elaboración de diagnóstico de tecnología utilizada	A través de análisis de información existente, encuestas, entrevistas y talleres participativos	Conocer el nivel tecnológico utilizado por los diferentes sectores	Del mes 1 al mes 3		COTAS, CNA	CNA, INTERAPAS, SAGARPA, SEDARH, CEA, UASLP
3.3.2 Desarrollar programas de transferencia de tecnología por sector	A partir de un análisis estratégico proponer programas de transferencia de tecnología	Identificar planes y proyectos específicos por sector	Del mes 3 al mes 4		COTAS, CNA	UASLP, COL. DE SAN LUIS, CNA, INTERAPAS, CEA, INIFAP, IMTA, INSTITUCIONES DE INGENBNIERIA ELECTRICA
3.3.3 Identificar organizaciones, instituciones y dependencias para apoyos	Mediante visitas y análisis de reglas de operación de los diferentes programas	Conocer quiénes y cómo pueden apoyar la transferencia de tecnología	Del mes 4 al mes 5		COTAS, CNA	AYTO. CEA, SEDARH, SAGARPA Y FUNDACIÓN PRODUCE, CONAE
3.3.4 Impulsar la adopción de tecnología por los diferentes sectores	Que los diferentes sectores adopten la tecnología para un uso eficiente del agua	Lograr que los usuarios adopten tecnología acorde a sus necesidades y capacidades	Permanente		COTAS/USUARIOS	CNA, SAGARPA, CFE, SEDARH, SEGAM, CEA, SEDESOL
3.3.5 Evaluación y seguimiento	Mediante visitas y encuestas conocer el impacto de la tecnología adoptadas	Análisis de indicadores para mejorar y/o actualizar tecnología aplicada	Permanente	Sin costo	COTAS, CNA	UASLP, COL. DE SAN LUIS, ITESM, CFE, CNA, INTERAPAS, SEDARH

Anexo 10.4.3.-Uso racional y sustentable del acuífero

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
3. 1. Conocimiento de la disponibilidad del acuífero de Huichapan-Tecoautla-Nopala.		Publicación de la Disponibilidad del acuífero.				
3. 1. 1.- Elaborar el diagnóstico del comportamiento del acuífero.						
3. 1. 1. 1. Sensibilizar a los usuarios para el proyecto.	Llevar a cabo reuniones con los usuarios.	Aprobación, validación y publicación de la disponibilidad.	1 mes.		COTAS	Asociaciones, Unidades de Riego, A. A. P. Representantes de pozos, CNA.
3. 1. 1. 2.- Recopilación de toda la información existente.	Solicitud de información oficial.	Conocimiento de la información oficial existente y de campo.	1 mes.		COTAS	CNA, CFE, CEAA, Universidades, SEMARNAT, SAGARPA, COEDE, IMTA, Usuarios.
3. 1. 1. 3.- Actualización y complementación de la información existente.	Actualización de la información.	Contar con información confiable para la elaboración del diagnóstico.	1 mes.		COTAS	CNA, CFE, CEAA, Universidades, PEMEX, SEMARNAT, SAGARPA, COEDE, IMTA, Usuarios.
3. 1. 1. 4.- Sistematización de la información.	Captura y procesamiento de la información.	Diagnóstico de funcionamiento del acuífero y toma de decisiones.	5 Meses.		CNA, COTAS, CEAA.	CFE, Universidades, PEMEX, SEMARNAT, SAGARPA, COEDE, IMTA, Usuarios.
3. 1. 2. Operación de la red de medición hidrométrica, piezométrica, climatológica y de calidad del agua.						
3. 1. 2. 1. Identificar la infraestructura existente.	Solicitud de información a las dependencias involucradas.	Conocer la infraestructura de medición de la región.	1 mes		COTAS	CNA, CEAA, CFE, SEMARNAT, SAGARPA, COEDE, IMTA, Usuarios, Universidades.
3. 1. 2. 2. Proponer lugares para su ubicación.	Solicitar a la CNA asesoría para ubicación de estaciones.	Mejora de la red de medición de la región.	1 mes		COTAS	CNA, CEAA, CFE, SEMARNAT, SAGARPA, COEDE, IMTA, Usuarios, Universidades.

Anexo 10.4.3. Continuación- Continuación. Uso racional y sustentable del acuífero.

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
3. 1. 2. 3. Instalar Estaciones.	Solicitar infraestructura moderna y acceso a su información.	Contar con infraestructura de medición.	2 meses.		COTAS, CNA	SEMARNAT, SAGARPA,
3. 1. 2. 4. Capacitación al personal	Solicitar e implementar cursos de capacitación	Personal capacitado confiable.	Permanente		COTAS, CNA	CEAS, ICATI, SAGARPA.
3. 1. 2. 5. Operación de la red de medición.	Obtención de lecturas en forma sistemática.	Información actualizada y precisa de la región.	Permanente.		COTAS, CNA.	CNA, CEAA, SAGARPA, CNA, Protección Civil, Inst.. Nac. De Meteorología, Universidades.
3. 1. 3. Actualización del Padrón de Usuarios.						
3. 1. 3. 1. Obtener el formato oficial del padrón de usuarios.	Solicitar a la CNA el padrón de usuarios.	Obtener el padrón de usuarios oficial.	1 mes		COTAS	CNA, Asociación de usuarios.
3. 1. 3. 2. Análisis de la información del padrón de usuarios	Confrontar la información obtenida con la información de campo	Padrón depurado y actualizado.	1 mes		COTAS	CNA, CFE, CEAA, Asociación de usuarios.
3. 1. 3. 3. Procesar la información e integrarla.	Captura y verificación.	Sistematización del padrón de usuarios.	1 mes.		COTAS	CNA, Asociación de usuarios.
3. 2. Conocimiento de lugares de recarga del acuífero.						
3.2.1. Elaboración de proyecto de recarga						
3.2.1.1. Sensibilización de usuarios y población.	Realizar pláticas, talleres, foros, trípticos y sensibilizar a la población en general.	Despertar la conciencia y el apoyo de la población.	Permanente		COTAS, SEMARNAT	CONAFOR, CNA, Universidades.
3. 2. 1. 2. Identificar alternativas de recarga por tipo de actividad.	Elaborar propuestas de la información más adecuada.	Identificación de alternativas de recarga por actividad productiva	1 mes		SEMARNAT, COTAS, CNA.	COEDE, CONAFOR, INVIDH, CEAA, Municipios.
3.2.1.3. Diseño de proyectos específicos.	Elaboración de los expedientes técnicos.	Gestión y ejecución de la obra.	Permanente.		COTAS, Comité de Obras.	Gob. Fed.,

Anexo 10.4.3. Continuación- Continuación. Uso racional y sustentable del acuífero

3. 2. 2.- Obras para la recarga del acuífero.						
3. 2. 2.1.. Sensibilización de usuarios y población.	Realizar pláticas, talleres, foros, trípticos y sensibilizar a la población en general.	Despertar la conciencia y el apoyo de la población.	Permanente		COTAS, SEMARNAT	CONAFOR, CNA, Universidades.
3. 2. 2. 2. Identificar alternativas de recarga por tipo de actividad.	Elaborar propuestas de la información más adecuada.	Identificación de alternativas de recarga por actividad productiva	1 mes		SEMARNAT, COTAS, CNA.	COEDE, CONAFOR, INVIDH, CEA, Municipios.
3.2.2.3. Diseño de proyectos específicos.	Elaboración de los expedientes técnicos.	Gestión y ejecución de la obra.	Permanente.		COTAS, Comité de Obras.	Gob. Fed.,
3.2.3.- Proyecto de Reforestación de la Cuenca						
3.2.3.1. -Concientizar a la población sobre la importancia de la preservación del medio ambiente (Flora y Fauna).	Implementar campañas de información sobre reforestación.	Fomentar la cultura ecológica a la protección del medio ambiente.	Permanente		COEDE CONAFOR	CNA, SEP, CFE, COTAS, MUNICIPIOS, SEDENA
3.2.3.2.- Conocer los proyectos existentes dentro de la cuenca.	Solicitar la información de las Dependencias	Evaluar los avances que se tienen y complementarlos	1 mes		COTAS	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.3.3.-Obtener programa de reforestación.	Elaborar un programa de seguimiento a la reforestación.	Definición de Áreas especies, cronogramas requerimiento de recursos etc.	2 meses		COEDE CONAFOR	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.3.4.- Solicitar apoyos económicos y técnicos.	Hacer solicitud a dependencias.	Recursos Técnicos Económicos, Humanos.	2 meses		COTAS	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.4.- Consolidación de áreas naturales protegidas						
3.2.4.1.- Identificar las A. N. P.	Reconocimiento y solicitud del área por parte de los pobladores	Contar con áreas de conservación	2 meses		Municipio, Ayuntamientos, COTAS	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS

Anexo 10.4.3.-Continuación. Uso racional y sustentable del acuífero

3.2.4.2.- Llevar a cabo visitas técnicas con la autoridad.	Visita de Reconocimiento por parte de la institución encargada.	Definición del área	1 mes		SEMARNAT COEDE	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.4.3. Contar con el plan de manejo del A. N. P.	Elaboración del programa de manejo.	Definir las políticas de Desarrollo del área.	5 meses		COEDE SEMARNAT	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.4.4.- Detectar el área natural protegida.	Definir instancias de autoridad para detectar.	Asegurar jurídicamente el área	2 meses		SEMARNAT, COEDE, Municipios	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.5. Apoyar en la Aplicación del estudio de Ordenamiento Ecológico Territorial (O. E. T.)						
3.2.5.1.- Identificar estudios de ordenamiento existentes .	Solicitar a las dependencias, analizar y aplicar el ordenamiento.	Conocerlos y tomar decisiones para su aplicación	2 meses		COTAS	CNA, CONAFOR, SEMARNAT, SAGARPA, INVIDAH, COEDE, MUNICIPIOS, UNIVERSIDADES, CEAA.
3.2.5.2.- Difundir con autoridades y población los Estudios de Ordenamiento.	Difundir con los medios de comunicación, presidencias y en reuniones.	Generar estudios de impacto ambiental autorizados en congruencia con O.E.T.	2 meses		MUNICIPIOS	CNA, CONAFOR, SEMARNAT, SAGARPA, INVIDAH, COEDE, MUNICIPIOS, UNIVERSIDADES, CEAA
3.2.6.- Elaborar los estudios de factibilidad técnica, económica, social, ambiental y legal para construcción de almacenamientos-						
3.2.6.1.- Recopilar y actualizar expedientes técnicos de las presas y bordos	Solicitar a las dependencias que cuentan con información	Contar con toda la información para la toma de decisiones	01/07/04 31/08/04		CNA	CONAZA, SEDESOL, SAGARPA, COTAS, AGRICULTORES, BANCOS
3.2.6.2.- Gestionar los permisos correspondientes	Hacer la petición procedente	Cumplimiento de la Normatividad	01/07/04 31/10/04		CNA, COTAS	CONAZA, SEDESOL, SAGARPA, COTAS, AGRICULTORES, BANCOS
3.2.6.3.- Gestionar permisos para la construcción de la obra	Identificar fuentes de financiamiento e iniciar Gestión	Contar con los recursos	01/08/04 31/07/05		CNA, COTAS	CONAZA, SEDESOL, SAGARPA, COTAS, AGRICULTORES, BANCOS

Anexo 10.4.3. Continuación. Uso racional y sustentable del acuífero

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
3. 3. Conocimiento de Infraestructura requerida para la recarga del acuífero						
3.3.1.- Instalación de estaciones Hidrometeorológicas, piezométricas, Climatológicas						
3.3.1.1.- Difundir la Normatividad.	Promover talleres con los usuarios sobre los beneficios.	Conocimientos del gasto en m3 en cada aprovechamiento y cumplir la norma.	2 meses		CNA COTAS	Todos los usuarios
3.3.2.- Construcción de presas de almacenamiento						
3.3.2.1.- Elaboración del anteproyecto.	Características Técnicas o datos técnicos.	Contar con toda la información para la elaboración del proyecto.	1 mes		CNA	SAGARPA, CONAZA, AGRICULTURA, SEDESOL, FIRCO
3.3.2.2.- Elaboración del proyecto ejecutivo.	Integración de la información técnica definitiva , económica y social.	Construcción de una obra técnicamente confiable.	2 meses		CNA	SAGARPA, CONAZA, AGRICULTURA, SEDESOL, FIRCO
3.3.2.3.- Elaborar términos de referencia.	Definir las condiciones técnicas y económicas para la construcción del proyecto.	Determinar como vamos a querer el producto del proyecto	1 mes		CNA, COTAS	SAGARPA, CONAZA, AGRICULTURA, SEDESOL, FIRCO
3.3.2.4.- Concursos de proyectos para su construcción .	Invitación a empresas a conformar expedientes conforme a la normatividad.	Desarrollo del proyecto en sus mejores condiciones técnicas y económicas	3 a 5 años		CNA, COTAS	CNA, CONAFOR, SEDESOL, SAGARPA, SOP AGRICULTURA, FIRCO, CONAZA
3.3.3.- Tecnificación de sistemas de riego						
3.3.3.1.- Conocer las tecnologías en sistemas de riego	Solicitar asesorías a empresas en la materia	Identificar alternativas de producción con menor consumo de agua	01/07/04 30/09/04		COTAS SAGARPA	Agricultores, FIRCO, FIRA, Universidades, CICA(Institutos), INIFAP, Otros Países
3.3.3.2 Capacitación a usuarios en tecnologías de riego.	Invitación y organización a cursos taller.	Cambiar la cultura agrícola de los usuarios.	6meses		COTAS SAGARPA	Agricultores, FIRCO, FIRA, Universidades, CICA(Institutos), INIFAP, Otros Países

Anexo 10.4.3. Continuación. Uso racional y sustentable del acuífero.

3.3.3.3- Gestionar la implantación de tecnología en proyectos de riego.	Invitación a empresas para la demostración de sus tecnologías.	Selección de las mejores empresas con su tecnología	2 meses		COTAS SAGARPA	Agricultores, FIRCO, FIRA, Universidades, CICA(Institutos), INIFAP, Otros Países
3.3..3.4 Identificar los cultivos más rentables con menor consumo de agua	Gestión de apoyos económicos y construcción y operación de proyectos	Aplicación de Tecnología	3 años		COTAS SAGARPA	Agricultores, FIRCO, FIRA, Universidades, CICA(Institutos), INIFAP, Otros Países
3.3.4.- Proyecto de reforestación de la cuenca.						
3.3.4.1.- Concientizar a la población sobre la importancia de la preservación del medio ambiente (Flora y Fauna).	Implementar campañas de información sobre reforestación.	Fomentar la cultura ecológica y la protección del medio ambiente.	Permanente		COEDE CONAFOR	CNA, SEP, CFE, COTAS, MUNICIPIOS, SEDENA
3.3.4.2.- Conocer los proyectos existentes dentro de la cuenca.	Solicitar la información de las Dependencias.	Evaluar los avances que se tienen y complementarlos.	1 mes		COTAS, COEDE, CONAFOR	CNA, SEMARNAT, SEDESOL, SEDESOL, CONAZA, MUNICIPIOS
3.3.4.3.- Obtener programa de reforestación.	Elaborar un programa de seguimiento a la reforestación.	Definición de áreas, especies, cronogramas, requerimiento de recursos etc.	2 meses		COTAS, COEDE CONAFOR	CNA, SEMARNAT, SEDESOL EDO., CONAZA, MUNICIPIOS
3.3.4.4.- Solicitar apoyos económicos y técnicos.	Hacer solicitud a dependencias.	Recursos Técnicos Económicos, Humanos.	2 meses		COTAS	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS

Anexo 10.4.3. Continuación. Uso racional y sustentable del acuífero

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
3.2.2. Proyecto de reforestación de la cuenca.						
3.2.2.1 Concientizar a la población sobre la importancia de la preservación del medio ambiente (Flora – Fauna).	Implementar campañas de información sobre reforestación.	Fomentar la cultura ecológica y la protección del medio ambiente.	Permanente		COEDE CONAFOR	CNA, SEP, CFE, COTAS, MUNICIPIOS, SEDENA
3.2.2.2. Conocer los proyectos existentes dentro de la cuenca.	Solicitar la información de las Dependencias.	Evaluar los avances que se tienen y complementarlos.	1 mes		COTAS, COEDE, CONAFOR	CNA, SEMARNAT, SEDESOL, SEDESOL, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.2.3. Obtener programa de reforestación.	Elaborar un programa de seguimiento a la reforestación.	Definición de áreas, especies, cronogramas, requerimiento de recursos etc.	2 meses		COTAS, COEDE CONAFOR	CNA, SEMARNAT, SEDESOL EDO., CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.2.4 Solicitar apoyos económicos y técnicos.	Hacer solicitud a dependencias.	Recursos Técnicos Económicos, Humanos.	2 meses		COTAS	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.3. Consolidación de áreas naturales protegidas (A. N. P.).						
3.2.3.1.1 Identificar el A. N. P.	Reconocimiento y solicitud del área por parte de los pobladores.	Contar con áreas de conservación.	02 meses		Municipio, Ayuntamientos, COTAS	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2.3.2. Que la autoridad lleve a cabo visitas técnicas a estos sitios(A. N. P.).	Visita de Reconocimiento por parte de la institución encargada.	Definición del área	1 mes		SEMARNAT COEDE	CNA, COEDE, CONAFOR, SEMARNAT, SEDESOL, EDO, CONAZA, MUNICIPIOS
3.2. 3.3. Contar con el plan de manejo del A. N. P	Elaboración del programa de manejo	Definir las políticas de Desarrollo del área.	3 meses		COEDE CONAFOR SEMARNAT	CNA, SEDESOL EDO., CONAZA, MUNICIPIOS.
3.2.3.4. Detectar el área natural protegida.	Definir instancias de autoridad para detectar.	Asegurar jurídicamente el área.	1 mes		SEMARNAT, COEDE, CONAFOR, Municipios	CNA, SEDESOL EDO., CONAZA, MUNICIPIOS

Anexo 10.4.3. Continuación. Uso racional y sustentable del acuífero

Actividades y subactividades	Ficha Descriptiva	Resultados Esperados	Cronograma	Costo Estimado	Responsable de la Ejecución	Instituciones de Apoyo
3.2.4. Apoyos en la aplicación del ordenamiento ecológico territorial						
3.2.4.1.-Identificar estudios de ordenamiento existentes.	Solicitar a las dependencias, analizar y aplicar el ordenamiento.	Conocer los planes de ordenamiento y tomar decisiones para su aplicación.	1 mes		COTAS	CNA, CONAFOR, SEMARNAT, SAGARPA, INVIDAH, COEDE, MUNICIPIOS, UNIVERSIDADES, CEAA.
3.2.4.2.- Difundir con autoridades y población los Estudios de Ordenamiento.	Difundir con los medios de comunicación, presidencias y en reuniones de trabajo del COTAS	Generar estudios de impacto ambiental autorizados en congruencia con O.E.T	2 meses		MUNICIPIOS	CNA, CONAFOR, SEMARNAT, SAGARPA, INVIDAH, COEDE, MUNICIPIOS, UNIVERSIDADES, CEAA
3.2.5. Elaboración de estudios de factibilidad técnica, económica, social, ambiental y legal para la construcción de almacenamientos.						
3.2.5.1.- Recopilar y actualizar expedientes técnicos de las presas y bordos.	Solicitar a las dependencias que cuentan con información.	Contar con toda la información para la toma de decisiones.	2 meses		CNA, CEAA, COTAS	CONAZA, SEDESOL, SAGARPA, COTAS, AGRICULTORES, FIRA, FIRCO; BANCOS
3.2.5.2.- Gestionar los permisos correspondientes.	Hacer la petición procedente.	Cumplimiento de la Normatividad.	3 meses		CNA, CEAA, COTAS	CONAZA, SEDESOL, SAGARPA, COTAS, AGRICULTORES, FIRCO, FIRA, BANCOS
3.2.5.3.- Gestionar permisos para la construcción de la obra	Identificar fuentes de financiamiento e iniciar Gestión.	Contar con los recursos.	1 año		CNA, CEAA, COTAS	CONAZA, SEDESOL, SAGARPA, COTAS, AGRICULTORES, BANCOS

Anexo 10.4.4. Participación y coordinación institucional para el manejo integral del acuífero