



---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE HIDALGO  
Instituto de Ciencias  
Agropecuarias**

---

**“EXPERIENCIAS DE MANEJO Y  
CONSERVACIÓN DEL ACUIFERO DE  
VALLES CENTRALES DE OAXACA,  
HACIA UN DESARROLLO  
SUSTENTABLE”**

---

**Tesina Que Para Obtener el Grado de  
Ingeniero Agroindustrial Presenta:**

**Silvia Monica Olvera Barrios**

---

**Director:  
Dr. Rafael Germán Campos Montiel**

---

**Tulancingo, Hidalgo, julio del 2007**

## **ASESORES**

***M.B. Diana Jaqueline Pimentel González***

***Dra. Alma Delia Hernández Fuentes***

***Dra. Irma Caro Canales***

***Dra. Rosa Hayde Alfaro Rodríguez***

## INDICE

	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
	<b>INDICE DE CUADROS</b>	6
	<b>INDICE DE FIGURAS</b>	7
	<b>RESUMEN</b>	8
<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>1.2.</b>	<b>Objetivo general</b>	12
<b>1.3.</b>	<b>Objetivos particulares</b>	12
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	13
<b>2.1.</b>	<b>Acuífero</b>	13
2.1.1.	Definición de acuífero	13
2.2.	Clasificación de acuífero	14
2.2.1.	Acuíferos libres	14
2.2.2.	Acuíferos confinados	15
2.2.3.	Acuíferos semiconfinados	15
2.2.4.	Acuíferos colgados	16
2.2.5.	Recarga	17
2.2.6.	Sobreexplotación	19
2.2.7.	Contaminación del agua subterránea	19
<b>2.3.</b>	<b>Desarrollo Sustentable</b>	20
2.3.1.	Condiciones de Desarrollo Sustentable	23
<b>2.4.</b>	<b>Sistemas de riego</b>	23
2.4.1.	Definición de sistema de riego	23
2.4.1.1.	Riego por goteo	23
2.4.1.2.	Riego por aspersión	23
2.4.1.3.	Riego por micro aspersión	24
2.4.1.4.	Fertirrigación	24
<b>2.5.</b>	<b>Descripción geográfica del Estado de Oaxaca</b>	25
2.5.1	División política	25
2.5.2	Población	26
2.5.2.1	Población indígena	26

2.5.3	Ingresos	27
<b>2.6.</b>	<b>Recursos Naturales</b>	<b>30</b>
2.6.1.	Orografía	30
2.6.2.	Suelo	31
2.6.3.	Clima	32
2.6.4.	Bosque	33
2.6.5.	Flora y fauna	34
2.6.6.	Cuenca hidrológica	35
2.6.7.	Hidrología	40
2.6.8.	Agua	42
<b>2.7.</b>	<b>Antecedentes de la sobreexplotación del acuífero de Valles Centrales</b>	<b>44</b>
2.7.1.	Situación del acuífero Valles Centrales	44
2.7.2.	Usos del agua	47
2.7.2.1.	Desarrollo de las zonas de riego	48
<b>2.8.</b>	<b>Métodos utilizados para el análisis y evaluación de problemáticas</b>	<b>50</b>
2.8.1.	Método de planeación orientada a objetivos (ZOPP)	50
2.8.1.1.	Características del método ZOPP	51
2.8.1.2.	Fases del método ZOPP	51
<b>2.9.</b>	<b>Marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)</b>	<b>54</b>
2.9.1.	Los atributos básicos que definen desde la metodología MESMIS	55
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>56</b>
<b>3.1.</b>	<b>Descripción del área de estudio</b>	<b>56</b>
<b>3.2.</b>	<b>Métodos</b>	<b>59</b>
3.2.1.	Información y difusión	60
3.2.2.	Implementación de la planeación por objetivos con la aplicación del método de planeación por proyectos orientada a objetivos (ZOPP)	60
3.2.3.	Marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)	61
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>66</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultados información y difusión</b>	<b>66</b>

<b>4.2</b>	<b>Resultados de planeación por objetivos con la aplicación del método de planeación de proyectos orientada a objetivos (ZOPP)</b>	<b>67</b>
4.2.1.	Desarrollo de acciones	68
<b>4.3.</b>	<b>Resultados del marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)</b>	<b>81</b>
4.3.1.	Aplicación de encuesta	81
4.3.2.	Cambios tecnológicos en los sistemas hidroagrícolas en la micro región San Pablo Huixtepec	83
4.3.3.	Caracterización de los subsistemas de producción	83
4.3.4.	Sistemas de riego	87
4.3.5.	Los resultados de los indicadores diseñados para evaluar el sistema hidroagrícola	89
4.3.6.	Resultados de los atributos básicos para evaluar conforme al MESMIS	104
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>109</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>112</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>115</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Número de cuadro.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>1</b>	Número de encuestas programadas	62
<b>2</b>	Comparativo de las encuestas programadas y realizadas	81
<b>3</b>	Distribución de los usuarios por municipio y unidad de riego	82
<b>4</b>	Encuestas aplicadas por tipo de riego y tenencia de la tierra	83
<b>5</b>	Actividades económicas preponderantes	84
<b>6</b>	Costos de producción de cultivo de alfalfa	90
<b>7</b>	Costos de producción de cultivo de maíz	91
<b>8</b>	Número de riegos por hectárea	92
<b>9</b>	Tiempo de riego	94
<b>10</b>	Rendimiento y productividad por tipo de riego	95
<b>11</b>	Participación en asambleas	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Número de figura.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1	Esquema tipo de acuíferos	16
2	Flujo del agua subterránea	18
3	Regiones de Oaxaca	26
4	Mapa grado de marginación del Estado de Oaxaca	28
5	Mapa regiones hidrológicas de Oaxaca	37
6	Zonas de abatimiento del acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca	46
7	Gráfica de usos del agua	48
8	Esquema de planeación de proyectos	54
9	Ubicación de los Valles Centrales de Oaxaca	57
10	Estructura del Comité Técnico de Aguas Subterráneas	69
11	Detalle del sistema de información geográfica	73
12	Esquemas a y b, gráficas de recuperación del acuífero Valles Centrales de Oaxaca	79
13	Sistema productivo Valles Centrales de Oaxaca	85

## RESUMEN

El agua está siendo considerada como un factor crítico para el desarrollo de las naciones, y quizá sea el recurso que define los límites del desarrollo sustentable, ya que no sólo es indispensable para el desarrollo económico y social de la humanidad sino también para el funcionamiento de los ecosistemas del planeta (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

En los Valles Centrales de Oaxaca el agua subterránea representa una de las principales fuentes de abastecimiento, y el uso agrícola consume el 72% del agua subterránea respecto a los demás usos, como en muchas regiones del país. Sin embargo la tendencia de su uso ineficiente ha generado patrones de consumo poco sustentables, lo que provocó su deterioro y sobreexplotación en sitios puntuales, ocasionando entre otros aspectos el incremento en los costos de extracción de agua y de producción, para los productores agrícolas, así como una reducción de las superficies de siembra (Ríos, 2006).

Para resolver esta problemática, la Comisión Nacional del Agua, desarrolló en coordinación con los usuarios del agua, pertenecientes al Comité Técnico de Aguas Subterráneas de los Valles Centrales de Oaxaca (COTAS) y diversas Instituciones Estatales y Organizaciones no Gubernamentales, diversos talleres de planeación con el método ZOPP (Planeación Orientada a Objetivos), con los cuales fue posible determinar los problemas centrales, así como las causas y efectos de la problemática hidráulica, situación que sentó las bases de planeación para el desarrollo de acciones en esta región en los ámbitos: administrativo, técnico, organizativo y productivo, que consistieron en la tecnificación del riego a nivel parcelario, diversificación del patrón de cultivos, capacitación, intercambio de experiencias con agricultores exitosos



de diversas partes del país, establecimiento de espacios municipales de cultura del agua; tratamiento de aguas residuales, y reforestación entre otras acciones, logrando revertir la sobreexplotación del acuífero e incrementar los niveles de producción y productividad de los cultivos, además del establecimiento y la concertación de acciones con autoridades de los tres órdenes de gobierno con un esquema de transversalidad, la sociedad organizada y los usuarios del agua.

En este trabajo se pretende documentar la experiencia profesional en el manejo y la gestión exitosa de los recursos hídricos, para lograr la estabilidad y sustentabilidad del Acuífero de Valles Centrales de Oaxaca; servir como modelo para implementar acciones similares, que eviten el deterioro de otros acuíferos; como alternativas para favorecer un uso sustentable del agua subterránea y evitar su sobreexplotación.

## I. INTRODUCCION

El 70% de la superficie de la tierra es agua, pero sólo el 2.5% de toda esa agua es dulce, la demás es agua de mar y no se puede tomar y tres cuartas partes de ese 2.5% están congeladas en los icebergs. Es decir que sólo el 0.01% del agua dulce que existe en el planeta es aprovechable para consumo humano. Por esta razón el agua es considerada, como un factor crítico para el desarrollo de las naciones, y quizá sea el recurso que define los límites del desarrollo sustentable, ya que no sólo es indispensable para el desarrollo económico y social de la humanidad sino también para el funcionamiento de los ecosistemas del planeta.

Se considera, que México recibe en promedio 773 mm de precipitaciones al año lo que se traduce en una importante disponibilidad de agua, 455 mil millones de m<sup>3</sup> al año o 5000 m<sup>3</sup>/hab./año, pero su distribución es desequilibrada tanto en espacio como en tiempo. En el Norte del país, se tiene un promedio de 1,930 m<sup>3</sup>/hab./año mientras que en el sur el promedio es de 15,270 m<sup>3</sup>/hab./año (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

Situación que provoca insuficiencias en las aguas superficiales y subterráneas para el abastecimiento, lo que a su vez conduce a sobreexplotación de acuíferos; sin dejar de lado la contaminación, que ha reducido el potencial de uso de varios acuíferos, ríos y cuerpos de agua (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

El presente trabajo documenta la experiencia local exitosa, durante el tiempo que colabore en la Gerencia Regional Pacífico Sur de la Comisión Nacional del Agua, con sede en Oaxaca, Oaxaca, para resolver la problemática de uso ineficiente del agua en los Valles Centrales de Oaxaca, que genero su abatimiento en diversas áreas puntuales, para lo cual fue necesario involucrar a la sociedad, autoridades, usuarios

del agua e implementar diversas alternativas de solución mediante el manejo y la gestión de los recursos hídricos subterráneos y el manejo integral de cuencas, con el fin de lograr la estabilidad y sustentabilidad de este cuerpo de agua subterránea, el cual se localiza dentro de la porción central del Estado de Oaxaca, en el sureste de la República Mexicana.

La experiencia inicia con la obtención de información técnica suficiente para la toma de decisiones, partiendo de los resultados de los diversos estudios realizados al Acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca, lo que permitió ubicar las zonas con mayor abatimiento, recarga y extracción, así como determinar el volumen de agua utilizado para cada uno de los sectores usuarios.

Para conocer la problemática técnica y organizativa en relación con la sobreexplotación del Acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca, se realizó un diagnóstico y talleres de planeación participativa orientada a objetivos, con apoyo del Método ZOPP, contando con la participación de usuarios del agua, autoridades y técnicos, lo que permitió identificar y sistematizar los problemas centrales, las causas y los efectos de los problemas del agua en la región.

Como resultado de este proceso se detectaron 12 problemas centrales, destacando el uso ineficiente del agua, la contaminación por descargas de aguas residuales y residuos sólidos; la deforestación y erosión de las cuencas; el abatimiento del Acuífero de los Valles Centrales y las bajas coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento; así como la dispersión de acciones institucionales y la escasa coordinación e insuficiente participación social en la ejecución de programas y proyectos con una visión de manejo integral de cuencas.

## **1.2. Objetivo General**

Aplicar metodologías para lograr el manejo y conservación de las aguas subterráneas de los Valles Centrales de Oaxaca, hacia un desarrollo sustentable.

## **1.3. Objetivos Particulares**

- (1) Describir la experiencia de cambio tecnológico hidroagrícola implementado por la Comisión Nacional del Agua, en la región de los Valles Centrales de Oaxaca.
- (2) Demostrar que las estrategias implementadas permiten mantener el equilibrio en cantidad y calidad de las aguas subterráneas de los Valles Centrales de Oaxaca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Acuífero

#### 2.1.1.- Definición de acuífero.

Un acuífero es cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento (Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, 2004). Otro concepto, lo define como aquel estrato o formación geológica que permite la circulación del agua por sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrarnos con materiales muy variados como gravas de río, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, depósitos de dunas (Custodio y Llamas, 1983).

En lugares alejados de ríos, lagos o mares, los acuíferos son a menudo la única fuente de agua disponible, especialmente en áreas como los desiertos. A veces esta agua sale a la superficie por sí sola a través de una naciente, manantial, vertiente, aguas termales o géiser. La zona del subsuelo en la que los huecos están llenos de agua se llama zona saturada. El nivel superior de la zona freática se conoce como nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a muy diferentes profundidades, dependiendo de las circunstancias geológicas y climáticas, desde sólo unos centímetros hasta centenas de metros por debajo de la superficie. En la mayoría de los casos la profundidad varía con las circunstancias meteorológicas de las que depende la recarga de los acuíferos. El nivel freático no es horizontal, a diferencia del nivel superior de los mares o lagos, sino que es irregular, con pendiente

monótonamente decreciente desde el nivel fijo superior, al nivel fijo inferior. Por encima de la zona saturada, desde el nivel freático hasta la superficie, se encuentra la zona no saturada o zona vadosa, en la que la circulación es principalmente vertical, representada principalmente por la percolación, la circulación movida por la gravedad del agua de infiltración (Comisión Nacional del Agua, 1994).

## **2.2. Clasificación de acuífero**

Las clasificaciones de los acuíferos pueden variar según el factor que se tome en cuenta para hacerlas. De este modo se pueden clasificar los acuíferos según los materiales litológicos que los constituyan (detríticos, fisurados, volcánicos, etc.) o, como en este caso vamos a tomar el factor de la presión hidrostática del agua encerrada en los mismos, lo cual se traduce en unas circunstancias prácticas muy útiles al hablar de captaciones de esa agua. La más utilizada es la siguiente (Comisión Nacional del Agua, 1994):

### **2.2.1. Acuíferos libres.**

Son aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos y que se encuentra a presión atmosférica. La superficie del agua será el nivel freático y podrá estar en contacto directo con el aire o no, pero lo importante es que no tenga por encima ningún material impermeable. En estos acuíferos, al perforar pozos que los atraviesen total o parcialmente, el agua alcanza un nivel que sería el mismo que tendría dentro de la formación geológica, es decir el nivel freático (nivel real) coincide con el nivel piezométrico (nivel ideal que alcanzaría el agua a presión atmosférica) (Comisión Nacional del Agua, 1994).

### 2.2.2. Acuíferos confinados.

En este tipo de acuífero, el agua que contienen está sometida a cierta presión, superior a la atmosférica y ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica, saturándola totalmente. Están sellados por materiales impermeables que no permiten que el agua ascienda hasta igualar su presión a la atmosférica. Por este motivo al perforar pozos que atraviesen el límite superior del material que constituye el acuífero, se observará que el nivel del agua asciende muy rápido hasta que se estabiliza en el nivel piezométrico. Podrán darse pozos surgentes si el nivel del agua queda por encima del nivel topográfico y pozos artesianos si el nivel del agua se estabiliza por debajo de la cota del terreno. De esta manera, si imaginamos una serie de pozos atravesando un acuífero de este tipo, y unimos los niveles que alcanza el agua en cada uno, obtendríamos una superficie piezométrica que no coincide con el nivel freático que tenía el acuífero en estado natural (Comisión Nacional del Agua, 1994).

### 2.2.3. Acuíferos semiconfinados.

Constituyen una variedad de los confinados, y se caracterizan por tener el techo (parte superior) y/o el muro (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables, sino que constituyen un acuitardo, es decir, un material que permite una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal. En estos casos, habrá situaciones en los que la recarga podrá hacerse en ambos sentidos en función de la diferencia de potencial (Comisión Nacional del Agua, 1994).

#### 2.2.4. Acuíferos colgados.

Algunas veces se da una capa de material más o menos impermeable por encima del nivel freático. El agua que se infiltra queda atrapada en esta capa para formar un lentejón, que normalmente tiene una extensión limitada sobre la zona saturada más próxima. Los acuíferos colgados son más comunes de lo que se pueda suponer, aunque quizá sólo ocupan unos pocos centímetros de espesor, o sólo se alimenten después de una recarga muy excepcional. No suponen un recurso muy fiable, ya que a veces se puede perforar del todo y el pozo construido facilita el drenaje del agua contenida en el lentejón hacia la zona saturada. En la Figura 1, se ilustran los acuíferos libres y confinados (Comisión Nacional del Agua, 1994).

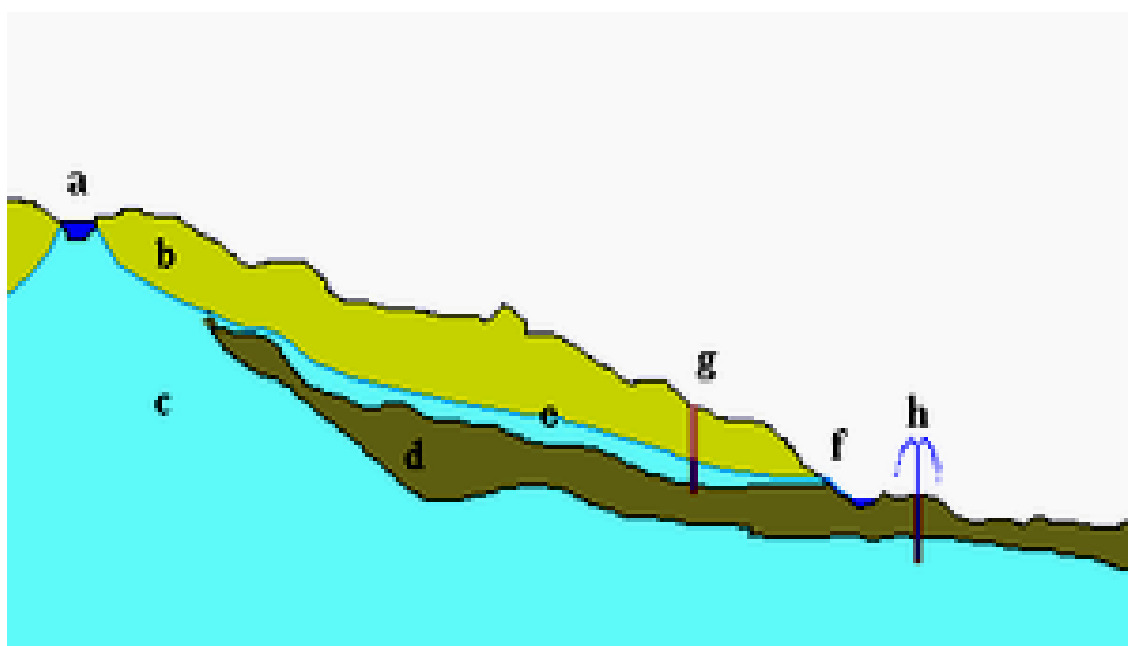


Figura 1. Esquema tipo de acuíferos, (a): río o lago, en este caso es la fuente de recarga de ambos acuíferos; (b): suelo poroso no saturado; (c): suelo poroso saturado, en el cual existe una camada de terreno impermeable; (d): suelo impermeable, formado por ejemplo de arcilla, estrato impermeable confina el acuífero a cotas inferiores; (e): acuífero no confinado; (f) manantial; (g): pozo que capta agua del acuífero confinado, frecuentemente el agua brota como en un surtidos o fuente llamado pozo artesiano (Comisión Nacional del Agua, 1994).



### **2.2.5. Recarga**

El agua del suelo se renueva en general por procesos activos de recarga desde la superficie. La renovación se produce lentamente cuando la comparamos con la de los depósitos superficiales, como los lagos, y los cursos de agua. El tiempo de residencia (el periodo necesario para renovar por completo un depósito a su tasa de renovación normal) es muy largo. En algunos casos la renovación está interrumpida, por la impermeabilidad de las formaciones geológicas superiores (acuitardos), o por circunstancias climáticas sobrevenidas de aridez (Custodio y Llamas, 1983).

El agua de las precipitaciones (lluvia, nieve, etc.) puede tener distintos destinos una vez que alcanza el suelo. Se reparte en tres fracciones. Se llama escorrentía a la parte que se desliza por la superficie del terreno, primero como arroyada difusa y luego como agua encauzada, formando arroyos y ríos. Otra parte del agua se evapora desde las capas superficiales del suelo o pasa a la atmósfera con la transpiración de los organismos, especialmente las plantas; nos referimos a esta parte como evapotranspiración. Por último, otra parte se infiltra en el terreno y pasa a ser agua subterránea. En la Figura 2, se muestra el flujo del agua subterránea (SEMARNAT, 2005).



Figura 2. Flujo del agua subterránea.

La velocidad a la que el agua se mueve depende del volumen de los intersticios (porosidad) y del grado de intercomunicación entre ellos. Los dos principales parámetros de que depende la permeabilidad. Los acuíferos suelen ser materiales sedimentarios de grano relativamente grueso (gravas, arenas, limos, etc.). Si los poros son suficientemente amplios, una parte del agua circula libremente a través de ellos impulsada por la gravedad, pero otra queda fijada por las fuerzas de la capilaridad y otras motivadas por interacciones entre ella y las moléculas minerales (Klimentov y Konova, 1985).

En algunas situaciones especiales se ha logrado la recarga artificial de los acuíferos, pero este no es un procedimiento generalizado, y no siempre es posible. Antes de

poder plantearse la conveniencia de proponer la recarga artificial de un acuífero es necesario tener un conocimiento muy profundo y detallado de la hidrogeología de la región donde se encuentra el acuífero en cuestión por un lado y por otro disponer del volumen de agua necesario para tal operación (Klimentov y Konova, 1985).

#### 2.2.6. Sobreexplotación.

Los pozos se pueden secar si el nivel freático cae por debajo de su profundidad inicial, lo que ocurre ocasionalmente en años de sequía. El régimen de recarga puede alterarse por otras causas, como la repoblación forestal, que favorece la infiltración frente a la escorrentía, pero aún más favorece la evapotranspiración, o por la extensión de pavimentos impermeables, como ocurre en zonas urbanas e industriales (Custodio, 1997).

La principal razón para el descenso del nivel freático, es sin embargo la sobreexplotación. En algunas partes del mundo la extensión de la irrigación y de otras actividades que consumen agua se ha hecho a costa de acuíferos cuya recarga es lenta o casi nula. El resultado ha sido diverso pero siempre negativo. En algunos casos la sobreexplotación ha favorecido la intrusión de agua salina por la proximidad de la costa, provocando la salinización del agua e indirectamente la de los suelos agrícolas (Custodio, 1997).

#### 2.2.7. Contaminación del agua subterránea.

La circulación subterránea tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos, pero en ocasiones estos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas o residuos de la avicultura. El agua subterránea

puede contaminarse por otras causas antropogénicas (debidas a los seres humanos), como la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, que suele ser una causa grave de contaminación de los suministros en llanuras de elevada productividad agrícola y densa población (Custodio, 1997).

La contaminación del agua subterránea se considera un asunto de suma importancia por su persistencia. Consecuencia de su pequeña tasa de renovación y largo tiempo de residencia. Además el agua no tiene posibilidad de ser tratada con procesos artificiales de depuración como los que se puede aplicar en caso de necesidad a los depósitos superficiales (Custodio, 1997).

### **2.3. Desarrollo Sustentable**

El 70% de la superficie de la tierra es agua, pero sólo el 2.5% de toda esa agua es dulce, la demás es agua de mar y no se puede tomar. y tres cuartas partes de ese 2.5% están congeladas en los iceberg. Es decir que sólo el .01% del agua dulce que existe en el planeta es aprovechable para consumo humano. Por esta razón el agua es considerada como un factor crítico para el desarrollo de las naciones, y quizá sea el recurso que define los límites del desarrollo sustentable, ya que no sólo es indispensable para el desarrollo económico y social de la humanidad sino también para el funcionamiento de los ecosistemas del planeta (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

De ahí que el uso del término "desarrollo", más que crecimiento económico, implica aceptar las limitaciones del uso de medidas como Producto Interno Bruto (PIB) o bienestar de una nación. Desarrollo comprende intereses mayores de calidad de

vida, consecución educacional, estado nutricional, acceso a libertades y bienestar espiritual. El énfasis en la sustentabilidad sugiere que es necesario un esfuerzo político orientado para hacer que estos alcances de desarrollo terminen bien en el futuro. Puesto que desarrollo es un término de valor, implica entonces, cambios que son deseables, no obstante, aún no hay consenso en su significado. Qué constituye el desarrollo, depende de las metas sociales que sean invocadas por el Gobierno o el analista (Leff, 1996).

El desarrollo sustentable, entonces precisa de una serie de condiciones para que tenga lugar. La definición comúnmente usada de desarrollo sustentable fue dada por la Comisión Brundland, la define como: Reunir las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras de reunir sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo, 1987).

Durante el principios de los noventas el concepto de desarrollo sustentable fue ampliado para introducir una dimensión social, incluyendo la preservación o mejora de oportunidades de las generaciones futuras más que simplemente preservar un estado históricamente de calidad ambiental o abundancia de recursos naturales. Serageldin 1995, sugiere que: Sustentabilidad es dejar a las generaciones futuras tantas oportunidades, si no más, que las que hemos tenido para nosotros.

El desarrollo sustentable hace referencia al uso de forma racional (con lógica social en beneficio de las grandes mayorías) de los recursos naturales de un lugar, cuidando que no sean esquilados (sobre todo con la lógica de la maximización de las ganancias a corto plazo) y las generaciones futuras puedan hacer uso de ellos igual que hemos hecho nosotros, es decir, sin que nuestras prácticas,

fundamentalmente económicas, imposibiliten el futuro de la vida humana en la Tierra. (Leff, 1996).

Por tanto, el concepto de desarrollo sustentable, si bien procede de la preocupación por el medio ambiente, no responde a temas fundamentalmente ambientalistas, sino que trata de superar la visión del medio ambiente como un aspecto aparte de la actividad humana que hay que preservar. El medio ambiente está implicado con la actividad humana y la mejor manera de protegerlo es tenerlo en cuenta en todas las decisiones que se adopten. El desarrollo sostenible tiene un vector ambiental, uno económico y uno social. El aspecto social no se introduce como una concesión o por mera justicia humana, sino por la evidencia de que el deterioro ambiental está tan asociado con la opulencia y los estilos de vida de los países desarrollados y las condiciones de los países en desarrollo, como con la pobreza y la lucha por la supervivencia de humanidad marginada (Leff, 1996).

La justificación del desarrollo sustentable o desarrollo perdurable proviene tanto del hecho de tener unos recursos naturales limitados (nutrientes en el suelo, agua potable, etc.), susceptibles de agotarse, como por el hecho de que una creciente actividad económica sin más criterio que el económico produce, como ya se ha constatado, problemas medioambientales tanto a escala local como planetaria graves, que pueden en el futuro tornarse irreversibles (Leff, 1996).

En términos generales hay dos metodologías de investigación del desarrollo sustentable o perdurable: construcción de indicadores que midan el impacto del desarrollo en el medio ambiente (medición física) y actitudes y opiniones de las personas sobre el deterioro del medio ambiente (medición sociológica), (Leff, 1996).

### 2.3.1. Condiciones de desarrollo sustentable.

Los límites de los recursos naturales sugieren tres reglas básicas en relación con los ritmos de desarrollo sustentables.

1. Ningún recurso renovable deberá utilizarse a un ritmo superior al de su generación.
2. Ningún recurso no renovable, deberá aprovecharse a mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.
3. Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente (Serageldin, 1995).

## 2.4. Sistemas de riego

### 2.4.1. Definición de sistema de riego.

#### 2.4.1.1. Por goteo.

En este sistema se realiza la aplicación del riego, en zonas concretas en torno a la planta, a baja presión y elevada frecuencia. Las ventajas de este sistema de riego es que limita pérdidas del agua, mayor productividad, calidad y precocidad, mejor aplicación del fertilizante, ahorro de mano de obra, ahorro en el consumo de energía eléctrica (Montalvo, 1994).

#### 2.4.1.2. Riego por aspersión

Consiste en aplicar el agua en forma de lluvia sobre la superficie del terreno con dispositivos como pivote y avances, sistemas fijos y sistemas semifijos, pivote

central, control de automatismo, pivote con cañón, avance frontal, avance lateral, avance pivoteable y cañón, las ventajas que ofrece son el ahorro en el uso de agua, limita las pérdidas de agua, mayor productividad y ahorro en la mano de obra (Montalvo, 1994).

#### 2.4.1.3. Riego por micro aspersion.

Son generalmente usados para el riego, en árboles, jardinería y cultivos bajo invernadero, éstos últimos llamados foggers, ofrece las mismas ventajas del anterior (Montalvo, 1994).

#### 2.4.1.4. Fertirrigación.

Se define como la aplicación de nutrientes para las plantas utilizando los sistemas de irrigación de cultivos. Con este sistema se obtiene un ahorro en los insumos, fertilizantes, combustibles y agua; incrementando de manera considerable el rendimiento de los productores (Montalvo, 1994).

## 2.5. Descripción geográfica del Estado de Oaxaca

El estado de Oaxaca se localiza en la parte sur de la República Mexicana en las coordenadas geográficas 18°39' – 15°39' de latitud norte y 93°52' – 98°32' de longitud oeste, colindan al norte con los estados de Puebla y Veracruz; al este con el estado de Chiapas; al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero. Por su ubicación geográfica es punto de cruce de las elevaciones que forman la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental, que a su vez forman el Nudo Mixteco. Otras elevaciones relevantes son: la Sierra Madre del Sur, El Nudo Mixteco, la Sierra



Mazateca, la Sierra Mixe, Cerro Peña San Felipe y la Sierra Atravesada. Estas elevaciones permiten una amplia disposición de ríos como el Atoyac, que baña las tierras de los Valles Centrales de Oaxaca; el Papaloapan, que corre por las tierras de Valle Nacional y el Tehuantepec, en el Valle del mismo nombre (INEGI, 2004).

### 2.5.1. División Política.

El estado de Oaxaca se encuentra conformado por 570 municipios, los cuales para su mejor manejo administrativo han sido agrupados en 30 Distritos y estos a su vez están divididos en 8 regiones:

Istmo, Papaloapan (Golfo), La Cañada, Sierra Norte, Valles Centrales, Sierra Sur, La Mixteca y la Costa. Su capital es la ciudad de Oaxaca de Juárez, de los 570 municipios, 418 cuentan con una población predominantemente indígena. 412 de ellos eligen a sus autoridades de manera tradicional, en asambleas. Oaxaca es uno de los estados con menor densidad de población, con 34 habitantes/ km<sup>2</sup>, mientras Chiapas cuenta con unos 53 habitantes/km<sup>2</sup> (INEGI 2000).

La división política que se mantiene es la que realizó Irazoque (1962), para el Plan Oaxaca (1964-1968) proyecto de las Naciones Unidas a través de la FAO en el que divide al estado en 8 regiones Istmo, Papaloapan -también denominada región Golfo por su cercanía con el Golfo de México, La Cañada, Sierra Norte, Valles Centrales, Sierra Sur, La Mixteca y la Costa. Figura3.



Figura 3. Regiones del Estado de Oaxaca.

### 2.5.2. Población.

La población total de Oaxaca asciende a cerca de 3.4 millones habitantes. La población indígena en Oaxaca supera al millón de habitantes más del 32% total-distribuidos en 2,563 localidades. La población económicamente activa se calcula en 1 076 829 habitantes (INI, 2002).

#### 2.5.2.1. Población indígena.

La diversidad cultural de Oaxaca deriva de la presencia de 16 grupos étnicos distribuidos en todo el territorio estatal. Se reconoce la presencia de los siguientes grupos étnicos: zapotecos, mixtecos, mazatecos, mixes, chinantecos, chatinos, chontales, cuicatecos, triques, chocholtecas, huaves, zoques, nahuas, amuzgos,

tacuates e ixcatecas. Así como población afro mestiza en la Costa de Jamiltepec (INI, 2002).

En los Valles Centrales, encontramos presencia indígena en 22 municipios, predominantemente indígena en 8 municipios, con fuerte presencia indígena en 26 municipios y 45 sin presencia indígena (IMTA, 2006).

### 2.5.3. Ingresos.

De acuerdo con los indicadores socioeconómicos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), Chiapas, Oaxaca y Guerrero conforman un triángulo de pobreza extrema en el sur del país (CONAPO, 2000).

Un 29.5% de los municipios son considerados de alta marginación y un 46.5% de muy alta marginación. Las regiones más afectadas son la Mixteca, la Sierra Sur, la Cañada y la Costa (CONAPO, 2000) Figura 4.

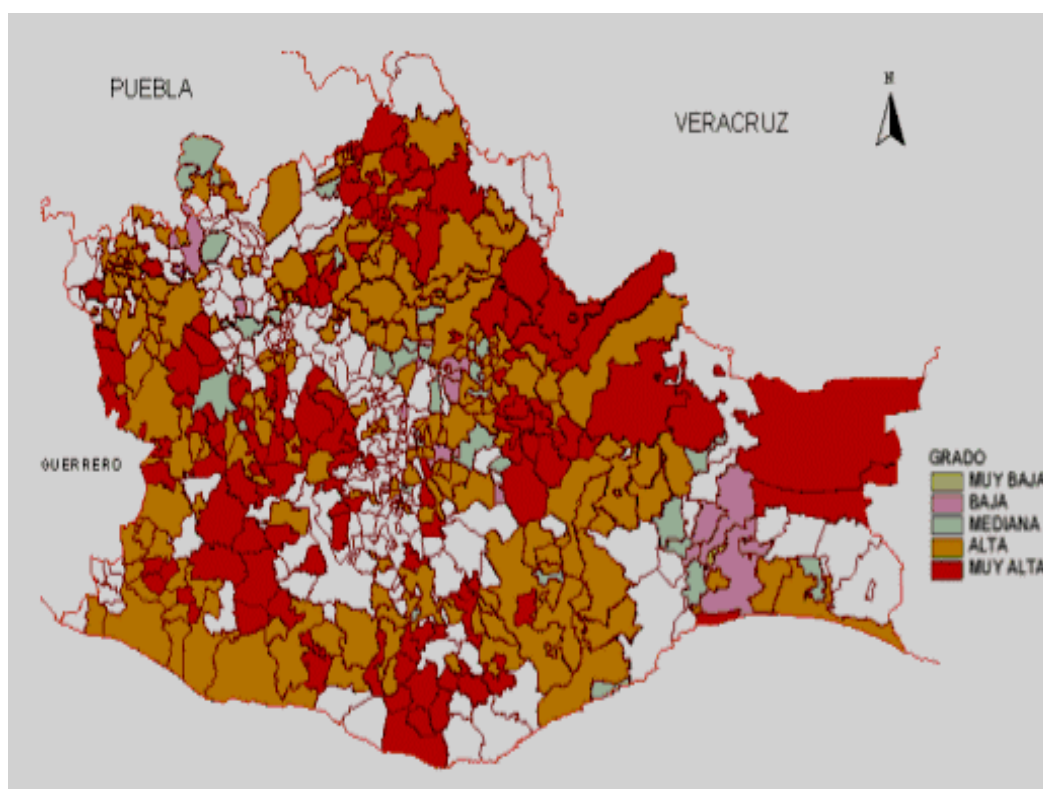


Figura 4. Mapa de grado de marginación del Estado de Oaxaca.

El salario mínimo actual es de aproximadamente 43 pesos al día (el equivalente de 4 dólares). El 71.93% de la población ocupada gana menos de 70 pesos al día (INEGI, 2004).

La actividad económica preponderante en esta región es la prestación de servicios (comercio), particularmente el turismo, seguida de la agricultura y la industria en muy baja proporción y concentrada en la zona conurbana de la Ciudad de Oaxaca. La mayor parte de los establecimientos son empresas familiares de poco capital y modestos talleres artesanales. Oaxaca es famoso por sus productos artesanales, entre los cuales sobresalen los alebrijes, la orfebrería y algunos diseños textiles indígenas. Dispone de múltiples atractivos naturales y arqueológicos. En la Ciudad

de Oaxaca se cuenta con 144 establecimientos de hospedaje temporal, con 4,310 cuartos, indicativo de la importancia de la actividad turística de la zona (INEGI, 2004).

Las actividades agropecuarias, se reducen al cultivo en pequeñas superficies de la alfalfa, hortalizas, frijol y maíz. La industria de la región se reduce a pequeñas fábricas caseras de mezcal, cerámica en barro, cobijas y textiles usando métodos tradicionales (SAGARPA, 2002). Misma que ha sufrido una fuerte afectación en su producción y productividad, al ver disminuida la existencia de agua, razón por la cual, las autoridades de la Comisión Nacional del Agua de la Gerencia Regional Pacifico Sur, emprendieron una serie de acciones para su recuperación. De igual forma se han desgastado los suelos agrícolas por la sobreexplotación a que han sido sometidos durante siglos.

El comercio se realiza particularmente en las poblaciones de mayor importancia, destacando los tianguis de Zimatlán de Álvarez, Ocotlán de Morelos y Villa de Zaachila (INEGI, 2004).

La migración de importantes contingentes de población indígena de todo el Estado, sin duda han traído a la capital la presencia de la mayor parte de las lenguas que se hablan en Oaxaca (INEGI, 2004).

Es importante comentar que una gran parte de la población económicamente activa, emigra hacia la Ciudad de México, Chiapas y Veracruz, pero también los Estados Unidos de Norteamérica, entre las principales razones de la migración, se incluye la búsqueda de oportunidades frente a la pobreza, aunque también existen casos de gente que ha sido expulsada de su tierra o que migra huyendo de un castigo legal, de alguna venganza o del desprestigio (IMTA, 2006).

## 2.6. Recursos naturales

### 2.6.1. Orografía.

El Estado de Oaxaca se caracteriza por tener un accidentado relieve, la mayor parte de su territorio está situado en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, posee una complicada orografía, caracterizada por infinidad de sierras que se entrelazan y dan lugar a numerosas cañadas y valles. Debido a este carácter montañoso, la mayor parte de los valles tiene una reducida extensión, sin embargo, existen algunos con superficies importantes, el más destacado es la depresión del Valle Central entre las poblaciones de ETLA y Miahuatlán, donde se ubica la ciudad de Oaxaca de Juárez, además del Valle de Nochixtlán y el Valle de Nejapa, entre algunos más. Hacia el poniente, en la región del Istmo, se alza la cordillera centroamericana, conformada por rocas de edad más reciente y con sierras poco elevadas. En la zona noreste el relieve desaparece y la topografía se torna plana y con lomeríos suavemente ondulados, esta región pertenece a la Llanura Costera del Golfo Sur. Hacia el extremo noroeste existe una pequeña porción del estado que pertenece al Eje Neovolcánico y en el extremo oriental, una pequeña fracción de la entidad penetra en la provincia fisiográfica de las Sierras de Chiapas y Guatemala (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

Por el Estado pasan tres grandes sierras: la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre Oriental -también conocida como Sierra de Oaxaca- y la Sierra Atravesada (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

Hay unas sierras más pequeñas que forman parte de las tres que ya mencionamos. En la Sierra Madre Oriental puedes encontrar la Sierra Mazateca o de Huautla, la de

Cuicatlán, la Chinanteca, la Juárez o de Ixtlán y la Mixe (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

Entre algunas montañas y cerros se forma lo que se llama un cañón, es decir, un paso estrecho que alguna vez fue cauce de un río. Los cañones más famosos de Oaxaca son el de Yucuxina en Nochixtlán y los Quiotepec y Tomellín en la región de la Cañada (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

En la muy variada orografía de Oaxaca también hay cavernas o grutas como las de la Cañada, San Sebastián de los Fustes e Ixcuintepec. Las principales elevaciones (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006):

Cerro Nube (Quie Yelaag) 3,720 msnm; Cerro del Águila 3,380 msnm; Cerro Zempoaltepetl 3,280 msnm; Cerro Volcán Prieto 3,250 msnm.

#### 2.6.2. Suelo.

Los diferentes tipos de suelo son producto de la interacción de la temperatura, humedad, tipo de roca y orografía y son a su vez, parte importante en el desarrollo y distribución de los diferentes tipos de vegetación presentes en el estado. La mayoría de ellos poseen espesores reducidos y ocupan las laderas de las sierras; en las zonas con mayor precipitación pluvial se desarrollan suelos ricos en arcillas y con un marcado carácter ácido; en las partes planas se encuentran suelos con mayor desarrollo, profundos muchos de ellos arcillosos con problemas de inundación y salinidad. Las unidades del suelo predominantes en los valles centrales de Oaxaca, es regosol (IMTA, 2006).

El uso del suelo en los Valles Centrales está destinado básicamente a tres actividades: agricultura de autoconsumo y comercial; pastoreo agrícola de caprinos y

recolección. La agricultura sigue siendo el medio de subsistencia básico para los campesinos zapotecas. A excepción del distrito Centro, la población depende para su sustento fundamentalmente de las labores agrícolas. Actualmente la agricultura en la región es de subsistencia (maíz-chile-fríjol-calabaza) y comercial. Esta última, como en todo el país, ocupa las mejores tierras, acapara y concentra los créditos y monopoliza la escasa asistencia técnica gubernamental. Aparte de la milpa se da gran importancia al cultivo de hortalizas y frutales, destinados al mercado local que, junto con forrajes, son los principales productos que les permiten ingresos monetarios. Complemento de las labores agrícolas son la cría y venta de animales domésticos. El pastoreo de caprinos y bovinos se realiza bajo el régimen de libre pastoreo (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

### 2.6.3. Clima.

El clima en Oaxaca, como en otras sierras, cambian de acuerdo con el gradiente altitudinal, la exposición, etcétera. En las cimas de las montañas más altas es semifrío, con lluvias en verano, aunque por debajo de los 1,500 m predomina el clima templado con lluvias en verano. Y hacia la vertiente del Golfo de México es semicálido, con lluvias en verano, o cálido con lluvias todo el año. Hacia los valles centrales de Oaxaca el clima es seco estepario, con lluvias en verano (INEGI, 2004).

En general, el clima de la región es templado subhúmedo, en invierno prácticamente no llueve. La temperatura promedio oscila entre 18° y 22°C. El promedio de precipitación pluvial es de 600 mm, aunque hay años de mucha sequía lo que explica el interés de los campesinos en la perforación de pozos y obras destinadas a retener el agua (INEGI, 2004).



#### 2.6.4. Bosque.

Por encima de los 1,500 m la vegetación primaria es de bosque templado de *Pinus* y *Quercus*; en menor proporción Liquidámbar y *Englenhartia*. Por debajo de esta altitud y en la vertiente del Golfo de México se presenta bosque tropical perennifolio y en la vertiente de los valles centrales, bosque tropical caducifolio.

El uso forestal del suelo corresponde a la actividad económica más importante, pues en Oaxaca los bosques templados son explotados en toda la entidad. Los bosques tropicales se explotan en menor escala, aunque ecológica y económicamente podrían ser mejor aprovechados (Merino y Segura, 2002).

Así mismo en una amplia gama de condiciones climáticas y topográficas, sobre todo en lugares que originalmente sustentaban bosques y selvas, se desarrolla una agricultura de temporal permanente y nómada, las actividades de construcción de caminos de acceso, excavaciones, explosiones y perforaciones; que afecta enormes extensiones y que propicia la erosión y degradación de muchos de estos terrenos; también es frecuente la apertura de espacios para inducir pastizales (desmontes) y mantenerlos en producción de manera indefinida a través de quemas periódicas que impiden la regeneración de las masas arboladas, generando con todo esto, deforestación lo que contamina, modifica, y afecta los hábitat y ecosistemas originales (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

En las zonas desprovistas de vegetación, el proceso de erosión comprende considerables extensiones, dentro de esta cuenca el proceso se ha iniciado y avanza rápidamente en los valles de Miahuatlán, Tlacolula y algunas porciones localizadas al noroeste de la ciudad de Oaxaca de Juárez; es posible observar la formación de

cárcavas de gran profundidad y extensión, se desarrollan por la circulación de arroyos torrenciales en zonas desprovistas de vegetación, el agua que circula lleva consigo fuerte carga de sólidos en suspensión (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

#### 2.6.5. Flora y fauna.

En el estado de Oaxaca se concentra la mayor riqueza de flora del país. Estimaciones recientes muestran que en esta entidad habitan aproximadamente 30,000 especies de plantas que representan al menos la mitad de la riqueza de flora de México y cerca del 5 % de la flora total del planeta. El Estado se caracteriza también por presentar un alto grado de especies endémicas. De las especies de flora más severamente afectadas tenemos, en orden de riesgo, las orquídeas y las cactáceas sin olvidar que la explotación y modificación de los bosques ha puesto en situación similar a un gran número de especies arbóreas y arbustivas sin valor comercial aparente, se encuentran sujetas a algún tipo de aprovechamiento por parte de las comunidades (Comisión Nacional de los Pueblos Indígenas, 2006).

Actualmente, luego de miles de años de cultivo intensivo, queda poca vegetación original. La injerencia del hombre ha ocasionado variaciones climatológicas regionales como la pérdida de humedad, la desertificación y la irregularidad del periodo de lluvias. A causa de estos cambios la vegetación dominante ahora es de tipo xerófita, asociada al chaparral, especialmente guamúchiles, mezquites, cactáceas, agaves y pastos. En las regiones de tipo subárido, como el Valle de Tlacolula, existe vegetación caducifolia: fresnos, zapotes y amate. Hay una fuerte deforestación debida al consumo regional de madera y a su demanda comercial que ha provocado una reducción del caudal

de los ríos, la erosión del suelo y la disminución o extinción de especies (Comisión Nacional de los Pueblos Indígenas, 2006).

Oaxaca es uno de los estados más diversos en especies de fauna; de hecho, presenta la mayor cantidad de especies de mamíferos con 191, y anfibios y reptiles con 359. Así mismo, posee el más alto número de especies endémicas de vertebrados con 95 de las 226 especies endémicas reportadas para México, destacando principalmente los anfibios y reptiles con 39 y 44 especies, respectivamente. Es importante destacar que un gran porcentaje de estas especies se concentra en los bosques de pino–encino. Por otro lado, el aprovechamiento de la fauna se ha orientado a los usos cinegético, peletero y ornamental, aunque en algunos estados las comunidades rurales la emplean como complemento alimenticio (Comisión Nacional de los Pueblos Indígenas, 2006).

Entre las especies con mayor riesgo de extinción, se incluyen las aves, a las cuales les siguen diversas especies de reptiles y mamíferos. Esto puede evidenciar las dos causas principales de pérdida de especies: los cambios en el uso del suelo y la sobreexplotación de organismos, tanto a través del tráfico ilegal como del comercio legal (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

#### 2.6.6. Cuenca hidrológica.

Dentro de las políticas de desarrollo a nivel regional, el criterio de manejar el agua en regiones por cuencas hidrográficas ha sido quizás el más importante. Las cuencas hidrológicas o cuencas de drenajes constituyen toda el área de la cual una corriente y sus tributarios reciben agua. En la regionalización establecida por la Comisión

Nacional del Agua, se consideran 13 cuencas, correspondiendo el área de estudio a la Cuenca Pacífico Sur (Costa Chica de Oaxaca, Costa Chica y Costa Grande de Guerrero) (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

Oaxaca es uno de los Estados con una amplia extensión de territorio, en él se encuentran ocho Regiones Hidrológicas que se describen en la Figura 5. Una de ellas es la del Balsas localizada al noroeste de la entidad con la Cuenca Río Tlapaneco y Cuenca R. Atoyac, en se ubica la Presa Yosocuta (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

La Región Costa Chica-Río Verde ubicada al este-sureste de la entidad comprende las Cuencas Río Atoyac, siendo la corriente que lleva el mismo nombre, la más representativa para esta cuenca y los cuerpos de agua Laguna Miniyua y Laguna Corralero, y además forman parte de esta región el Río La Arena y otros y Río Ometepec o Grande.

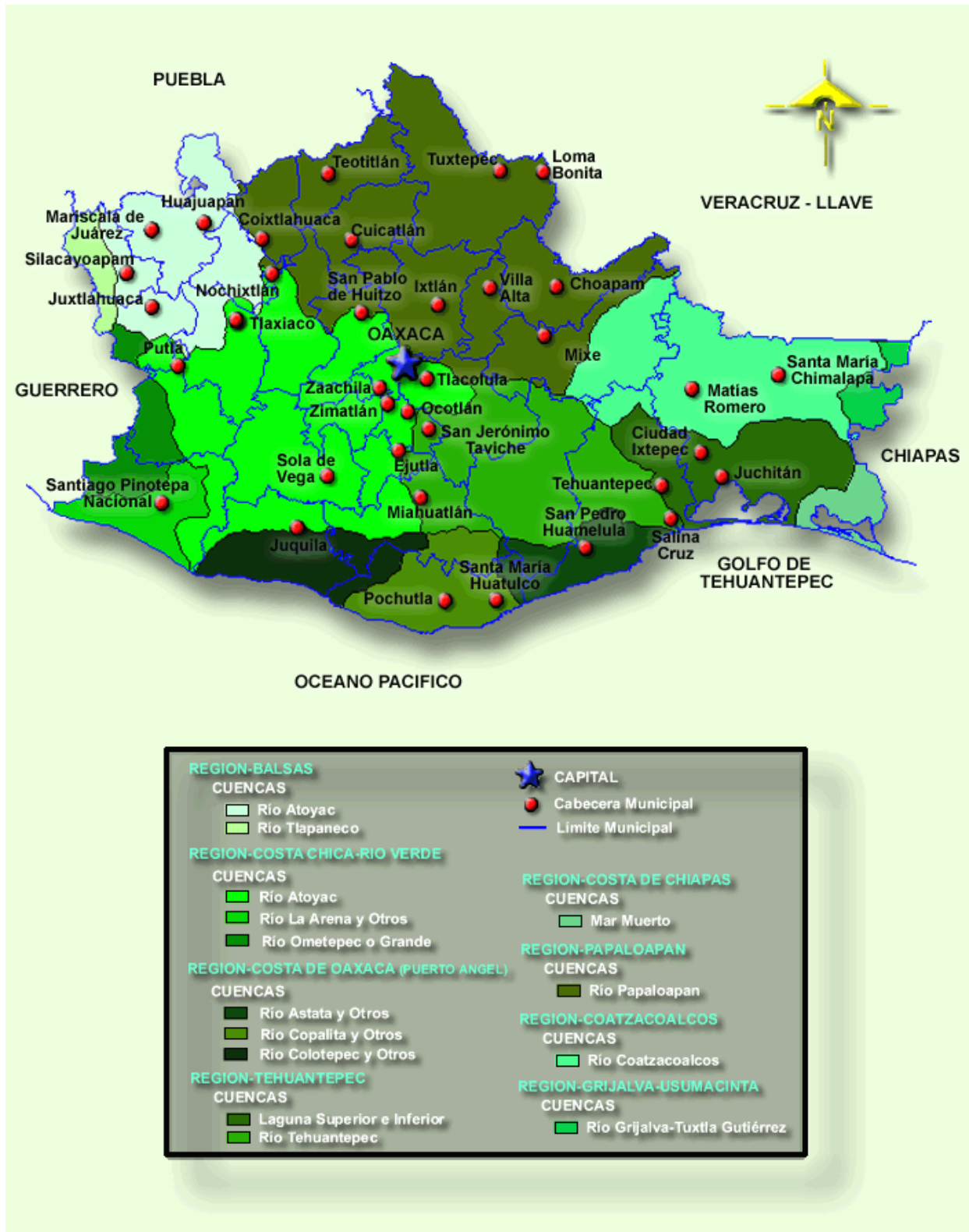


Figura 5. Mapa de regiones hidrológicas de Oaxaca.

También en Oaxaca se encuentra la Región Costa de Oaxaca al sur de la entidad con las Cuencas Río Astata, Río *Copalita* y Río *Colotepec* y otros, con los cuerpos de agua, Laguna Pastoría y Laguna Chacahua. La Región Tehuantepec, se ubica al centro-este de la entidad con dos cuencas, una de ellas Río Tehuantepec, refiere a la corriente del mismo nombre que sirve de afluente junto con la corriente del Río Tequisistlán a la Presa Benito Juárez -la segunda en importancia en el estado-; en la Cuenca Laguna Superior e Inferior existen los cuerpos de agua denominados de igual forma, los cuales reciben los aportes de las corrientes superficiales Los Perros y Espíritu Santo, en el caso del Laguna Oriental recibe el cauce del Río Ostuta (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

La Región Costa de Chiapas se localiza en una pequeña porción al sureste del estado en los límites con Chiapas y con el cual Oaxaca comparte el cuerpo de agua llamado Mar Muerto. La Región Papaloapan que es la más grande en Oaxaca, con una sola cuenca que lleva el mismo nombre, tiene el mayor número de corrientes entre las que cabe resaltar el río Salado-Grande, Cajonos y Puxmetacan-Trinidad; se presentan además las Presas Miguel Alemán y Miguel de la Madrid, todas ellas al norte de la entidad (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

La Región Coatzacoalcos se presenta con una sola cuenca con el mismo nombre al noreste de la entidad (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

Por último, la Región Grijalva-Usumacinta tiene la Cuenca Río Grijalva-Tuxtla Gutiérrez al este-noreste del estado, siendo la más pequeña representación hidrológica en la entidad (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

La región de estudio se encuentra dentro de la región Costa Chica-Río Verde ubicada Al este-sureste de la entidad comprende las Cuencas Río Atoyac -siendo la

corriente que lleva el mismo nombre, la más representativa para esta cuenca, con cuatro subcuencas hidrológicas pertenecientes a la vertiente del Pacífico: Etna, Tlacolula, Zimatlán y la subcuenca de Ocotlán y Ejutla. Las corrientes superficiales que riegan los Valles Centrales son escasas y de poco caudal; el Río Atoyac, formador del Río Verde, es la principal fuente de abastecimiento de agua superficial, principalmente en el Valle de Etna (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

Otra clasificación divide las cuencas hidrológicas en Alto, Medio Atoyac y Río Salado, con una superficie total de 4,128.70 km<sup>2</sup>; correspondiendo a la cuenca del Alto Atoyac una superficie de 1,030 km<sup>2</sup>, medio Atoyac de 1,196 km<sup>2</sup> y el Salado de 1,902 km<sup>2</sup>. El escurrimiento medio anual es de 220 millones de m<sup>3</sup>, precipitación promedio anual de 752 mm y una temperatura promedio de 19°C (CONAGUA, 2003).

La importancia de la Cuenca del Río Atoyac-Verde, en sus 600 kilómetros de extensión, desde la sierra norte donde nace, hasta su desembocadura en el océano pacífico, es debido a que es el sustento de más de un millón y medio de habitantes asentados en los distritos de Etna, Valles Centrales, Zaachila, Ocotlán, Ejutla, Jamiltepec, Juquila, Sola de Vega y para la ciudad de Oaxaca con casi un millón de habitantes. Es el crecimiento acelerado de los asentamientos humanos lo que ha creado un grave problema de oferta de agua, cada vez más escasa y de menor calidad por la contaminación proveniente de la industria, la agricultura y las poblaciones que en su mayoría carecen de drenaje y plantas de tratamiento de aguas negras. Situación por la cual este río es el más contaminado de la entidad (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

La falta de previsión en el manejo de las cuencas altas del país y la consiguiente deforestación ha provocado que muchos lagos y presas sufran las consecuencias,

llegando a puntos críticos, uno de ellos la desecación de importantes áreas húmedas, como consecuencia de actividades agrícolas y ganaderas mal planificadas, que provocan la desaparición de muchas especies vegetales únicas en las regiones, además de agotar las reservas de agua para las necesidades humanas (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

#### 2.6.7. Hidrología.

Al igual que el sistema orográfico, el hidrográfico resulta complicado, son numerosas las corrientes con que cuenta el estado; se dividen en dos vertientes: La vertiente del Golfo y la del Pacífico. En la región Valles Centrales, la topografía es en general de formas suaves y homogéneas, típica de un valle aluvial ínter montano, el relieve es sólo interrumpido por lomeríos o cerros bajos de formas escarpadas, las láminas de precipitación son en promedio del orden de 700 mm al año, la interrelación de estos factores junto con la escasa pendiente, originan los valores de escurrimiento más bajos que caen entre 0 y 5%; el siguiente rango va de 5 a 10%, se presenta al norte de la cuenca en un área donde dominan las rocas calizas de permeabilidad alta; el rango de escorrentía de 10 a 20% se presenta en áreas pequeñas y dispersas de la cuenca, contrario a las zonas de rangos entre 20 y 30% que se encuentran en las sierras donde la baja permeabilidad, fuerte pendiente del terreno y valores de precipitación superiores a 1,500 mm, propician altos índices de escorrentía; el porcentaje máximo corresponde a valores mayores a 30%, los factores que inciden en estas áreas son la baja capacidad de infiltración de los materiales que se localizan al noroeste de la cuenca, donde la densidad de vegetación es media y el total de lluvia anual es del orden de 2,000 mm (CONAGUA, 2003).



Las zonas hidrológicas en Oaxaca son: Balsas, Costa Chica-Río Verde, Costa de Oaxaca, Tehuantepec, Costa de Chiapas, Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta (CONAGUA, 2003).

En Oaxaca existen dos grandes vertientes en las que desembocan los ríos: la del Golfo de México y la del Océano Pacífico. El río más grande de Oaxaca es el Papaloapan, que se alimenta de ríos más pequeños. Al Río Papaloapan se le unen, entre otros, el Río Grande, el Río Tomellín, el Río Santo Domingo y el Río Tonto. El Río Coatzacoalcos-Uxpanapa, que nace en la selva de los Chimalapas, desemboca en el Golfo de México (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

En su trayecto, los ríos a veces tienen que dar saltos en las montañas y el agua cae formando cascadas. En Oaxaca, las cascadas más hermosas son: el Salto de Conejo, la de Cabandihui, la de Yatao, el Salto de Fraile y la de Apoala (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

En las costas del Océano Pacífico existen varios depósitos de agua a los que llamamos lagunas. Las más importantes son las de Chacahua y Manialtepec, en la región de la Costa, y las lagunas Superior e Inferior en el Istmo de Tehuantepec (CONAGUA, 2003).

El hombre ha construido grandes presas aprovechando el curso de los ríos. El agua de las presas sirve para regar plantíos agrícolas y para generar energía eléctrica. Entre las más importantes se encuentran la Temazcal, el Cerro de Oro, la del Marqués y la de Yosocuta (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

La corriente más importante por su magnitud e importancia económica dentro de la cuenca del área de estudio, es el Río Atoyac-Verde, tiene una longitud aproximada de 437 km y pendiente de 0.00052, se forma por la confluencia de dos afluentes los

ríos Atoyac y Verde. El primero es considerado el cauce principal, nace a 2,270 msnm al noroeste de la ciudad de Oaxaca de Juárez, pasa por la capital del estado, con dirección norte-sur, pendiente a la mancha urbana, cruza longitudinalmente los valles de ETLA, Zaachila-Zimatlán y Santa María Ayoquezco, rodea al cerro Piedra de Lumbre, donde aumenta su pendiente hasta el oeste de Santa Catarina Coatlán, cambiando bruscamente de dirección, sigue una trayectoria sinuosa hacia el oeste hasta su confluencia con el Río Verde. Debido a la compleja orografía de la Sierra Madre del Sur, recibe un gran número de afluentes por la margen derecha se incorporan importantes tributarios de régimen intermitente. Los usos principales de esta corriente en orden de importancia son: riego, pecuario y doméstico; es una de las corrientes más contaminadas del Estado, ya que recibe y transporta gran parte de la contaminación que se genera en la región más poblada y con mayor número de industrias, ahí se descargan las aguas residuales municipales e industriales de todas las localidades y fábricas asentadas en la región (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2006).

#### 2.6.8. Agua.

Se considera que México recibe en término medio 773 mm de precipitaciones al año lo que se traduce en una importante disponibilidad de agua, 455 mil millones de m<sup>3</sup> al año o 5000 m<sup>3</sup>/hab./año, pero su distribución es desequilibrada tanto en espacio como en tiempo. En el Norte del país, se tiene un promedio de 1,930 m<sup>3</sup>/hab./año mientras que en el sur el promedio es de 15,270 m<sup>3</sup>/hab./año (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

Las características topográficas y geográficas que tiene México, producen una condición hidrológica muy particular ocasionando intensos contrastes en la disponibilidad de agua en el país. En México, el 70% del agua que cae de las lluvias regresa a la atmósfera por evapo-transpiración. 84% del líquido que queda disponible, escurre superficialmente y el resto se incorpora a los mantos acuíferos (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

Por una parte, las fuentes de aprovisionamiento están localizadas al sur mientras que las principales aglomeraciones urbanas se sitúan al centro y norte del territorio nacional, originando una explotación intensiva de sus aguas subterráneas (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

Por otro lado, la principal temporada de precipitaciones abarca un período de cuatro meses (de junio a septiembre) aunada al estado de las redes, la contaminación de los ríos y de los acuíferos así como su sobreexplotación dificultan la disponibilidad de agua (IMTA, 2006).

El Estado de Oaxaca se encuentra dentro de la región hidrológica de mayor disponibilidad de agua en México, pero dentro del territorio de la entidad existen grandes diferencias en la disponibilidad de éste recurso, entre las diferentes regiones que lo conforman. Por ejemplo, la disponibilidad de agua en la Costa Chica es de 12,880 m<sup>3</sup>/hab./año mientras que en la región de Tehuantepec es de 4,506 m<sup>3</sup>/hab./año. Igualmente el uso del agua por sector es dispar, los principales tres consumidores son el sector hidroeléctrico con el 62.56%, seguido del sector agropecuario con un 24.62% y el sector público urbano y doméstico con un 10.25% (IMTA, 2006).

Y aunque la disposición del agua, en los Valles Centrales, es abundante, el peso de la población en esta región ha convertido este recurso en un elemento escaso. En cambio, los valles que rodean a Tuxtepec y la planicie del Valle Nacional hasta Tehuantepec, tienen excelentes condiciones de disponibilidad de agua (IMTA, 2006). Por tanto, se considera que la población como la actividad económica en Oaxaca, a nivel nacional y en otras naciones está distribuida, en relación inversa a la disponibilidad de agua. Situación que provoca insuficiencias en las aguas superficiales y subterráneas para el abastecimiento, lo que a su vez conduce a sobreexplotación de acuíferos; sin dejar de lado la contaminación, que ha reducido el potencial de uso de varios acuíferos, ríos y cuerpos de agua (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

## **2.7. Antecedentes de la sobreexplotación del acuífero de Valles Centrales**

### 2.7.1. Situación del acuífero Valles Centrales.

El principal impacto de deterioro del acuífero Valles Centrales, se manifiesta con el abatimiento, causado por la extracción desmedida del agua, aunado a factores como la escasez y mala distribución de las lluvias, el deterioro de infraestructura hidráulica, deficientes niveles de organización para la producción y comercialización, bajas eficiencias en el riego, así como limitadas inversiones por la conservación del suelo y del agua (CONAGUA, 2003).

A principios de 1990 el problema de abatimiento del acuífero de Valles Centrales, empieza a manifestarse 5-7 m el nivel estático (CONAGUA, 2003).

En 1995 el problema de abatimientos de la carga hidráulica, se agudiza y muchos pozos noria se abaten totalmente 10-30 m, lo que se convierte en un problema grave, en virtud de que el 80% de estos aprovechamientos tienen una profundidad menor a los 30 m de profundidad, con lo cual se quedarían sin agua, en el caso de que los niveles se mantuvieran en esa profundidad (CONAGUA, 2003).

Los abatimientos de los niveles estáticos más generalizados se presentan en la parte media del Valle de Etlá, con decrementos promedio de 15 cm. /año, en los últimos 20 años, alcanzando profundidades al nivel del agua de 6.0 a 10.0 m, pérdida que representa un 25% de la carga hidráulica del espesor del acuífero (CONAGUA, 2003).

En la zona agrícola de Ocotlán de Morelos y San Antonino Castillo Velasco, se observan abatimientos de hasta 1.0 m por año en el período, por lo que el espejo del agua subterránea alcanza profundidades de 25.0 m. y hasta 30.0 m en sitios puntuales como se muestra en la Figura 6, abatiéndose prácticamente el 80% de la carga hidráulica de esa porción acuífera (CONAGUA, 2003).

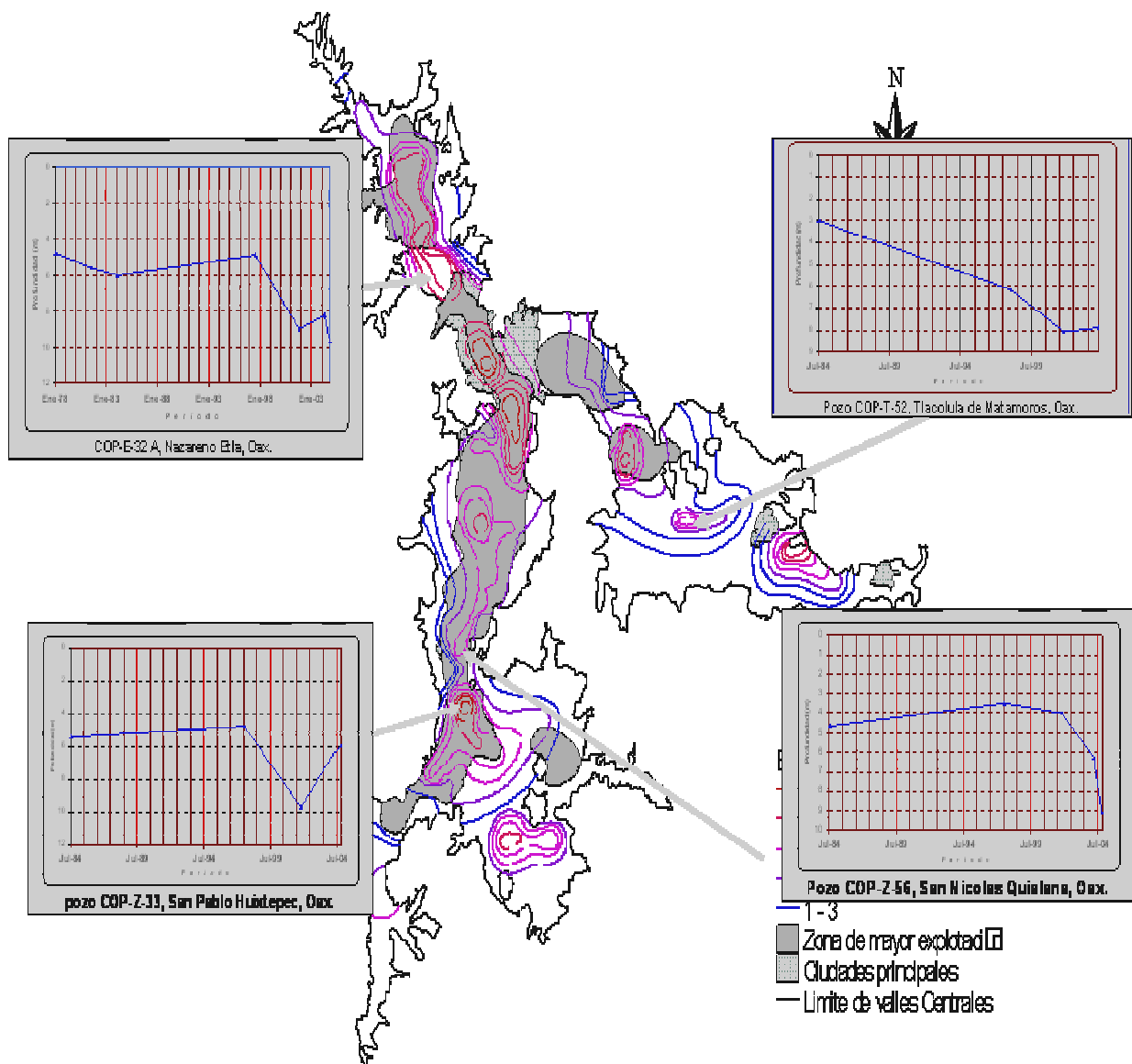


Figura 6. Zonas de abatimiento del acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca.

La zona agrícola de Zimatlán y San Pablo Huixtepec, con abatimientos de 40 cm. /año, es decir de 7.0 a 8.0 m en los últimos 20 años, alcanzando una profundidad de 11.0 m, si bien en fechas recientes manifiesta recuperaciones importantes, alcanzando niveles similares a los observados hace 20 años (CONAGUA, 2003).

El contexto económico del país incide en la problemática agrícola del campo en el Estado de Oaxaca, aunado a la insuficiente planeación agrícola, la migración, baja rentabilidad de los cultivos, e incipiente organización, falta de capacitación y asistencia técnica, ocasionando que la superficie inicial de riego sufriera una reducción paulatina y que los equipos de bombeo destinados a la extracción de agua se volvieran obsoletos (IMTA, 2006).

### **2.7.2. Usos del agua**

En la región de estudio se utiliza al año, un volumen aproximado de 191.9 millones de metros cúbicos, correspondiendo el 72% de este al uso agrícola, 26.6 al uso público urbano, 1.4% al uso industrial, 3% a otros usos entre los que se considera el comercial (venta de agua en pipas) Figura 7. De aquí la importancia se encaminar las acciones para el manejo del acuífero enfocado en el uso agrícola y el uso público urbano (Ríos, 2006).

Y aunque, se sugiere que la disposición del agua, en los Valles Centrales, por encontrarse en el sureste de la República Mexicana, es abundante, el peso de la población en esta región ha convertido este recurso en un elemento escaso. Durante los últimos años, se ha agudizado el problema del agua respecto del abastecimiento, la escasez, contaminación, el tratamiento de las aguas residuales, y su desperdicio en las redes de distribución. Y aunque se realizan varios esfuerzos aislados para tratar de solucionar el problema o parte del problema. Es necesario realizarlos de forma integral para asegurar la sustentabilidad del recurso (Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México, 2004).

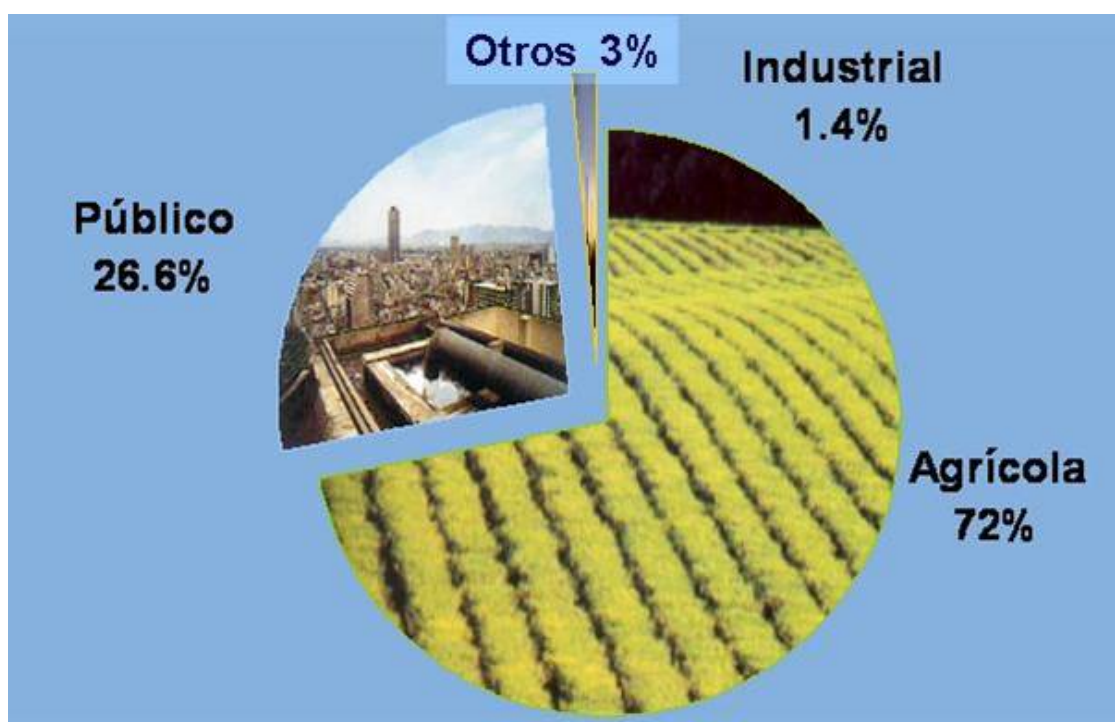


Figura 7. Usos del agua.

#### 2.7.2.1. Desarrollo de las zonas de riego.

En Oaxaca, la agricultura constituye uno de los pilares fundamentales de la economía y la población, sin embargo, el sector agrícola posee un bajo dinamismo, determinado por un sinnúmero de factores de carácter geográfico, socioeconómico, demográfico y ecológico. El espacio que ocupa la agricultura en el estado corresponde a 13% de su territorio, casi en su totalidad es de temporal y sólo una mínima parte corresponde a la agricultura de riego. La agricultura de riego corresponde en principio a áreas donde se obtienen mayores rendimientos y donde se practica la agricultura de manera intensiva, los trabajos de labranza se efectúan con maquinaria agrícola y es frecuente la asesoría técnica, el empleo de semillas



mejoradas, aplicación de fertilizantes y pesticidas para asegurar los niveles de producción (IMTA, 2006).

El riego propicia el incremento en el rendimiento de los cultivos, al disminuir su dependencia respecto de los factores naturales que inciden sobre ellos, sobre todo al asegurar los requerimientos hídricos de las plantas en cada una de las etapas de crecimiento y madurez. Es por ello que en este tipo de producción, se asegura la recuperación de los costos y en general, la obtención de utilidades. Además la agricultura de riego está más integrada al mercado, tanto desde el punto de vista de su demanda de insumos, donde la inmensa mayoría de ellos son comprados, como el de su variada oferta de productos (IMTA, 2006).

De 1970 a 1982, la SRH y SARH inician la perforación de pozos profundos en apoyo a la agricultura, y la constitución y organización de las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural en los Valles Centrales de Oaxaca, con lo cual comienza la extracción intensiva de agua subterránea.(1-2 metros el nivel estático) y en el ámbito administrativo y organizativo las actividades de operación, conservación y administración de estas áreas de riego, en forma coordinada con la Jefatura de Unidades de Riego para el Desarrollo Rural, siendo este el antecedente mas inmediato del uso del agua subterránea en la región (CONAGUA, 2002).

Para revertir esta tendencia, la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Pacifico Sur, implementa desde 1994 en el marco del Programa Nacional Hidráulico, la tecnificación del riego en la agricultura, y la organización de los usuarios en Asociaciones Civiles, para avanzar en el proceso de consolidación. Esta iniciativa tiene como objetivo el disponer de una figura legal, que posibilitará la obtención de recursos financieros de la Comisión Nacional del Agua, para impulsar la tecnificación

del riego a través de los programas del uso Eficiente del Agua y de la Energía Eléctrica y Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola y el Riego Suplementario, programa que se intensifica en el período 2000-2006.

De igual forma, el 10 de febrero de 1997, se firma a nivel nacional acuerdo entre SAGAR y CNA, para conjuntar esfuerzos dentro del Programa de Alianza para el Campo y el 03 de julio de 1997 a través del acuerdo de coordinación firmado por la CNA y Gobierno del Estado, CNA se integra a Alianza para el campo, impulsando los programas de uso eficiente del Agua y la Energía Eléctrica, Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola, a efecto de elevar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica en los equipos electromecánicos de bombeo, eficientar el uso del agua para riego a través de la presurización de los sistemas, así como rehabilitar y modernizar la infraestructura de las unidades de riego de tal forma que se haga un uso más adecuado del agua. Es importante destacar que se contó con la participación entusiasta de los usuarios ya no hubiera sido posible sin su colaboración debido a que para los apoyos brindados el esquema de financiamiento es del 50% Comisión Nacional del Agua y 50% de los usuarios.

## **2.8. Métodos utilizados para el análisis y evaluación de problemáticas**

### **2.8.1. Método de planeación orientada a objetivos (ZOPP).**

Es un método que fue desarrollado por la Agencia de Cooperación Alemana (GTZ) y cuyas siglas de la denominación alemana: son ziel, orientierte, projekt, planung (ZOPP), planeación de proyectos orientada a objetivos. El cual tiene como base la utilización de un conjunto de instrumentos sencillos que nos ayudan a: analizar y

organizar la información disponible, desarrollar el proceso de planeación en base al consenso de opiniones, preparar el diseño del proyecto, manejar la planeación y ejecución del proyecto.

Aún cuando el método ZOPP, es uno de varios sistemas que pueden aplicarse para el análisis de problemática, con un procedimiento flexible, el cual puede ser tan eficiente como el equipo que forman sus participantes, en el se genera un consenso de opiniones a través del proceso de planeación, se requiere de una aplicación realista, es decir toda opinión debe apegarse a la veracidad de la problemática existente.

#### 2.8.1.1. Características del método ZOPP.

- Se fundamenta en el trabajo de equipo, la planeación se realiza mediante el trabajo en conjunto.
- Visualización permanente de las etapas del método, lo que facilita el consenso y la búsqueda de acuerdos en el grupo.
- El trabajo es moderado por personas que no necesariamente están involucradas en el proyecto.

#### 2.8.1.2. Fases del método ZOPP.

Análisis inicial: Identificación de involucrados, árbol de problemas, determinación de alternativas, árbol de objetivos.

Matriz de planeación proyecto: Resultados esperados, acciones a realizar, supuestos importantes, indicadores verificables. Programa operativo: Programa de actividades, Programa de recursos y presupuesto.

- Análisis Inicial.

Dentro de la fase de análisis inicial, se realiza el análisis de problemas, es un procedimiento que nos sirve para analizar la situación en relación a un problema, Identificar los problemas principales en este contexto, Definir el problema central en la situación, Visualizar las relaciones de causa a efecto en el árbol de problemas.

elaborar el árbol de problemas, podemos en primer término identificar los principales problemas, sobre la situación que se está analizando, formular en pocas palabras el problema central, anotar las causas del problema central, anotar los efectos provocados por el problema central, elaborar un esquema que muestre las relaciones de causa a efecto en forma de un árbol de problemas, revisar el esquema completo y verificar su validez e integridad, formulando el problema como en estado negativo; escribir un solo problema por tarjeta; identificar plenamente los problemas existentes teniendo cuidado de no plantear los posibles problemas, ficticios o futuros; analizar la importancia de un problema el puedo o no estar determinado por su ubicación en el árbol de problemas.

Una vez realizado esto se identifican las alternativas que pueden llegar a ser estrategias del proyecto, se seleccionando una o más estrategias potenciales del proyecto y por último se decide la estrategia a adoptarse por el proyecto.

- Matriz de planeación del proyecto.

Con toda esta información se elabora una matriz de planeación del proyecto, la cual debe responder a las siguientes preguntas:

Objetivo Superior	¿Por qué?	Se propone lograr el propósito del proyecto
Objetivo del proyecto	¿Qué?	Se pretende realizar del proyecto
Resultado/proyecto	¿Qué?	Se pretende alcanzar del proyecto
Actividades	¿Cómo?	Se pretende lograr el resultado del proyecto
Supuestos	¿Qué?	Factores externos son importantes para el logro de los objetivos
Indicadores verificables objetivamente	¿Cómo?	Puede ser medido el logro de los objetivos
Fuentes de verificación	¿Dónde?	Encontramos los datos para evaluar el proyecto
Programa operativo	¿Cuál?	Es el costo del proyecto

- Programa operativo

El programa operativo es un conjunto de instrumentos de planeación en los que se precisa el tiempo, personal, equipo, materiales e insumos y el presupuesto requeridos para la ejecución de todas las actividades del proyecto.

Un programa operativo contiene un programa de actividades, programa de recursos y presupuesto.

En la figura 8, se presenta de forma esquemática, las fases del método de Método de planeación orientada a objetivos (ZOPP).

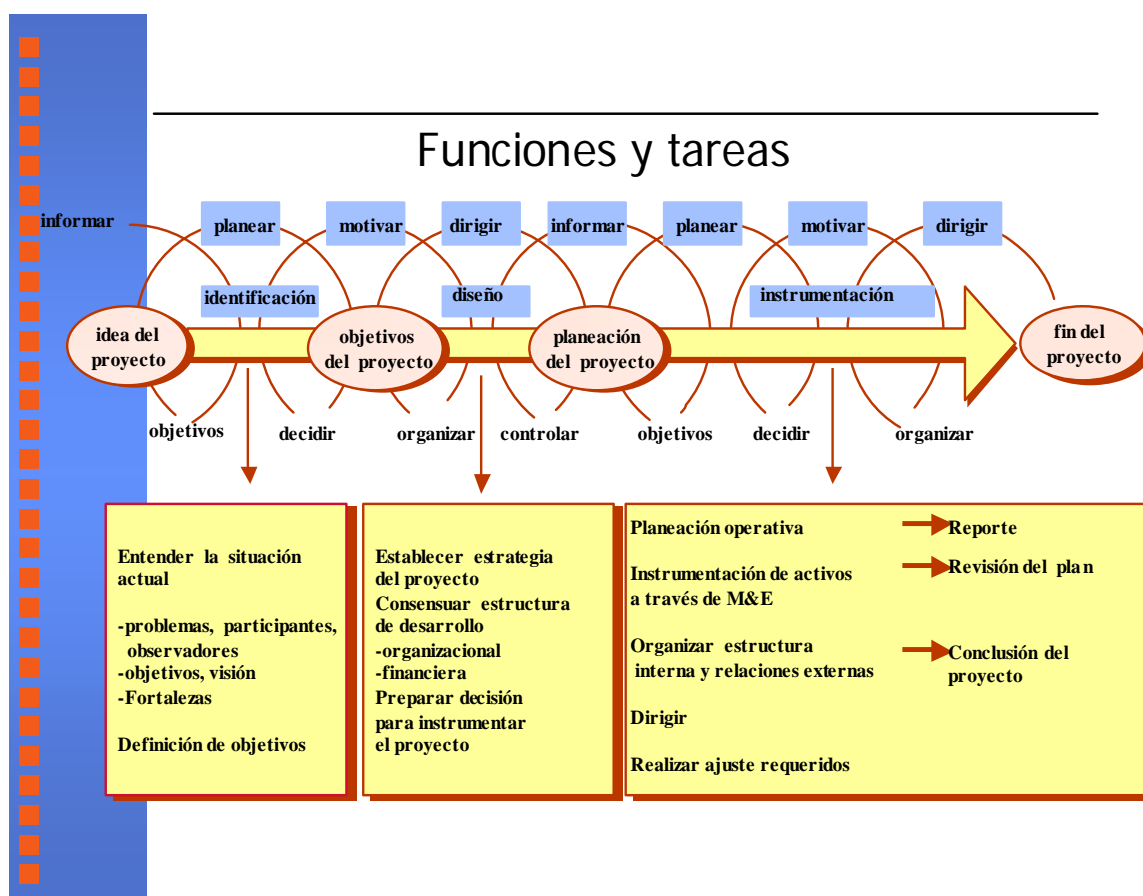


Figura 8. Planeación de proyectos

#### 2.9.1. Marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)

El enfoque MESMIS, incorpora indicadores de sustentabilidad, cuyo objetivo fundamental es convertirse en un punto de apoyo que permita hacer operativo el concepto de sustentabilidad en la búsqueda de un desarrollo social más equitativo y ambientalmente sano de las comunidades rurales (Maser y López, 1999).

Para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales es necesario, en primera instancia, definir los atributos generales de dichos sistemas esto permite por un lado, hacer operativo el concepto y por otro lado desarrollar un

marco de referencia para derivar indicadores. El enfoque empleado en este estudio requiere del diseño de instrumentos de recopilación de información primaria. Encuestas y entrevistas que permitan la construcción de indicadores de los cinco atributos clave de este enfoque.

2.9.1. Los atributos básicos que se definen desde la metodología MESMIS son:

La productividad, entendida como la capacidad del sistema para brindar un requerido de bienes y servicios. Representa el valor del atributo en un tiempo determinado; la estabilidad, que es la propiedad del sistema de mantener los beneficios proporcionados en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo.

La resiliencia, que se refiere a la capacidad del sistema de retornar al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo después de sufrir perturbaciones graves.

La confiabilidad, que permite al sistema mantener su productividad, los beneficios deseados en niveles cercanos al equilibrio, ante perturbaciones normales del ambiente.

La equidad, que se refiere a la capacidad del sistema para distribuir de manera justa, los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos naturales.

La autogestión, mediante la que se puede regular el control de los cambios que se pudieran generar desde el exterior del sistema.

A partir de la caracterización e identificación de los sistemas, a analizar se definen los indicadores, que nos permitirán evaluar mediante los sistemas productivos asentados en la región los resultados y eficiencia.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Descripción del área de estudio

Los Valles Centrales de Oaxaca se ubican en la parte centro del Estado. La región es una de las ocho en que se divide geográfica y administrativamente la entidad. Limitan al oeste con la región de la Mixteca, al noroeste con la Cañada, al norte con la Sierra de Juárez, al este con el Istmo de Tehuantepec y al sur con la Sierra del Sur. En conjunto abarcan 89 municipios en los distritos de Ejutla, Etlá, Ocotlán, Tlacolula, Zaachila, Zimatlán y centro (ver Figura 9), convergiendo en el área donde se ubica la Ciudad de Oaxaca y su zona conurbada, principal usuario del agua del acuífero en estudio. Comprende; con una extensión total de 5,940 km<sup>2</sup> de los cuales aproximadamente 1,130 km<sup>2</sup> conforman la zona de extracción (CONAGUA, 2003). Las alturas oscilan entre los 1 318 msnm en su punto más bajo en el municipio de Santa María Zoquitlán; llegando a 2 050 msnm en San Miguel Peras, Zaachila(INEGI, 2004). Se encuentra comunicada por las Carreteras Federales No. 175 que va a San Pedro Pochutla, la No. 131, que va a Puerto Escondido y una carretera estatal que conduce de la Ciudad de Oaxaca a la Villa de Zaachila, la No. 190 o Panamericana, así como por la Supercarretera Cuacnopalan-Oaxaca y por la Línea de Ferrocarril Ciudad de México-Puebla-Tehuacan-Oaxaca, y en la parte central es delimitado por la localidad de San Agustín de las Juntas, en donde se localiza el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Oaxaca(INEGI, 2004).



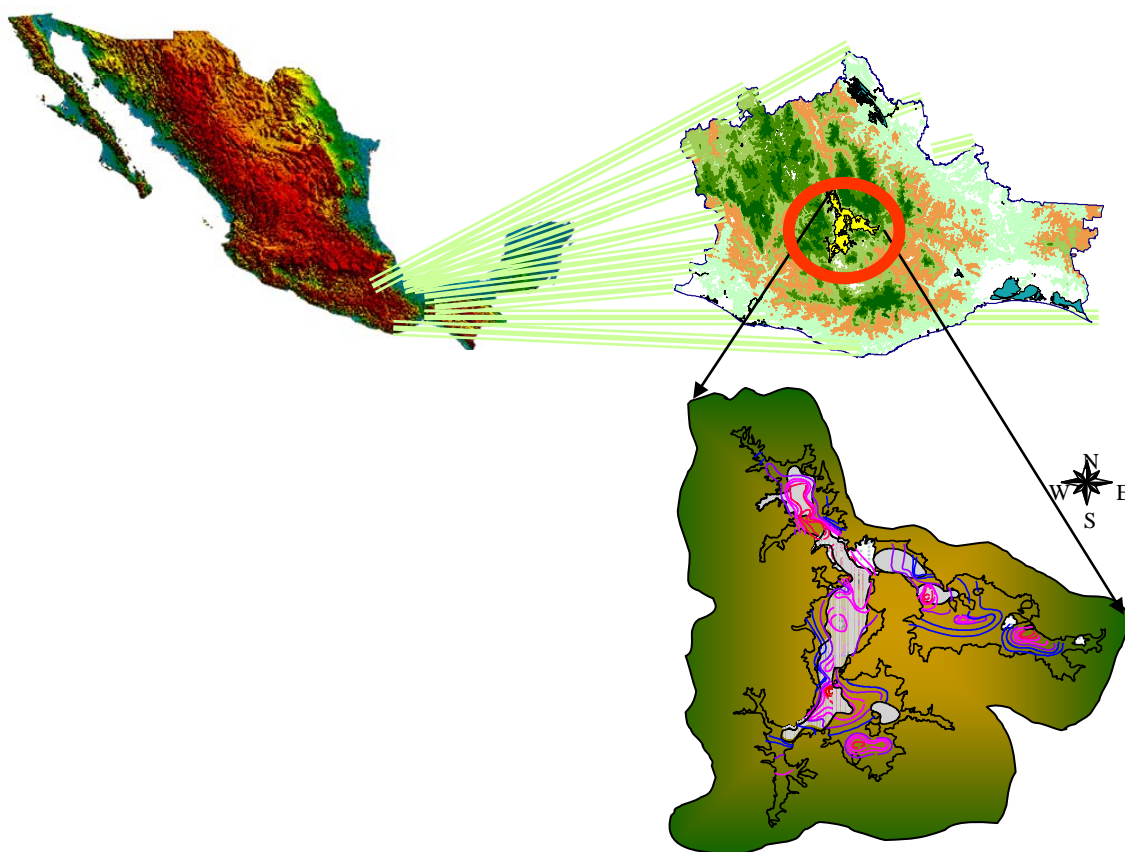


Figura 9. Ubicación de los Valles Centrales de Oaxaca.

Tomando como base la compleja división territorial del estado, dentro de los límites del acuífero quedan incluidos, parcial o totalmente, 90 Municipios entre los más importantes destacan: Zimatlán de Álvarez, Tlacolula de Matamoros, San Pablo Villa de Mitla, Soledad Etna, San Andrés Zautla, Reyes Etna, Santo Tomás Mazaltepec, Nazareno Etna, Guadalupe Etna, San Agustín Etna, San Pablo Etna, Villa de Etna, Tlacoahuaya de Morelos, Villa de Tlaxiactac, Ciénega de Zimatlán, Trinidad Zaachila, Villa de Zaachila, Santiago Apóstol, Santa Catarina Quiané, San Bartolo Coyotepec y Oaxaca de Juárez. Este último se localiza en el punto de intersección de los Valles de Zimatlán, Etna y Tlacolula (CONAGUA, 2003).

Los municipios, comprendidos en el área de los Valles Centrales tienen una población estimada de 627,000 habitantes, incluida la ciudad de Oaxaca. La cual está considerada junto con los municipios conurbados, como una de las 30 ciudades del país de más de 100 mil habitantes y con mayor crecimiento demográfico. En la ciudad de Oaxaca, la densidad poblacional llegó en el año 2000 a ser de 2,996 mil habitantes por km<sup>2</sup>, siendo superada en 51% por el municipio de Santa Lucía del Camino. Las proyecciones de crecimiento del Consejo Nacional de Población para el 2010, prevé que en 3 años la población del área metropolitana rebasará el millón de habitantes (CONAPO, 2000).

Esta es la región más urbanizada del Estado ya que concentra a casi la cuarta parte de su población, del total del territorio denominado "Valles Centrales" el 40.4%, corresponde a la mancha urbana, el 34.48% se destina a usos agropecuarios, el 20.79% se conforma por bosques de encino y pino y el 4.32% de selva caducifolia; ocasionando una fuerte presión al acuífero y a su capacidad de recarga, por la extracción que se hace del agua para diferentes usos. En este contexto el mayor consumidor, es la ciudad de Oaxaca y su área conurbada para el uso público urbano, convirtiéndolo en un territorio bajo constante presión debido a su población creciente, que consume sus recursos naturales (CONAGUA, 2003).

Esta situación demográfica, incide considerablemente en la cantidad y calidad de los recursos naturales, particularmente el agua. Además en el caso de la ciudad de Oaxaca, presenta un severo faltante de inversión en infraestructura de servicios públicos de agua potable y alcantarillado (CONAGUA, 2003).

Cerca del 70% de los habitantes de la ciudad de Oaxaca tienen agua entubada en su casa y se estima que 118 mil personas tienen que comprar agua de pipas privadas o

públicas que proviene generalmente de pozos. No se capta agua de lluvia ni se tratan las aguas residuales. Se ha calculado rangos de pérdidas entre el 18 y el 48% del volumen de agua que se distribuye en la ciudad. Las fuentes actuales de abasto de agua para la ciudad, están llegando a su límite en términos de su relación costo-beneficio. Aprovechando el agua de 3 cuencas subterráneas diferentes, las fuentes de agua incluyen 2 galerías filtrantes, 3 manantiales y 58 pozos profundos, de los cuales normalmente se operan 42 de ellos a la vez (INEGI 2000).

Por lo anterior se considera que al acuífero de los Valles Centrales, como uno de los más importantes del Estado, por ser la fuente de abastecimiento de los municipios de esta región, incluyendo la ciudad de Oaxaca y su área conurbada y especialmente por ser el principal insumo productivo de los productores agrícolas de esta zona (IMTA, 2006).

### **3.2. Métodos**

Comisión Nacional del agua, conforme a las facultades señaladas en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, para lograr el manejo integrado y sustentable del agua, en cada región hidrológico-administrativa elabora un Programa Hidráulico con la participación de usuarios y representantes de las distintas instancias de gobierno. Estos programas son rectores de la política hídrica en cada una de las regiones y todas sus estrategias y líneas de acción se dirigen a contribuir al bienestar social y al desarrollo económico sin descuidar la preservación del medio ambiente.

### 3.2.1. Información y Difusión.

Se inicia con el trabajo de información y difusión de la situación de sobreexplotación que presenta el acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca, de conformidad con lo que señala la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

Preceptos que se señalan en el Artículo 14 Bis 5 de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento (Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, 2004), el cual determina los principios de la política hídrica nacional, en sus fracciones: I, II, III, VI, VII, IX, XVIII, XXI; Artículo 15 (Anexo 1). Con la finalidad de consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.

De esta forma se comunican los resultados obtenidos de los estudios geohidrológicos realizados por la Comisión Nacional del Agua, mediante asambleas participativas que se llevaron a cabo en los Municipios en que se localiza el acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca, contando con la participación autoridades municipales, representantes de unidades de riego, usuarios del uso comercial e industrial, técnicos de la Comisión Nacional del Agua y del Gobierno del Estado de Oaxaca, así como instituciones académicas y de investigación, y organizaciones de la sociedad civil.

### 3.2.2. Implementación de la planeación por objetivos con la aplicación del método de planeación de proyectos orientada a objetivos (ZOPP).

Con la finalidad de disponer de un diagnóstico fehaciente y de profundizar en la problemática del agua, así como, su consenso entre los diversos usuarios de este recurso, y de conformidad a lo señalado en la Ley de Aguas Nacionales y su

Reglamento, se realizan talleres de planeación participativa con el Método ZOPP, para precisar los problemas centrales sus causas y efectos, teniendo como resultado una base, organizada de información para implementar en el corto mediano y largo plazo las estrategias que posibilitan la solución de dicha problemática. Con esta metodología se detectan los problemas centrales, los cuales más tarde se convertirán en estrategias y acciones.

3.3.3. Marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS).

Derivado de la importancia del trabajo realizado por la Comisión Nacional del Agua, y para conocer cuáles son y como influyen las dimensiones sociales, ambientales, económicas e institucionales en la construcción de una experiencia exitosa, de tal forma, que se pueda plasmar un conocimiento que sea replicable en otras regiones del Estado o del País.

Se Contrata al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, para que realice la evaluación del cambio tecnológico hidroagrícola en los municipios de San Pablo Huixtepec, Zimatlán y la Ciénega de Zimatlán en los Valles Centrales de Oaxaca, en el marco de la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) (Maser y López, 1999).

A partir de la caracterización e identificación de los sistemas, a analizar se definen los indicadores.

Se determinó la unidad de muestreo, seleccionando al conjunto de usuarios agrícolas de las unidades de riego ubicadas en la Región de San Pablo Huixtepec. Recopilando la información sobre el número de unidades de riego ubicadas en cada

uno de los municipios de la región (CONAGUA). Se identificaron el número y las características de los usuarios de cada una de las unidades de riego, en cuanto al tamaño de las parcelas y la tenencia de la tierra.

Con la información disponible se decidió el número total de encuestas a aplicar en la región, que fue el 5% del total de usuarios existentes en cada municipio. Según las técnicas de muestreo estadístico el cual se muestra en el Cuadro 1, de 2710 usuarios de la región se programan 136 encuestas, con la aplicación de este porcentaje de encuestas se considera que se obtienen resultados satisfactorios y representativos del conjunto de individuos pertenecientes al universo de estudio.

Cuadro 1. Número de encuestas programadas

Municipio	Usuarios	%de usuarios	Encuestas Programadas
La Ciénega	861	31,8	43
San Pablo Huixtepec	1313	48,5	66
Santa Catarina Quiané	269	9,9	13
Santa Cruz Mixtepec	157	5,8	8
Zimatlán de Álvarez	110	4,1	6
<b>Total</b>	<b>2710</b>	<b>100,1</b>	<b>136</b>

Con estos datos del muestreo estadístico se formó un grupo de 15 encuestadores, todos ellos estudiantes del último semestre de la carrera de sociología de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, los cuales fueron capacitados en el manejo del guión de la encuesta y se les familiarizó en el conocimiento de los conceptos hidroagrícolas antes de lanzarlos al campo.

Medición de resultados. Los indicadores diseñados para la medición de los resultados de evaluación, que se identificaron en el sistema hidroagrícola son:

- a) Costos de Producción.
- b) Número de riegos.
- c) Tiempo de riego por cultivo.
- d) Variación en la profundidad de los pozos.
- e) Reemplazo de pozos.
- f) Incremento en la superficie regada.
- g) Modificación del patrón de cultivos.
- h) Conocimiento del programa de tecnificación.
- i) Aceptación del sistema de riego presurizado.
- j) Aceptación de requisitos de participación.
- k) Conocimiento y utilización de técnicas de riego.
- l) Distribución de beneficios.
- m) Numero de productores organizados
- n) Participación social.
- o) Involucramiento en la toma de decisiones.

Para la medición de los atributos se van seleccionando los indicadores en este caso, el primer atributo, se refiere a la productividad, en relación al cual se identificó como el principal criterio de diagnóstico para este atributo se refiere a la eficiencia del agua en la agricultura. Para la evaluación de este atributo se seleccionaron tres indicadores del área económica que reflejan tanto el nivel de productividad como la eficiencia que al mismo tiempo el agua tiene sobre la eficiencia productiva agrícola: a). Costos de producción, b). Tipo de riego, c). Tiempo de riego por cultivo.

Para el atributo de estabilidad/resiliencia, se identificaron como puntos críticos el abatimiento de los pozos y la extracción de agua como uno de los problemas que pueden afectar la estabilidad del acuífero. En este sentido se estableció la conservación del recurso agua como el principal criterio de diagnóstico el cual lo hemos ubicado en el área de evaluación ambiental y para su evaluación se han establecido cuatro indicadores d). Variación en la profundidad de los pozos, e). Reemplazo de pozos, f). Incremento en la superficie regada y g). Modificación en el patrón de cultivos.

El tercer atributo se refiere a la adaptabilidad, en donde el punto crítico más relevante lo constituyen los beneficios y las limitaciones introducidas por el cambio tecnológico, por lo tanto los criterios de este diagnóstico ha sido la modernización de sistemas de riego. Para evaluar este atributo se han establecido como indicadores: h). Conocimiento del programa de tecnificación, i). Aceptación del sistema de riego presurizado, j). Aceptación de requisitos de participación y k). Conocimiento y utilización de técnicas de riego. Estos indicadores pertenecen a las áreas de evaluación económica y social.

La equidad es otro de los atributos incluidos para la evaluación, en él se ha considerado como punto crítico la inequidad de los programas gubernamentales, por lo que el criterio de diagnóstico para este atributo son la organización y beneficios, al respecto se han considerado como indicadores: l). Distribución de beneficios y m). Número de productores organizados; todos estos indicadores corresponden a las áreas de evaluación económica y social.

Finalmente el último atributo considerado desde la metodología MESMIS, es la autogestión, para el cual nuestro punto crítico ha sido la consideración de obstáculos



y mejoras organizativas, de lo que se ha desprendido como el principal criterio de diagnósticos la participación y toma de decisiones. Para evaluar este atributo se seleccionaron los siguientes indicadores: n). participación social y o). El involucramiento en la toma de decisiones. Ambos indicadores del área de evaluación social.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como resultado de las acciones emprendidas por la Gerencia Regional Pacifico Sur de la Comisión Nacional del agua, se obtienen importantes logros en los que se han involucrado diversas Instituciones de los tres órdenes de Gobierno, Usuarios del agua, Instituciones Educativas y la Sociedad Civil, esfuerzos que detallaremos en el presente apartado, con la finalidad de evitar el deterioro y sobreexplotación del acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca, promoviendo el manejo sustentable del agua subterránea, conforme a la metodología considerada en el apartado de materiales y métodos, implementación de acciones.

### **4.1. Resultados Información y Difusión**

Con las facultades que la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, confiere a la Comisión Nacional del Agua, se realizaron diversas acciones de difusión de información, sensibilizando a la población con la presentación de la información de los estudios geohidrológicos realizados al acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca, así como el balance de la disponibilidad del agua.

Presentando diversas propuestas, para la tecnificación del riego agrícola, la instalación de sistemas de riego presurizados, capacitación y asistencia técnica para la operación de los sistemas de riego y diversificación de cultivos, planificación de siembras y adopción de acciones para la recarga del acuífero con agua pluvial (bordos), con la finalidad de apoyar en el manejo sustentable del acuífero y el desarrollo de la región de los Valles Centrales.

## **4.2. Resultados planeación por objetivos con la aplicación del método de planeación de proyectos orientada a objetivos (ZOPP)**

Derivado de la realización de tres talleres de planeación participativa con el Método ZOPP. Se obtiene un diagnóstico de la problemática, en el que se encontraron los siguientes problemas centrales:

A. Escasa organización para hacer frente a los problemas locales y de participación social para la definición y ejecución de programas y acciones.

B. No existe articulación de acciones con las autoridades y hay una enorme dispersión institucional.

C. Falta de información relacionada con los volúmenes de agua utilizados en la agricultura, cuantificación de superficies en producción, caracterización de unidades de riego, evaluación de inversiones en programas hidroagrícolas, tenencia de la tierra, etc.

D. Infraestructura hidroagrícola deteriorada, obsoleta y con bajos niveles de operación.

E. Baja eficiencia en el uso del agua para riego agrícola

F. Baja cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas rurales y urbanas, por tanto contaminación en cuerpos de agua superficiales y del subsuelo y alta incidencia de enfermedades gastrointestinales asociadas al consumo de agua no desinfectada.

G. Deforestación por tala inmoderada de bosques y Erosión en las partes altas de las cuencas hidrológicas.

H. Crecimiento desordenado de los centros de población e invasión de zonas y cauces federales.

I. Insuficiente cultura ambiental entre la población.

Estos problemas centrales se convierten en estrategias, en las que se determinan acciones y más tarde, logramos los siguientes resultados:

#### 4.2.1. Desarrollo de Acciones.

##### A. Organización Social.

Para instrumentar las acciones derivadas de las asambleas participativas y de los talleres de planeación por objetivos, fue necesario integrar un órgano colegiado, que permitiera abordar la problemática del agua en forma integral, para lo cual en el marco de la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento y dentro del Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca, en el marco de los Artículo 13, 14 y 19 y 21 se constituye el Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS).

En el año 2001, se logra un avance importante en su proceso de creación y consolidación en el 2003, agrupando 96 Municipios con 671,023 habitantes aproximadamente de 524 unidades de riego, participando activamente dentro del Comité 33 Presidentes Municipales, 1 Organización Ciudadana, 2 Instituciones Académicas, 23 Representantes de los principales Usuarios del agua y 2 Organizaciones de la Sociedad Civil.

En todos ellos destaca la participación de grupos indígenas zapotecas. El órgano directivo quedó integrado por un presidente, un secretario, un tesorero y tres vocales propietarios y suplentes por cada tipo de uso: agrícola, pecuario, público urbano, industrial y de servicios. Y para tener un soporte técnico adecuado se integra un Consejo Técnico Consultivo integrado por la Comisión Nacional del Agua, FIRCO,

cuatro dependencias del Gobierno del Estado y tres instituciones académicas y de investigación, Figura 10.

Con esta iniciativa se dispone entonces de una figura legal, que posibilita la obtención de recursos financieros a través de diversos programas dentro de los que se encuentran el de uso eficiente del agua y la energía eléctrica, uso pleno de la infraestructura hidroagrícola, rehabilitación y modernización de distritos y unidades de riego promovidos por el Gobierno del Estado y la Comisión Nacional del agua. Acciones encaminadas a la perforación, el equipamiento, la electrificación e implementación de los sistemas de riego presurizados.

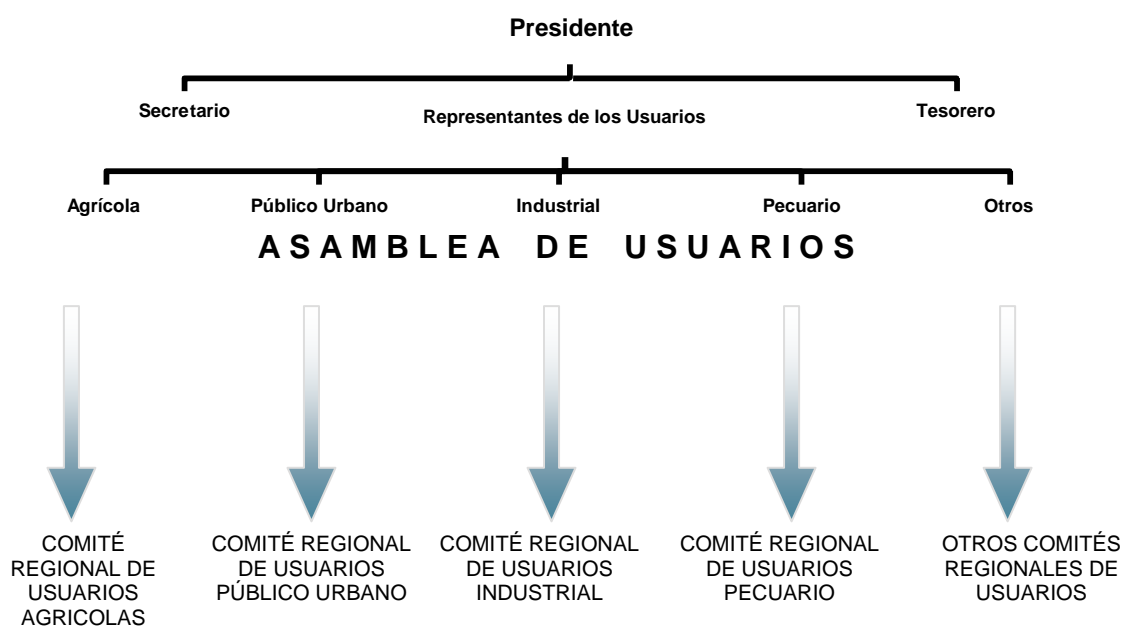


Figura 10. Estructura del Comité Técnico de Aguas Subterráneas.

## B. Coordinación Institucional.

Con el propósito de dar un manejo integral e implementar acciones conjuntas encaminadas a lograr el desarrollo sustentable de la región se integraron diversas instituciones de gobierno federal, estatal, municipal, organismos no gubernamentales y asociaciones civiles.

De parte del Gobierno Federal la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y por supuesto la Comisión Nacional del Agua como anfitriona. De parte del Gobierno del Estado, La Comisión Estatal del Agua, Instituto Estatal del Ecología (IEE), Administración Directa de Obras y Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Oaxaca (ADOSAPACO), Agua y Solidaridad para el Progreso (ASPRO), Secretaria de Desarrollo Agropecuario y Forestal (SEDAF), Secretaría de desarrollo Urbano, Comunicaciones y Obras Publicas (SEDUCOP) e instituto de Desarrollo Municipal del Estado de Oaxaca (IDEMUN). De parte del Gobierno Municipal 99 Municipios. También se integraron Instituciones de Investigación y Enseñanza, como el Instituto Tecnológico de Oaxaca (ITO), Universidad Autónoma de Chapingo (UACH) y el Centro de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-IPN-Oaxaca); Organizaciones no Gubernamentales como la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Sociedad Oaxaqueña de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Asociación Civil (SOISA, A.C.) y World Wild Found (WWF), Asociación Mexicana de Hidráulica.

Con el objeto de realizar acciones enfocadas a la sustentabilidad del acuífero de los Valles Centrales, en Junio de 2001, la SEMARNAT, solicita apoyo a la USAID (Organismo Internacional), en relación con la problemática del consumo de agua y energía eléctrica en el sector agrícola; en octubre de 2002 la USAID entra en contacto con la Comisión Nacional del Agua, Gerencia Regional Pacifico Sur y el Comité Técnico de Aguas Subterráneas de los Valles Centrales; para en marzo de 2003, la USAID desarrolla un programa de actividades junto con la Comisión Nacional del Agua, a fin de establecer un conjunto de acciones encaminadas a la estabilización del Acuífero de Valles Centrales, con apoyos financieros para capacitación e inversión en tecnologías de producción, etc.

Parte importante fueron también los diversos convenios, como el realizado con el Fideicomiso para el ahorro de Energía (FIDE), Con instituciones educativas como la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Instituto Tecnológico de Oaxaca, Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca, con el objeto de vincular a los estudiantes, profesores e investigadores al estudio de la problemática; Convenio con la Comisión Nacional del Agua, para apoyo en el desarrollo de programas y acciones; Convenio de COTAS-USAID para la integración del Sistema de Información Geográfica, el apoyo en el programa de comunicación, capacitación y asistencia técnica en general.

También se lograron apoyos para la Ciudad de Oaxaca, a través del "Alliance to Save Energy" USAID, para la ADOSAPACO (empresa de agua y saneamiento de la ciudad de Oaxaca, Oaxaca), relacionada con capacitación en bombeo y distribución eficiente del agua, medición de eficiencias y desempeños de bombas, intercambios con expertos en distribución de agua potable, desarrollo de programas de ahorro de

energía y agua; trabajo coordinado estrechamente con el COTAS y la Comisión Nacional del Agua, que representa un paso importante hacia un manejo integral del agua en la región.

### C. Integración del sistema de información geográfica.

Para contar con información actualizada de las unidades y distritos de riego, que permitirán realizar acciones para promover y fortalecer, a las organizaciones de unidades de riego, se llevo a cabo la integración y actualización geohidrológica de la zonas agrícolas, en el sistema de información geográfica de las unidades de riego de los Valles Centrales, para dar seguimiento a las inversiones y realizar la evaluación de éstas en los programas hidroagrícolas; con lo cual se permite la delimitación cartográfica digital de parcelas, por padrón de usuarios, obras de infraestructura; la base de datos incluye: ubicación cartográfica de las obras de infraestructura con GPS, análisis de agua y suelo, obtención de datos para un mejor aprovechamiento del agua, informe con las bases de éste modelo de SIG, aplicando el sistema GISIGMR prototipo en cual tiene aplicación en todas las unidades de riego de la República Mexicana.

Este sistema es una herramienta basada en imágenes por computadora, que despliega mapas y análisis de información de las características terrestres. La tecnología existente en estos sistemas integra operaciones de bases de datos lo que permite realizar consultas y análisis estadísticos, con la ventaja de visualizar los resultados mediante planos (Figura 11).



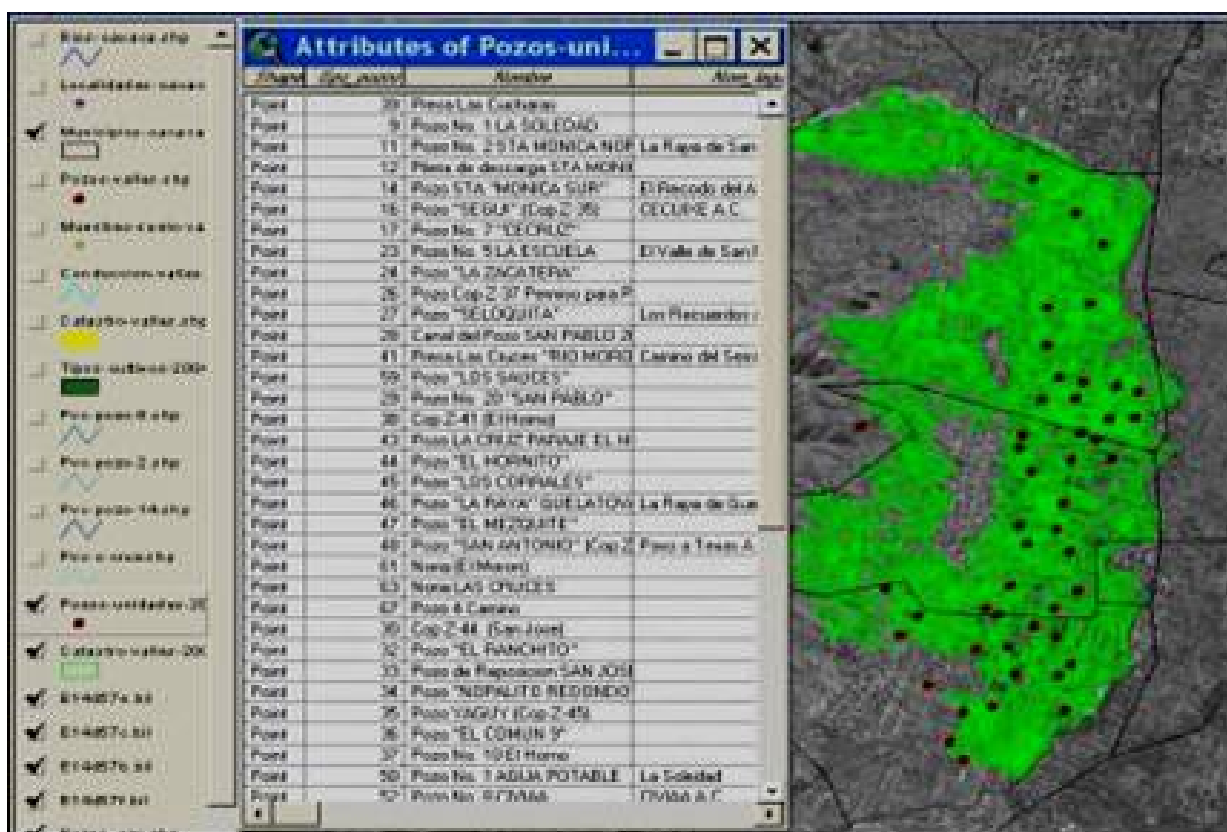


Figura 11. Detalle del sistema de información geográfica.

D. Capacitación, asistencia técnica e intercambio técnico para el uso eficiente de la Infraestructura hidroagrícola.

Para lograr la eficiencia del uso de la infraestructura y las tecnologías disponibles, así como incrementar la productividad y elevar los niveles de eficiencia de la infraestructura hidrogrícola y el uso del agua. Se solicito a las Instituciones apoyos para la capacitación, asistencia técnica e intercambio técnico en el uso eficiente del agua en el sector agrícola y público urbano.

Se impartieron tres cursos de capacitación a productores agrícolas con el apoyo de la USAID, sobre sistemas de riego tecnificado, producción intensiva de hortalizas, cultivos básicos de granos y forrajes, producción en invernaderos, manejo integral de

cuencas y micro cuencas, impacto ambiental, capacitación a organismos operadores de agua potable, habilidades gerenciales y trámites y servicios en materia de agua. Se han realizado visitas a los estados de Tlaxcala y Jalisco, para conocer experiencias sobre sistemas intensivos de producción agrícola, y la participación en ferias y exposiciones técnicas en la entidad. Asimismo el COTAS, asistió y participo en la primera reunión cumbre de cultura del agua realizada en Los Mochis, Sinaloa, en el Tercer Foro Mundial del Agua en Kyoto, Japón y el Cuarto Foro Mundial del Agua en la Ciudad de México. Generando el interés de otras regiones y países, por el desarrollo del proyecto, dentro de los que se cuenta la visita de Andra Pradesh, India en el 2003.

E. Baja eficiencia en el uso del agua para riego agrícola.

Partiendo del análisis de los usos del agua, se determina que el mayor consumo se encuentra en el uso agrícola y el público urbano. Entonces se determinan estrategias para el mejoramiento de la infraestructura de riego, el uso eficiente del agua y la energía eléctrica, se implementan dentro de los programas de uso eficiente del agua y la energía eléctrica, uso pleno de la infraestructura hidroagrícola y modernización de los distritos y unidades de riego la adopción de sistemas de riego tecnificado, entre los que destacan: El sistema de riego por goteo, aspersión, micro aspersión, fertirrigación. Se considera que el volumen recuperado estimado, con estas acciones es del orden de 12 millones de m<sup>3</sup>; considerando que por gravedad para regar una superficie de 10,000 hectáreas se utilizan 134'000 miles de m<sup>3</sup>, y con el riego presurizado se usan solo 79'000 miles de m<sup>3</sup>. Al poner en marcha la totalidad del proyecto se podría

disponer dentro de la región de los Valles Centrales con un volumen aproximado de 55 millones de m<sup>3</sup>, que sería suficiente para proporcionar agua para uso humano a una población aproximada de 602,000 habitantes.

La inversión realizada hasta el 2005, para la tecnificación del agua en la agricultura fue en uso pleno de la infraestructura hidroagrícola de 24.2 millones pesos de la federación y 26.3 millones de pesos del productor (considerando las reglas de operación de estos programas una aportación de 50% federales 50% productor). Para el programa de uso eficiente del agua y la energía eléctrica de 12.3 millones de pesos de la federación y 13.0 millones de pesos del agricultor. En el programa de riego suplementario de 36.5 millones de pesos la federación y 39.4 millones de pesos el agricultor, haciendo un total 72.0 y 78.7 millones de pesos respectivamente. Lo que permitió beneficiar una superficie 11,215 hectáreas con 6.951 familias.

De igual forma con la finalidad de incrementar la eficiencia en la operación de los equipos de bombeo se suscribió un convenio con el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE), para la rehabilitación de 10 pozos de uso agrícola y 5 de uso urbano.

F. Programas de agua potable alcantarillado y saneamiento en zonas rurales y urbanas.

Con una población estimada de 627,000 en el territorio que comprenden los Valles Centrales de Oaxaca, se generan 67.8 millones de l/año de aguas residuales, se cuenta con 25 plantas de tratamiento, con una capacidad instalada de 209.5 l/seg., sin embargo, se trata solo un volumen de 98.6 l/seg., en el ejercicio 2006 se inicio con la construcción de la planta de tratamiento, con la cual se pretende tratar 600 l/seg.

Esto con la finalidad de contribuir al saneamiento del ambiente; en el período comprendido del 2001-2006 se aplicaron recursos en inversión federal por 227.77 millones de pesos que sumados a 309.91 millones de pesos estatales, hacen un total de 537.68 millones de pesos en acciones de agua potable, alcantarillado y saneamiento en beneficio de los más de 600,000 habitantes de esta Región, destacando por su importancia las obras para el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Oaxaca, que incluyen la planta de tratamiento y los colectores; obra de gran impacto con la que dejan de depositarse en el río Atoyac y sus afluentes, las aguas residuales de la ciudad de Oaxaca y su área conurbada.

Asimismo, se realizaron acciones de desinfección de agua para consumo humano con una inversión de 678 miles de pesos en beneficio de 178,540 habitantes, instalándose 71 equipos hipocloradores en 49 localidades.

#### G. Reforestación en las partes altas de las cuencas hidrológicas.

Los bosques y el agua son los principales protagonistas del desarrollo de la vida en los ecosistemas. A medida que perdemos los bosques, se disminuye la capacidad de capturar agua; se destruye el hábitat de plantas y animales y se afecta la vida de todos. De ahí la importancia de realizar intensas campañas de reforestación en región con la finalidad de contribuir a las acciones para el rescate y la recuperación del acuífero; entre la población de todas las edades pero principalmente niños y jóvenes estudiantes de la región de los Valles Centrales.

Realizándose acciones de reforestación en San Baltasar Chichicapam, en la presa "Armenta y López" y San Pablo Huixtepec, con instituciones educativas de nivel primaria, secundaria y nivel medio superior y autoridades locales.

H. Medidas administrativas para evitar que el crecimiento desordenado de los centros de población e invasión de zonas y cauces federales propicie la sobreexplotación del acuífero y deterioro del acuífero de los Valles Centrales.

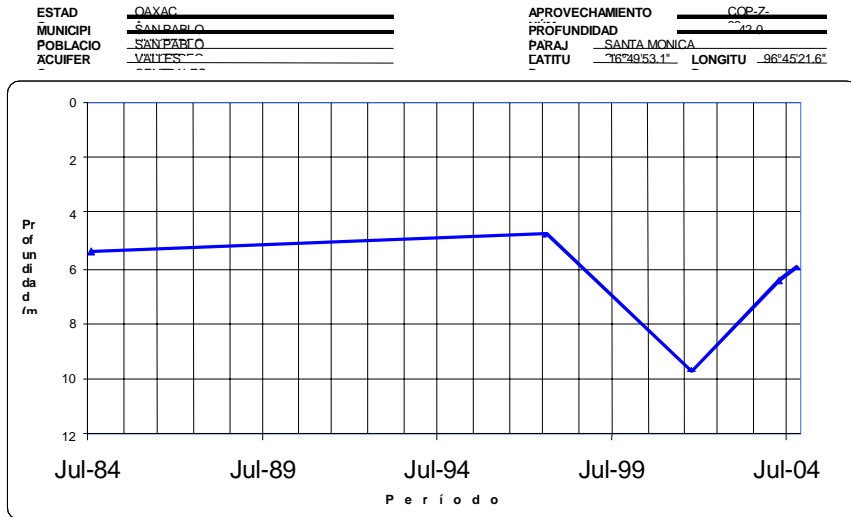
La Comisión Nacional del Agua, es la autoridad competente en relación con la administración del las aguas nacionales, que permitan garantizar el manejo sustentable y la preservación del recurso y de los ecosistemas vitales determinadas en acuíferos, cuencas o regiones hidrológicas.

Para lo cual expide decretos, que reglamentan la extracción, explotación, uso y aprovechamiento de las aguas nacionales, procurando la conservación de los acuíferos en condiciones de sobreexplotación, estableciendo zonas reglamentadas, así como los decretos para el establecimiento la modificación o supresión de zonas de veda o declaratorias de reserva que se requieran (Ley de Aguas Nacionales, 2004).

La zona conocida como Valle de Oaxaca, cuenta con un decreto de veda publicado en el Diario Oficial de la Federación con fecha 25 de Septiembre de 1967. Delimitando su extensión y límites geopolíticos en los ex distritos de Zimatlán, Ocotlán Centro, Etlá y Tlacolula. Este decreto señala que por causa de interés público, para procurar la conservación de los acuíferos en condiciones de explotación racional y para controlar las extracciones de los alumbramientos existentes y los que en el futuro se realicen, se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo.

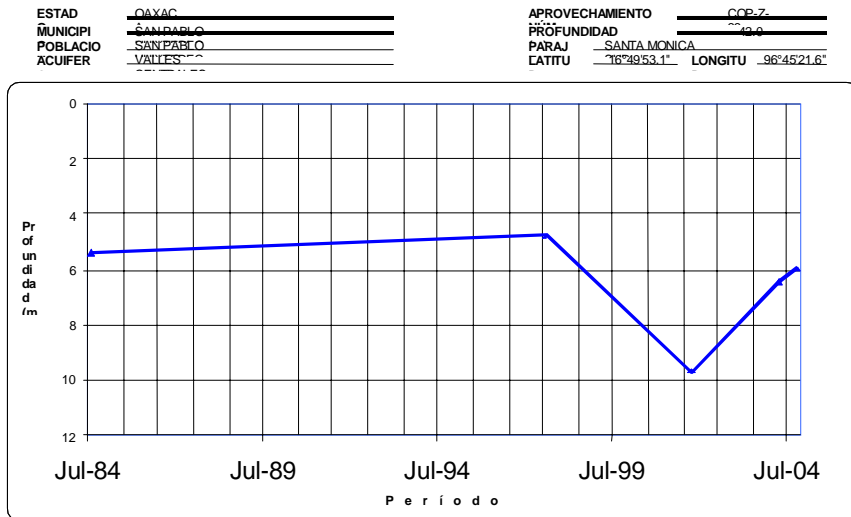
La veda queda comprendida en la tercera clasificación del artículo 11 del Reglamento de la Ley Reglamentaria del Párrafo Quinto del Artículo 27 constitucional

en materia de aguas del subsuelo y establece que excepto cuando se trate de alumbramientos para usos domésticos, nadie podrá extraer aguas del subsuelo dentro de la zona vedada, ni modificar los aprovechamientos existentes, cambiar el uso del agua o incrementar los gastos de extracción sin el permiso correspondiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, los cuales deben estar fundados en estudios geohidrológicos individuales. A efecto de otorgar concesiones para atender las necesidades en el uso público urbano, se realizan en 2002 estudios para determinar la disponibilidad del acuífero de los Valles Centrales, el cual determina un déficit de algo más de 18 millones de metros cúbicos al año, situación que cambio notablemente en el 2003, resultado de los programas para apoyar la recuperación del abatimiento del acuífero se determino una disponibilidad de aproximadamente 13 millones de metros cúbicos al año (Comisión Nacional del Agua, 2003), con lo cual se esta en posibilidades de otorgar concesiones privilegiando los requerimientos del uso público urbano. En la figura 14, se puede observar la evolución del nivel estático del acuífero, que en el año de 1996 al año 2000 desciende considerablemente, y a partir del 2001 y a la fecha comienza a ascender tendiente a la recuperación del acuífero, muestreos realizados en pozos ubicados en San Pablo Huixtepec del Valle de Zimatlán, en un periodo 1984-2004.



**pozo COP-Z-33, San Pablo Huixtepec, Oax.**

a)



**pozo COP-Z-33, San Pablo Huixtepec, Oax.**

b)

Figura 12. Los esquemas a y b, grafican la recuperación del acuífero de los Valles Centrales.

## I. Insuficiente cultura ambiental entre la población.

Con el objeto de crear espacios que sirvan para sensibilizar y promover una nueva cultura del agua en la sociedad, en relación con el uso racional, eficiente y que garantice la sustentabilidad del recurso agua, se programa la creación del Centro Regional de Consulta del Agua y la creación de nuevos espacios en los Municipios de la región de estudio.

Durante el período 2001-2005 la Comisión Nacional del Agua, crea el Centro Regional de Consulta del Agua, que cuenta entre otras cosas, con una biblioteca, sala de computo y una aula audiovisual, que periódicamente imparte talleres de capacitación a los usuarios que conforman el Consejo de Cuenca, el COTAS, los Espacios Municipales del Agua, Unidades de Riego, Instituciones Educativas y sociedad en general en programas como uso eficiente del agua, manejo integral de cuencas, manejo sostenible de acuíferos y la consolidación y organización técnica de los usuarios.

Asimismo se instalaron 57 Espacios Municipales del Agua, en los Valles Centrales, que cuentan con programas educativos para todas las edades, en los que se promueve el cuidado y preservación del agua, realizando en tales espacios aproximadamente 210 pláticas y talleres de planeación participativa entre otros, en beneficio de una población aproximada de 8,300 habitantes, con un esquema de planeación y coordinación de acciones se difundió la problemática, con el fin de sensibilizar y motivar a los usuarios a participar en el proyecto. Concientizándolos acerca del cuidado, preservación y uso eficiente del recurso, y los programas que se ofrecen en las Instituciones relacionadas con el medio ambiente y las acciones locales que se emprenden hacia una nueva cultura del agua.



Como una alternativa para inducir la infiltración del agua al subsuelo, están los sistemas de captación de agua de lluvia. Se realizó la promoción de estos en dos poblaciones de la región de los Valles Centrales.

Se construyeron los sistemas de captación de agua de lluvia, en Santa Inés del Monte, Zaachila, con lámina de 9 m<sup>3</sup> y ferro cemento 110 m<sup>3</sup>, con una inversión de \$14,052.55 y \$160,776.42 pesos. Y 96 bordos con un volumen de 3.0 millones de m<sup>3</sup>, para la captación de agua propiciando la recarga del acuífero.

### 4.3. Resultados del marco de evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS)

#### 4.3.1. Aplicación de encuesta.

Se aplicaron 146 encuestas, cifra mayor a la considerada originalmente. Cuadro 2.

Cuadro 2. Comparativo de las encuestas programadas y realizadas.

Municipio	Encuestas programadas %		Encuestas realizadas %	
La Cienega	43	31,6	21	14,4
San Pablo Huixtepec	66	48,5	90	61,6
Santa Catarina Quiané	13	9,6	12	8,2
Santa Cruz Mixtepec	8	5,9	11	7,5
Zimatlán de Alvaréz	6	4,4	12	8,2
Total	136	100	146	100

% Porcentaje

La razón por la cual no se respetó el número de encuestas programadas originalmente fue porque, se encontró que la gran mayoría de los usuarios de las unidades de riego no se limitan a participar en una solo unidad de riego, sino que

trabajan en más de una, la cual no siempre pertenece al mismo municipio en el Cuadro 3, podemos observar esta situación por ejemplo en la unidad de riego 1 encontramos usuarios de la Ciénega, San Pablo Huixtepec, Santa Catarina Quiané, Zimatlán de Álvarez y Santa Cruz Mixtepec. Esta situación es algo común entre los usuarios agrícolas de los Valles Centrales de Oaxaca.

Cuadro 3. Distribución de los usuarios por municipio y unidad de riego.

MUNICIPIO	1UR		2UR		3UR		4UR		5UR		TOTAL	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>La Ciénega</b>	9	42,9	5	23,8	4	19	2	9,5	1	4,8	21	100
<b>Sn Pablo Huixtepec</b>	50	55,6	20	22,2	17	18,9	3	3,3	0	0	90	100
<b>Sta. Catarina Quiané</b>	10	83,3	1	8,3	1	8,3	0	0	0	0	12	100
<b>Zimatlán de Álvarez</b>	9	75	3	25	0	0	0	0	0	0	12	100
<b>Santa Cruz Mixtepec</b>	5	45,5	2	18,2	4	36,4	0	0	0	0	11	100
<b>TOTAL</b>	<b>83</b>	<b>56,8</b>	<b>31</b>	<b>21,2</b>	<b>26</b>	<b>17,8</b>	<b>5</b>	<b>3,4</b>	<b>1</b>	<b>0,7</b>	<b>146</b>	<b>100</b>

UR. Unidades de Riego.

# . Número.

%. Porcentaje.

De las 146 encuestas aplicadas en los cinco municipios de la zona, se buscó un equilibrio entre el tipo de tenencia y el tipo de riego de los usuarios, para así poder comparar el funcionamiento entre el riego rodado y el tecnificado y entre los ejidatarios y pequeños propietarios de la zona, tenemos entonces en el Cuadro 4, que se aplicaron en el ejido 48 encuestas en riego rodado y 24 con riego por aspersión; pequeña propiedad 20 para riego rodado y 46 de riego por aspersión, lo

que indica ya la diferencia de la tenencia de la tierra en relación con el sistema de riego utilizado, que puede deberse al aspecto económico.

Cuadro 4. Encuestas aplicadas por tipo de riego y tenencia de la tierra.

Tenencia de la Tierra	Rodado o gravedad	Aspersión	Goteo	Rodado y aspersión	Total
Ejido	48	24	1	1	74
Pequeña Propiedad	20	46	2	4	72
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>70</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>146</b>

#### 4.3.2. Cambios tecnológicos en los sistemas hidroagrícolas en la micro región San Pablo Huixtepec.

No obstante, las ventajas que ofrece la agricultura de riego, en general se realizan prácticas de riego inadecuadas o que han quedado ya obsoletas, lo que hace necesario cambiarlas mediante la introducción de tecnología que permite el ahorro de agua, asegurando con la capacitación el buen manejo de la tecnología por los usuarios.

#### 4.3.3. Caracterización de los subsistemas de producción.

En este contexto el desarrollo de la tecnificación de las unidades de riego de la micro-región de San Pablo Huixtepec. La cual representa en su conjunto, una parte importante de la superficie de riego del Distrito de Zimatlán y de la zona de riego agrícola de todo Valles Centrales, podemos afirmar que es sin duda, un área representativa de la agricultura de riego que se práctica en Valles Centrales. La micro-región abarca una superficie de 389.1 Km<sup>2</sup> con una población total de 33,282

habitantes de los cuales para el año 2000; 15,638 eran hombres y 17,644 mujeres. La actividad preponderante esta orientada al sector primario (agrícola y pecuario), con una fuerte presencia de las actividades comerciales ubicadas en el sector servicios. En el caso de San Pablo Huixtepec y Zimatlán de Álvarez, las actividades del sector servicios son incluso mayores que la actividad agropecuario, y la mayoría de los ingresos de sus habitantes se sitúa entre uno y dos salarios mínimos Cuadro 5.

Cuadro 5. Actividades económicas preponderantes.

Municipio	Población ocupada en el sector primario	Población ocupada en el sector secundario	Población ocupada en el sector terciario
La Ciénega	481	135	223
San Pablo Huixtepec	864	609	1.102
Santa Catarina Quiané	258	113	117
Santa Cruz Mixtepec	599	237	135
Zimatlán de Álvarez	1.767	1.201	2.489

La medición de la operación de los sistemas de riego tradicional y tecnificado, se hicieron en las unidades de riego de los cinco municipios que conforman la micro-región, San Pablo. Para cada indicador seleccionado se procedió a determinar el mecanismo de medición el cual se obtuvo a través de las entrevistas hechas a funcionarios vinculados directa e indirectamente con el proceso de tecnificación, a usuarios del riego y a la revisión bibliográfica; no obstante la principal fuente de generación de información fue la encuesta aplicada a una muestra representativa de 146 usuarios de riego de la zona.

Para fines analíticos de este estudio, se llamo a todas las actividades productivas de la zona y a los productores integrados a ellas Sistema de Manejo Productivo (SMP) de Valles Centrales (Figura 13), debido a que cada una de las actividades forman parte de un todo que tienen una dinámica regional. Este SMP esta compuesto básicamente por tres subsistemas: El Subsistema Hidroagrícola, Pecuario y Social, en el cual la base para la realización de las actividades es la unidad familiar.

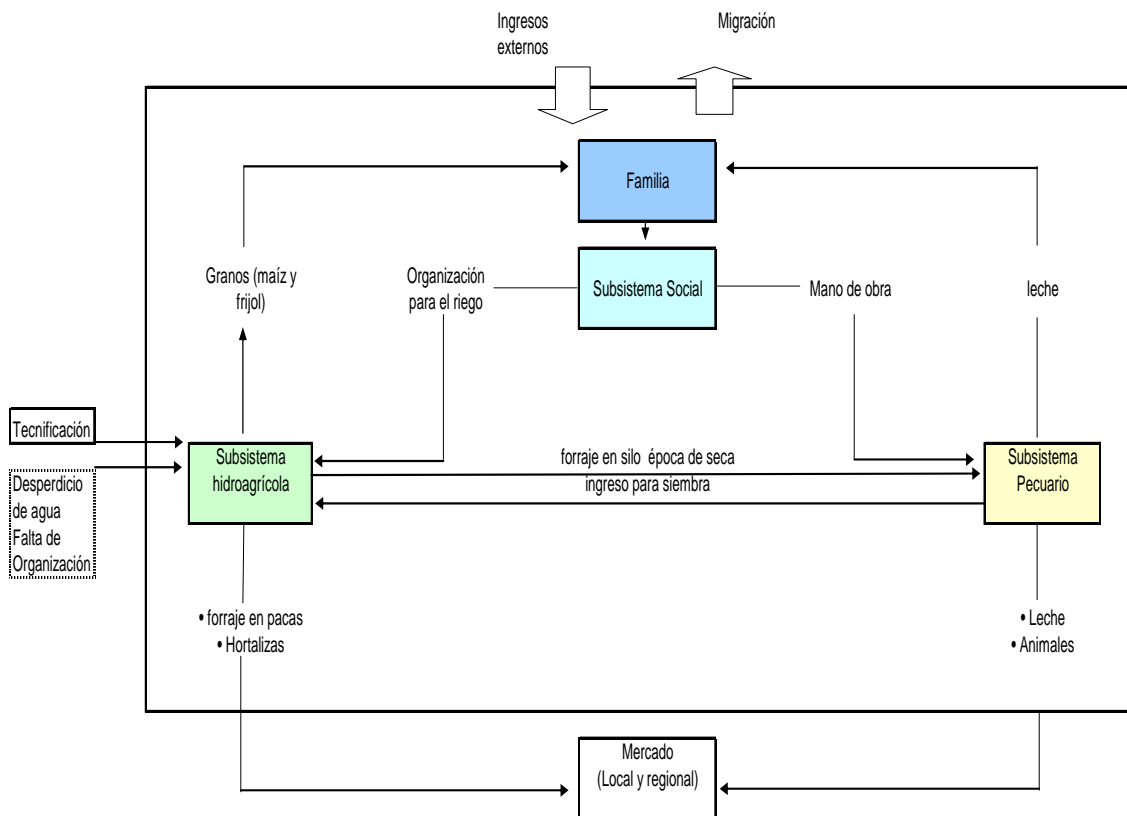


Figura 13. Sistema productivo Valles Centrales, Oaxaca.

El Subsistema Hidroagrícola (SH) se compone por dos elementos fundamentales para la producción: el agua y la tierra: el estrecho vínculo entre ambos elementos

permite una producción agrícola dinámica en la cual la disposición de agua para regar los cultivos resulta fundamental. En este subsistema, los principales cultivos son la alfalfa, el maíz y hortalizas (chile de agua y jitomate). En el caso de la alfalfa, es destinada a forraje que se vende fuera de la región y una menor proporción esta destinada al consumo de los animales; el maíz también es forrajero, a diferencia que este se ensila para alimentar al ganado en tiempo de secas, en menor proporción este grano se usa para autoconsumo en la zona; en el caso de las hortalizas, son destinadas totalmente a la venta en los mercados de la región.

El subsistema Pecuario (SP), esta caracterizado por la existencia de ganado vacuno en pequeñas proporciones (en promedio cada productor tiene de 4 a 9 cabezas de ganado), son usados principalmente para la producción de leche, que es vendida en su mayoría dentro de la población. Este tipo de ganado, se alimenta de los forrajes que se producen en las parcelas de los agricultores, por lo cual guarda una estrecha relación con el Subsistema Hidroagrícola.

El Subsistema Social (SS), esta compuesto fundamentalmente por los productores agrícolas que participan, a través de sus diferentes actividades, de los intercambios de bienes y servicios así como de la comercialización e intercambio de sus productos agrícolas y pecuarios. La organización Social existente en este subsistema es la base de muchas de las otras organizaciones que existen en la zona que van desde las político administrativas hasta las religiosas. En el caso que nos ocuparemos de la Organización de las unidades de riego.

Estos sistemas tienen una directa interrelación a partir de los ingresos y egresos de bienes, servicios, dinero y recursos que permiten y establecen una dinámica local y regional.

Nuestro objeto de estudio, es el subsistema hidroagrícola (producción de alfalfa, maíz, frijol y chile principalmente), en el cual existen dos elementos que son fundamentales para entender su funcionamiento y dinámica productiva: el riego tradicional o rodado y el riego tecnificado. Sin dejar de lado las relaciones que guarda con los subsistemas pecuario y social, importantes para la economía familiar.

#### 4.3.4. Sistemas de riego

El sistema de riego tradicional, tiene como propósito la distribución de agua a las parcelas, a través de canales de riego (los cuales en este caso se encuentran sin revestir). Este sistema de riego, está diseñado a partir de la cercanía con la salida del pozo, es decir, que recibe el agua primero el que se encuentra más cercano y el último en regar es aquel, que su parcela se localiza al final del sistema de riego.

Este sistema de riego, ocupa demasiado tiempo, ya que, una vez que el agua llega a la parcela esta debe ser conducida por un regador, a través de los surcos o las tablas de riego y una vez inundada la zona a regar, se deja salir el agua de la parcela para que se conduzca a otra. Este tiempo puede variar según el cultivo, entre 8 hasta 24 horas.

Esta forma de riego, implica la utilización de grandes cantidades de agua, pues al inundar el surco es desmedido el volumen de utilizado, en virtud de que el agricultor considera, que asegura de esta forma la suficiencia de agua para el cultivo.

Entonces, además de la inversión del tiempo en la distribución del agua y por tanto, una mayor necesidad de mano de obra, están también los grandes volúmenes de agua utilizados, lo que entre otras cosas trae como consecuencia el incremento en

los costos de producción a los productores y el desperdicio de agua en la distribución y el aprovechamiento del cultivo.

El sistema de riego tecnificado, al igual que el sistema de riego rodado, tiene como propósito la distribución de agua, la diferencia, es que esta agua se distribuye a través de tuberías que desembocan en dispositivos de riego cuya función es expulsar el agua a presión a fin de que se optimice y se asegure un mejor aprovechamiento de los cultivos.

La distribución del agua mediante riego tecnificado además de que es ordenada, no depende de su cercanía con el pozo, ya que la misma red de distribución por tuberías, permite que la entrega del agua se haga discontinua ya sea a parcelas lejanas o cercanas, ya que están compuestos de una serie de controles que se cierran y abren, conforme a la distribución elegida.

Este método de riego, supone la disminución de mano de obra y de tiempo que se invierte en regar la parcela toda vez que esta labor significa, a partir de la tecnificación, que la inversión en tiempo sólo en colocar los aspersores, vigilar la máquina y abrir y cerrar las llaves para la entrega de agua en la parcela, por otra parte existe una liberación de tiempo que antiguamente el propietario de la parcela invertía personalmente en el cuidado del riego, o la erogación de por la contratación de personal. Se estima que el tiempo promedio que se invierte en realizar los riegos es de entre 5 y 8 horas dependiendo del tipo de cultivo.

Se considera entonces que esta forma de riego, supone una utilización más eficiente del agua en las parcelas y mejor aprovechamiento de las mismas, mayor producción y sobre todo el ahorro de volúmenes importantes de agua, al disminuir el tiempo de utilización y la forma de distribución.



4.3.5. Los resultados de los indicadores diseñados para evaluar el sistema hidroagrícola son:

a). Costos de Producción.

En esta zona se práctica la agricultura de riego mediante dos sistemas: el rodado y tecnificado. Los principales cultivos que se realizan en la región son la alfalfa y el maíz forrajero y en menor medida maíz para grano. Aunque el primer cultivo es perenne y el segundo cíclico, ambos se riegan a lo largo del período otoño-invierno, ciclo considerado como época de estiaje (noviembre a mayo).

Estos cultivos desde su siembra hasta la cosecha, requieren de un conjunto de insumos, actividades culturales y mano de obra que implican para los productores un costo de producción. Para evaluar los costos de producción del cultivo de maíz y alfalfa con ambos sistemas de riego, se asignó un valor monetario a cada uno de los insumos que se emplean desde la preparación del terreno hasta la cosecha, los cuales se desglosan en el Cuadro 6:

Como podemos apreciar en los cuadros 6 y 7, el sistema de riego tecnificado contribuye a una reducción de los costos de producción, que están vinculados en primer lugar, a la realización de actividades culturales que con el riego tecnificado se han dejado de realizar, en el caso de la alfalfa tenemos por ejemplo la eliminación de "parar surcos" y de un "cultivo", así como la reducción en el costo de los riegos que se realizan para este cultivo, estos ahorros en términos monetarios significan un ahorro para el agricultor de \$1,960.00 aproximadamente.

Cuadro 6. Costos de producción para el cultivo de alfalfa.

CULTIVO DE ALFALFA	COSTO POR Ha. (\$)	
	RIEGO RODADO	RIEGO TECNIFICADO
<b>ACTIVIDAD</b>		
Insumos		
Semilla (1 bulto de 20 kilos)	2.000	2.000
Aplica, Herbicida	700	700
Labores culturales		
1 Rastreo	400	400
1 Subsoleo	800	800
Barbecho 1	500	500
Barbecho 2	500	500
Parar surcos	500	0
Hacer melgas con cuchilla	2.100	2.100
Cultivo 1 (cultivadora)	500	0
Siembra (1 jornal)	200	200
Riegos		
Riego precorte 1 (a la siembra)	360	240
Riego precorte 2 (15 días después de siembra)	360	240
Riego precorte 3 (1 mes después de siembra)	360	240
Riego primer corte	360	240
Riego 2 corte	360	240
Riego 3 corte	360	240
Riego 4 corte	360	240
Riego 5 corte	360	240
Cortadora (empacadora)	1.440	1.440
<b>Total</b>	<b>12.520</b>	<b>10.560</b>

ha. Hectárea

\$. Pesos

Cuadro 7. Costos de producción para el cultivo de maíz forrajero.

MAIZ FORRAJERO	COSTO POR Ha. (\$)	
	RIEGO RODADO	RIEGO TECNIFICADO
<b>ACTIVIDAD</b>		
Insumos		
Semilla (1.5 bulto)	1.200	1.200
Fertilizante (150 kilos por ha. 5)	200	200
Labores culturales		
1 Barbecho	500	500
1 Rastreo	400	400
Siembra (maquinaria)	300	300
Siembra (2 peones)	240	240
1 Cultivo Escarda	300	300
2 Cultivo Aporque	300	300
Riegos		
Riego 1 (pre-siembra)	360	240
Riego 2 (fertilización)	360	240
Riego 3 (Escarda)	360	240
Riego 4 (aporcar)	360	240
Riego 5 (jilotear)	360	240
Ensiladora (con remolques)	2.400	2.400
5 peones (a \$120 c/u.)	600	600
<b>Total</b>	<b>8.240</b>	<b>7.640</b>

ha. Hectárea

\$. Pesos

Con respecto al maíz forrajero, sucede algo similar, sólo que aquí el costo de producción es impactado directamente en cada uno de los riegos que se realizan para este cultivo, que en términos monetarios equivalen a \$600.00.

Esta reducción aunque mínima, representa un ahorro considerable en la economía de los agricultores de la micro-región San Pablo Huixtepec y tiene un impacto considerable el sistema de riego tecnificado, en la productividad agrícola y en la eficiencia del agua.

Por otra parte, también significa la liberación de tiempo productivo para los agricultores, pues no tienen que permanecer cuidando, el agua hacia donde desean que fluya; el sistema por aspersión les requiere de entre 1 y 2 horas de tiempo para instalar los sistemas, implementarlos y su puesta en operación.

b). Número de riegos.

Los costos de producción están directamente asociados con las diferentes labores que implica la actividad agrícola, de tal manera que un peso significativo de dichos costos lo constituyen el número de riegos que se realizan para cada cultivo; si bien es cierto, que estos riegos varían de acuerdo a las condiciones edafológicas, climáticas o de evapotranspiración, también es cierto que para la micro-región, es posible establecer algunos rangos óptimos de acuerdo al número de riegos que se realizan a través de cada sistema, es decir de cada tipo de riego. Estos rangos han sido determinados por los mismos productores en base a su experiencia en la zona y se representan determinados en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Número de riegos por hectárea.

<b>Tipo de Cultivo</b>	<b>Riego Rodado</b>	<b>Riego Tecnificado</b>	<b>Riego Óptimo*</b>
Alfalfa	12	9	8 riegos al año
Maíz forrajero	5	7	5 riegos

\* El óptimo se estableció a partir de la experiencia de los agricultores de la región

Para establecer la cantidad de riegos que se realizan para cada cultivo, se ha puesto especial atención en rescatar los riegos vinculados a los cultivos con mayor predominancia en la zona. El número de riegos realizado para cada cultivo tomando en consideración, la cantidad de riegos que se realizan entre un sistema y otro, es un indicador de la eficiencia que tiene el agua en la productividad agrícola.

Los productores de la zona, comentaron que el número de riegos adecuado para cada cultivo, es el que aparece en la tabla como óptimo, sin embargo, en el caso de la alfalfa, tanto el riego rodado como el tecnificado se dan riegos de más porque existe la idea de que el sistema de riego tecnificado, no permite que se conserve la humedad en la planta, en consecuencia consideran que el realizar riegos de más ayudará a sus cultivos a tener mejor producción y/o crecimiento.

#### c). Tiempo de riego por cultivo

El indicador anterior está directamente vinculado con la duración de cada riego de acuerdo al cultivo que se realiza en la zona. Para el caso de la alfalfa que con sistema rodado, el tiempo promedio de horas que se riega una parcela de una hectárea es de 24 horas. Esto significa que, desde que se introduce el agua a la parcela, hasta que se riega el último surco o se considera que está inundada, se lleva un promedio de 24 horas.

Este tiempo disminuye considerablemente con el riego tecnificado pues el tiempo que se emplea para regar una hectárea es de 16 horas en promedio. Lo anterior como resulta evidente obedece al alcance que tienen los aspersores para regar una mayor cantidad de superficie. Ello significa una disminución de 8 horas entre un sistema y otro, las posibilidades de regar más superficie en menor tiempo y por

supuesto el ahorro agua, en beneficio de la conservación del acuífero y por tanto de los habitantes de la zona.

Como se puede apreciar en el cuadro 9, el tiempo de riego entre un sistema y otro varía considerablemente y por otra parte la cantidad de agua utilizada presenta una diferencia importante entre un riego y otro. Para el caso del riego rodado la cantidad de agua va de los 36 a los 40 litros por segundo, mientras que para el riego tecnificado, se utiliza 450 mililitros por segundo en cada aspersor que se utilice.

Cuadro 9. Tiempo de riego.

Cultivo	Tiempo de Riego (x ha)			
	Riego Rodado	Cantidad utilizada	Riego Tecnificado	Cantidad Utilizada
Alfalfa	20 horas por cada riego realizado	36-40 lps	12 horas por cada riego realizado	450 mls
Maíz	20 horas por cada riego realizado	36-40 lps	8 horas por cada riego realizado	450 mls

(x ha). Por hectárea  
lps. Litros por segundo  
mls. Mililitros por segundo

La Gerencia Regional Pacifico Sur de la Comisión Nacional del Agua, ha hecho un cálculo de los rendimientos y productividad por el uso de agua, en estos cultivos y ha obtenido como resultado disminución del uso del agua y un incremento en la producción agrícola, entre un sistema de riego y otro. Los resultados del Cuadro 10 resultan muy ilustrativos al respecto (Ríos, 2006).

Cuadro 10. Rendimientos y productividad por riego.

Cultivos	Riego por gravedad			Riego presurizado		
	Rendimiento ton/ha	Vol. Utiliz. Miles de m3	Utilidad \$	Rendimiento ton/ha	Vol. Utiliz. Miles de m3	Utilidad \$
Alfalfa	50	16.000	2.000	75	8.000	3.000
Maíz	2,5	12.000	2.200	5	8.000	11.000

Vol. Utiliz. Volumen utilizado  
 Ton/ha. Toneladas por hectárea  
 m<sup>3</sup>. Metros cúbicos  
 \$. Pesos

d). Variación en la profundidad de los pozos

La recuperación del acuífero se ve reflejada en la profundidad de los pozos, esto es, en su nivel estático. La profundidad del nivel estático representa la distancia, a la que se encuentran los niveles de agua subterránea, formando parte directa del acuífero y regularmente se encuentra condicionada por la topografía del terreno; en los Valles Centrales la profundidad del nivel estático varía desde 0.9 m hasta 19.4 m.

En la zona de estudio la única forma de recarga de agua, se da a través de la infiltración producto de las lluvias, así como del escurrimiento superficial que se capta de las elevaciones que rodean los valles centrales cuyo suelo es menos permeable.

Por tanto, la tecnificación del riego rodado ha permitido un ahorro considerable de agua y una recuperación paulatina del acuífero, según los reportes de la Comisión Nacional del Agua, para el caso de los Valles Centrales.

e). Reemplazo de pozos

Otro indicador que permite conocer, que el acuífero sigue recuperándose es la existencia de los pozos y no la reposición de estos. En la encuesta realizada a los productores de la zona, se pudo captar que la reposición de pozos, es prácticamente inexistente y en los lugares en los cuales se ha dado obedece a situaciones específicas.

A la pregunta expresa de si siempre han utilizado el mismo pozo, en 3 de los 5 municipios encuestados contestaron que no. Pero en estos sitios el porcentaje fue muy bajo a excepción de Zimatlán, en donde el 15% declaró que no siempre ha usado el mismo pozo, mientras que en Santa Catarina Quiané el 9% y el 4% en San Pablo Huixtepec.

Las causas a las que le atribuyen no estar usando el mismo pozo de antes, el cuál ya ha sido reemplazado son: agua contaminada, que es el caso de Santa Catarina Quiané (9%) y porque se seco, como es el caso de San Pablo Huixtepec y Zimatlán (4% y 15% respectivamente).

La relevancia de los datos anteriores, se debe a que la reposición de pozos, no es una situación común y cuando ha sucedido, obedece a causas extremas como las ya mencionadas.

f). Incremento en la superficie regada.

Otro indicador importante para determinar la conservación del recurso agua, se refiere al incremento de la superficie regada, toda vez que de esta requiere de utilizar más agua; es decir si el número de pozos sigue igual a mayor superficie regada,



mayor volumen de agua utilizada. En este sentido se dan variaciones importantes en cada municipio de esta micro-región, el cual parece ser un problema representativo.

En los municipios que conforman esta micro-región San Pablo Huixtepec, se nota un incremento en la superficie irrigada como consecuencia, de que con la tecnificación es posible regar un mayor número de parcelas. El municipio que más incremento ha reportado es Santa Catarina Quiané, en el que la superficie irrigada aumento en un 50%, mientras que Zimatlán de Álvarez reporta un 33%, un 29% en la Ciénega y tan sólo un 18% en el municipio de San Pablo Huixtepec; Santa Cruz Mixtepec, no reporta modificación, ya que este municipio apenas esta trabajando con el proceso de tecnificación.

Para clarificar este aspecto se reforzó con el hecho de que se hayan incorporado nuevos usuarios al riego agrícola, como consecuencia del programa de tecnificación; detectándose que el caso más sobresaliente es en Santa Catarina Quiané, donde el 100% de los encuestados informo que se incorporaron más de 20 nuevos usuarios al riego.

g). Modificación del patrón de cultivos.

Con relación al patrón de cultivos, no se encontraron variaciones importantes referente al porcentaje de superficie sembrada por cultivo, pero no en si al cultivo, es decir, en esta micro-región, se siguen sembrando prácticamente los mismos cultivos, sólo que algunos han aumentado en detrimento de la superficie de otros y por lo que respecta a cultivos nuevos, sólo se aprecia la introducción de jitomate y jícama pero en menor proporción a los tradicionales (maíz y alfalfa).

Los principales cultivos maíz y alfalfa, mostraron cambios importantes. La alfalfa incremento de un 36% a un 45% después de la tecnificación, mientras que el maíz disminuyó su porcentaje de un 53% a un 46%. El chile disminuyó su porcentaje de 4% a 2%, mientras que el frijol conservo igual proporción. Cultivos como la caña de azúcar han disminuido ligeramente, mientras que han aparecido otros como la jícama y se ha perdido el de cebolla. Restableciéndose los cultivos de chile de agua y jitomate que se cultiva en invernaderos establecidos en esta micro-región.

A nivel municipal, los cambios en la proporción de superficie cultivada son pequeños, y se dan entre el maíz y la alfalfa, ya que donde uno decrece en el otro se incrementa.

h). Conocimiento del programa de tecnificación.

Otro de los indicadores a evaluar fue el conocimiento que los usuarios tienen del programa de tecnificación de las unidades de riego. Esta situación se pudo conocer a través de la encuesta, preguntándoles en que consistió el programa de tecnificación.

El 66% dijo conocer en que consistió dicho programa, de este porcentaje el 39% respondió que consistía en tecnificar el riego rodado, el 19% que consistía en ahorrar agua, un 5% afirmó que tenía por objetivo informar a los usuarios sobre la tecnificación, el 3% afirmó que debido a que la CONAGUA ya no permite el riego rodado y el 34% no lo sabía o dio una respuesta ajena a la pregunta.

A nivel municipal las opiniones de los usuarios sobre la tecnificación sobresalen las respuestas relacionadas con el ahorro del agua y quienes tienen mayor claridad sobre el programa son La Ciénega, San Pablo Huixtepec y Zimatlán.

i). Aceptación del sistema de riego presurizado.

Si bien es cierto que la introducción del sistema tecnificado obedeció a lineamientos establecidos en las reglas de operación de los Programas de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica y Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola, ello no significa que su adopción por parte de los usuarios se de forma automática, para su implementación fue necesario utilizar una serie de estrategias de comunicación, información y concientización entre los usuarios a fin de facilitar la realización del programa; a la par de la tramitación de apoyos financieros.

Este indicador obedece a la necesidad de medir la aceptación del sistema presurizado en detrimento del sistema de riego rodado. Una forma de obtener este resultado fue preguntando a los usuarios si estuvieron de acuerdo en participar en el programa. Las respuestas que se encontraron a nivel municipal muestran una alta aceptación a la tecnificación, Solo en los municipios de La Ciénega y San Pablo Huixtepec, existe un pequeño porcentaje de usuarios que no estuvieron de acuerdo en participar en el programa.

j). Aceptación de requisitos de participación.

Vinculado con el indicador anterior esta el referente a la aceptación de los requisitos del programa de tecnificación. Al respecto un 67% de los usuarios contestó diciendo que conocía los requisitos del programa y aceptaron dichos requisitos, entre los cuales destacaron que tuvieron que aportar para el programa, dinero, mano de obra y estar organizados.

Dicha aceptación también ha estado vinculada a la difusión que paulatinamente se ha hecho del riego presurizado y al conocimiento que los mismos usuarios han ido

obteniendo a lo largo del desarrollo de dichas técnicas en donde, los primeros sistemas de riego tecnificado han funcionado como tecnologías demostrativas.

En este sentido, al preguntársele a los usuarios por qué estuvieron de acuerdo en participar en el programa, las respuestas son muy elocuentes: un alto porcentaje respondió que por el ahorro de agua, otro sector respondió que por la obtención de un beneficio personal en su parcela, otro sector respondió que porque la mayoría estuvo de acuerdo o así lo decidió y otro sector más señaló que porque es más fácil regar y se aprovecha mejor el agua.

k). Conocimiento y utilización de técnicas de riego.

Un indicador más que se consideró importante obtener y ponderar es el relativo al conocimiento que tienen los usuarios de las técnicas de riego que se practican en la zona. Para tal efecto se considero pertinente preguntar desde su percepción cuál técnica de riego consideran mejor. Al respecto encontramos que la gran mayoría de los usuarios considera que es mejor el riego tecnificado que el rodado. Uno de los lugares en donde sobresale esta percepción es en la Ciénega, lugar que a diferencia de otros la tecnificación ha sido más reciente. Una percepción similar se tiene en Santa Catarina Quiané y en Zimatlán de Álvarez.

Las respuestas obtenidas en este indicador se cruzaron pidiéndoles a los usuarios que explicaran porque consideran que una técnica es mejor que otra, al respecto las respuestas son muy contundentes, debido a que los porcentajes más elevados respondieron que porque ahorran agua, trabajo y/o tiempo, otro sector respondió que porque es más fácil regar y un porcentaje más que porque la humedad dura más en sus parcelas.

l). Distribución de beneficios.

El programa de tecnificación ha beneficiado a la mayoría de los usuarios del riego agrícola de esta micro región San Pablo Huixtepec, este beneficio se ha medido a partir de la incorporación de unidades de riego al programa. Más allá de los datos que registran las dependencias gubernamentales, lo que resalta es el hecho mismo que resaltan los productores, quienes consideran que han obtenido alguna ventaja, logro o beneficio de la tecnificación del riego rodado.

Al preguntárseles a los usuarios si se han obtenido algún beneficio del programa, un alto porcentaje respondió afirmativamente. Los municipios donde existe mayor certeza de los beneficios son La Ciénega y Zimatlán en donde el 100% señaló que ha sido beneficiado, le sigue San Pablo Huixtepec, en donde esta percepción la tiene sólo el 83% y finalmente el 67% de los usuarios de Santa Catarina Quiané, también consideran esos beneficios, contra un 33% que no ha sido beneficio. El caso de Santa Cruz Mixtepec, no existe reporte alguno sobre los beneficios debido a que en dichas unidades recién empieza el proceso de tecnificación.

m). Número de productores organizados.

Completamente vinculado con el indicador anterior se encuentra el número de productores organizados a partir de la tecnificación. Al respecto estos han ido en aumento año con año, a partir del 2002. Se pudo apreciar que este número tiene un crecimiento constante en la mayoría de los municipios de la zona. Resulta altamente relevante que a sólo 4 años de implementación del programa existan alrededor de 2,710 usuarios agrupados en 41 unidades de riego.

Más allá del número de usuarios organizados, que ha ido aumentando año con año, lo que interesa resaltar es el trabajo de gestión del agua, el trabajo administrativo al interior de las unidades de riego y la participación directa de estos en la toma de decisiones.

n). Participación social.

Para medir este indicador se tomó en cuenta el conocimiento y participación que tienen todos los usuarios de los espacios de representación social dentro de sus unidades de riego. Se considera que la organización es una forma de enfrentar los problemas de la producción agrícola y que el nivel de participación es un órgano colectivo que indica el grado de unión para el mejor manejo de sus recursos.

El grado de participación a través de las asambleas ejidales es muy elevado, como se muestra en el Cuadro 11. A excepción de Zimatlán, en donde sólo el 75% dijo asistir a las asambleas frecuentemente, en todos los demás municipios la asistencia frecuentemente, en todos los demás municipios la asistencia frecuentemente, esta por encima del 80%.

Cuadro 11. Participación en asambleas.

Municipio	Frecuentemente	A veces	Nunca
La Ciénega	84%	16%	0%
San Pablo Huixtepec	85%	15%	0%
Santa Catarina Quiané	83%	17%	0%
Zimatlán de Álvarez	75%	15%	0%
Santa Cruz Mixtepec	100%	0%	0%

%. Porcentaje

Esta asistencia a las asambleas se confirma con la identificación de sus directivos. En la región San Pablo Huixtepec, existe una plena identificación de los órganos de representación y de los espacios de participación social. Al preguntarles a los usuarios ¿Quién es el presidente de su unidad de riego? Nos encontramos con que, a diferencia de otras partes del país, un alto porcentaje si conoce a su presidente. Los lugares en donde el 100% dijo conocerlo son Santa Catarina Quiané y Santa Cruz Mixtepec, en la Ciénega el 95% conoce a su presidente, un 89% en San Pablo Huixtepec y un 85% en Zimatlán de Álvarez.

o). Involucramiento en la toma de decisiones.

Los porcentajes anteriores indican mucho más que el simple hecho de conocer a su presidente, pues detrás de ello existe una fuerte participación social que se refleja en su participación como miembro de la mesa directiva de la unidad de riego. Al respecto encontramos que un alto porcentaje de los usuarios ha formado parte de la mesa directiva de la unidad de riego.

Los puestos en los que mayor participación son el de Presidente, seguido del Secretario, Tesorero, Vocales, Citador y otros. Prácticamente todos los usuarios han ocupado puestos en la mesa directiva de las unidades de riego, lo anterior resulta relevante pues, ello indica un alto grado de participación, en donde la responsabilidad en la toma de decisiones es comparativa, además del aprendizaje a la luz de la experiencia administrativa y de gestión.

Para comparar integralmente las bondades y limitaciones de los sistemas de manejo evaluados, se presenta la integración del siguiente cuadro en el cual, de manera sintética los valores óptimos para cada uno de los indicadores seleccionados y los valores alcanzados de acuerdo a los datos obtenidos mediante la encuesta, las entrevistas y la demás información revisada.

Con la finalidad de discutir sobre los sistemas de riego rodado y riego tecnificado realizaremos el análisis de los resultados obtenidos, conforme a cada uno de los atributos de sustentabilidad,

#### 4.3.6. Resultados de los atributos básicos para evaluar conforme al MESMIS.

##### Productividad.

El objetivo productivo del sistema de riego rodado es el abasto de alfalfa y maíz que se utiliza de forraje para el ganado propio; en el caso del sistema tecnificado tienen además del anterior, como objetivo la comercialización del forraje. En el análisis de este atributo, el sistema de riego rodado representa mayor costo de producción para la obtención de los forrajes, debido a que se requiere mayor fuerza de trabajo asociada al riego y mayor inversión en tiempo en las parcela. El sistema tecnificado por el contrario, ha permitido liberar ese tiempo y generar un ahorro en los costos de



producción para la producción de alfalfa y maíz. Esta reducción, aunque mínima representa ahorro considerable en la economía agrícola de la micro-región de San Pablo Huixtepec y representa un impacto significativo del sistema de riego tecnificado en la productividad agrícola y en la eficiencia del agua.

Deben considerarse también, los tipos de riego que se practican en la zona, pues al disminuir el número de riegos entre un sistema de riego y otro disminuye también el costo del riego, la mano de obra empleada para la realización que impacta favorablemente en la cantidad de agua disponible en la zona. Lo mismo sucede con el tiempo que dura en realizarse cada riego en la agricultura de la zona, pues existe una marcada diferencia entre la utilización de 36 o 40 lps para regar un cultivo durante 20 horas, que la utilización de 450mls para el mismo cultivo durante 8 horas.

Estabilidad y resiliencia.

Consecuencia de lo anterior ha sido la estabilidad del acuífero que se ve reflejada mediante los pozos, y la paulatina recuperación que éstos han presentado a partir de los análisis del nivel estático realizado por la CNA. Hasta ahora la variación en la profundidad de los pozos ha sido hacia la alza, con lo que se ha logrado detener el abatimiento de los mismos. Por otra parte no existe un reemplazo significativo de pozos en la zona. Los pocos que han sido reemplazados, ha sido porque han llegado al término de su vida útil.

Un factor que debe tomarse en cuenta, es el hecho de que con la tecnificación se ha incrementado ligeramente la superficie regada por lo que se han agregado nuevos usuarios. Este indicador es importante para determinar la conservación del recurso

agua, porque si aumenta la superficie regada habrá necesariamente mayor utilización de agua.

Los indicadores anteriores señalan que la conservación del recurso agua, se esta dando de manera sistemática toda vez que se ha detenido el abatimiento de los pozos y las prácticas en la extracción del agua han ido cambiando como consecuencia de la introducción del riego tecnificado. Con lo que existe un aporte significativo del riego tecnificado a favor del agua, lo que no sucedía con el riego rodado, que se caracterizaba precisamente por su desperdicio.

Adaptabilidad.

Con relación a este atributo se determinaron los indicadores sobre el conocimiento y aceptación del riego presurizado, la aceptación de los requisitos del programa y el conocimiento y utilización de las técnicas de riego rodado y tecnificado.

Al respecto, se encontró que la mayoría de los usuarios sabe en que consistió el programa de tecnificación, lo cual habla de un buen trabajo de información y concientización por parte de la Comisión Nacional del Agua, pero también de la sensibilización de los usuarios sobre la necesidad de ahorrar agua, mediante el riego tecnificado. Esta situación llevo a que el programa encontrará una gran aceptación entre los usuarios de riego, así como de los requisitos que dicho programa imponía para su aplicación. No esta de mas, decir que no todos los usuarios están o estuvieron de acuerdo en dicho programa, como es natural, algunos manifestaron su desacuerdo, sin embargo las razones que explican, dicha actitud obedecen más a un verdadero desconocimiento de los alcances de la tecnificación y la costumbre muy arraigada de realizar el riego rodado.

Los usuarios que aceptaron el programa y que están de acuerdo, lo hacen con pleno conocimiento de ambas técnicas de riego. Podemos decir que a la luz de la experiencia, ellos han evaluado cual técnica es mejor y han afirmado que es riego rodado. Las respuestas obtenidas en este indicador se cruzaron pidiéndoles a los usuarios que explicaran porque consideran que una técnica es mejor que otra, al respecto las respuestas son muy contundentes, debido a que los porcentajes más elevados respondieron que porque ahorran agua, trabajo y/o tiempo, otro sector respondió que porque es más fácil regar y un porcentaje más que porque la humedad dura más en sus parcelas.

Equidad.

Respecto de este atributo se quiso evaluar, si el programa de tecnificación ha sido equitativo en los beneficios que ha otorgado a los usuarios o si por el contrario se ha limitado a estos. En este sentido el criterio establecido para ello que es la distribución de beneficios, es muy claro, pues el programa no es excluyente, y se ha incorporado a él quien así lo desea, siempre y cuando cumpla con lo establecido en las reglas de operación del programa y con los compromisos establecidos en su unidad de riego.

Otro indicador relevante de este atributo es el incremento en el número de productores organizados, pues este ha ido en aumento año con año, a partir del 2002 como se ha señalado antes. Un buen dato al respecto es la incorporación que han tenido prácticamente todas las unidades de riego de la zona. Actualmente se han incorporado a la tecnificación 41 de las 49 unidades de riego de la micro-región San Pablo Huixtepec.

### Autogestión.

En general la participación de los usuarios en sus órganos de representación es muy elevada, esta participación se manifiesta a través de las asambleas que son el máximo órgano para la toma de decisiones de los usuarios. No obstante, para los usuarios de riego tecnificado participar significa más que asistir a las asambleas, también han mostrado una participación activa en la ocupación de cargos directivos de las unidades de riego. Esta situación los ha llevado a involucrarse más en la toma de decisiones que ellos consideran adecuadas para sus unidades, lo que se refleja en la capacidad de gestión de sus recursos económicos y en su capacidad de autogestión hacia fuera de la unidad de riego y en la administración de dicho recurso a nivel de unidades de riego. Lo cual garantizará en el corto plazo un mejor aprovechamiento del agua para sus unidades y para la sustentabilidad del acuífero de los Valles Centrales.

## V. CONCLUSIONES

1. Para enfrentar el grave problema de abatimiento del acuífero a partir del 2001, la Comisión Nacional del Agua, apoyado de los programas de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica, Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola y Riego Suplementario, se realizan acciones que impulsan la tecnificación del riego y la organización de los usuarios, conformando asociaciones civiles, figuras legales que les permite acceder a recursos financieros de diversas instituciones gubernamentales e internacionales. Como resultado de estas acciones en el periodo 2001-2006 se lograron beneficiar a 8,600 hectáreas con una inversión gubernamental de 120 millones de pesos, con lo que se contribuye a estabilizar los conos de abatimiento del acuífero en esta región. En el programa de uso eficiente del agua y la energía eléctrica, se elevó la eficiencia de los equipos de bombeo por lo menos en un 60% a 75%, reduciendo con esto los costos de producción derivados del consumo de energía eléctrica. Se incrementa la producción y productividad de los cultivos. Y también se reducen las pérdidas de agua y favoreciendo la recarga del acuífero ayudando a su estabilización. Se analizaron algunos cultivos para conocer los resultados obtenidos con la aplicación del programa encontrándose, que para el caso del tomate por ejemplo, utilizando el riego por gravedad se tiene un rendimiento de 30 ton/ha, utilizando un volumen de 14,000 m<sup>3</sup> de agua comparado con el riego presurizado se obtiene un rendimiento de 60 ton/ha, utilizando solamente un volumen de 6,000 m<sup>3</sup>; con esto se deduce que se logra productividad al incrementar la producción y eficientar el uso del agua.

2. Se logro revertir el abatimiento, con un menor consumo de agua en el riego por la tecnificación, con un ahorro de aproximadamente 12 millones de m<sup>3</sup>, con la integración de 524 unidades de riego y 18 mil hectáreas tecnificadas, resaltando la entusiasta participación social y económica de los productores, la recuperación de los niveles de acuífero, el ahorro del recurso en el riego, el desarrollo de capacidades tecnológicas de los productores y activación económica de la zona.

Resultados que se vieron reflejados en la disponibilidad de aguas subterráneas determinada por la Comisión Nacional del Agua en los Valles Centrales, que de acuerdo a la publicación en el Diario Oficial de la Federación del 29 de febrero de 2003, conforme a la metodología indicada en la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, resultó ser de 13'328,738.0 m<sup>3</sup>/año.

Podemos determinar, entonces como resultado que con el incremento en el nivel utilizable de agua del acuífero, la Comisión Nacional del Agua, esta en posibilidad de atender las demandas de volúmenes que esta requiriendo el uso publico urbano.

4. Por tanto, es importante inferir que las estrategias seguidas han sido correctas pero insuficientes, ya que se requiere mayor trabajo de comunicación y divulgación entre los usuarios, ya que quienes practican el riego rodado se resisten a cambiarlo y las escasa información amplia la desinformación y genera falsas ideas acerca del sistema de riego, y no solo se requiere realizar acciones en el sector agrícola, este debe implementarse también en todos los sectores de usuarios del agua.

6. Con lo dicho aquí como resultado de los indicadores, se puede afirmar que los usuarios han mostrado un alto grado de adaptabilidad de la modernización de los

sistemas de riego, situación que es muy difícil lograr en comunidades con una práctica tan arraigada como el riego rodado sin dejar de considerar la problemática por la pulverización de la tierra que es lo que en gran parte dificulta el proceso de organización, la resistencia de la sociedad y usuarios a participar en acciones de manejo integral del agua, escaso nivel de conciencia sobre el valor del agua, dificultad para que los municipios inviertan en obras de abastecimiento de agua, saneamiento y tecnificación del riego y en proyectos productivos, politización de las acciones ligadas al agua, insuficiencia de recursos para la implementación del plan acciones, exceso de trámites gubernamentales.

## VI. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones se presenta una propuesta para el manejo integral del acuífero para ser sustentable considerando lo siguiente:

A efecto de actualizar la situación en la que actualmente se encuentra el acuífero es necesario continuar con las medidas administrativas, realizando un censo de los aprovechamientos que se están operando para uso agrícola; verificar la instalación de medidores volumétricos que nos permitirán verificar los volúmenes de agua utilizados; la aplicación estricta de la Ley de Aguas Nacionales; definir los polígonos de reserva de agua subterráneas; para el caso de los aprovechamientos que estén modificando los sistemas de riego, realizar a los títulos de concesión las modificaciones por disminución de volúmenes, para que estos sean liberados y puedan ser destinados a otros usos; planes de desarrollo urbano que consideren la protección del sistema de recarga del acuífero y construcciones que cuenten con dispositivos de ahorro de agua. Integrar el concepto de sostenibilidad que promulga la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (SEMARNAT 2003).

Otro aspecto importante es el tecnológico, la importancia de continuar con las acciones de los programas para la conservación, rehabilitación y modernización de la infraestructura de riego y drenaje, así como el fomento de nuevas áreas de riego y promoción y desarrollo técnico de las asociaciones de usuarios y operadores de las unidades de riego, para una incrementar la eficiencia en el uso del Agua en los Distritos y Unidades de Riego para recuperar volúmenes.

Sin duda de relevancia se considera el aspecto organizativo, el cual permite como lo hemos comentado en primer término acceder a apoyos institucionales, así como de manera integral sumar esfuerzos para atender la problemática tanto local como



regional y que sin duda sirve para impulsar la economía y asegurar la sustentabilidad y el manejo integral de la cuenca, continuar con el fortalecimiento del COTAS de los Valles Centrales de Oaxaca, los Comités de Cuenca y el mismo Consejo de Cuenca de Oaxaca. A fin de consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.

Con el objeto de apoyar al conservación y preservación de la calidad del agua, la ordenación y regulación de su uso, mejorar la seguridad en su suministro, así como preservar el ecosistema de los cauces en las principales ciudades de los Valles Centrales, debe darse prioridad a la construcción de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales de tal forma que se descarguen a los cuerpos de agua y al subsuelo el agua tratada; asegurar el confinamiento de residuos sólidos, buscando lugares idóneos en los que no haya infiltración de sustancias producto de la oxidación al subsuelo y se corra el riesgo de contaminación del acuífero, haciendo uso de tecnologías que permitan abatir esta problemática.

Un proyecto de manejo integral de cuencas, que considere los problemas creados por el uso de los recursos, el estudio de las características de las cuencas, los procesos físicos de erosión y sedimentación y otras actividades que destruyen los recursos naturales, la toma de decisiones sobre la Conservación, rehabilitación, monitoreo/evaluación dentro de un marco económico, financiero y éticamente factibles en el marco del Consejo de Cuenca, en el cual se incluyan a todos los involucrados con el uso de agua del acuífero.

Con el objeto de favorecer la recarga del acuífero, es necesario continuar con acciones intensivas de reforestación, de captación de agua de lluvia con la construcción de bordos, que favorezcan la infiltración de l agua subterránea, para

proteger y preservar las áreas de recarga y los ecosistemas vitales que garanticen la sustentabilidad en torno al acuífero.

La Comisión Nacional del Agua y las asociaciones, de usuarios deben de establecer un límite al crecimiento de las zonas de riego y a la inclusión de usuarios en las unidades de riego, de lo contrario esta puede irse incrementando de tal manera que años más tarde, los que han sido beneficios por la tecnificación, se verán como limitaciones, debido al gran número de personas que pueden irse incorporando si no se tiene genera un control, al respecto.

Impulsar una política de subsidios, a las Instituciones, Organismos y para los agricultores, con incentivos fiscales para la instalación de sistemas ahorradores de agua en las construcciones, de igual forma para la recarga de acuíferos, intensificar y difundir los programas de uso eficiente del agua y la energía eléctrica, uso pleno de la infraestructura hidroagrícola, mejoras territoriales (nivelación de terrenos). Así como capacitación, intercambio y asistencia técnica con instituciones educativas, la agricultura de otros estados de la República, así como el apoyo de organismos no gubernamentales y apoyos internacionales, que permitan capitalizar la agricultura y la infraestructura de agua potable y saneamiento.

## BIBLIOGRAFIA

Agencia de Cooperación Alemana (WTZ) (2007, 14 de marzo), Ziel Orientierte Project Planung (Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos) ZOPP, HERRMANN&HERRMANN. En línea. Disponible en: [www.zopp.info](http://www.zopp.info).

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR): Reseña Toxicología (2007, 4 de noviembre) (en línea). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública. Disponible en: [http://www.atsdr.cdc.gov/es/general/es\\_groundwater\\_fs-html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/general/es_groundwater_fs-html) en inglés). Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_subterr%C3%A1nea](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterr%C3%A1nea)".

Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo, Nuestro Futuro Común-World Commision on Environment and Development, Our commomn Future (1987), Oxford University Press. Disponible en: <http://www.cinu.org.mx>. (2007, 15 de marzo).

Comisión Nacional del Agua (1994). Manual para evaluar recursos hidráulicos subterráneos. Subdirección General de Administración del Agua. México, DF. Consultada: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Comisión Nacional del Agua (30 de abril de 2002), Determinación de la Disponibilidad de Aguas Subterráneas en el Acuífero de los Valles Centrales, Estado de Oaxaca. Diario Oficial de la Federación. Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Comisión Nacional del Agua (23 de diciembre de 2003), Estudio de Actualización Geohidrológica del Acuífero Valles Centrales, Estado de Oaxaca. Diario Oficial de la Federación. Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Comisión Nacional del Agua y el Colegio de México (2004), Agua para las Américas en el Siglo XXI (1ª. Edición) México. Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Comisión Nacional de los Pueblos Indígenas (2006), Monografía Zapotecos, (en línea). Disponible en: <http://cdi.gob.mx/ini/monografias/zapotecos> (2007, 22 de febrero).

Consejo Nacional de Población (2000), La población de los municipios de México 1950-2000, México. DF. CONAPO. Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Custodio E., Llamas, M.R. (1983), Hidrología Subterránea. Editorial Omega. Barcelona (2 Volúmenes) Tomo 1, Capítulo 1 y 8. Barcelona, España. Consultada: Biblioteca Particular.

Custodio, E. (1997), Salinidad de la recarga; problemática, evaluación y efectos diferidos. En la Evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica. Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español. Páginas 83-109.

GEOCA, S.A. (1980), Estudio Condiciones Geohidrológicas del Valle de Tlacolula y alrededores, Estado de Oaxaca. Manuscrito no publicado. Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Gobierno del Estado de Oaxaca (2006), Información Estadística del Estado de Oaxaca, (en línea). Disponible en: <http://www.gobiernodeoaxaca.gob.mx> (2007, 22 de marzo).

Informe del Programa para Promover el Desarrollo Sustentable en el Gobierno Federal. (SEMARNAT, 2003). Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2006), Informe Final Proyecto: Evaluación del cambio tecnológico hidroagrícola en los Municipios de San Pablo Huixtepec y la Ciénega de Zimatlán en los Valles Centrales de Oaxaca, a partir del Marco de Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales, incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). Manuscrito no publicado. IMTA, CONAGUA, SEMARNAT, MEXICO. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2000), Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca. Consultado: Biblioteca Pública Central, Oaxaca, Oax.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2004), Síntesis de Información Geográfica del Estado de Oaxaca. Biblioteca Pública Central, Oaxaca, Oax.

Instituto Nacional Indigenista (2002), Indicadores socioeconómicos de los pueblos indígenas de México. México: Disponible en: <http://www.ini/conapo/pnud> (2007, 22 de marzo).

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca, (1999), Estudio para el Manejo Racional de Acuíferos de la Modelación Matemática, en Regiones de Guerrero y Oaxaca. Manuscrito no publicado. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Irazoque Enrique y H. Barbosa (1962), Regiones Fisiográficas de Oaxaca. Manuscrito. Realidad Fisiográfica. Manuscrito no publicado. Consultado: Biblioteca Pública Central, Oaxaca, Oax.

Klimentov. P.P., Konova B.M., (1985). Dinámica de las aguas subterráneas. Editorial Escuela Superior. Moscú, Rusia. 215 pp. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Leff, E. 1996. La Capitalización de la Naturaleza y las Estrategias Fatales de la Sustentabilidad. Formación Ambiental. PNUMA, México. pp. 17-20, 58-64. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, 2004. Consultado: Dirección Local Hidalgo, Comisión Nacional del Agua. Pachuca, Hgo.

Masera O. Astier M y López Ridaura (1999), Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: El Marco de Evaluación. MESMIS. México, D.F. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Merino, L. Segura G., (2002). El manejo de los Recursos Forestales en México (1992 – 2002). Procesos, tendencias y políticas públicas. In: Leff, E., Ezcurra, E., Pizanty, I., & Romero Lankao, P. (Comp.). La Transición hacia el Desarrollo Sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe. INE, UAM, PNUMA. México, DF. p. 237 – 256.

Montalvo, T. (1994), Técnicas de ahorro de agua en agricultura, Curso: Agricultura y Medio Ambiente. Publicación No. 362. Servidores Públicos de la Universidad Politécnica de Valencia. España. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, (2000), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua (en línea). Disponible en: <http://www.cna.gob.mx>, (2007, 14 de marzo).

Programas Federales para el Desarrollo Local. Comisión Nacional del Agua-SEMARNAT. <http://www.e-local.gob.mx> (CNA; 2003).

PROYESCO (1978), Estudio para determinar las fuentes recomendables para el abastecimiento de agua potable a la Ciudad de Oaxaca. Manuscrito no publicado. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Ríos Ángeles Julián Rubén (2006), Manejo Integral de las Cuencas Hidrológicas de los Valles Centrales de Oaxaca, México, Ponencia presentada en el IV Foro Mundial del Agua, abril de 2006. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimentación (2002), Caracterización del Distrito de Desarrollo Rural No. 2, Valles Centrales. Manuscrito no publicado. SAGARPA, México. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2005), Informe sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales en México. Manuscrito no publicado. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.

Serageldin, Ismail (1995), Hacia el Manejo Sustentable de los Recursos de Agua, Dirección en busca del Desarrollo. Asociación Mundial del Agua (GWP), Egipto. Serie No. 6, Banco Mundial. 58 pp. Consultado: Biblioteca Particular.

Técnicos Asesores y Constructores, S.A. de CV. (1984), Estudio Geohidrológico Cuantitativo del Valle de Etna y Zimatlán en el Estado de Oaxaca. Consultado: Centro de Consulta del Agua, Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Oaxaca, Oax.