



HACIA UNA ESTRATEGIA ARTICULADORA DE ESFUERZOS EN PRO DEL AGUA
EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC, OAXACA

Elaborado por: Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca

En coordinación con: Foro Oaxaqueño del Agua
Oficina Oaxaca del WWF

Con apoyo de: Fundación Gonzalo Río Arronte
Fundación Alfredo Harp Helú
Alianza WWF-Fundación Carlos Slim
Comisión Nacional del Agua
Gobierno del Estado de Oaxaca
Ayuntamiento de Oaxaca de Juárez

D.R. © Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca, A. C. (INSO) - 2014

Se permite la reproducción parcial siempre y cuando no se modifique el contenido,
se haga sin fines de lucro y se cite la fuente.

Impreso y hecho en México



COORDINACIÓN: Juan José Consejo

EQUIPO TÉCNICO: Alfredo Saynes Vázquez
Ralph Eichenberger
Laura López López
Carlos Plascencia Fabila
Francisco Roldán Vera
Alejandra Martínez Sánchez
Nelly Fernández Téllez
Sebastián Pillitteri
Roberto Ramírez Alcántara
Seanna Hewitt
Lidia Martínez Ávila
Mariana Álvarez López
Ezequiel Santiago López
Álvaro Santiago López

Ignacio González Mora
Alejandra Zorrilla Domínguez

ESTUDIOS ESPECIALES:

CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL: UN ANÁLISIS DE LA CUENCA DEL RÍO ATOYAC, OAXACA: Simon Topp.
CAUDAL ECOLÓGICO EN EL RÍO VERDE-ATOYAC: Ignacio González, Alejandra Zorrilla, Romeo Salinas Ramírez, Porfirio Hernández Hernández, Miguel A. Palmas Tenorio.
DIAGNÓSTICO LEGAL Y ADMINISTRATIVO EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC: Tania Robles Hernández, David Martínez Pérez.
EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS DE LA RELACIÓN AGUA-SOCIEDAD EN LOS VALLES CENTRALES: Juan José Consejo, Laura López.
ESTRATEGIA ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO: Tzinnia Carranza.

AGRADECEMOS LA COLABORACIÓN DE:

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL, UNIDAD OAXACA (CIIDIR–Oaxaca): Juan Rodríguez Ramírez, director, Raúl Rivera, grupo de investigadores.
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CNA): Álvaro Demetrio Jarquín, Ignacio Muñoz, Mario Gutiérrez.
COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (Conanp): Pável Palacios, Froylán Martínez Rojas.
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA: Juan Cuenca Jiménez, Ismael del Carmen Sandoval, Dora Melchor.
SECRETARÍA DE FINANZAS: Gerardo Cajiga, Adriana Abardía, Yacira Sierra.
ADMINISTRACIÓN DIRECTA DE OBRAS Y SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE OAXACA (ADOSAPACO): Arturo Andrade Alcázar.
MUNICIPIO DE OAXACA DE JUÁREZ: Luis Ugartechea Begué, Gabriela Vargas.
CASA DE LA CIUDAD: Gustavo Madrid, Ivette Buere.
UNIÓN DE COMISARIADOS DEL DISTRITO DE TLACOLULA: Roberto Luis Arreola, Rutilo Prieto.
FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE: Ramón Pérez Gil, Roberto Romero.
FUNDACIÓN ALFREDO HARP HELÚ: Gabriela Pascal.
FONDO MUNDIAL PARA LA NATURALEZA (WWF): David Ortega, Silvia Philippe, Anuar Iram Martínez Pacheco, Sergio Salinas Ramírez.

DISEÑO Y FORMACIÓN: Jorge López López

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	11	III. REGULACION: HACIA UN CICLO HIDROSOCIAL EN EQUILIBRIO	
RESUMEN	13	1. LOS ACTORES Y LOS RETOS	113
I. INTRODUCCIÓN		1.1. ANDAMIAJE LEGAL Y ADMINISTRATIVO ACTUAL	113
1. ANTECEDENTES ¿OTRO PLAN?	21	1.2. IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS, INSTITUCIONES Y ORGANIZACIONES	117
2. EL CONTEXTO ESTATAL	23	1.3. PERCEPCIÓN SOCIAL DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES	117
3. EL PROCESO DEL PLAN	26	1.4. EXPERIENCIAS EXITOSAS	121
II. LA CONDICIÓN DE LA CUENCA Y SU HISTORIA		2. DE LA VISIÓN A LA ACCIÓN	123
1. UNA VISIÓN GENERAL DE LA CUENCA	31	2.1. LOS CAMBIOS ESPERADOS	123
1.1. EL ESCENARIO NATURAL	31	2.2. LAS VISIONES	124
1.2. LA GENTE	52	2.3. LAS POLÍTICAS	124
1.3. PROBLEMAS Y PROCESOS CRÍTICOS	60	2.4. LOS OBJETIVOS	126
2. CAUDAL ECOLÓGICO	69	2.5. LOS CRITERIOS	127
2.1. INTRODUCCIÓN, ALCANCES Y MÉTODOS	69	2.6. LAS ESTRATEGIAS	127
2.2. RESULTADOS	70	3. OCHO PROPUESTAS PARA UN CICLO EN EQUILIBRIO	128
2.3. CONCLUSIONES	77	3.1. RURALIZAR NUESTRAS CIUDADES	128
3. EVOLUCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-SOCIEDAD	78	3.2. REGENERAR EL MONTE	129
3.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA EN LOS VALLES CENTRALES	78	3.3. COSECHAR LA LLUVIA	129
3.2. CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN LA SUBCUENCA	87	3.4. DISTRIBUIR EL AGUA CON EFICIENCIA Y EQUITAD	130
4. EL MODELO HIDROSOCIAL EN LOS VALLES CENTRALES	93	3.5. REGAR BIEN Y PRODUCIR SUSTENTABLEMENTE	131
4.1. EL CICLO DEL AGUA	93	3.6. LIMPIAR EL AGUA	132
4.2. LOS USOS DEL AGUA	102	3.7. CREAR HOGARES SUSTENTABLES	133
4.3. FACTORES DE DESEQUILIBRIO	108	3.8. MITIGAR EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y PREPARARNOS PARA SUS EFECTOS	134
		4. INSTAURACIÓN	136
		4.1. PROYECTOS ESTRATÉGICOS	136
		4.2. OPORTUNIDADES	144
		4.3. RECOMENDACIONES	151
		4.4. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	151

CUADROS

1. El proceso del PCBC	26
2. Geología de la cuenca del Río Verde-Atoyac	38
3. Tipos de vegetación de la cuenca del Río Verde-Atoyac	45
4. Crecimiento de la población en la cuenca del Río Verde-Atoyac	52
5. Usos del agua en la cuenca del Río Verde Atoyac	58
6. Unidades de gestión de la CNA en la cuenca del Río Verde-Atoyac	69
7. Escurrimiento medio mensual Río Atoyac-Salado	70
8. Escurrimiento medio mensual Río Atoyac-Tlapacoyan	71
9. Escurrimiento medio mensual Río Sordo-Yolotepec	71
10. Escurrimiento medio mensual Río Atoyac-Paso de la Reina	71
11. Escurrimiento medio mensual Río Verde	71
12. Umbral y caudal ecológico Río Atoyac-Salado	72
13. Umbral y caudal ecológico Río Atoyac-Tlapacoyan	72
14. Umbral y caudal ecológico Río Sordo-Yolotepec	72
15. Umbral y caudal ecológico Río Atoyac-Paso de la Reina	72
16. Umbral y caudal ecológico Río Verde	72
17. Régimen hidrológico Río Atoyac-Salado	73
18. Régimen hidrológico Río Atoyac-Tlapacoyan	73
19. Régimen hidrológico Río Sordo-Yolotepec	73
20. Régimen hidrológico Río Atoyac-Paso de la Reina	73
21. Régimen hidrológico Río Verde	73
22. Períodos históricos	78
23. Derechos de agua en la Colonia	82
24. Legislación del agua, siglos XIX y XX	83
25. Crecimiento urbano en la microcuenca San Felipe-Jalatlaco	85
26. Cobertura total por clases mayores y menores de uso del suelo	88
27. Distribuciones anuales de coberturas en las áreas de captación urbana	90
28. El ciclo del agua	93
29. Sección horizontal del Valle de Etla	99
30. Tipos de uso del agua	102
31. Red de agua potable en la ciudad de Oaxaca	104
32. El ciclo hidrosocial	108

33. Crecimiento de la ciudad de Oaxaca	109
34. Población en los Valles Centrales	110
35. Andamiaje legal e institucional de la gestión del agua	113
36. Problemas de agua en comunidades	118
37. Problemas de agua con otras comunidades	118
38. Procesos y sitios críticos	118
39. Problemas identificados en cuestionarios individuales	119
40. Qué se está haciendo	120
41. Quién lo lleva a cabo	120
42. Diez puntos para una política del agua	124
43. Proyectos estratégicos del PCBC	136

TABLAS

1. Validación social e institucional del PCBC	28
2. Principales ríos de la cuenca del Río Verde-Atoyac	31
3. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Tipos de vegetación	44
4. Número de especies de vertebrados en Oaxaca y la cuenca del Río Verde-Atoyac	44
5. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Población	52
6. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Áreas Naturales Protegidas	60
7. Objetivos ambientales	69
8. Objetivos ambientales para la cuenca Río Verde-Atoyac	70
9. Caudal ecológico por valores de referencia	71
10. Caudal ecológico por análisis hidrológico detallado	72
11. Volumen final de reserva de caudal ecológico considerando avenidas	74
12. Disponibilidad de agua con el valor de caudal descontado	75
13. Valores de los términos que intervienen en el cálculo de la disponibilidad superficial	76
14. Suministro actual de agua potable por fuente	104
15. Condición actual de suministro	105
16. Ordenamientos federales sobre agua	114
17. Ordenamientos estatales sobre agua	116
18. Problemas y causas	119
19. Experiencias exitosas en los Valles Centrales	122

20. Visiones convencional y alternativa	123
21. Investigación y planeación	137
22. Legislación, concertación y administración	138
23. Regeneración y producción sustentable	139
24. Abasto, eficiencia y saneamiento	141
25. Difusión	143
26. Opciones de abasto, costos y disponibilidad	145
27. Comunidades propuestas para regeneración de cañadas	148

MAPAS

1. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Ubicación	22
2. Cuencas hidrográficas del estado de Oaxaca	24
3. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Fisiografía	32
4. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Modelo altitudinal	33
5. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Modelo de pendientes	34
6. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Subcuencas hidrográficas	35
7. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Unidades de gestión y subcuencas	36
8. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Hidrografía superficial	37
9. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Geología	39
10. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Suelos	40
11. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Tipos de clima	41
12. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Temperatura	42
13. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Precipitación	43
14. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Tipos de vegetación	49
15. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Sitios prioritarios para la conservación biológica	50
16. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Sitios prioritarios para la conservación acuática epicontinental	51
17. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Distritos	53
18. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Territorio municipal	54
19. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Población	55
20. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Principales poblaciones	56
21. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Propiedad social	57
22. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Grupos lingüísticos	59

23. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Estado de la vegetación	61
24. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Áreas Naturales Protegidas	62
25. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Plantas de tratamiento de aguas residuales	64
26. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Presas	66
27. Cuenca del Río Verde-Atoyac: Minería	67
28. Subcuenca del Río Atoyac: Delimitación de zonas en la subcuenca	88
29. Subcuenca del Río Atoyac: Cambios espaciales de uso del suelo	89
30. Subcuenca del Río Atoyac: Cambios históricos de coberturas	91
31. Subcuenca del Río Atoyac: Conversión detallada de usos del suelo	92
32. Valles Centrales: Ubicación	94
33. Valles Centrales: Microcuencas	95
34. Valles Centrales: Subtipos de clima	96
35. Valles Centrales: Precipitación	97
36. Valles Centrales: Evaporación real	98
37. Valles Centrales: Geohidrología	100
38. Valles Centrales: Evolución del nivel estático	101
39. Valles Centrales: Aprovechamiento	103
40. Valles Centrales: Descargas	106
41. Valles Centrales: Distribución espacial de iones	107
42. Valles Centrales: Impermeabilización por crecimiento urbano	110
43. Valles Centrales: Urbanización	111
44. Microcuenca de San Felipe	147
45. Valles Centrales: Regeneración de cañadas	150
SIGLAS UTILIZADAS	155
BIBLIOGRAFÍA	157
ANEXOS	165
1. Actores y mesas de Un Plan Común para un Bien Común	165
2. Usos de plantas medicinales en la cuenca	171
3. Especies de la cuenca en la NOM-059-Sermanat-2010	173
4. Planes y programas de gobierno relacionados con el agua	175
5. El agua en el Plan Estatal de Desarrollo de Oaxaca 2011-2016 (extractos)	183



PRESENTACIÓN

La sociedad oaxaqueña, los tres niveles de gobierno y las fundaciones tienen hoy una gran oportunidad de desarrollar e instaurar una nueva política del agua mediante el plan concertado que aquí presentamos.

La iniciativa, llamada *Un Plan Común para un Bien Común* (PCBC), tiene su origen en el proceso de reflexión que llevó a cabo en 2010 el Programa Agua de la Fundación Gonzalo Río Arronte para enfocar mejor sus apoyos, el cual la llevó a identificar y concentrarse en diez cuencas prioritarias en el país, entre ellas la del Río Verde-Atoyac, en el estado de Oaxaca.

Quienes impulsamos esta iniciativa, el Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca (INSO), el Foro Oaxaqueño del Agua (FOA) y la oficina del Fondo Mundial para la Vida Silvestre (WWF), hemos acumulado, tanto en la cuenca como en otros lugares, sólidas bases conceptuales y metodológicas y logros considerables, entre los que destaca el proyecto Aguaxaca, y ahora hemos unido fuerzas para abordar este desafío de gran escala que tiene el propósito de articular acciones y fondos públicos, privados y sociales relacionados con el agua en la cuenca, con énfasis en los Valles Centrales.

La primera fase del PCBC fue de 14 meses; empezó en noviembre de 2011 y su realización tuvo un costo aproximado de tres

millones de pesos, aportados por la Fundación Gonzalo Río Arronte, la Fundación Alfredo Harp Helú, la Alianza WWF-Fundación Carlos Slim, el gobierno del estado de Oaxaca y el municipio de Oaxaca de Juárez. Entre las metas que nos planteamos destacan:

- Hacer investigaciones ecológicas y sociales que fundamenten las políticas, la planeación y las acciones concretas en la región.
- Articular la aplicación de fondos públicos, privados y sociales.
- Proponer opciones de abasto, uso y limpieza del agua en la cuenca.
- Aportar insumos para el Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada de Oaxaca.
- Fortalecer los procesos de concertación y gestión en la cuenca.
- Impulsar un proceso amplio de comunicación social que garantice que todos los actores conozcan el PCBC y participen en su elaboración e instauración.

Dos elementos principales han dado sentido y dirección al proceso: la perspectiva histórica, que permite ver cómo hemos llegado a la compleja condición actual y determinar el rumbo que queremos seguir, y una visión dinámica del agua basada en su ciclo, la cual conducirá al establecimiento de un modelo hidrosocial sostenible¹ para los Valles Centrales y la cuenca en general.

1 Después de entender cómo se comporta el ciclo del agua en distintas zonas de la cuenca, es decir cuánto llueve, cuánto se evapora y se filtra, cuánto escurre y por dónde, así como las modificaciones introducidas por las actividades humanas, es posible proponer en cuáles de las fases del ciclo hay que reestablecer el equilibrio y de qué manera, para seguir contando con agua y mejorar su calidad.



RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Un Plan Común para un Bien Común (PCBC) es una iniciativa nacida de la sociedad civil, que definimos como un proceso articulador de esfuerzos públicos, sociales y privados en la cuenca. El plan busca un cambio fundamental en nuestra actitud social hacia el agua, así como soluciones imaginativas que permitan simultáneamente resolver los graves problemas de los Valles Centrales y la cuenca en general y favorecer una mejoría en las condiciones de vida de sus habitantes.

Los trabajos del plan incluyeron investigación participativa e integral para contar con una buena imagen natural y social de cuenca, concertación local e institucional, y socialización y difusión amplia de las propuestas, todo esto acompañado de un esfuerzo continuo de concienciación sobre los asuntos del agua en las comunidades y las ciudades.

La cuenca del Río Verde-Atoyac es extensa –casi 20% de la superficie del estado–, compleja y heterogénea: en ella habitan seis pueblos originarios, abarca cuatro regiones, e incluye 243 municipios.

biológico, ecológico, social y cultural. Su accidentado terreno va desde altas montañas hasta el nivel del mar e incluye valles, sierras y cañones, pasando por llanuras y lomeríos con multitud de climas. Alberga gran variedad de plantas y animales, varias de ellas exclusivas de Oaxaca. La importancia biológica y ecológica de la CRVA es tal que incluye seis de las regiones terrestres prioritarias

para la conservación en México, las cuales cubren 61% de toda su extensión.

En la CRVA habitan seis pueblos originarios, además de poblaciones afroamericanas en la costa, y tiene dos mil 815 pueblos y ciudades. En su territorio ha habido una larga relación entre la tierra, el agua y la gente, que en algunos lugares, como los Valles Centrales o el Valle de Nochixtlán, data por lo menos de diez mil años atrás. Tal relación ha dependido de las condiciones naturales, como las diferencias en la cantidad de lluvia o las formas en que escurre el agua desde las montañas hacia las partes bajas, pero también de la matriz cultural del momento histórico, ya sea indígena, española o la correspondiente a la modernización desarrollista, cada una con sus visiones, conocimientos, técnicas y controles sociales. En tiempos recientes la relación se ha modificado drásticamente, hasta poner en riesgo la viabilidad ecológica de la región.

El bagaje cultural de los pueblos que han habitado la cuenca, incluidos valores tradicionales como el respeto a la naturaleza y el tequio, se mantiene aún en buena medida y parece haber una correlación positiva entre los territorios de pueblos originarios y los sitios mejor conservados. Estimamos que 69% de la extensión total de la cuenca es de tenencia comunal y 12% ejidal.

La cuenca ha sufrido cambios rápidos y profundos, especialmente en las últimas cuatro décadas, que han producido un severo impacto en el ciclo del agua: contamos con bastante agua en términos globales, pero las fuentes superficiales y subterráneas someras están siendo sobreexplotadas y contaminadas: hemos abusado del agua en la parte subterránea de su ciclo, a la vez que estamos disminuyendo drásticamente la recarga por deforestación y urbanización.

Una herramienta innovadora de gestión del agua es el llamado *caudal ecológico*. Se define como la cantidad y la calidad de agua necesaria, así como el momento en que debe fluir, para mantener las condiciones naturales de un río y su capacidad de respuesta ante perturbaciones. Evaluamos preliminarmente el caudal ecológico en las cinco unidades de gestión hidrológica definidas por la Comisión Nacional del Agua (CNA) en la CRVA, con resultados que indican, entre otras cosas, el deterioro de la unidad Río Atoyac-Salado y una seria alteración hidrológica de la del Río Atoyac-Tlapacoyan. También resalta la importancia ambiental del Río Verde. Es preciso continuar con la evaluación del caudal.

Entre los problemas y procesos críticos que identificamos, y que afectan a la naturaleza y la población de la cuenca están cambios de usos del suelo, cambios demográficos y urbanización desordenada, contaminación, mal uso y desperdicio de agua, megaproyectos, falta de información, erosión cultural e insuficiencias jurídicas e institucionales.

Efectivamente, la cuenca sufre cambios de uso del suelo que implican deforestación y erosión, rápido crecimiento demográfico y desintegración social y productiva, entre otras razones como consecuencia de la migración a las ciudades y fuera del estado; la población ha aumentado, se ha concentrado más y se ha ido abandonando el campo, lo que modifica formas de vida y percepciones de la gente. El crecimiento urbano desordenado es especialmente patente en los Valles Centrales, que ya concentran a la mitad de todos los habitantes de la cuenca.

Las tendencias sostenidas de degradación ambiental, urbanización y deforestación han alterado las funciones hidrológicas y conducido a una distribución terriblemente desigual del agua a lo largo del año, una reducción

de su calidad, mayores riesgos por deslaves, inundaciones, etc., y en general una disminución de la calidad de vida.

La contaminación es quizás el más grave de los problemas. Es casi nulo el tratamiento de aguas servidas: si bien tenemos al menos 58 plantas de tratamiento, 90% de ellas no funciona y suelen convertirse en fuentes de contaminación. El uso creciente de agroquímicos tiene a su vez efectos altamente contaminantes. Son asimismo amenazas varios megaproyectos de riego, represas y minería, que muy probablemente se acentuarán con el cambio climático.

Como consecuencia, más de 200 especies de plantas y animales vertebrados se consideran en riesgo o en peligro de extinción. Y a pesar de que casi dos tercios de la cuenca corresponden a áreas prioritarias de conservación a nivel nacional, la superficie con algún estatus de protección legal no alcanza siquiera 4%.

Nuestro conocimiento de los procesos naturales y sociales de la cuenca sigue siendo incompleto e insuficiente y los saberes tradicionales de las comunidades se debilitan a medida que avanza la instauración indiscriminada de sistemas de producción modernos. En general, atestiguamos en la cuenca una concentración urbana descontrolada a expensas del entorno rural, con sus consecuencias: contaminación, hacinamiento, sobreexplotación del agua, disminución de alimentos de calidad.

Atañen al agua muchos instrumentos legales, desde la Constitución y los tratados internacionales, hasta las leyes federales, estatales y municipales, así como reglamentos y normas oficiales. Sin duda hay cambios positivos recientes en la legislación, como el reconocimiento constitucional del derecho humano al agua o la norma mexicana sobre caudal ecológico, pero en general se requieren modificaciones profundas en enfoques, integración y aplicación. Por otro lado, coincidimos con diversos análisis que concluyen que el andamiaje administrativo, con las excepciones de rigor, es ineficiente, corrupto y fragmentario y en él predomina una visión orientada casi exclusivamente a la infraestructura.

La población, especialmente en los Valles Centrales, crece rápidamente y se concentra más en las ciudades, lo que implica un aumento en la demanda de agua y una disminución de la superficie de captación. La migración es importante y compleja.



EL CICLO HIDROSOCIAL EN LOS VALLES CENTRALES

Llamamos ciclo hidrosocial a la integración del aspecto social y el hidrológico en un solo proceso en el que el agua influye en las comunidades humanas y a la vez es afectada por ellas. Luego de analizar la información disponible sobre precipitación, evapotranspiración, infiltración y escurrimiento, así como los usos humanos del agua, podemos concluir no sólo que sabemos muy poco del ciclo hidrosocial en los Valles Centrales, sino que los modelos y los datos que actualmente emplean las instituciones oficiales tienen tales limitaciones que los vuelven casi obsoletos como instrumentos sólidos de planeación y administración del agua.

REGULACIÓN: HACIA UN CICLO HIDROSOCIAL EN EQUILIBRIO

Son muchas las personas, instituciones y organizaciones que identificamos como actores del plan y esto complica la concertación. Hay también multitud de iniciativas en marcha de comunidades, sus autoridades y la sociedad civil; es importante visibilizarlas y articularlas en torno a una visión común.

Ante la condición crítica de la cuenca debemos revisar nuestras percepciones y actitudes. En vez de verlos como problemas, nuestro origen indígena, la ruralidad y la dispersión poblacional deben considerarse oportunidades: la diversidad étnica está todavía asociada con un importante patrimonio de conocimientos; vivir en el campo implica sólidos lazos con la tierra y el agua, capacidad de producir alimentos y un fuerte tejido social; habitar pequeñas comunidades ofrece la posibilidad de arreglos políticos de mayor autonomía. El cambio de enfoque que propone el plan se ilustra en la tabla:

ASPECTO	CONDICION ACTUAL	CAMBIOS ESPERADOS
Paradigma	H2O Insumo para servicios y lucro Recurso renovable Objeto de explotación/acumulación Noción de escasez Visión de manejo y control	Agua Fuente de vida y cultura Bien común, elemento precioso/sagrado Objeto de respeto/uso sustentable Noción de limitación, fragilidad Visión de integración a los ciclos naturales
Requerimientos sociales	Ilimitados	Ajustados a la disponibilidad
Responsabilidad principal	Gobierno/empresas privadas	Integral/grupos colegiados/mesas de concertación
Nivel principal de gestión	Federación/entidad política	Cuenca/comunidad
Marco legal	Centralizado, rígido, vertical	Descentralizado, flexible, más participación social
Administración del agua	Sectorizada, desintegrada	Transversal, integrada, con énfasis local
Inversión pública	Ineficaz, opaca, orientada a obras de gran escala y con alto gasto de energía	Eficaz, transparente, diversa, orientada a equilibrar ciclos, innovar y ahorrar energía
Obtención/conducción del agua	Sistemas lineales, pocas fuentes: pozos, presas / tubos, canales, bombeo	Sistemas locales, gestión de ciclos hidrológicos, fuentes diversas: lluvia, superficie, pozos someros; ahorro, reuso
Concepción hidráulica y urbanística	Distribución central, poco reuso, mucha energía, énfasis en infraestructura. Se trata la lluvia como desecho, ciudad desvinculada de la cuenca, nula infiltración	Distribución semicentral y modular, alto reuso, baja energía, énfasis en equilibrio campo-ciudad, infiltración prioritaria, sistemas obtención/tratamiento integrados
Limpieza (saneamiento)	Mezcla de fuentes/énfasis en mitigar y restaurar grandes plantas con procesos fracturados (planeación-construcción-operación)	Separación de fuentes/énfasis en prevenir, tratamiento a diferentes escalas, énfasis micro y local con procesos integrados

VISIÓN PARA LA CUENCA

- Se aligera nuestra huella hídrica en la cuenca y en consecuencia disminuyen los requerimientos de agua limpia *per cápita*.
- Se previene y controla la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Se reduce la cantidad de aguas servidas y se tratan aguas negras y grises de modos sustentables y rentables.
- Mejora la eficiencia en el uso del agua en la agricultura y la producción de alimentos.
- Se fortalece la participación social y comunitaria en la gestión del agua, así como la coordinación institucional.
- Se obtiene agua potable de fuentes múltiples, incluyendo la lluvia, con grados diversos de descentralización y autonomía local.
- Se recargan los acuíferos para tener una condición de equilibrio y se respeta el caudal ecológico de ríos y arroyos.

VISIÓN PARA LOS VALLES CENTRALES

- La ciudad de Oaxaca y otras poblaciones de los Valles Centrales en equilibrio con su entorno rural, como resultado de una planeación integral y participativa.
- Garantizada la seguridad hídrica por la diversidad: sistemas semicentralizados y autónomos, alimentados en 30-40% por agua de lluvia; 15-20% aguas superficiales, como manantiales y arroyos, y el resto aguas subterráneas someras.
- Desarrollo de sistemas modulares, procurando cerrar ciclos con énfasis local.
- Existencia de un esfuerzo concertado por mejorar la recarga de los acuíferos bajo suelo.

- Jerarquización de destinos consensuada socialmente, impulso vigoroso del reuso y la eficiencia, e instauración de esquemas locales de racionamiento en colonias, pueblos, unidades habitacionales.
- Determinación de no mezclar los distintos tipos de drenaje y tratarlos a escalas medianas y pequeñas, *desde la parte alta de la cuenca hacia abajo*. Promoción de opciones de tratamiento seco para los desechos humanos.

La política del agua en la CRVA y en general en el estado ha de delinearse a partir de los 10 puntos siguientes:

DIEZ PUNTOS PARA UNA POLITICA DEL AGUA

1. El agua es fuente de vida y cultura.
2. El agua es un bien común, no una mercancía.
3. Cuidar el agua es responsabilidad común.
4. Concentrar los esfuerzos en los niveles local y de cuenca.
5. Garantizar el acceso de todos al agua para subsistencia.
6. Apoyar a las comunidades que aseguran el mantenimiento del agua.
7. Conservar las *esponjas* naturales en vez de importar agua de otras cuencas.
8. Buscar alternativas al drenaje.
9. Crear ciudades sustentables.
10. No a los grandes proyectos hidráulicos, en particular las presas, y a la minería a cielo abierto.

Los objetivos del plan son:

Para la cuenca

- Cambiar nuestra actitud social hacia el agua; volver a percibirla como un bien común, objeto de cuidado y respeto.
- Regenerar la participación social y comunitaria en la gestión del agua: obtención, uso, distribución y limpieza.
- Ordenar o frenar los patrones actuales de cambio de uso del suelo y crecimiento urbano.

Es necesario replantearnos el problema principal de los Valles Centrales, que no es cómo traer más agua sino cómo lidiar con las condiciones hidrológicas (estacionalidad, escurrimiento), cómo usar bien el agua (distribuirla justa y eficientemente) y cómo regresarla limpia a la naturaleza.

- Apoyar la investigación y el monitoreo del agua, con énfasis en el ciclo hidrosocial, la huella y el caudal hidrológicos, y las opciones de diferentes escalas para el abasto, manejo y limpieza del agua.
- Reducir las fuentes de contaminación del agua, así como la cantidad de aguas servidas.
- Disminuir los impactos de las tormentas en las ciudades y pueblos y aminorar los efectos de las inundaciones y sequías.

Para los Valles Centrales

- Conservar las “esponjas” naturales, es decir los bosques que aún nos quedan.
- Mejorar las redes de agua potable.
- Captar agua de lluvia.
- Volver más eficiente el riego agrícola.
- Ahorrar y reusar el agua.
- Pagar lo justo por los servicios de agua y apoyar a las comunidades que protegen las fuentes.
- Devolver el agua usada lo más limpia posible a sus cauces naturales.

En la consecución de los objetivos habrá que considerar los siguientes criterios:

- Búsqueda del cambio de paradigma mediante la difusión, la discusión pública y la concienciación en todos los niveles.
- Concertación como elemento principal de la gestión del agua: es necesario involucrar a **todos** los actores; gobierno, autoridades locales, comunidades, ONG, investigadores, empresas privadas.
- Modelo hidrosocial como base de la planeación. Este modelo considera inseparables a la naturaleza y la sociedad, y garantiza el agua para el mantenimiento de los sistemas naturales.
- Una visión integral en la aplicación de instrumentos legales, administrativos y de inversión pública, privada y social para el cumplimiento del plan.
- Procurar el *agua lenta*. Disminuir la velocidad de los escurrimientos y controlarlos para favorecer la infiltración y recuperar el ciclo sano.
- Las herramientas del plan deben ser conviviales, es decir, estar bajo el control de quien las emplea, para beneficio de todos.

Las estrategias son las ocho propuestas para un ciclo en equilibrio en la cuenca:

OCHO PROPUESTAS PARA UN CICLO EN EQUILIBRIO EN LA CUENCA

- Ruralizar las ciudades.
- Regenerar el monte.
- Cosechar la lluvia.
- Repartir el agua con eficiencia y equidad.
- Regar bien y producir sustentablemente.
- Limpiar el agua.
- Volver sustentables nuestros hogares.
- Mitigar el calentamiento global y prevenir sus efectos.

Los proyectos prioritarios del plan se enlistan a continuación:





I. INTRODUCCIÓN

I.1. ANTECEDENTES ¿OTRO PLAN?

En Oaxaca, al igual que en muchas otras partes del planeta, el panorama del agua muestra una condición dramática: cada vez más gente sin acceso a agua limpia, inundaciones catastróficas, contaminación. Hay tres cosas que tienen un consenso pleno: el agua es imprescindible, padecemos severos problemas en todas las fases de su ciclo, y por su magnitud y complejidad la tarea para enfrentarlos requiere el esfuerzo urgente y decidido de sociedades y gobiernos: el agua es un bien común y a todos nos atañe.

Sin embargo, las respuestas convencionales a estos problemas, ya sea burocráticas, técnicas o de mercado, no han resuelto esta situación y hasta tienden a agravarla. Se han hecho diversos esfuerzos de planeación, en diferentes niveles y ámbitos, para resolver nuestras dificultades de abasto, uso y limpieza del agua. Sin embargo, predomina la visión convencional centrada en la infraestructura y los enfoques suelen ser sectoriales y muy a menudo atienden más a intereses económicos que a la sustentabilidad. Requerimos, en efecto, otro plan, pero a partir de *repensar* a fondo nuestras estrategias, pues la raíz de los problemas de agua es la manera en que como sociedad nos relacionamos con ella.

Esta es la perspectiva de UN PLAN COMÚN PARA UN BIEN COMÚN, que es una iniciativa nacida de la sociedad civil y aceptada por los tres niveles de gobierno, para la cuenca del Río Verde-Atoyac, la cual abarca casi 20% de la superficie del estado de Oaxaca y concentra más de la tercera parte de su población (Véase Mapa 1). Es ampliamente reconocida la importancia ecológica y social de esta cuenca, pero diversos factores están deteriorándola seriamente.

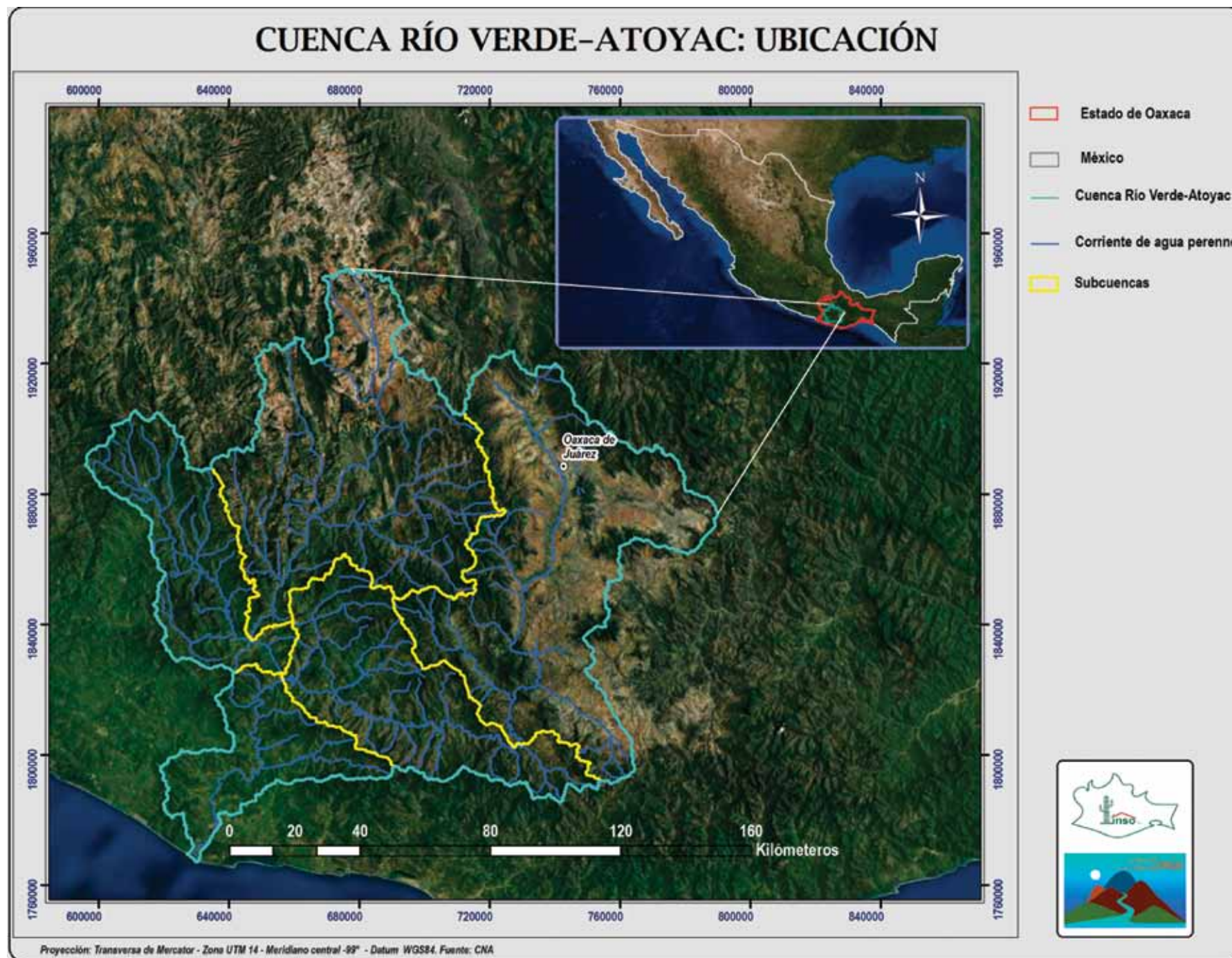
El PCBC busca un cambio fundamental en nuestra actitud social hacia el agua, así como soluciones imaginativas que permitan simultáneamente resolver los graves problemas de los Valles Centrales y la cuenca en general y favorecer una mejoría en las condiciones de vida de sus habitantes.

Tres elementos dan sentido y dirección al proceso del plan: un enfoque de cuenca, la perspectiva histórica (cómo llegamos a la condición actual), y una visión dinámica del agua a partir del ciclo hidrológico y del modo en que interactuamos con él, es decir, el *ciclo hidrosocial*.

Entre las metas que nos propusimos destacan:

- Realizar investigaciones ecológicas y sociales como base de las políticas, la planeación y las acciones concretas en la región.
- Articular fondos públicos, privados y sociales.
- Buscar opciones de abasto, uso y limpieza del agua en la cuenca.
- Aportar insumos para el Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada de Oaxaca.
- Fortalecer los procesos de concertación y gobernanza en la cuenca.
- Impulsar un proceso amplio de comunicación social que garantice que todos los actores conozcan el PCBC y participen en su elaboración e instauración.

MAPA 1



I. 2. EL CONTEXTO ESTATAL

En un país de por sí megadiverso, como lo es México, Oaxaca es muy probablemente el estado con mayor riqueza biológica, tanto en ecosistemas como en especies de plantas y animales. Muchos de ellos son endémicos, es decir, exclusivos del estado, (García *et al.* 2004 y García, 2011). Asimismo, la entidad posee una gran diversidad étnica, también la más alta del país, así como múltiples y variadas expresiones de la cultura.

Desafortunadamente esta riqueza natural y social se ha visto amenazada por tendencias destructivas, especialmente en los últimos cuarenta años. Oaxaca tiene una de las tasas más elevadas de la República de cambio de uso del suelo, con la consecuente deforestación y destrucción de ecosistemas, plantas y animales. Se trata de una erosión natural, pero también cultural. Los sistemas de conocimiento tradicionales han ido siendo sustituidos por modos de pensar y producir modernos, como el “paquete” de la revolución verde, las grandes obras de infraestructura, los transgénicos y los biocombustibles.

Oaxaca ha sido tradicionalmente considerada una entidad pobre, pero ahora padece una pobreza modernizada, que puede ser peor. Los mismos fenómenos atentan contra la diversidad natural y la cultura: autoritarismo, un sistema económico basado en la explotación rapaz y el desperdicio, desigualdad social, marginación y discriminación, especialmente en el ámbito rural e indígena.

Las reacciones ante estos fenómenos son abundantes. Está el movimiento surgido para rescatar el manejo de los bosques de la Sierra Juárez; la defensa del territorio y el patrimonio natural de los Chimalapas; el movimiento ecologista ciudadano y la proliferación de organizaciones no gubernamentales. Asimismo la recientemente constituida Asamblea de los Pueblos en Defensa de la Tierra y el Territorio. Y podría continuarse una larga lista que incluye ámbitos tan variados como la permacultura y la promoción del maíz criollo, las técnicas alternativas para usar energías renovables, los movimientos ciclistas. Está en fin, el movimiento zapatista de Chiapas y sus múltiples resonancias en las comunidades indígenas oaxaqueñas.

En términos de cuencas, el estado está dividido como se muestra en el Mapa 2. La disponibilidad de agua es muy contrastante: la Sierra Juárez alberga uno de los sitios con mayor lluvia en el país –más de seis metros por año– mientras que en ciertos lugares de la Mixteca y la Cañada no se alcanzan los 30 cm anuales. Son grandes también las diferencias estacionales y el periodo de secas es muy marcado en vastas regiones de la entidad. En general, el agua es limitada y está sujeta a condiciones naturales como el clima, los suelos y la forma de las montañas, lo cual fue bien conocido por los pueblos y culturas del pasado.

Los cambios climáticos globales y regionales han acentuado los contrastes. En años recientes hemos sufrido las peores inundaciones y las más graves sequías. Sin duda, lo que ahora padecemos es en buena medida el resultado del trato irrespetuoso que los humanos hemos dado a la naturaleza. La disponibilidad de agua depende de su delicado ciclo y lo estamos alterando de manera continua: con la deforestación perdemos las *esponjas* que permiten filtrar la lluvia hacia el subsuelo; sin la capa protectora de la vegetación, el agua arrastra el suelo y sus nutrientes y éste a su vez va a azolver lagunas y lagos.

Las dificultades para tener agua limpia se agravan porque la estamos repartiendo de una manera muy dispareja: de cada diez litros que se consumen hoy en Oaxaca, la agricultura comercial se lleva siete, y aunque el uso industrial es todavía poco significativo, este sector es el que está incrementando la demanda de agua con mayor rapidez. Por otro lado, el consumo doméstico urbano es muy superior al del campo: se estima que en colonias opulentas de ciudades como Oaxaca llegan a gastarse hasta 300 litros por persona (seis veces los requerimientos básicos recomendados por la ONU), mientras que muchas familias de la región mixteca, por ejemplo, sobreviven con menos de 50 litros diarios (Lusher, 2007).

Nuestra imprudencia al ensuciar el agua, tanto superficial como subterránea, ya está provocando enfermedades epidémicas. La contaminación industrial, agrícola y urbana está envenenando de manera creciente el agua disponible, los suelos e incluso re-

MAPA 2



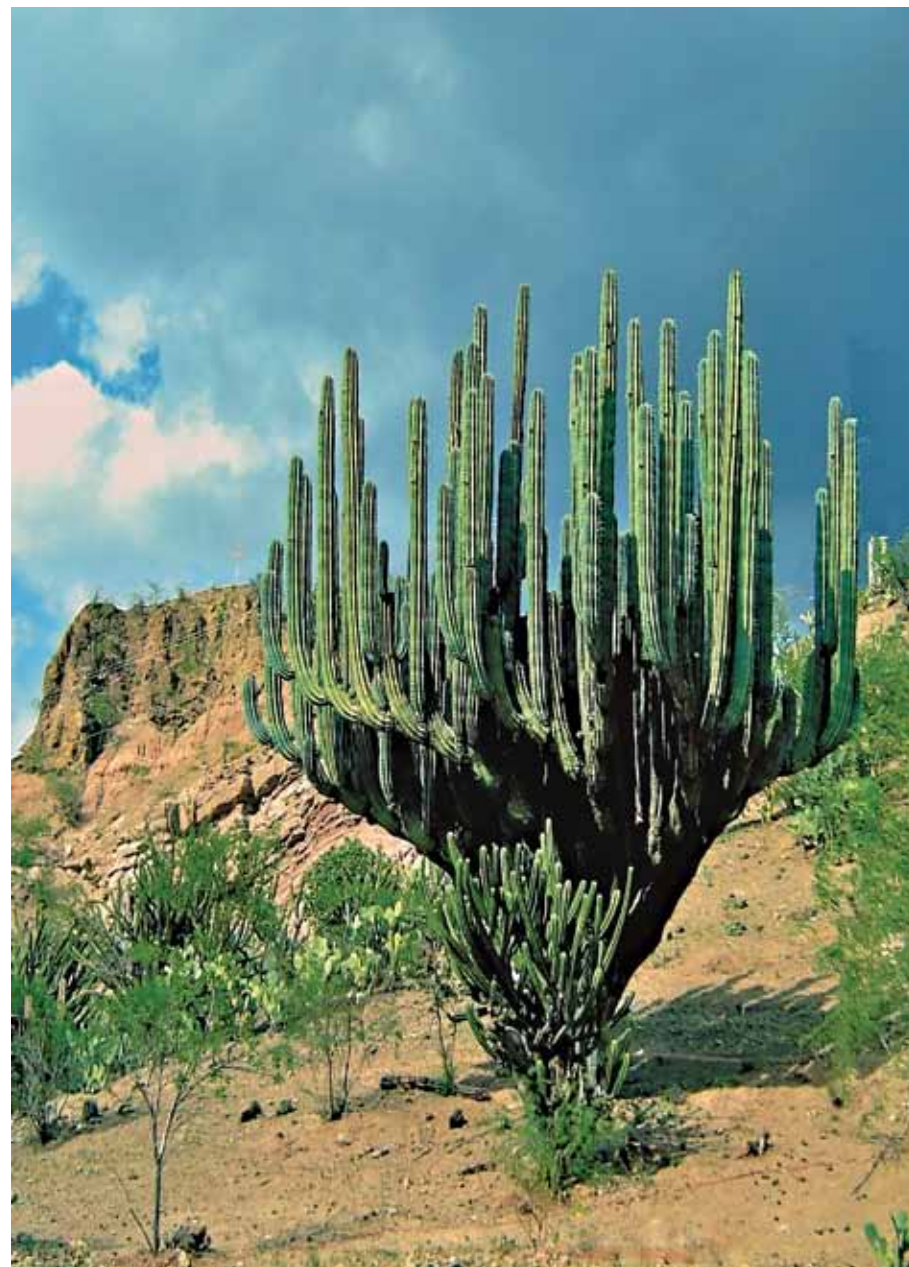
giones enteras de la entidad. Algunos ejemplos pueden mostrar con elocuencia esta crítica condición: el Papaloapam, principal río del estado, está considerado como uno de los más contaminados del país. Los desechos industriales provenientes de la ciudad de Tuxtepec, además de las deficiencias de drenaje y la ausencia de sistemas de tratamiento de basura, son las causas principales.

Una situación similar se presenta en la cuenca del Río Verde-Atoyac y la del Tehuantepec en el Istmo, donde los agentes contaminantes más agresivos provienen de los desechos que arrojan los centros urbanos. En todas estas cuencas se detectan importantes concentraciones de coliformes fecales, detergentes, ácidos, sólidos orgánicos y diversos compuestos químicos.

Tratando de paliar la creciente falta de agua, con la arrogante fantasía de “crear” agua, no hemos hecho sino empeorar las cosas: los desequilibrios provocados por las grandes obras hidráulicas en realidad están disminuyendo el agua disponible, además de afectar a las plantas, los animales, la tierra, amplios territorios incluso. Las documentadas consecuencias de la construcción de la presa Cerro de Oro muestran los graves impactos sociales y ambientales de nuestra absurda pretensión de controlar el agua. Al desviar el agua de su curso natural para regar artificialmente otras regiones se impide la renovación de los depósitos subterráneos y se alteran ecosistemas completos. Así sucedió con los humedales de Chachahua, que fueron privados de vital agua dulce por las obras de riego del bajo Río Verde. De manera semejante, la construcción de pozos profundos está desecando los mantos subterráneos, que naturalmente se recargan con lentitud. Para asegurar el suministro continuo de agua del subsuelo se debe extraer sólo el equivalente a la recarga natural neta. También llega a ocurrir que se salinicen extensos campos de cultivo por la alta concentración de sales que contiene el agua de riego. Alterar el ciclo del agua y explotarla en exceso, aún durante pocos años, puede llegar a destruir las fuentes que fueron sustento de vida durante muchos siglos.

Podríamos continuar con el recuento del desastre, pero más bien insistiremos en su raíz: el cambio sustancial en la sociedad oaxaqueña, asociado con la urbanización. En unas cuantas décadas perdimos la noción del agua como algo limitado, frágil y sagra-

do. Nuestra cultura, antes inmersa en el agua, se ha ido desecando para dar paso a una concepción del agua como bien de consumo ilimitado.



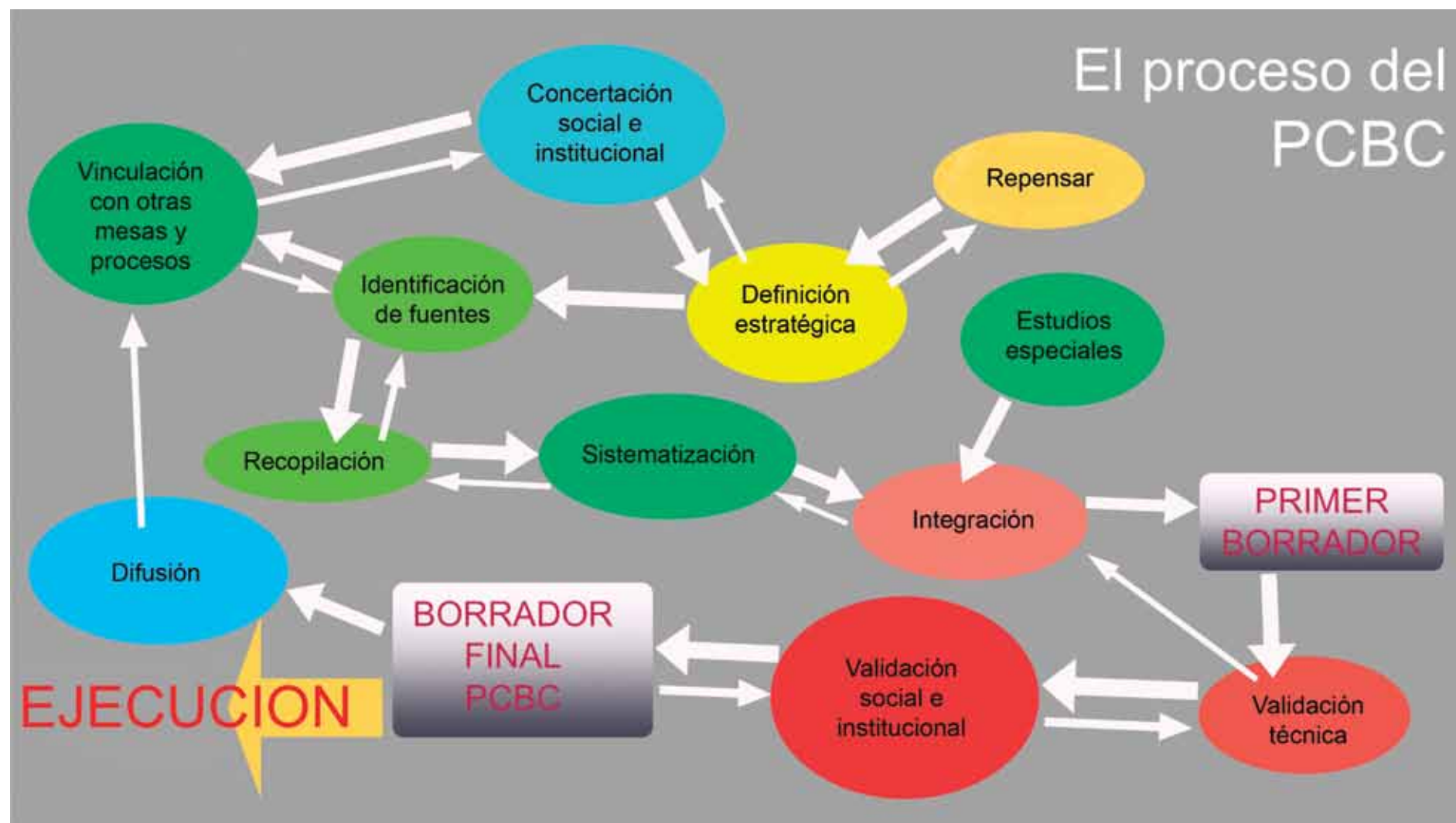
I. 3. EL PROCESO DEL PLAN

El PCBC se sustenta en tres pilares: *la foto*, es decir, investigación participativa e integral para contar con una buena imagen natural y social de cuenca; *la mesa*, que es la concertación local e institucional requerida, y *la voz*, o sea la socialización y difusión del PCBC y

sus propuestas y en general la concienciación sobre los asuntos del agua en las comunidades y la ciudad.

El proceso se ilustra en el Cuadro 1.

CUADRO 1



En relación con la **concertación social e institucional**, en el Anexo 1 se presenta una lista ilustrativa de grupos e instituciones. Entre las principales **mesas y procesos** con los que nos vinculamos están:

- Agenda 2030 y Programa Hídrico Regional, Comisión Nacional del Agua.
- Comisión de Cambio Climático, gobierno del estado de Oaxaca.
- Consejo Consultivo de Áreas Naturales Protegidas de la Conanp.
- Consejo de Cuenca Pacífico-Sur. COTAS, Programa de Desarrollo Hidroagrícola, gobierno del estado de Oaxaca.
- Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado, coordinado por el Instituto Estatal de Ecología.
- Plan de Ordenamiento Territorial de Oaxaca, que realiza la UAM Xochimilco para la Secretaría de las Infraestructuras y el Desarrollo Sustentable.
- Plan Hidráulico de Puebla, Tlaxcala y Oaxaca, elaborado por el Programa Agua de la UNAM.
- Secretaría de Finanzas. Grupo de trabajo para definir el programa estatal de agua.
- Visión del Río Atoyac, proyecto de recuperación, municipio de Oaxaca de Juárez.

Los **estudios especiales** incluyeron:

- Bases para el Plan Estatal de Monitoreo del Agua.
- Caudal Ecológico en el Río Verde-Atoyac.
- Diagnóstico Legal y Administrativo en la Cuenca del Río Verde-Atoyac.
- Estudios piloto en el Centro Demostrativo de Permacultura El Pedregal: monitoreo de agua, pérdida de suelo e infiltración de agua.
- Evolución y Tendencias de la Relación Agua-Sociedad en los Valles Centrales.
- Hidrología Subterránea.

- Impactos Futuros de las Opciones de Manejo Espacial sobre los Cambios en la Cobertura Vegetal: Un Análisis de la Cuenca del Río Atoyac, Oaxaca.
- Ordenamiento Ecológico Municipal: Proceso Piloto de San Luis Beltrán.
- Plan Estatal de Acción ante el Cambio Climático.

Entre las múltiples fuentes de información revisadas destacan las del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca), el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social Unidad Pacífico-Sur (CIESAS), la biblioteca del Instituto Welte para Estudios Oaxaqueños, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), el Servicio Geológico Mexicano (SGM), la Comisión Nacional del Agua (CNA), la Comisión Estatal del Agua (CEA), la Administración Directa de Obras y Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Oaxaca (ADOSAPACO). Asimismo obtuvimos información específica del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), a través del Extractor Rápido de Información Climatológica (Eric III). En relación con la cartografía de la subcuenca de los Valles Centrales, recopilamos información del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas (Siatl) así como información de aguas subterráneas del INEGI.

Para los Valles Centrales, un estudio de referencia básico fue el Estudio de Recarga Artificial del Acuífero Valles Centrales del Estado de Oaxaca (Reyes *et al.*, 2009), el Plan de Manejo del Acuífero Valles Centrales en el Estado de Oaxaca (Pérez *et al.*, 2010), así como los estudios publicados en el Diario Oficial (CNA, 2009a).

La **validación social e institucional** se realizó mediante los instrumentos de la Tabla 1.

Un cálculo aproximado del total de participantes directos en estos ejercicios es de mil 600.

TABLA 1 • VALIDACIÓN SOCIAL E INSTITUCIONAL DEL PCBC

INSTRUMENTO	# EVEN- TOS	# PARTICI- PANTES	LUGARES Y OBSERVACIONES
Foro-Taller <i>Repensar el Agua</i>	1	100	Temas: Deterioro natural y sus efecto en la disponibilidad de agua; Identificación de procesos críticos; Contaminación de cuerpos de agua, y Experiencias organizativas de defensa del agua y el territorio.
Talleres <i>Información y Reflexión Colectiva</i>	10	172	San Andrés Huayapam, San Agustín Etla, San Pablo Huitzo, San Francisco Lachigolá, San Antonino Castillo Velasco, Villa de Zaachila, San Bartolo Coyotepec, San Luis Beltrán, Zimatlán de Álvarez, Cieneguilla
Recorridos comunitarios	4	60	San Andrés Huayapam, San Agustín Etla, San Pablo Huitzo, San Bartolo Coyotepec
Reuniones regionales	5	560	Santiago Matatlán, San Bartolo Coyotepec, Tlaxiaco, Miahuatlán, Cacaotepec, Chacahua
Asambleas del FOA y otras	8	300	Santo Domingo Barrio Bajo, San Pablo Etla, Ciudad de Oaxaca, San Luis Beltrán
Otras mesas de concertación	12		Véase p. 27
Cuestionarios individuales	3	80	Percepción ciudadana de la problemática del agua
Consulta electrónica			En proceso

Finalmente, una lista indicativa de actividades de difusión incluye:

- 1 blog constantemente actualizado.
- 9 talleres de *Información y Reflexión Colectiva* en comunidades.
- *Año del Agua*, en colaboración con la Casa de la Ciudad, que abarcó foros, talleres, exposiciones, ciclo de cine y muchas otras actividades.
- Presentaciones electrónicas para talleres y reuniones.
- 23 notas de prensa.
- 13 participaciones en radio.
- 1 programa de TV.
- Recorridos en el Centro Demostrativo de Permacultura *El Pedregal*.



II. LA CONDICION DE LA CUENCA Y SU HISTORIA

II. 1. UNA VISIÓN GENERAL DE LA CUENCA

1.1. EL ESCENARIO NATURAL

Geografía

La Cuenca del Río Verde-Atoyac se localiza al Suroeste del estado de Oaxaca entre 96° 16' 47" y 98° 05' 42" de longitud Este, y entre 17° 37' 11" y 15° 58' 46" de latitud Norte. Tiene una extensión de 18,261.3 km², que es 19.5% del área total de la entidad, y está en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur. Se trata de una cuenca *alóctona*, es decir, sus corrientes atraviesan diversas regiones: su accidentado terreno va desde el nivel del mar hasta 3,365 msnm e incluye valles, sierras y cañones, pasando por llanuras y lomeríos con multitud de climas. Algunas otras características sobresalientes de su geografía física se muestran en los Mapas 3, 4 y 5 (INEGI, 2011b; Rivera, 2012).

Hidrología

Hidrográficamente la CRVA forma parte de la región Pacífico-Sur. El Río Verde-Atoyac es uno de los más grandes de la costa del Pacífico de Mesoamérica por su drenaje y forma una cuenca *exorreica*, es decir, que desemboca en el mar, en el sistema lagunar de Chachahua; las dos zonas de mayor drenado son el Valle de Nochixtlán al Noroeste, por el Río Verde, con una altitud entre 2,000 y 2,500 msnm, y el Valle de Oaxaca al Noreste, por el Río Atoyac, con altitudes entre 1,450 y 1,700 msnm. En la CRVA podemos distinguir cinco subcuencas (Véase Mapa 6). Esta división hidrológica, empero, difiere de las *unidades de gestión* que utiliza la Comisión Nacional del Agua. Mostramos la diferencia en el Mapa 7, pues mucha de la información disponible está organizada de acuerdo con tales unidades.

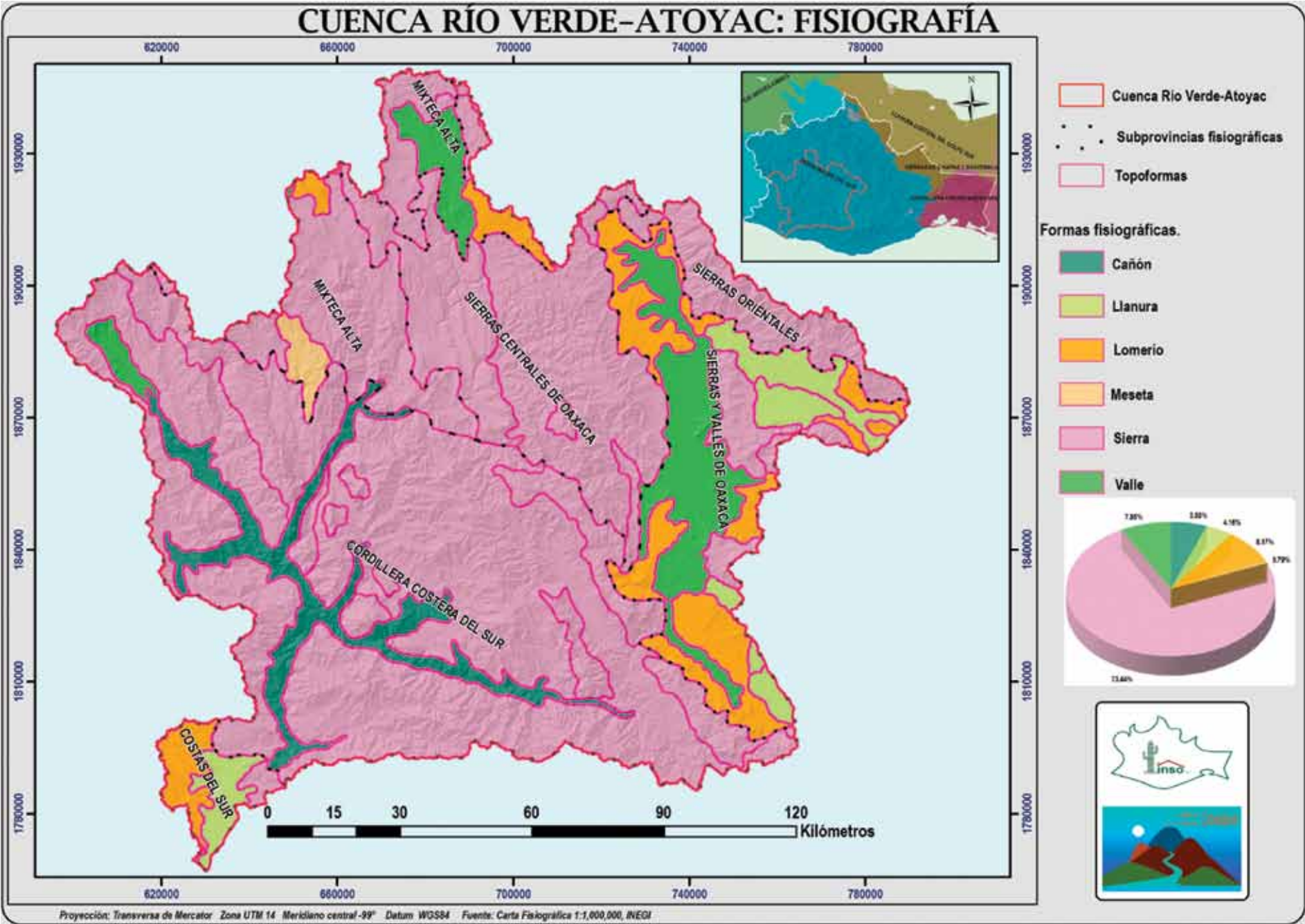
En la cuenca encontramos cerca de 3,400 km de ríos perennes y algo más de 29,000 km de ríos intermitentes. Los ríos principales, con su longitud y nacimiento, se incluyen en la Tabla 2 (INEGI, 2010b). Véase también Mapa 8.

TABLA 2 • PRINCIPALES RÍOS DE LA CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC

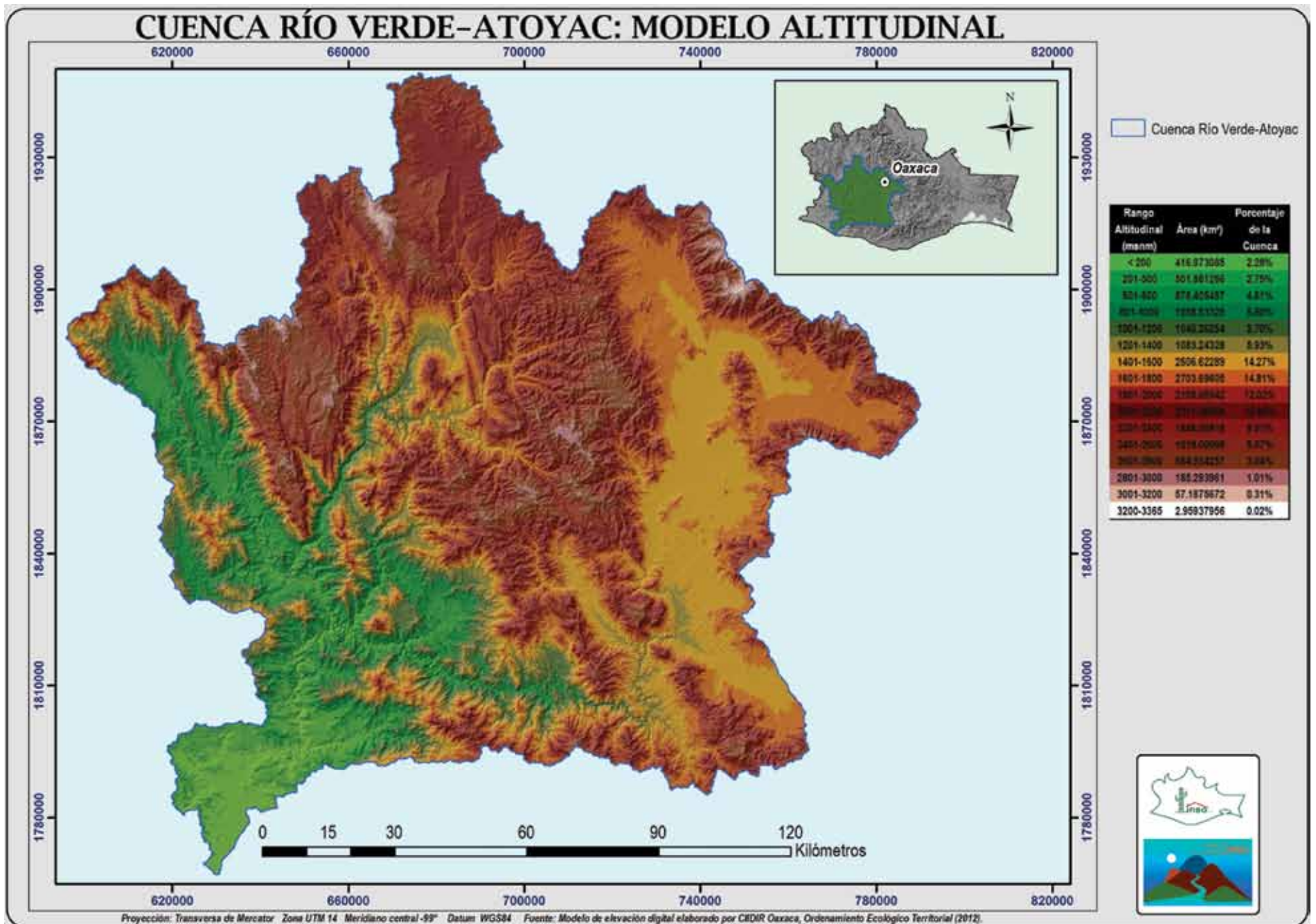
NOMBRE	LONGITUD EN KM	NACE
Atoyac	292.6	San Francisco Telixtlahuaca
Verde	199.8	Yutanduchi de Guerrero
Yutendica	28.5	San Miguel Achiutla
Culebra	24.0	Magdalena Jaltepec
Cajón	16.7	San Juan Tamazola
Hondo	9.0	San Juan Teita
Bravo	8.9	San Juan Teita

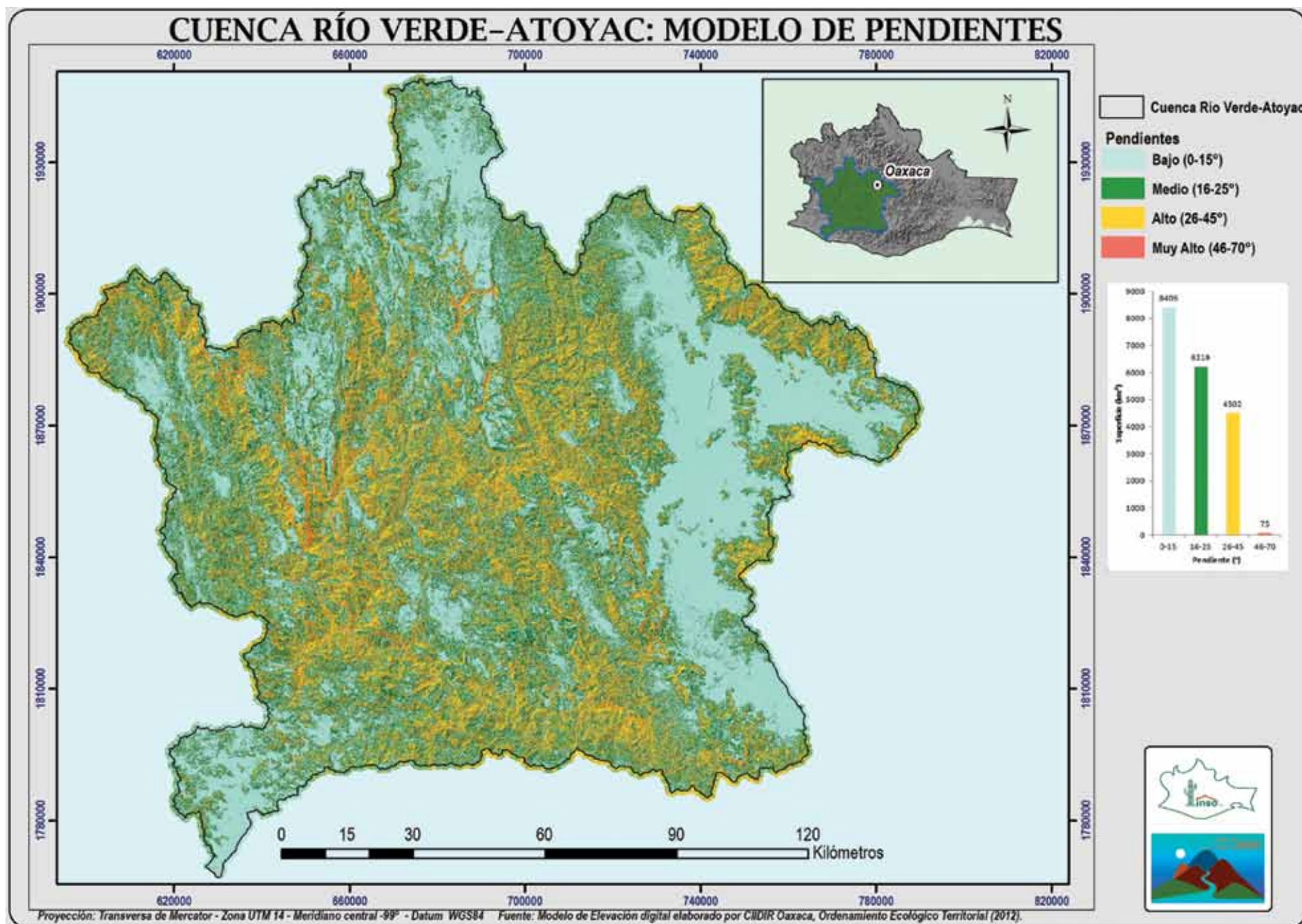
Sabemos poco de la hidrología subterránea, pero con base en la geología podemos suponer su complejidad. En términos de disponibilidad y calidad de agua, la cuenca es considerada en un nivel intermedio en el contexto nacional (Cotler, 2010). El acuífero de los Valles Centrales está mejor estudiado e incluso su descripción fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (CNA, 2009a): sus tres zonas –Etla, Tlacolula y Zimatlán– convergen en el área donde se ubica la ciudad de Oaxaca. Comprende una extensión de 5,940 km² de los cuales aproximadamente 1,130 km² conforman la zona de extracción (Pérez *et al.*, 2010).

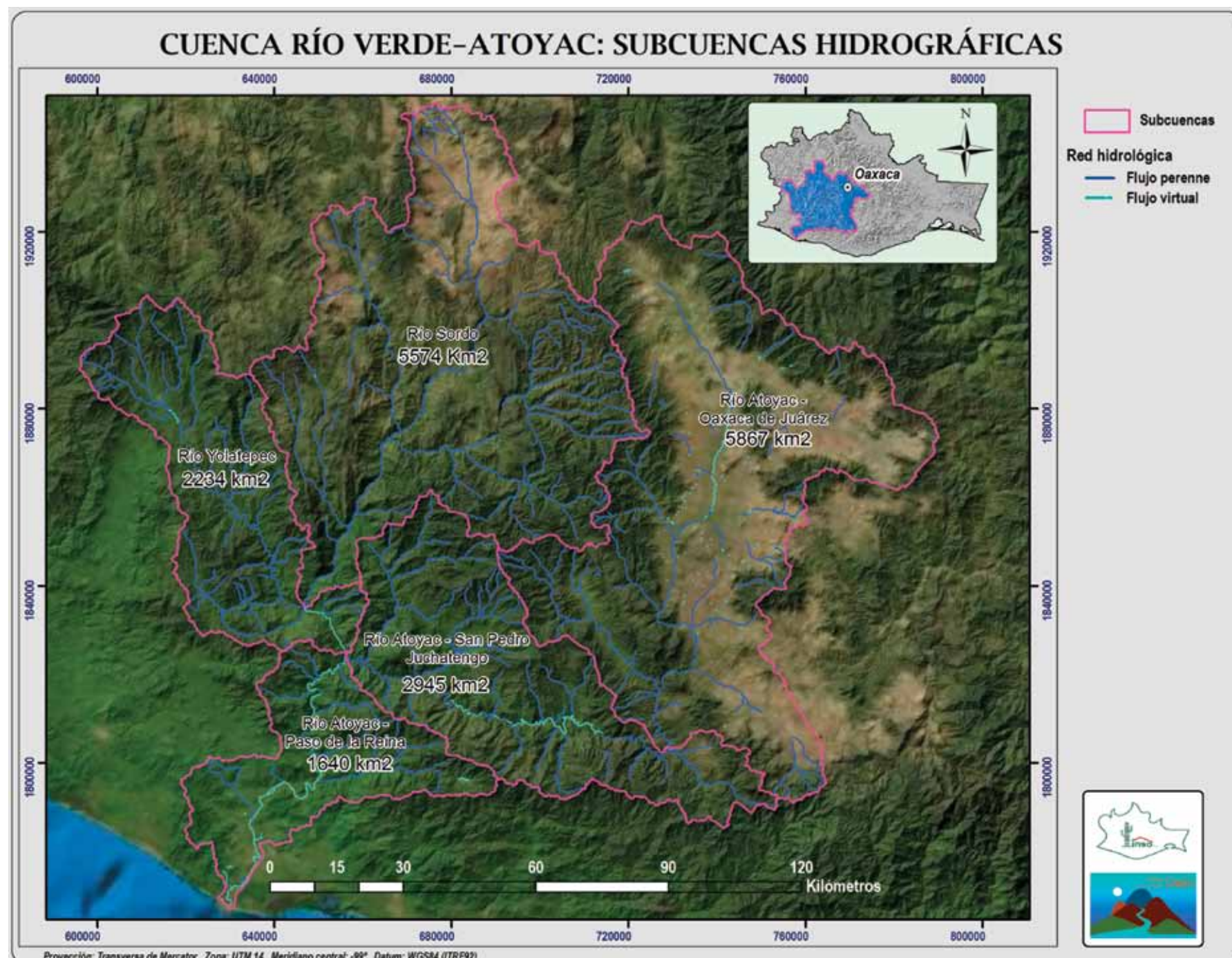
MAPA 3

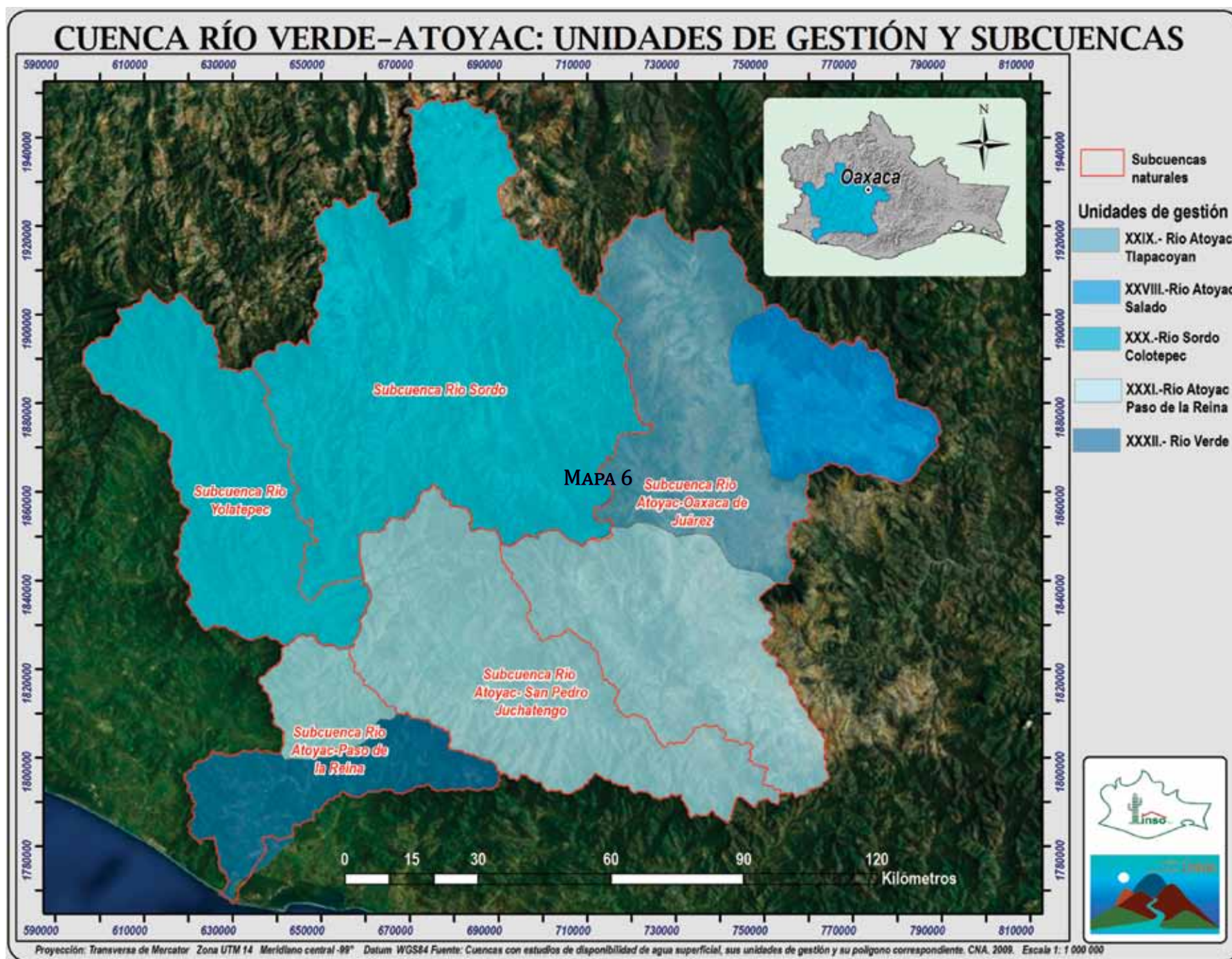


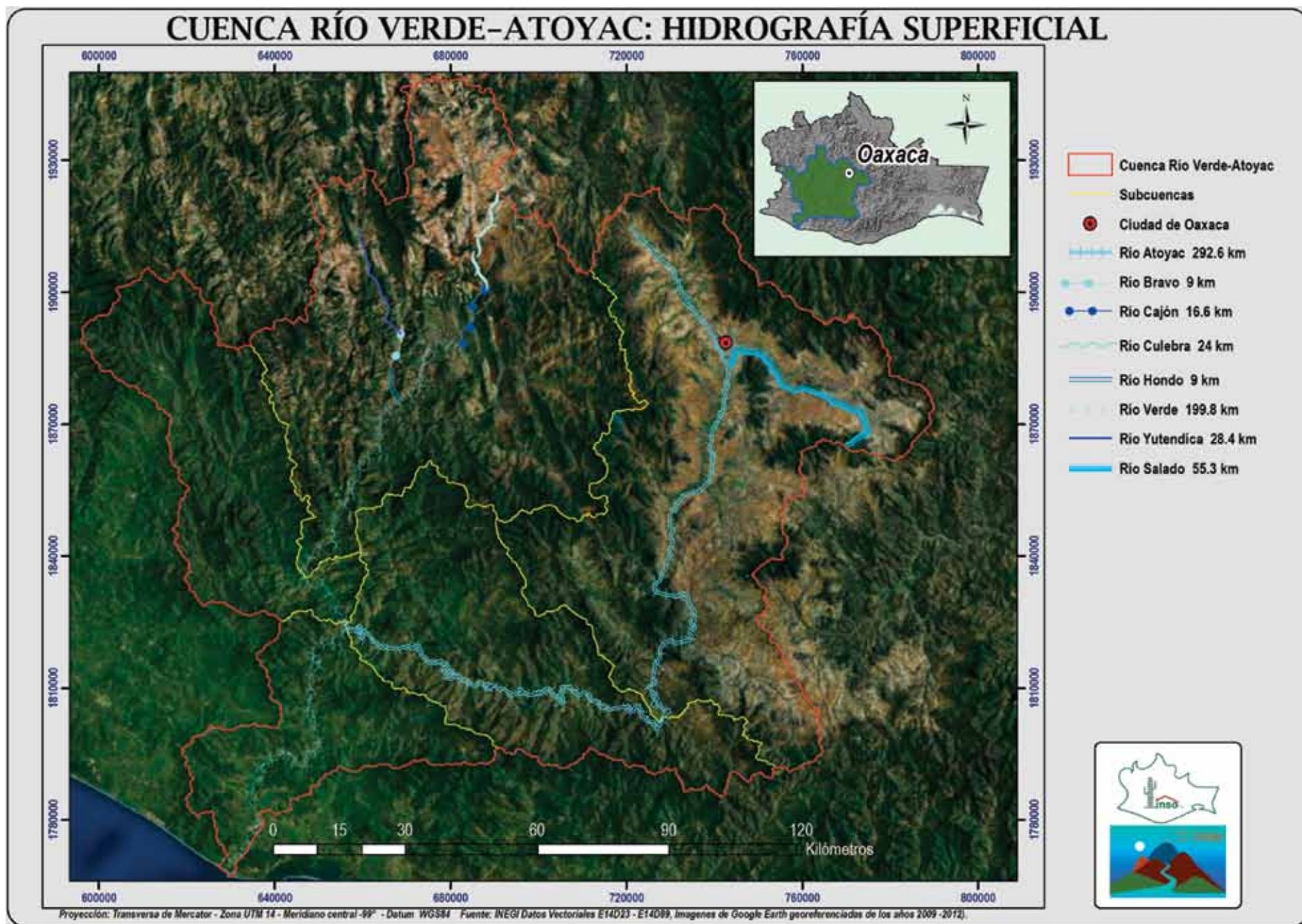
MAPA 4











Los eventos geológicos más importantes para la constitución de la cuenca fueron la formación de la Sierra de Juárez y la de la Sierra Madre del Sur, la primera originada por la gran falla conocida como Falla Oaxaca, y la segunda por la Falla Chacalapa. Estos procesos han durado cuando menos los últimos 20 millones de años, lo que ha ocasionado cambios significativos en los climas y en la orografía del estado y en especial en la cuenca (Centeno, 2004). Véase Cuadro 2 y Mapa 9.

Las rocas más abundantes son las sedimentarias, con 35% de la superficie de la cuenca; las metamórficas, con 33%, y las ígneas, con 26%. Los principales tipos de suelo son: Luvisol, en 35.2% de la superficie, Leptosol en 18.6%, Cambisol, en 15.2% y Regosol en 14.3%. (INEGI, 2007 y 2011a). Véase Mapa 10.

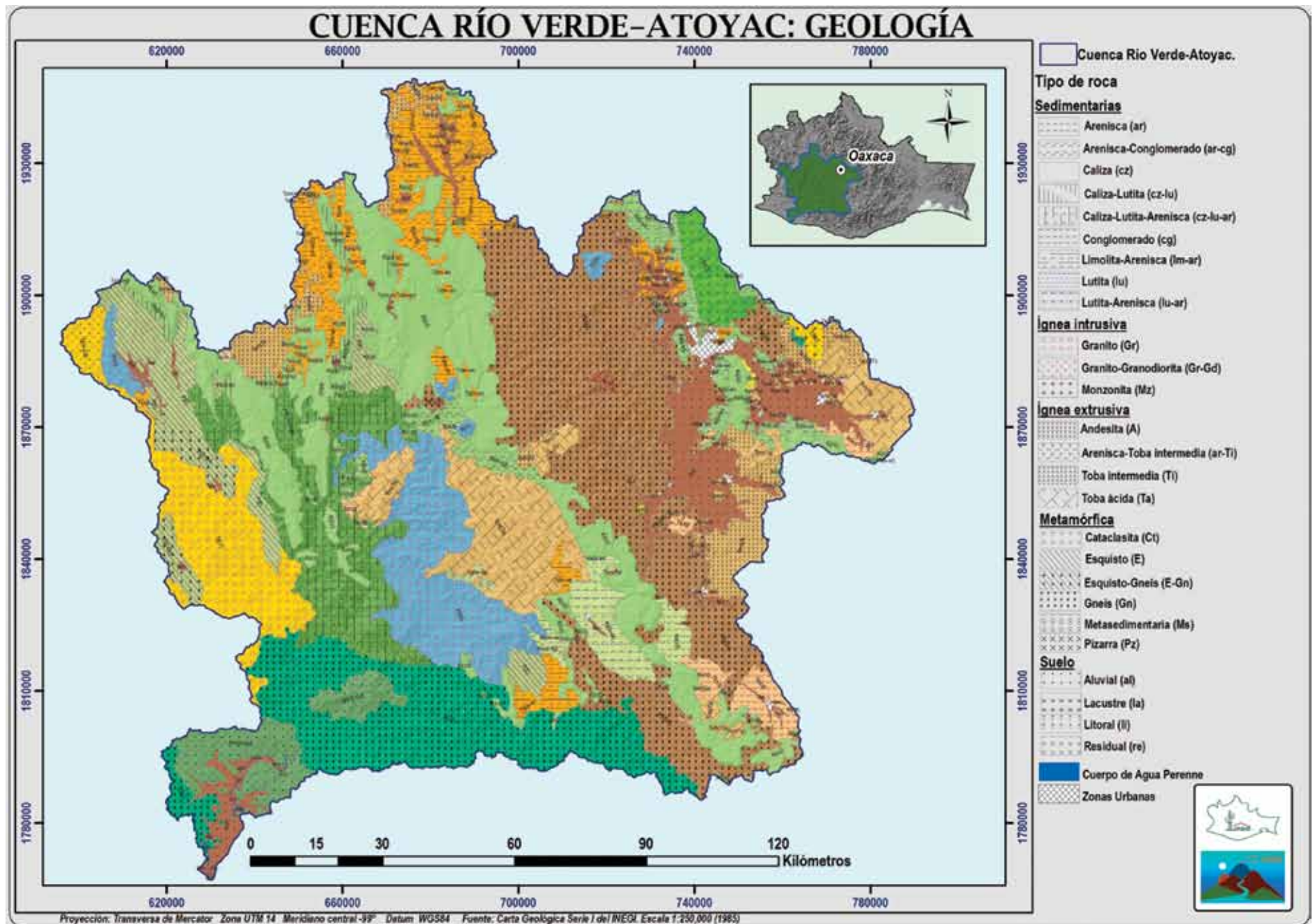
Climas

Los climas van desde cálidos en las partes bajas hasta semifríos en las zonas más altas de las montañas del Norte, pasando por secos y templados. El clima dominante es el templado subhúmedo que se presenta en 38.8% de la CRVA, en su parte central y Norte; le sigue el semicálido subhúmedo con un área de 34.2%, en la parte centro, Sur y Este de la cuenca (García y Conabio, 1998a). Véanse Mapas 11 y 12. El rango de precipitación pluvial es grande: de 500 a cerca de 3,000 mm anuales, como se ve en el Mapa 13.

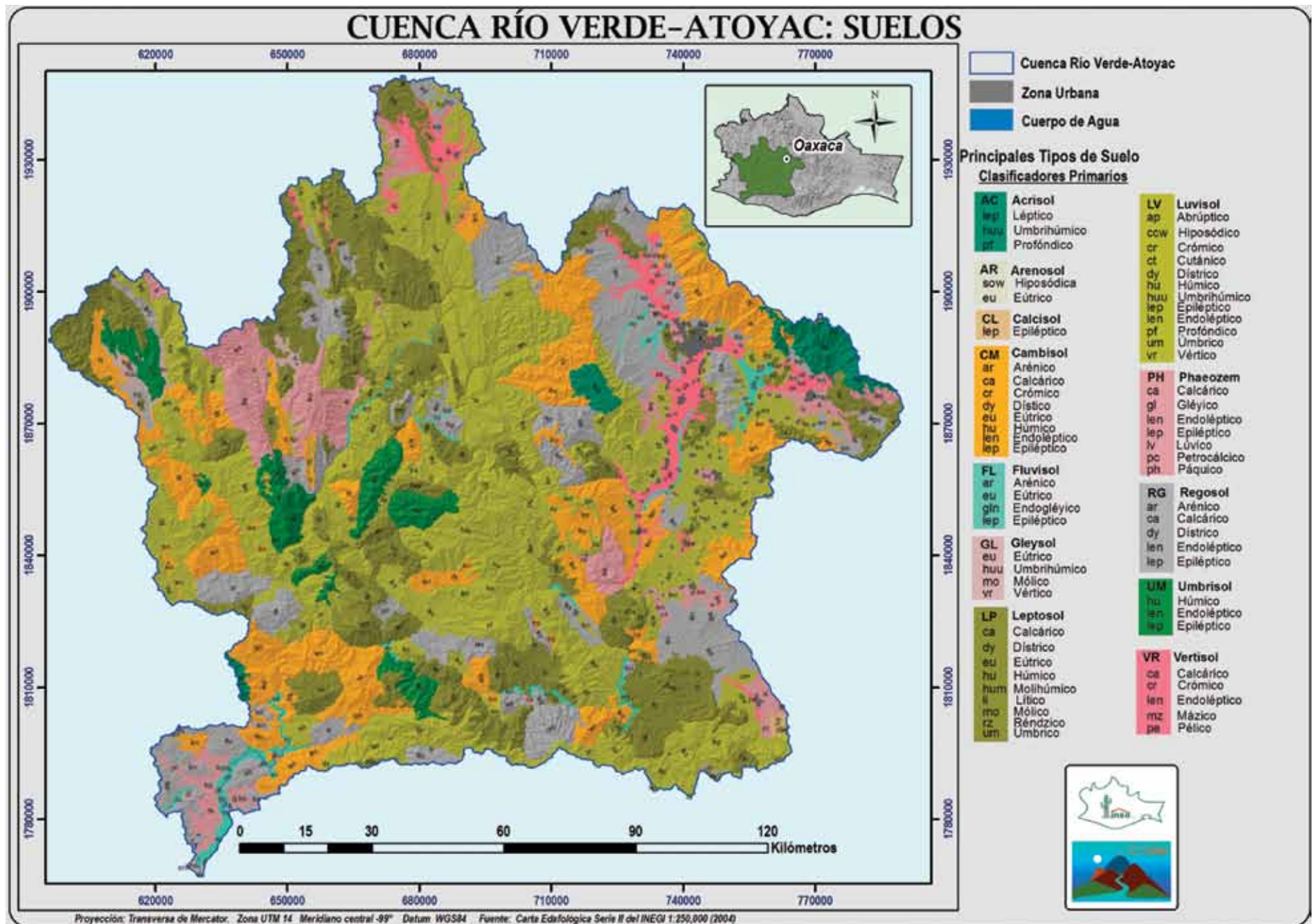
CUADRO 2 • GEOLOGÍA DE LA CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC

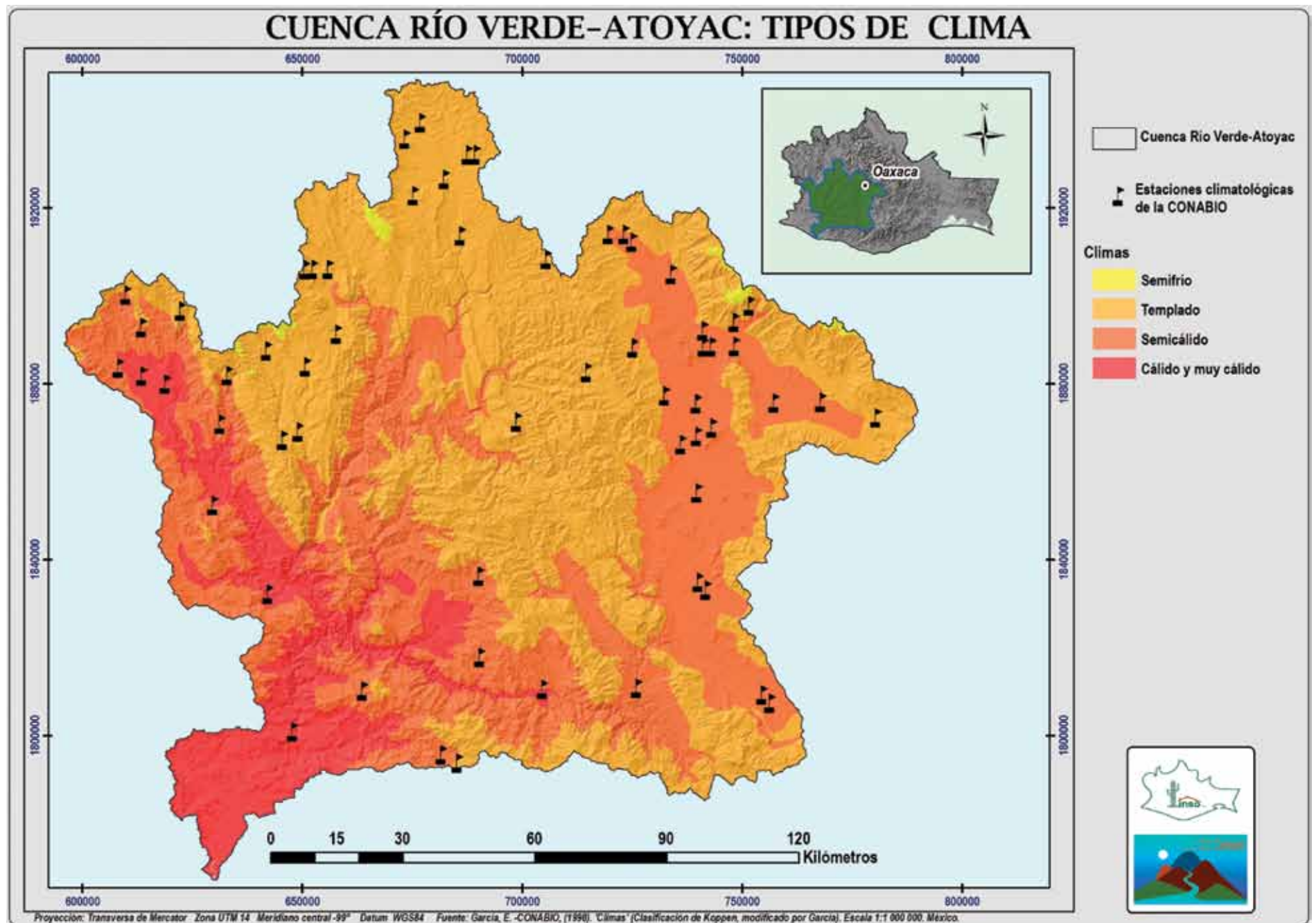
				Rocas Sedi- mentarias	Rocas Ígneas		Rocas Metamórficas						
					Intrusivas	Extrusivas							
Fanerozoico (F)	Cenozoico (C)	Cuaternario (Q)	Suelo (Q)										
			(Q)										
			(Ts)	Terciario (T)	Ts	Terciario (T)							
		(Ti)											
		Neógeno (Ts)											
			Paleógeno (Ti)										
		Mesozoico (M)	Cretácico (K)	Cretácico superior (Ks)	J-K				K				
				Cretácico inferior (Ki)						Ki			
			Jurásico (J)	Jurásico superior (Js)									
	Jurásico inferior (Ji)			Ji									
	Triásico												
	Paleozoico (P)			(P)		(P)							
	Precámbrico (PE)					(PE)							

Proyección: Tranversa de Mercator / Zona UTM 14 / Meridiano Central -99°
Datum WGS 4 / Fuente: Carta Geológica Serie I del INEGI. Escala 1:250,000 (1985)

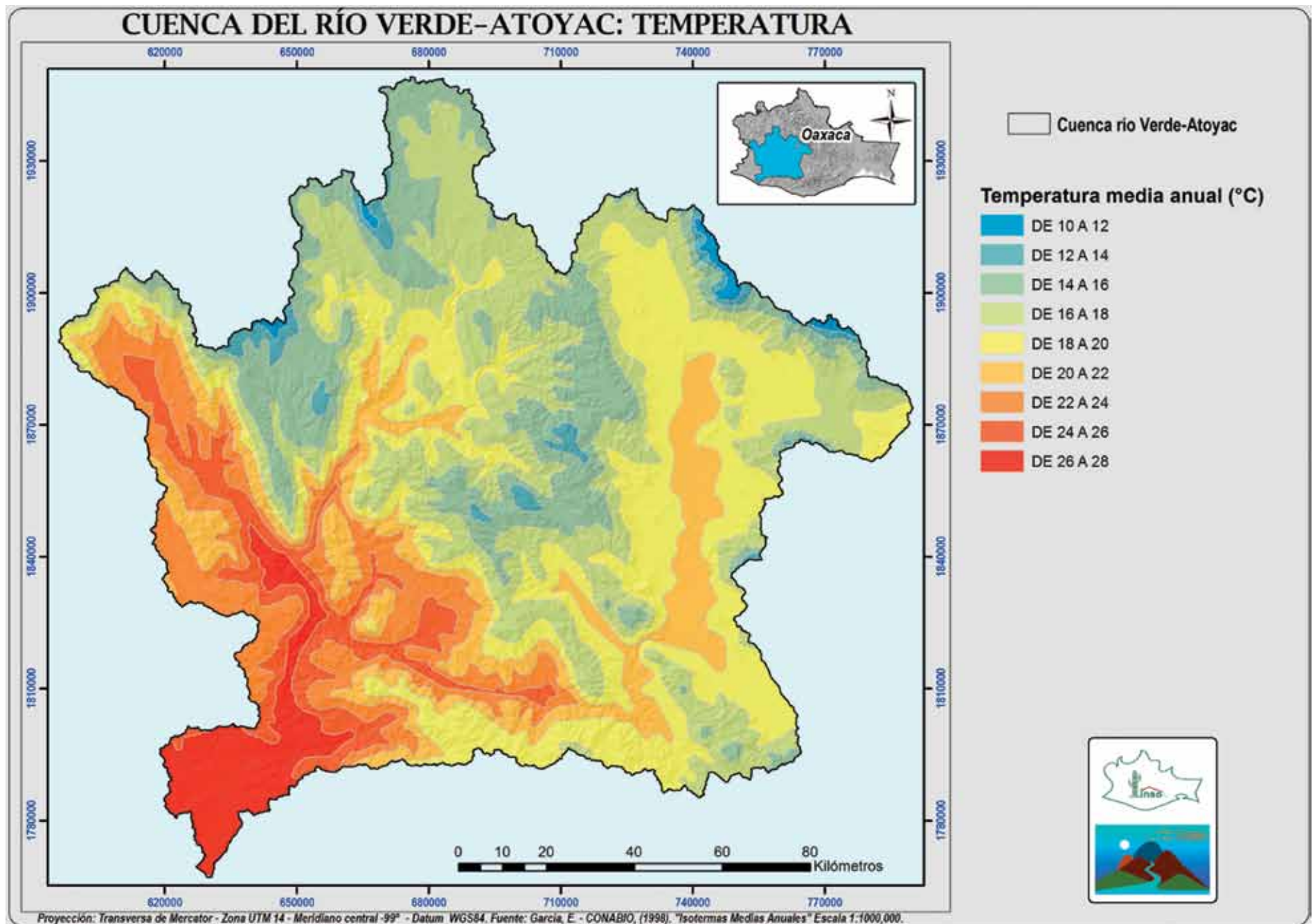


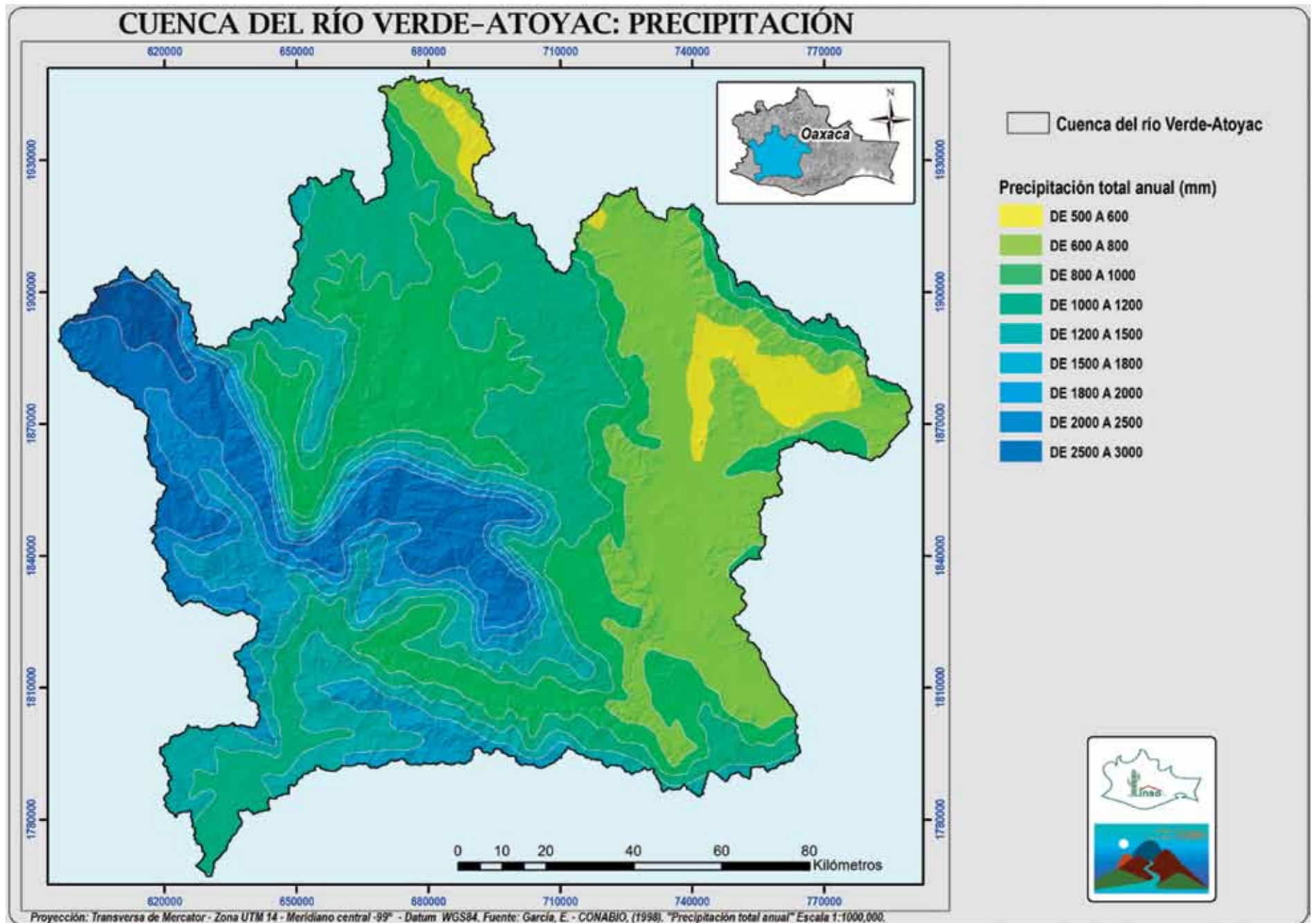
MAPA 10





MAPA 12





Vegetación, plantas y animales

Las últimas investigaciones sobre la flora del estado de Oaxaca reportan nueve mil 362 especies, desde musgos hasta plantas con flores, la mayoría nativas; 685 especies y 43 subespecies son endémicas.

En la cuenca encontramos 18 de los 23 tipos de vegetación registrados para el estado (Véase Tabla 3), que albergan dos mil 494 especies de plantas, de las que 440 son endémicas de México y 86 son exclusivas de Oaxaca. Una breve descripción de los tipos de vegetación de la cuenca aparece en el Cuadro 3 y su distribución especial aparece en el Mapa 14.

La CRVA contiene una riqueza considerable. Como ejemplos, de las magnoliópsidas (como la jacaranda y la mayoría de los árboles con flor) hay 34% de las especies reportadas para Oaxaca en sólo 20% de su superficie; las gimnospermas por su parte suman 47% del total estatal (Peralta *et al.*, 2011).

En lo que respecta a los animales, el estado de Oaxaca es el más rico del país en especies de vertebrados mesoamericanos y endémicos, debido a su compleja orografía y variedad de climas, además de la ubicación de la entidad entre los reinos Neotropical y Neártico. Se reportan mil 654 especies; de ellas 127 son endémicas (Véase Tabla 4), (González *et al.*, 2004; Casas *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2004; Peralta, *op. cit.*).

En la CRVA habitan 950 especies de vertebrados, de las que 126 son endémicas de México. Su distribución en grupos y la relación con el total de la entidad se muestran en la Tabla 4. Como se observa, la cuenca, que representa solamente 20% del territorio del estado, contiene en términos generales 57% de la fauna de la entidad.

En el Anexo 2 exponemos algunos usos de plantas y animales en la cuenca.

TABLA 3 • CUENCA RÍO VERDE-ATOYAC: TIPOS DE VEGETACIÓN

TIPOS DE VEGETACIÓN	ÁREA (Km ²)	PORCENTAJE DE LA CUENCA VERDE ATOYAC
MANGLAR	0.09	0.0005
VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS	1.09	0.0060
SIN VEGETACIÓN APARENTE	4.77	0.0261
BOSQUE DE TÁSCATE	7.29	0.0399
BOSQUE DE MEZQUITE	7.30	0.0400
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA	28.82	0.1578
CHAPARRAL	48.04	0.2631
SABANOIDE	99.23	0.5434
SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA	118.68	0.6499
PALMAR INDUCIDO	198.02	1.0844
SELVA BAJA CADUCIFOLIA	213.79	1.1708
BOSQUE MESÓFILO DE MONTANA	244.67	1.3398
SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA	408.38	2.2363
BOSQUE DE ENCINO-PINO	680.08	3.7242
BOSQUE DE ENCINO	2309.70	12.6481
BOSQUE DE PINO	2745.03	15.0320
PASTIZAL INDUCIDO	2901.36	15.8881
BOSQUE DE PINO-ENCINO	4124.46	22.5858

Fuente: Serie IV de Uso de Suelo y Vegetación Escala 1:250,000 (INEGI, 2010).

TABLA 4 • NO. DE ESPECIES DE VERTEBRADOS EN OAXACA Y LA CRVA

Grupo	Especies en Oaxaca	Endémicas del estado	Especies en la CRVA	Endémicas del estado en la cuenca
Peces	275	9	85 (31 %)	1
Anfibios	133	58	59 (44 %)	0
Reptiles	304	44	113 (37 %)	0
Aves	748	4	545 (73 %)	2
Mamíferos	194	12	148 (76 %)	0
TOTAL	1654	127	950 (57 %)	3

Fuente: González *et al.*, 2004; Casas *et al.*, 2004; Martínez *et al.*, 2004; (Peralta *et al.*, 2011).

MANGLAR

Es una vegetación densa, con pocas especies de árboles y a veces arbustos, de alturas de 3 a 5 m que ocasionalmente llegan hasta los 15. Las especies son siempre verdes y de hojas carnosas. La imagen típica de los manglares la dan sus raíces en forma de horquetas invertidas entrelazadas. Se desarrollan en la desembocadura del Río Verde, así como en las partes bajas y lodosas de la costa, en el municipio de Santiago Jamiltepec.

Las especies que lo forman son mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erecta*). Las dos últimas están consideradas amenazadas por la norma mexicana (Anexo 3).

Los manglares están siendo cada vez más alterados por cambios de uso del suelo y porque la madera de mangle, que es muy durable, se usa en la construcción y para hacer carbón o herramientas de labranza. Alterar estas comunidades implica la destrucción del hábitat de especies marinas como ostiones y camarones.

VEGETACIÓN DE DUNAS COSTERAS

Se caracteriza por plantas pequeñas y carnosas cuya importancia radica en que retienen la arena y evitan que sea arrastrada por el viento y el oleaje. Algunas especies que pueden encontrarse en las dunas son nopal (*Opuntia sp.*), riñonina (*Ipomoea pes-caprae*), leñosas como carnero (*Coccoloba sp.*), pe'pe' (*Chrysobalanus icaco*), espino (*Acacia sp.*), mezquite (*Prosopis juliflora*) y gramíneas. Esta vegetación se encuentra en los municipios de Santiago Jamiltepec y Villa de Tututepec.

BOSQUE DE TÁSCATE

Lo conforman individuos del género *Juniperus*, conocidos como táscate, enebro o cedro, con una altura promedio de 8 a 15 m. Se encuentran en regiones subcálidas, templadas y semifrías. Suelen colindar con bosques de encino, pino-encino, selvas

bajas y matorrales en la región Mixteca, al norte y noroeste de la cuenca. Las especies reportadas son: *Juniperus fláccida*, *Dodonaea viscosa* y *Leucaena sp.*; además de *Rhus standleyi* y *R. virens*.

Actividades forestales, agrícolas y pecuarias han ido eliminando estas comunidades. Se encuentran manchones en los distritos de Teposcolula, Nochixtlán y Tlaxiaco.

BOSQUE DE MEZQUITE

Comunidad vegetal dominada principalmente por mezquites (*Prosopis spp.*), árboles espinosos de 5 a 10 m de altura en condiciones de humedad, aunque en lugares áridos se desarrollan como arbustos o árboles bajos. Crecen en terrenos de suelos profundos y en aluviones cercanos a escorrentías y su desarrollo se asocia a la presencia de un manto freático profundo. Es común encontrar esta comunidad mezclada con huizache (*Acacia farnesiana*, *A. pennatula*) o guamúchil (*Pithecellobium dulce*). El mezquite es importante debido a que se usa como alimento para el ganado, la fabricación de mangos para herramientas y como leña y carbón. En los Valles Centrales ha sido casi totalmente sustituido por terrenos de cultivo, debido a que los suelos donde se ubica son muy fértiles. Queda una mancha pequeña al Noreste de la cuenca, entre los municipios de San Jerónimo Tlacoachahuaya, San Sebastian Abasolo, Tlacolula de Matamoros y San Juan Guelavía y Santa Cruz Papalutla, en el distrito de Tlacolula.

SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA

Por su altura y aspecto general esta comunidad vegetal es muy similar a la selva baja caducifolia, excepto que los árboles dominantes conservan mayor tiempo las hojas debido a la mayor humedad en el suelo. Las especies que la componen son: *Poeppigia procera*, *Senna sousana*, *Discocnide mexicana*, *Bursera simaruba*, *Coccoloba sp.*, *Cascabella sp.*, *Lysiloma sp.*, *Beaucarnea sp.*, *Agave angustifolia*, *Opuntia*, *Bromelia pinguin*, *Festuca*

breviglumis, *Melampodium divaricatum*, y *Petrea volubilis*.

Se encuentra en el municipio de Villa Sola de Vega en colindancia con San Pedro Juchatengo y San Jerónimo Coatlán, al sur de la cuenca.

CHAPARRAL

Está constituido por una asociación generalmente densa de arbustos resistentes al fuego. Se desarrolla sobre todo en laderas y en ocasiones se mezcla con bosques de pino y encino.

Está formado por especies arbustivas de *Juniperus flaccida*, encinos (*Quercus spp.*), chamizos (*Adenostoma spp.*), manzanita (*Arctostaphylos spp.*) *Cercocarpus spp.*, *Acourtia discolor*, *Baccharis salicifolia*, *Clinopodium mexicanum*, *Penstemon isophyllus* y *Solanum lanceolatum*.

Se encuentra al Noroeste de la cuenca, en los municipios de Magdalena Jaltepec, San Francisco Nuxaño, San Miguel Tecamatlán, San Francisco Jaltepetongo, San Mateo Etlatongo y San Bartolo Soyaltepec, Soyaltepec.

VEGETACIÓN SABANOIDE

Se caracteriza por pastizales con especies como *Aristida spp.* y *Bouteloa spp.*, con algunos arbolitos esparcidos de *Brissonima*, *Curatella sp.* y *Lysiloma divaricatum*. Su fisonomía es parecida a la de la sabana, pero aquella se desarrolla en las laderas de los cerros y es producto de incendios. Otras especies reportadas para la cuenca son: *Blechnum occidentale*, *Ctenitis excelsa*, *Dioscorea carpomaculata*, *Iresine celosía* y *Parathesis rekoi*. Estas comunidades se localizan al Oeste, en los distritos de Putla, Tlaxiaco, Jamiltepec y Juquila.

SELVA MEDIANA SUBPERENNIFOLIA

Los árboles de esta comunidad tienen alturas que van de los 25 a los 35 m. Se distinguen tres estratos arbóreos, de 4 a 12, de 12 a 22 y de 22 a 35 m. Las palmas forman parte especialmente de los estratos, bajo y medio. Al igual que las de la selva alta perennifolia presentan contrafuertes y por lo general poseen muchas epífitas y lianas.

Especies importantes de este tipo de vegetación son: palo mulato (*Bursera simaruba*), chicozapote (*Manilkara zapota*), tepeguaje (*Lysiloma spp.*) y *Vitex sp.* Las epífitas más comunes son helechos y musgos, abundantes orquídeas y bromeliáceas y aráceas. Se encuentra en el Suroeste de la cuenca, en los municipios de Santiago Jamiltepec, Tataltepec de Valdez y Villa de Tututepec de Melchor Ocampo.

PALMAR INDUCIDO

Este tipo de vegetación es resultado de la actividad ganadera o los incendios y favorece el crecimiento de especies de géneros como *Brahea* y *Sabal*. La permanencia de estos se ve favorecida porque la gente las usa para hacer artesanías. Esta vegetación está al Noroeste de la cuenca, en los distritos de Nochixtlán y Tlaxiaco.

SELVA BAJA CADUCIFOLIA

Presenta elementos entre 4 y 10 m de altura, que algunas veces pueden llegar a 15. El estrato herbáceo está casi ausente y sólo puede apreciarse después del inicio de la época de lluvias. Las formas de vida suculentas son frecuentes, especialmente de los géneros *Agave*, *Opuntia*, *Stenocereus* y *Cephalocereus*. Este tipo de vegetación tiene importancia ecológica como centro de diversidad de las leguminosas. En la cuenca encontramos diferentes especies de copales (*Bursera ariensis*, *B. glabrifolia*, *B. bipinnata*), guajes (*Leucaena diversifolia*, *L. trichandra*), hui-zache (*Acacia farnesiana*) algaroble (*A. pennatula*), tepeguajes (*Lysiloma spp.*, *Euphorbia schlechtendalii*), entre otras.

Estas selvas se dan en lugares con lluvias entre 1,200 y 600 mm anuales, con una temporada seca larga y bien marcada, y pueden encontrarse desde el nivel del mar hasta unos 1,800 m, principalmente sobre laderas de cerros. En la cuenca se encuentran al Noroeste, Sureste, y en los Valles Centrales en los distritos de Miahuatlán, Nochixtlán, Ixtlán de Juárez, Centro, Tlacolula, Tlaxiaco Sola de Vega y Putla. Las selvas bajas caducifolias son de las que tienen mayor distribución en México, aunque en la cuenca ocupan solamente 1.2% del área total.

BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

Es una vegetación densa que se encuentra en zonas de clima templado húmedo de altura; ocupa sitios más húmedos que los bosques de pino y de encino, en las laderas montañosas protegidas de vientos e insolación fuertes, en barrancas y otros lugares resguardados. Una característica es la formación de neblina casi todo el año. Los árboles miden entre 10 y 25 m de altura y algunas veces son más altos; la mayoría de las especies que lo componen mantienen sus hojas todo el año y son comunes las especies epífitas y trepadoras. Se encuentra entre los 800 y los 2,400 msnm. En la cuenca encontramos este tipo de bosque formado por *Chiranthodendron pentadactylon*, *Carpinus caroliniana*, liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), varias especies de encinos (*Quercus spp.*), varias especies de pinos (*Pinus spp.*) y *Styrax ramirezii*, además de una gran variedad de epífitas.

Se localiza al Oeste y al Sur, en los distritos de Juxtlahuaca, Tlaxiaco, Putla, Jamiltepec, Juquila y Miahuatlán, además del municipio de Xochistlahuaca, en el estado de Guerrero. Esta vegetación está afectada por actividades agrícolas y ganaderas, como el cultivo de café, la agricultura nómada y la introducción de pastos para forraje. La madera de sus árboles se dedica a la construcción de cercas para ganado.

SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA

Esta vegetación tiene especies que pueden medir entre 25 y 30 m. La densidad de árboles y su cobertura es mucho menor que la de las selvas altas perennifolias y subperennifolias, y ocupa territorios menos húmedos –entre 1,000 y 1,200 mm anuales de lluvia. En la temporada de lluvias la cobertura puede ser lo suficientemente densa para disminuir la incidencia de luz solar en el suelo, lo que evita el crecimiento de especies herbáceas en el sotobosque. Esta vegetación crece en altitudes entre los 150 y 1,250 msnm.

Entre las especies que componen este tipo de vegetación destacan: guapinol (*Hymenaea courbaril*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), *Piscidia piscipula*, palo mulato (*Bursera simaruba*), amate o matapalo (*Ficus spp.*), hormiguillo (*Cordia allio-*

dora), *C. elaeagnoides*, sangregrado (*Croton draco*), *Plumeria rubra*, *Vitex mollis*, *Pterocarpus acapulcensis*, *Ceiba pentandra* y *Pseudobombax ellipticum*, entre otras. Las epífitas y las plantas trepadoras, así como el estrato herbáceo son reducidos en comparación con ambientes más mesófilos. En la cuenca se encuentra al Suroeste, en los distritos de Putla, Sola de Vega, Jamiltepec y Juquila.

BOSQUE DE ENCINO Y PINO

Esta comunidad es una mezcla de pinos (*Pinus spp.*) y encinos (*Quercus spp.*), donde estos últimos predominan. Estos bosques tienen menor altura que aquellos donde dominan los pinos. Las especies más representativas son: encinos (*Quercus laurina*, *Q. magnoliifolia*, *Q. crassifolia* y *Q. castanea*) y pinos (*Pinus leiophylla*, *P. devoniana*, *P. lawsonii*, *P. pringlei* y *P. oocarpa*). Otras especies acompañantes son: *Arctostaphylos pungens* y *Eysenhardtia polystachya*. Se encuentra ampliamente distribuido en la cuenca, básicamente en las sierras, en elevaciones entre los 2,300 y las 2,750 msnm. Estas comunidades también tienen uso forestal, en muchos lugares alternado con el agrícola.

BOSQUE DE ENCINO

Estos bosques ocupan un área importante en la cuenca, junto con los bosques de pino y de pino y encino. Se sabe que en el continente americano México es el centro de distribución del género *Quercus*, que aquí comparte habitats con las especies de pino y genera diversas combinaciones de pinos y encinos. Los encinares se encuentran ampliamente distribuidos en las montañas y sierras de toda la cuenca, entre los 1,200 y los 1,800 msnm.

Se distinguen las siguientes especies: *Quercus magnoliifolia*, *Quercus crassifolia*, *Pinus pringlei*, *P. montezumae*, *Quercus rugosa*, *Q. acutifolia*, *Arctostaphylos pungens*, *Comarostaphylis polifolia*. En los sitios de verificación el bosque se encuentra en una fase secundaria con aspecto arbustivo, debido a la extracción de madera para la construcción y para carbón, además de que son buenos lugares para la agricultura y la ganadería. Otras

especies acompañantes son: *Quercus glaucoides*, *Q. laurina* y *Q. liebmannii*, endémicas de México.

BOSQUE DE PINO

Este tipo de vegetación es fácilmente reconocible por su fisonomía, con árboles de entre 15 y 30 m de altura. Está dominada por especies del género *Pinus*. Es relevante que en la cuenca se reporten las catorce especies que hay en Oaxaca, a pesar de que abarca sólo 20% de la superficie del estado. Estos bosques, frecuentemente asociados a encinares, son muy importantes desde el punto de vista económico y muchas comunidades se dedican a su explotación para la producción de madera.

Las especies más representativas son: *Pinus leiophylla*, *P. hartwegii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. oocarpa*, *P. ayacahuite*, *P. pringlei*, varios de ellos conocidos como ocotes. Además de *Pinus sp.*, *Abies sp.*, *Quercus sp.*, *Pinus maximinoi*, *Quercus scytophylla*, *Phoebe sp.*, *Pinus devoniana* y *Arbutus sp.* Esta comunidad se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca en las montañas y sierras.

BOSQUE DE PINO-ENCINO

Esta vegetación está constituida por una asociación de pinos y encinos, donde la dominancia fisonómica es de los pinos. Algunos autores la ven como una transición a estados estables de comunidades de únicamente pinos o encinos. Aunque por su abundancia en la cuenca, esta vegetación parece ser climax.

Existe un informe de bosque primario en la cuenca donde las especies encontradas son: *Pinus maximinoi*, *Quercus elliptica* y *Arbutus sp.* Otras especies reportadas para la zona son: *Pinus patula*, *P. pringlei*, *P. douglasiana*, *P. pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*; además de *Quercus candicans*, *Q. laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. laet* y *Alnus sp.* Este tipo de bosque tiene amplia distribución en la cuenca y es el que ocupa el mayor porcentaje del área.

PASTIZAL INDUCIDO

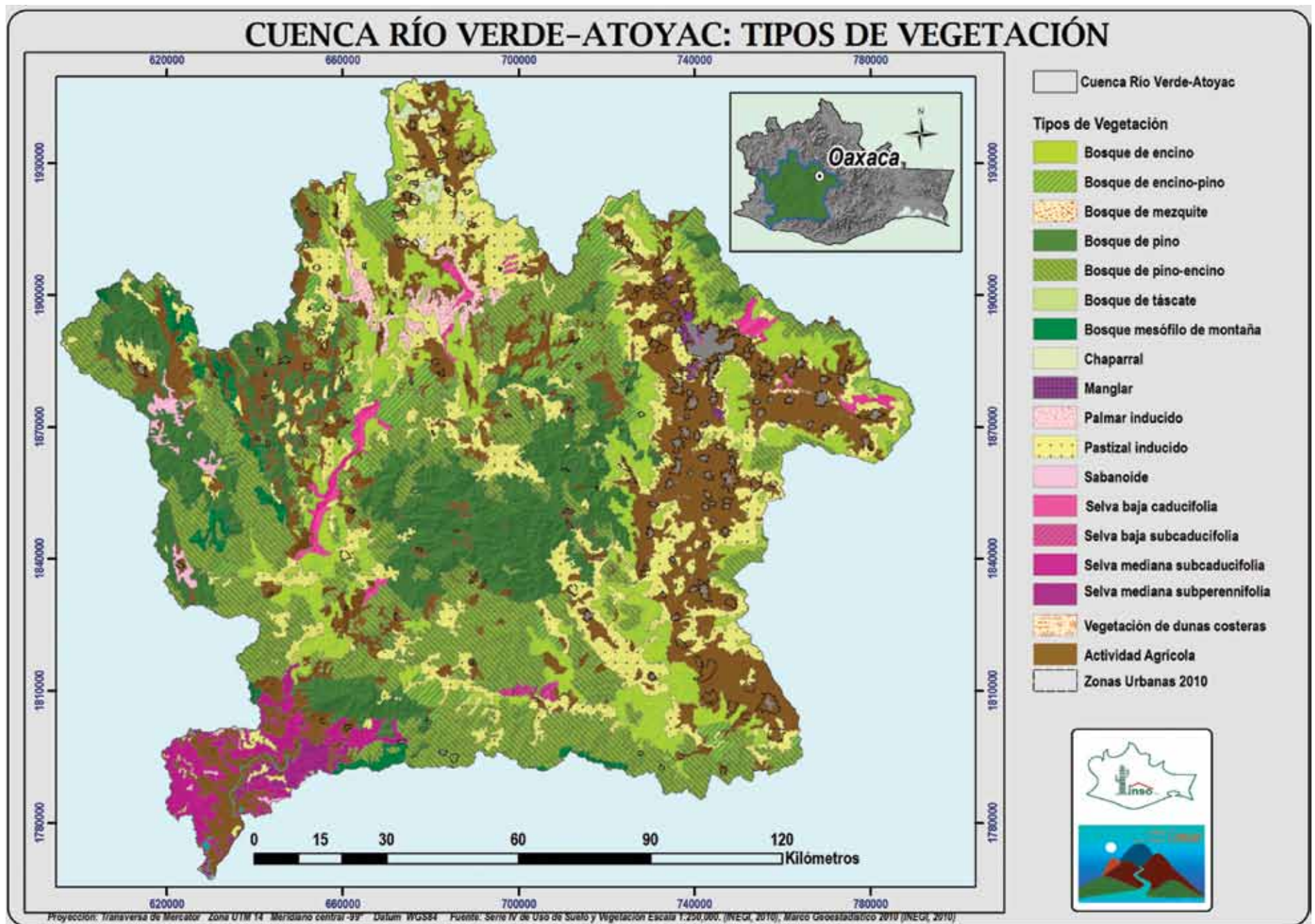
Los pastizales de la cuenca son resultado de la alteración de

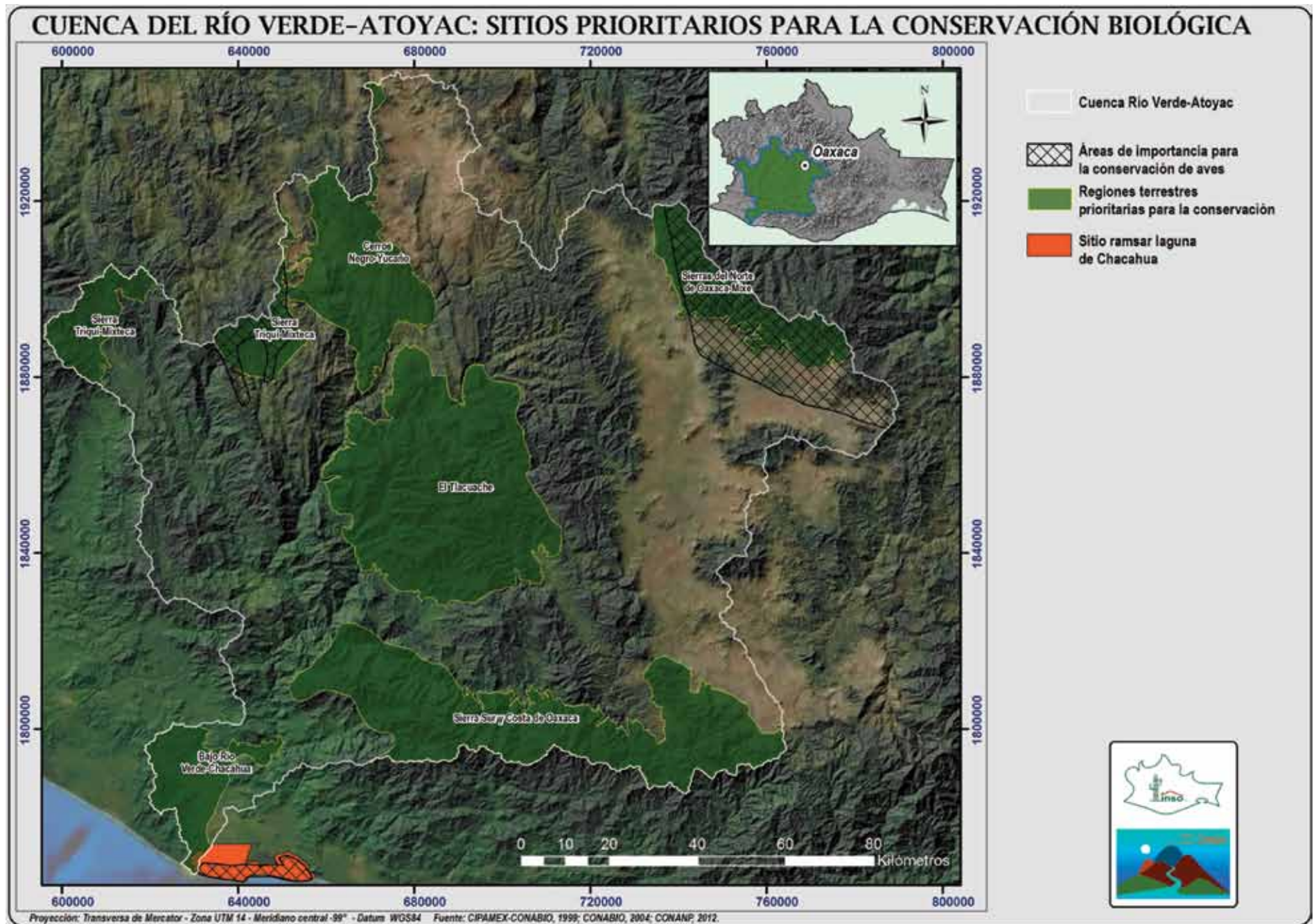
cualquier tipo de vegetación y se establecen también en áreas de cultivo abandonadas. El aspecto del pastizal varía desde los cespitosos hasta los amacollados y con frecuencia se observan fisonomías intermedias.

En muchas áreas esta vegetación se mantiene mientras existe la actividad humana y, cuando cesa, si los cambios no han sido extremos aparecen estadios sucesionales que llevan a la regeneración de la vegetación original. Las actividades humanas más impactantes son tala inmoderada, pastoreo y agricultura. Muchos de los pastizales se encuentran cerca de los poblados. Vemos los ejemplos más impactantes de pastizal inducido en amplias zonas de los Valles Centrales y la Mixteca, aunque se encuentran dispersos en toda la cuenca. Las especies reportadas para la zona son: *Andropogon fastigiatus*, *Aristida adscensionis*, *A. schiedeana*, *Bothriochloa barbinodis*, *B. hirtifolia*, *Eragrostis mexicana*, *Heteropogon contortus*, *Muhlenbergia capillaris*, *M. fragilis*, *M. rigida*, *M. tenuifolia*, *Schizachyrium sanguineum*, *S. tenerum*. Con ellas se encuentran árboles y arbustos representativos de la vegetación original afectada, entre ellas encinos (*Quercus spp.*), pinos (*Pinus*), enebros (*Juniperus sp.*) y muchas especies herbáceas de las familia Asteraceae y Leguminosae. Ocupa el segundo lugar en extensión en el área de la cuenca, después de los bosques de pino-encino.

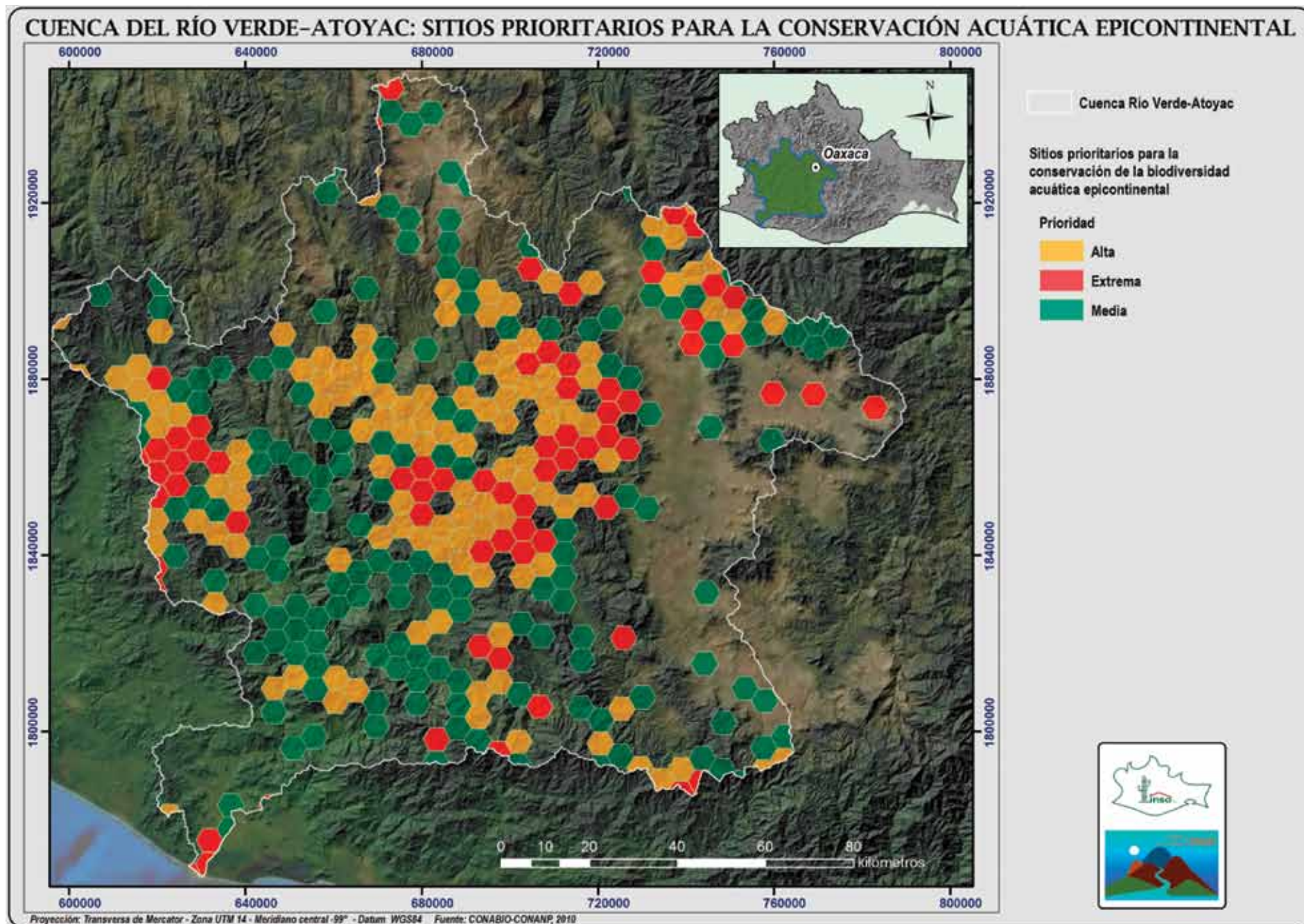
Importancia biológica

Además de la descripción anterior, y tomando en cuenta que hay amplias zonas de la cuenca que aún no han sido exploradas por especialistas, podemos ilustrar la importancia biológica y ecológica de la CRVA con el hecho de que abarca total o parcialmente seis de las regiones terrestres prioritarias para la conservación en México (Conabio, 2010), las cuales cubren 61% de toda la extensión de la cuenca, tal como se aprecia en los Mapas 14 y 15.





MAPA 16



1.2. LA GENTE

La CRVA abarca cuatro regiones y 19 distritos del estado e incluye 243 municipios, dos de ellos de Guerrero (Véanse Mapas 17 y 18). En términos socioeconómicos convencionales estos municipios van de los niveles alto a medio en marginación.

En 2010 vivían en la cuenca un millón 360 mil personas, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda, lo que representa casi 36% de la población total de la entidad (INEGI, 2010a). En el mismo censo se registraron dos mil 815 pueblos y ciudades (Véase Mapas 19 y 20). Si comparamos estos datos con los de 1995 (INEGI, 1995), tenemos un incremento poblacional de algo más de 20% en 15 años, en general inferior a los promedios estatal y nacional, lo que muy probablemente está relacionado con altas tasas de emigración. De manera similar a la densidad, tal crecimiento es muy desigual: va de alrededor de 10% en la cuenca baja a más de

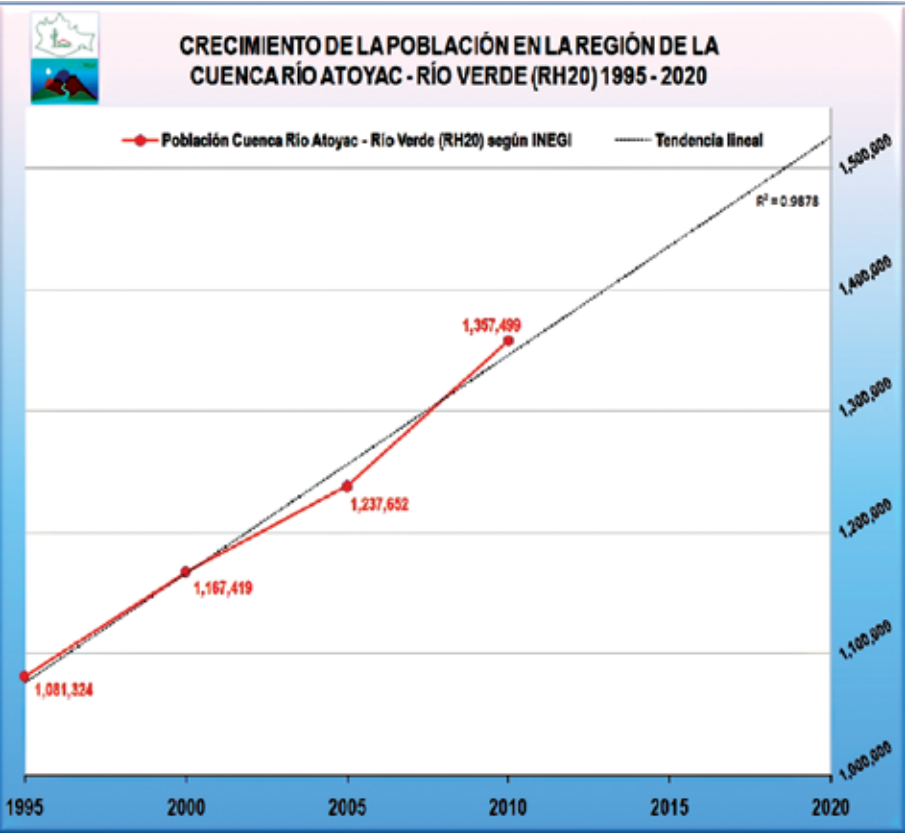
TABLA 5

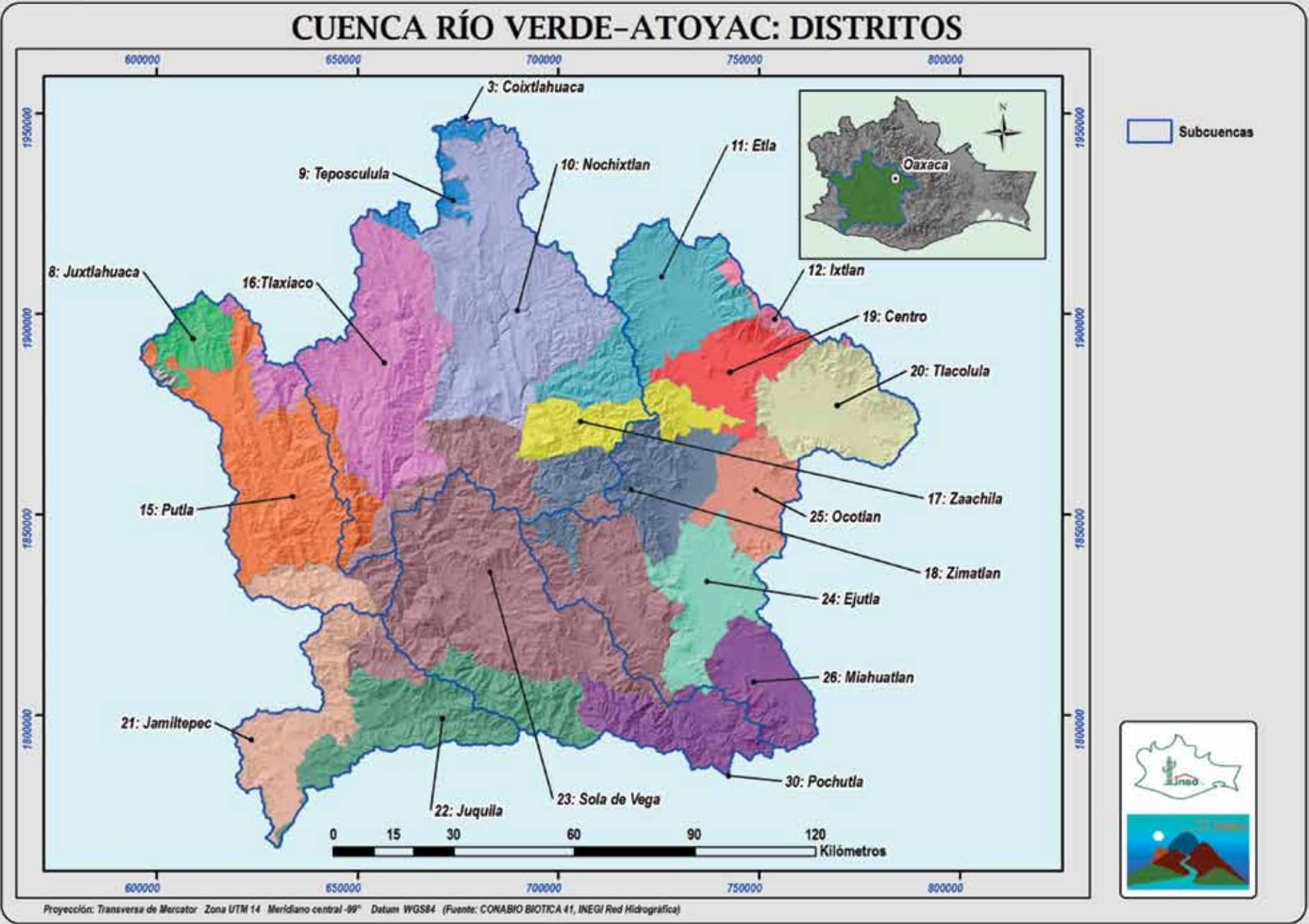
CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC: POBLACIÓN					
Clave	Nombre	Superficie (km²)	Población Total	Localidades	Densidad (hab/km²)
RH20 Aa	R. Atoyac Paso de la Reina	1,641.18	48,070	101	29.29
RH20 Ab	R. Atoyac San Pedro Juchatengo	2,944.77	62,083	272	21.08
RH20 Ac	R. Atoyac Oaxaca de Juárez	5,863.47	1,012,492	1,083	172.68
RH20 Ad	R. Sordo	5,574.40	144,555	1,005	25.93
RH20 Ae	R. Yolatepec	2,234.67	90,299	354	40.41

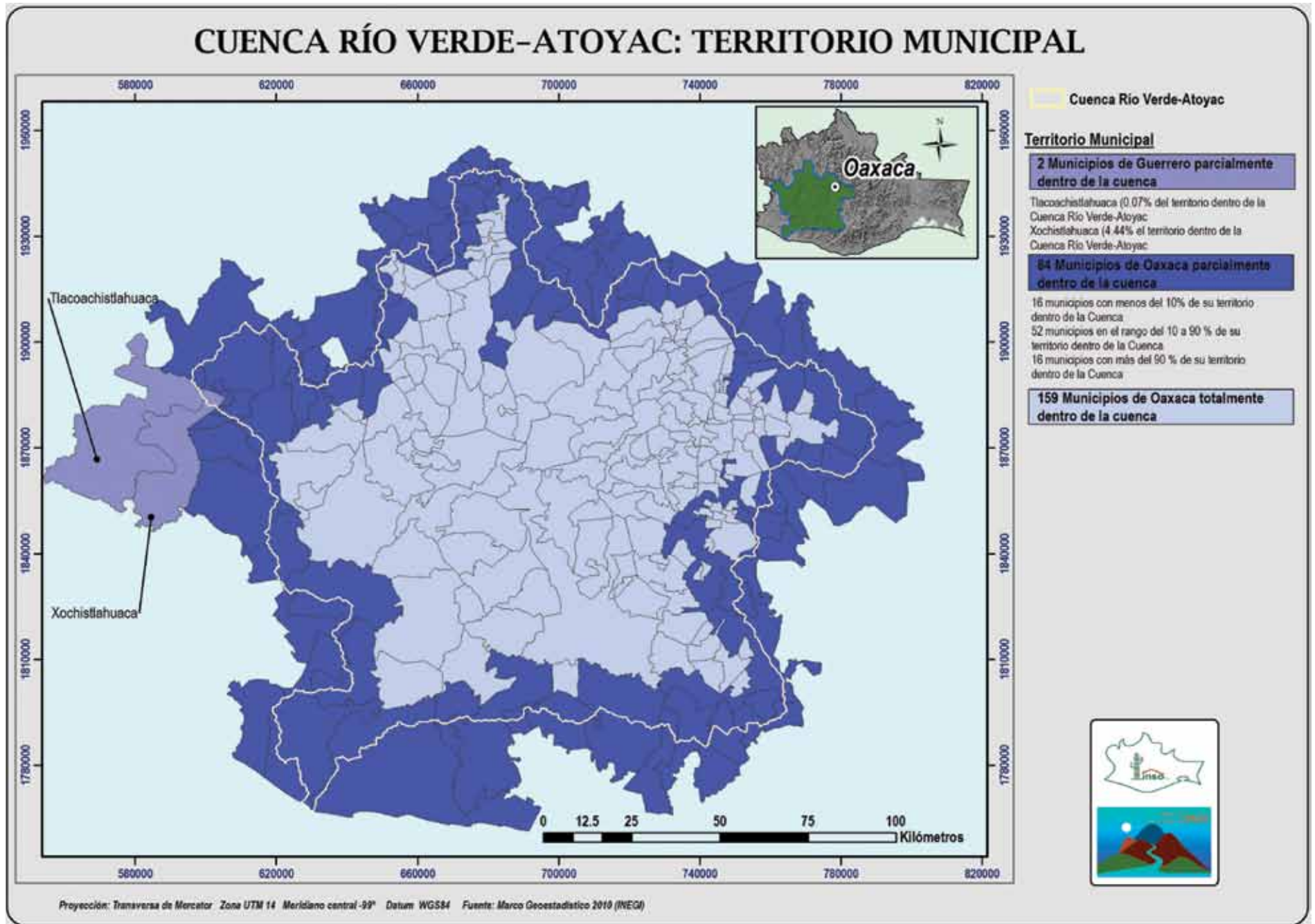
25% en los Valles Centrales (Véanse Tabla 5 y Cuadro 4). El proceso de urbanización está bien ilustrado por la disminución neta en el número de poblaciones y el cambio de actividades productivas: de acuerdo con el censo de 1990 (INEGI, 1990) las personas dedicadas a las actividades primarias sumaban 41%, 19% las dedicadas a actividades secundarias y 40% a terciarias, mientras que 20 años después pasaron a 10, 21 y 68% respectivamente.

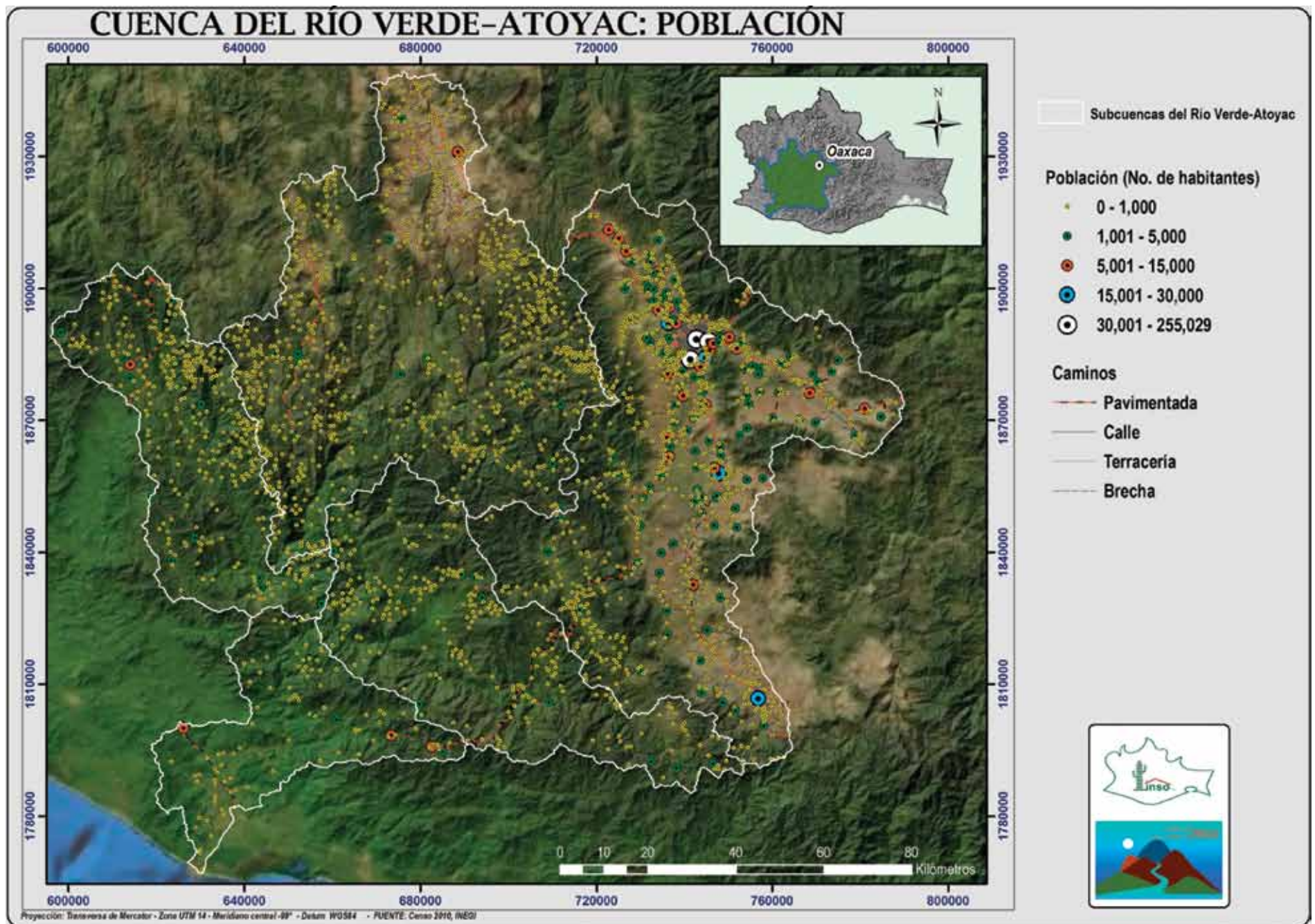
Si bien la información disponible es preliminar (Procede y Phi-na), estimamos que 69% de la extensión total de la CRVA es de tenencia comunal, distribuida en 214 núcleos, 12% ejidal en 167 núcleos y del 19% restante no existe información confiable, especialmente de los Valles Centrales (Veáse Mapa 21).

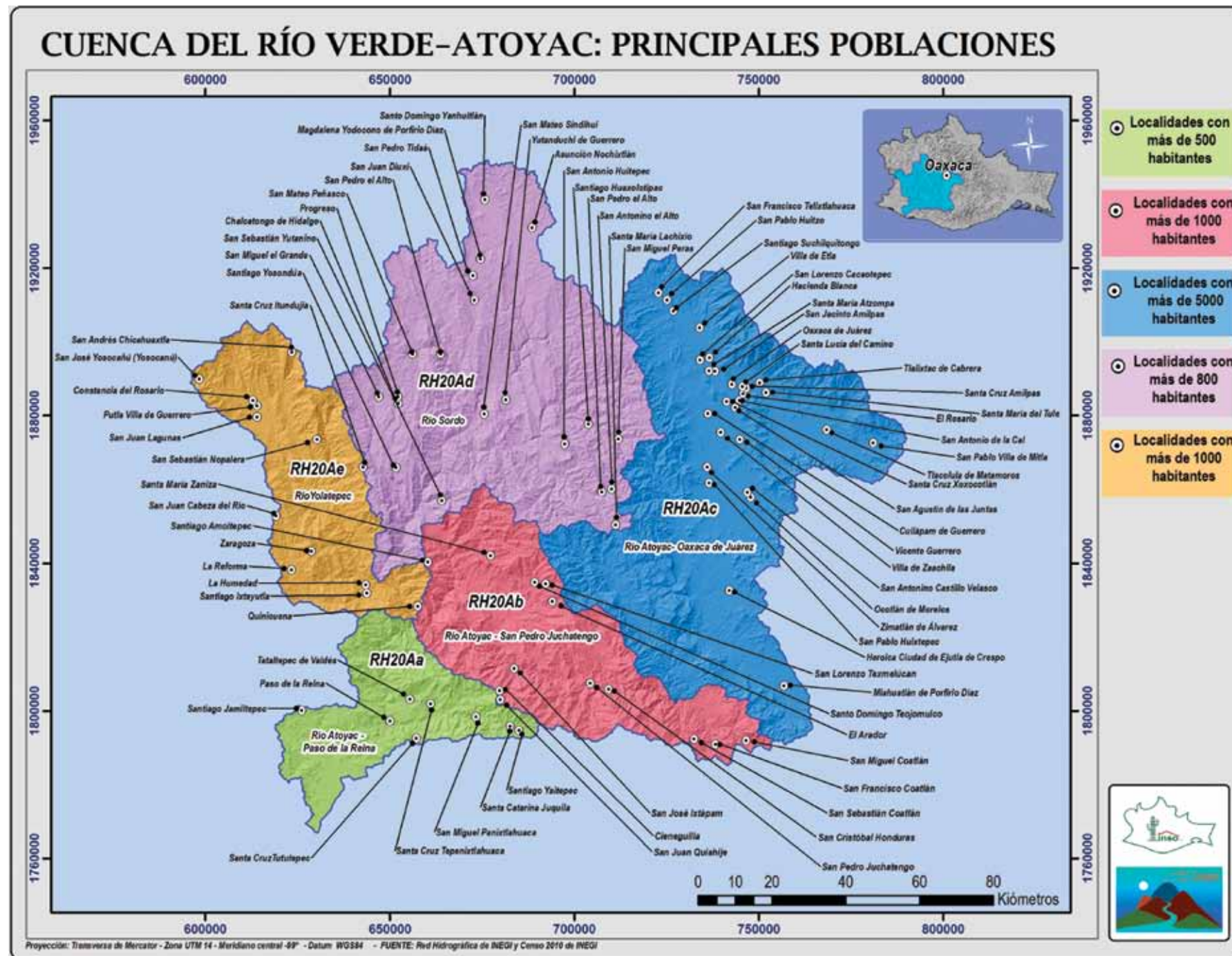
CUADRO 4

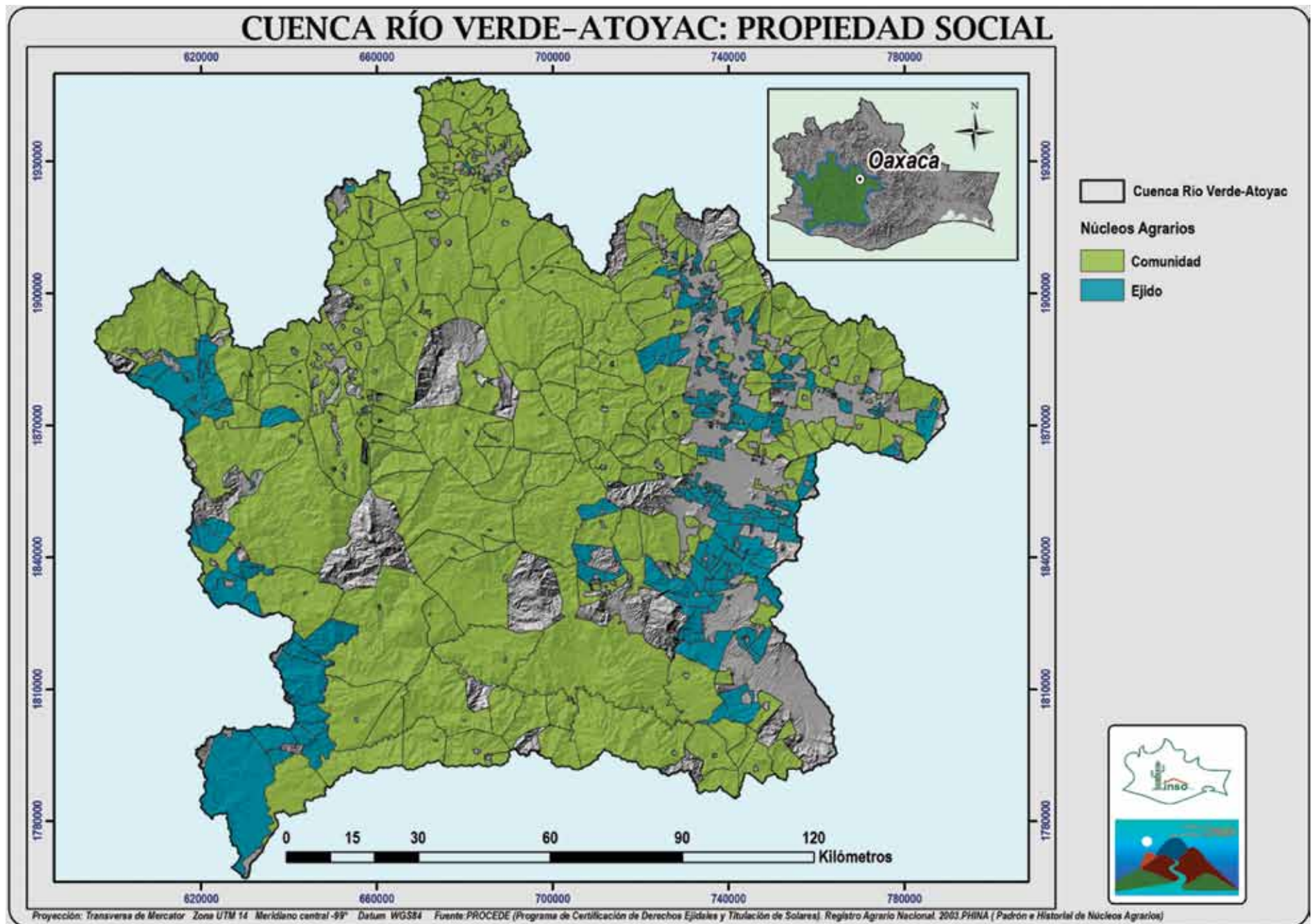












En lo que se refiere a los usos actuales del agua, el tamaño de la cuenca, así como su heterogenidad ecológica y social, producen diferencias y contrastes considerables. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA), 56.2% de la que se usa en la cuenca se emplea en la agricultura, 41.1% es para uso público urbano; 0.6% para uso pecuario; 1.7% para uso múltiple, y finalmente 1.01% para uso doméstico (Véase Cuadro 5). La infraestructura hidráulica es relativamente escasa: no hay grandes represas ni distritos de riego. Una descripción convencional de servicios e infraestructura de agua puede verse en el Programa Hídrico Regional de la CNA (2012).

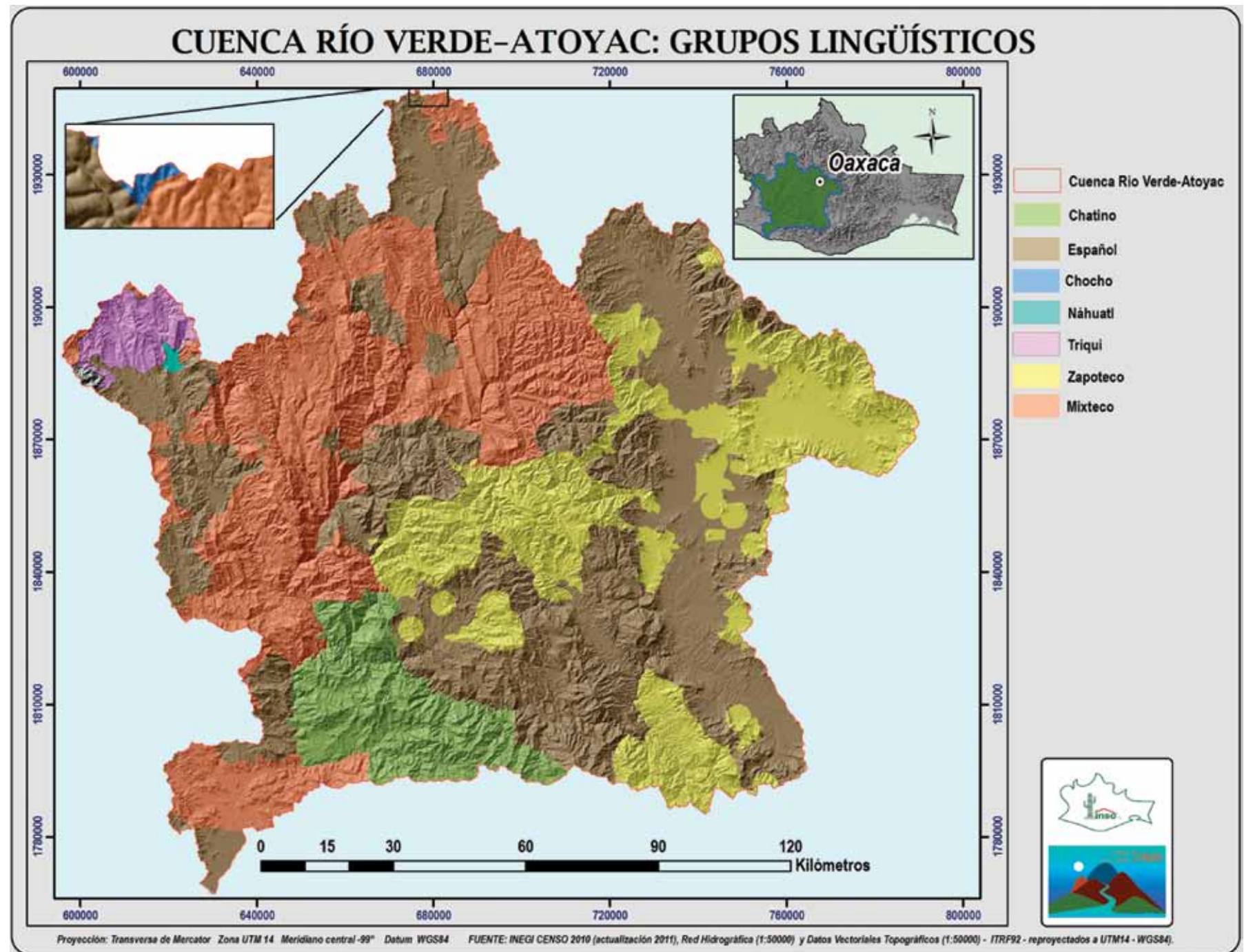
CUADRO 5 • USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC



En la CRVA ha habido una larga relación entre el territorio, el agua y la gente. Los Valles Centrales y el Valle de Nochixtlán han estado habitados desde hace más de 10 mil años (Joyce y Mueller, 1992). Las primeras especies de plantas domesticadas tienen unos ocho mil años. Alrededor de 1000 a 900 a. C. en los Valles Centrales y en el Valle de Nochixtlán se desarrollaron complejas sociedades que intensificaron la agricultura. Una descripción histórica más detallada, enfocada en los Valles Centrales, puede encontrarse en la sección de Perspectiva Histórica, pero sin duda requerimos una investigación más completa de la evolución de la relación agua-sociedad en la cuenca.

La CRVA es asiento de siete grupos etnolingüísticos, además de poblaciones afroamericanas en la costa (Véase Mapa 22). En el sentido expresado por Eckart Boege (2008), una parte importante del patrimonio biocultural de los pueblos originarios está en estre-

cha relación con el agua, y en general las zonas de recarga corresponden a territorios indígenas. El bagaje cultural de los pueblos que han habitado la cuenca, incluyendo valores tradicionales como el respeto al agua y la naturaleza y el tequio, se mantiene aún en buena parte, y parece haber una correlación positiva entre los territorios de pueblos originarios y los sitios con vegetación original, como se aprecia si comparamos los Mapas 22 y 23.



1.3. PROBLEMAS Y PROCESOS CRÍTICOS

A pesar de la señalada importancia de la cuenca, acelerados procesos de transformación y deterioro están afectando a la naturaleza y la sociedad. Intentaremos mostrar más adelante, con el ejemplo concreto de los Valles Centrales, cómo la evolución de la relación entre la gente y el agua ha conducido hacia una actitud social caracterizada por la falta de respeto, el mal uso y el rompimiento de los equilibrios naturales. A continuación describiremos los problemas más significativos asociados con ello. Se podrá ver que se combinan y retroalimentan intrincadamente:

Cambios de usos del suelo

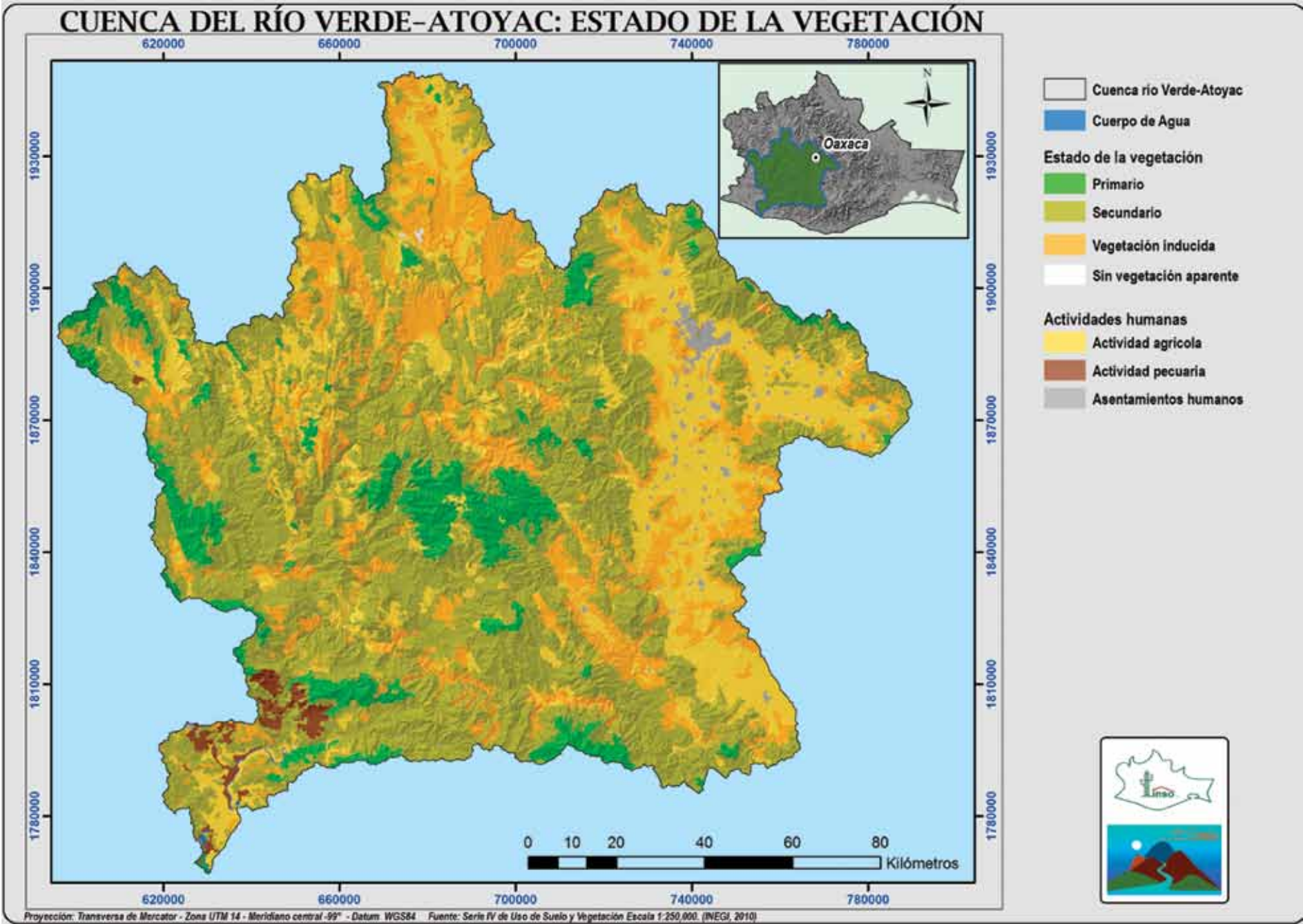
El principal proceso destructivo de la cuenca es el rápido cambio de uso del suelo, que implica deforestación, erosión y perturbación de los ciclos hidrológicos. La causa es multifactorial y combina elementos sociodemográficos, como el crecimiento poblacional, la migración a las ciudades y la desintegración social y productiva de los pueblos. En general, atestiguamos en la cuenca degradación ecológica y crecimiento urbano descontrolado a expensas del entorno rural. El mapa de estado actual de la vegetación muestra con gran nitidez el fenómeno (Véase Mapa 23).

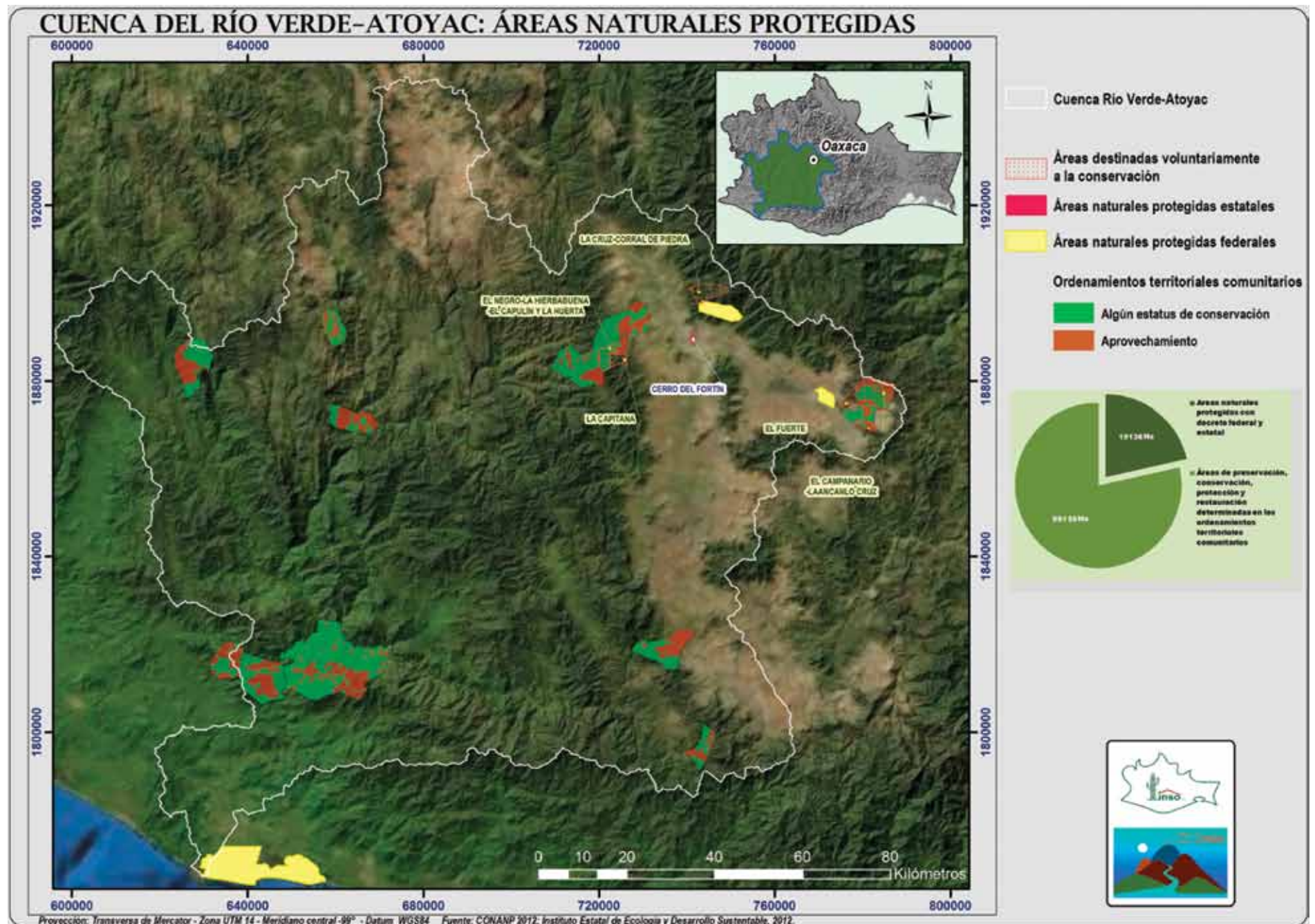
Como consecuencia de esto, de acuerdo con la Semarnat 23 especies de plantas se encuentran amenazadas, diez en peligro de extinción, una probablemente extinta y 15 en protección especial. En cuanto a los vertebrados, 57 especies están amenazadas, 11 en peligro de extinción y 104 sujetas a protección especial (Véase Anexo 3). Y a pesar de que casi 2/3 de la superficie de la cuenca corresponden a sitios prioritarios de conservación a nivel nacional (Véanse Mapas 15 y 16), la superficie con algún estatus de conservación legal no alcanza ni siquiera 4% (Véanse Mapa 24 y Tabla 6).

TABLA 6

CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC: ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS					
NOMBRE	TIPO	MUNICIPIO	DECRETO	SUPERFICIE (Ha)	% DENTRO DE LA CUENCA
Parque Nacional Benito Juárez	ANP Federal	Oaxaca de Juárez, San Andrés Huayapam y Tlaxiactac de Cabrera	30/12/1937	2,591.49	100%
Monumento Natural Yagul	ANP Federal	Tlacolula de Matamoros	24/05/1999	1,076.35	100%
Parque Nacional Lagunas de Chacahua	ANP Federal	Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	09/07/1937	752.86	5%
Parque Estatal Cerro del Fortín	ANP Estatal	Oaxaca de Juárez	30/10/2004	90.47	100%
El Fuerte	Adv*	San Pablo Villa de Mitla	24/11/2011	988.13	100%
El Campanario -Laancanloo Cruz	Adv*	San Pablo Villa de Mitla	24/11/2011	4,716.78	96%
La Cruz-Corral de Piedra	Adv*	San Pablo Etla	08/03/2006	2,327.76	100%
El Negro-La Hierbabuena-El Capulín y La Huerta	Adv*	San Felipe Tejalapam	26/03/2007	1,633.36	100%
La Capitana	Adv*	San Andrés Ixtlahuaca	20/08/2010	958.66	100%

* Área destinada voluntariamente a la conservación (reconocida por la CONANP)





La gráfica que presentamos en la sección 1.2 (Cuadro 4) ilustra el crecimiento poblacional en la cuenca, que entre otras cosas conlleva un aumento en la demanda directa de agua. Insistimos en que no sólo se trata del crecimiento en sí, sino de la tendencia asociada de concentración poblacional, que por un lado implica abandono del campo y cambios en las formas de vida y las percepciones de la gente y, por otro, en las ciudades produce contaminación, hacinamiento, sobrexplotación de agua, insuficiencia de alimentos, etc. Una ilustración dramática de estos cambios es que entre 1990 y 2010 el porcentaje de personas dedicadas a actividades primarias cayó de 40 a 10%. El caótico crecimiento citadino es especialmente grande en los Valles Centrales, donde la zona conurbada ya casi concentra a la mitad de todos los habitantes de la cuenca.

Contaminación

La contaminación apareció de manera consistente como el más grave de los problemas en casi todos los talleres, reuniones regionales, consultas y otros ejercicios de percepción que realizamos. Las principales causas identificadas son los desechos urbanos domiciliarios y de servicios (hospitales, talleres mecánicos, etc.), los agroquímicos y los desechos sólidos.

Es casi nulo el tratamiento de aguas *servidas*: si bien tenemos al menos 50 plantas de tratamiento, cuya ubicación se muestra en el Mapa 25, de acuerdo con el propio diagnóstico oficial 90% de ellas son disfuncionales en varios grados, que incluyen la ruina completa, distintos niveles de abandono y plantas que trabajan con bajos porcentajes de eficiencia por fallas operativas y de mantenimiento, reparación o reposición de partes. En general se han convertido en fuentes de contaminación de las ciudades y el campo. La falta de planeación y recursos es un componente de la terrible condición actual del saneamiento, pero el problema es más de fondo, tiene su raíz en el modelo basado en el principio de diluir en agua los desechos para transportarlos y juntar diversas fuentes (agua

pluvial, desechos domiciliarios, industriales, etc.) y luego intentar tratarlas a gran escala. Aun desde la perspectiva de seguir usando agua limpia para el manejo de desechos, las plantas de tratamiento fallan en la cuenca y otras partes de Oaxaca porque las distintas fases de los proyectos (planeación, construcción, operación) están forzosamente separadas entre los tres niveles de gobierno y hay una errónea selección de tecnología, deficiencias de ingeniería, factores económicos, sociales y ecológicos, así como deficiencias administrativas.

El impacto del creciente uso de fertilizantes y pesticidas industriales en la cuenca está relativamente poco estudiado, sin embargo, los datos que arrojan, por ejemplo, los muestreos de calidad de aguas subterráneas (Belmonte *et al.*, 2005) sugieren una problemática de creciente gravedad que demanda atención urgente.

De manera equivalente, un factor de contaminación de agua no suficientemente considerado es la basura. Ni siquiera contamos con una evaluación integral de los impactos que sobre la salud humana y el ambiente tienen los basureros o la quema de basura, por no mencionar la práctica común de arrojar desechos sólidos a ríos y arroyos, o el tema de los lixiviados como agentes de contaminación de aguas subterráneas. Como ejemplo de lo que urge saber véase el trabajo sobre el tiradero de basura de Oaxaca de Juárez, de Navarro *et al.* (2006).



No tiene mucho sentido hablar de insuficiencia o escasez de agua si no se le vincula con la equidad y la eficiencia en su distribución y uso. En términos cuantitativos, los dos principales rubros de uso del agua en la cuenca, casi equivalentes en volumen, son el doméstico y de servicios urbanos y el agrícola. En los dos ámbitos tenemos un panorama crónico de desperdicio e inequidad.

Acostumbrados a tiempos de mayor abundancia y debilitados sus conocimientos ancestrales, muchos campesinos riegan hoy de modo ineficiente y derrochador. La inequidad en el sector es particularmente notable: mientras que productores agroindustriales utilizan grandes cantidades de agua para cosechas de alto valor comercial, los campesinos tradicionales, la mayoría de temporal y milperos, tienen acceso casi nulo a créditos o apoyo técnico, incluyendo las opciones más eficientes de riego presurizado. Son comunes los conflictos por el uso del agua entre productores rurales y entre ellos y las instituciones gubernamentales, y es frecuente la competencia por el agua para riego y para uso urbano.

Por otra parte, en cuanto al índice de eficiencia en la distribución del agua que llega a las ciudades como Oaxaca, considerando solamente el caso de las fugas, tanto de las redes de distribución como las de casas y negocios, es probable que la proporción de desperdicio supere 50% (Domínguez *et al.*, 2005), y al mismo tiempo 20% de las colonias de la capital carece de servicio de agua entubada y en al menos el doble el servicio es irregular (CNA, 2009a). También son prácticamente nulos el reuso de agua o la captación de agua de lluvia.

Megaproyectos

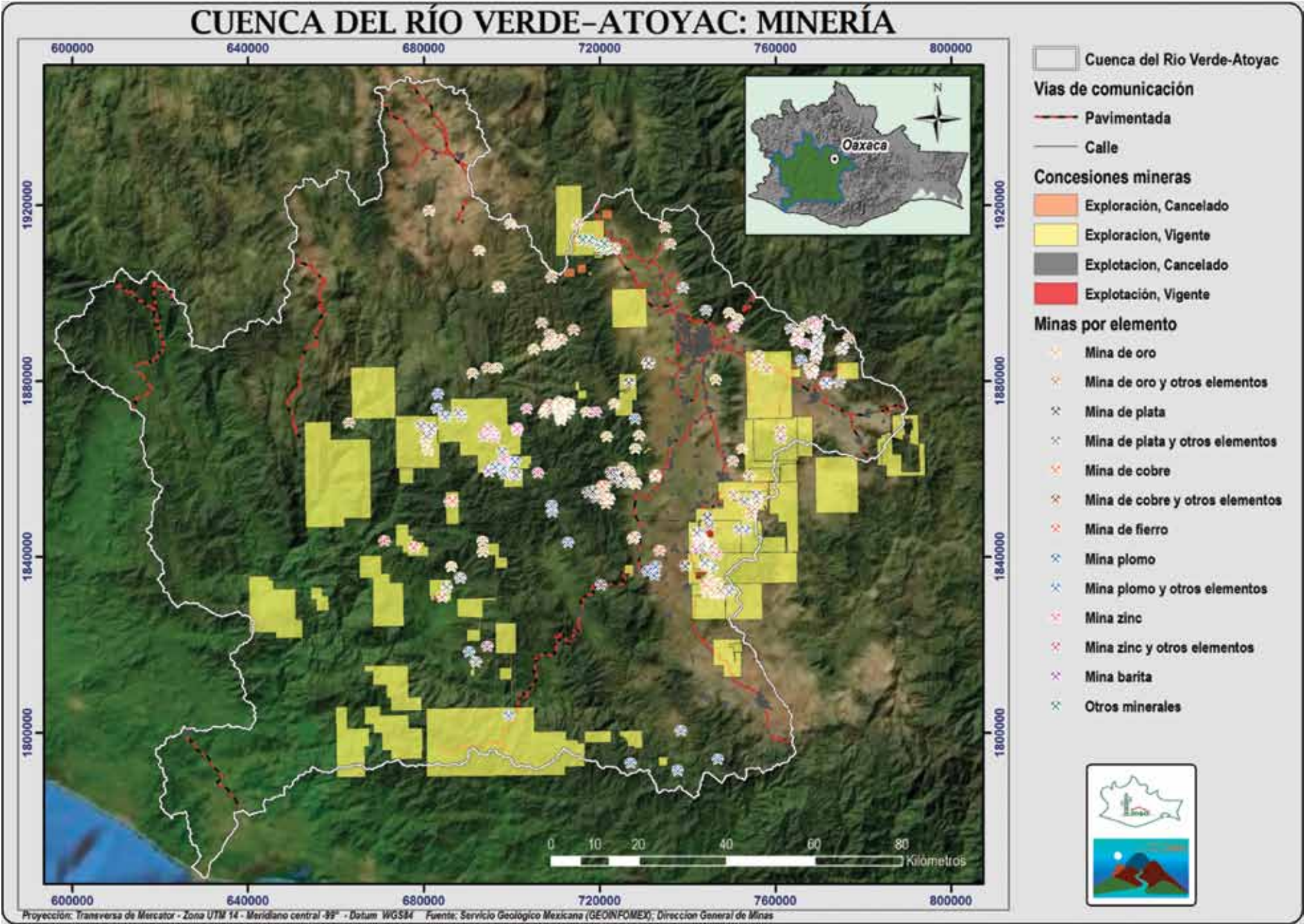
La visión convencional para enfrentar los desafíos de nuestra relación con el agua y con la naturaleza en general se expresa de múltiples maneras en el ámbito de la cuenca.

Al definir los problemas en términos de manejo, infraestructura y servicios, la tarea es realizar obras –mientras más grandes

mejor– de agua potable, riego, saneamiento o control de inundaciones. En esta línea se inscribe el proyecto ya iniciado de la presa y acueducto Bicentenario para abastecer de agua potable a la zona conurbada de la ciudad de Oaxaca (Véase Mapa 26). También podemos ubicar aquí los sucesivos esfuerzos de *rectificar* el curso del alto Atoyac, que han conducido a mayores inundaciones.

Estrechamente emparentada con ello está la noción imperante de desarrollo: el crecimiento económico como valor supremo, el mercado como principal elemento regulador de las interacciones sociales y la inversión pública y privada como detonador de procesos económicos globales que se presume habrán de dejar beneficios indirectos mediante la creación de empleos, pero que a menudo esconden la pretensión de la burocracia y el capital de controlar a la naturaleza y a la gente. Tal es el caso de la presa (aún mayor que la de Paso Ancho) llamada Paso de la Reina, o de múltiples proyectos mineros. En la cuenca se han otorgado 88 concesiones mineras, la mayoría en fase de exploración. El total de concesiones abarca 360 mil hectáreas, 20% de la superficie de la cuenca. Además de los impactos directos de las minas, como uso intensivo y contaminación del agua, hay evidencias documentadas de sus efectos negativos de carácter ecológico y social. Esto también se ubica geográficamente en los Mapas 26 y 27. Analizaremos más en detalle estos casos en la sección de regulación del Plan.





Falta de información y “erosión” cultural

Lo que sabemos sobre los procesos naturales y sociales de la CRVA sigue siendo parcial e insuficiente. A continuación una lista, sólo indicativa, de aspectos en los que es notable la carencia de conocimientos:

- Estudios integrales acerca del ciclo hidrológico, especialmente en su componente subterráneo.
- Monitoreo amplio y sistemático de carácter meteorológico y de calidad y cantidad de aguas superficiales.
- Modelos de predicción de impactos sociales y ambientales de los cambios climáticos.
- Técnicas de regeneración de ecosistemas, suelos, cañadas y cursos de agua.
- Investigaciones sobre producción sustentable y tecnologías apropiadas en ámbitos como limpieza de agua, reforestación, captación de agua de lluvia, arquitectura ecológica, etc.
- Historia de la relación agua-sociedad.
- Urbanismo.

Mientras tanto, los saberes tradicionales de las comunidades han ido erosionándose continuamente a medida que avanza la instauración indiscriminada de sistemas de producción modernos, de la que sobran ejemplos: el paquete de la Revolución Verde y su secuela: la distribución masiva de agroquímicos como política de desarrollo social en regiones indígenas; la producción industrial de animales, por ejemplo la avícola; las granjas acuícolas, e incluso la apicultura y, más recientemente, los transgénicos y los biocombustibles.

Insuficiencias jurídicas e institucionales

El marco normativo relativo al agua aplicable a la CRVA, como sucede en general en México, es confuso y complicado, ya que se ocupan del agua muchas leyes e instituciones. En cuanto a legislación tenemos desde la Constitución y los tratados internacionales, hasta las leyes federales, estatales y municipales, así como reglamentos

y normas oficiales. Abundaremos en esto en el capítulo sobre regulación. Ahí se incluye una relación de los principales instrumentos legales.

Sin duda hay cambios positivos recientes en la legislación, como el reconocimiento constitucional al derecho humano al agua o la norma mexicana sobre caudal ecológico, pero en general se requieren modificaciones profundas tanto en los enfoques como en la integración y aplicación.

Por otro lado, contamos con muchas instituciones relacionadas de manera directa o indirecta con el agua, sin embargo, tenemos que coincidir con diversos análisis que concluyen que el andamiaje administrativo, con las excepciones de rigor, es ineficiente y fragmentario y en él predomina una visión orientada a la infraestructura. Entre los problemas principales destacan:

- Las leyes federales, estatales y municipales tienen lagunas, traslapes e insuficiencias y su observancia es muy limitada.
- Las modificaciones de 1994 a la Ley de Aguas Nacionales apuntan tíbiamente a una visión más integral y de cuenca, y aparentemente a una mayor participación social, pero mantienen vicios y limitaciones y se orientan claramente a la privatización. En el caso de Oaxaca, es seria la desvinculación entre las concesiones de uso del agua y los territorios.
- La estructura administrativa federal y estatal es burocrática, sectorizada y orientada a las obras de infraestructura y servicios. Adicionalmente, en el nivel estatal es notable la desconcertación, en el doble sentido del término: desorientación y falta de coordinación.
- Muchos procesos financieros son opacos y dan lugar a corrupción. Un ejemplo es la planeación, construcción y operación de sistemas de drenaje y tratamiento de aguas.
- A pesar de ciertos avances recientes, la participación social en planes y programas, y en general la gestión del agua, son todavía incipientes.

II.2. CAUDAL ECOLÓGICO

2.1. INTRODUCCIÓN, ALCANCES Y MÉTODOS

La evaluación del caudal ecológico es una herramienta innovadora de gestión del agua y el territorio en México, para conservar los ríos vivos con su dinámica, estructura y función. Puede definirse como la calidad y la cantidad de agua necesarias, así como el momento en que debe fluir, para mantener las condiciones naturales de un río y su capacidad de respuesta ante perturbaciones. Al respetar los niveles adecuados de caudal ecológico, el régimen hidrológico se mantendrá en equilibrio y los cuerpos de agua superficiales y subterráneos podrán proveer de agua a las generaciones actuales y futuras. Asimismo, disminuirá la vulnerabilidad de personas y ecosistemas ante los efectos del cambio climático.

Para determinar el caudal ecológico en la CRVA elegimos como ámbito de estudio las cinco unidades de gestión hidrológica

CUADRO 6 • UNIDADES DE GESTIÓN DE LA CNA EN LA CRVA

1)	Río Atoyac-Salado. Superficie: 1,194 km ² . Delimitada al Norte por la región hidrológica 28-Papaloapan, al Sur por la cuenca hidrológica Río Atoyac-Tlapacoyan y la región hidrológica 22-Tehuantepec, al Este por la región hidrológica 22-Tehuantepec y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Atoyac-Tlapacoyan.
2)	Río Atoyac-Tlapacoyan. Superficie: 2,261 km ² . Delimitada al Norte por la región hidrológica 28-Papaloapan, al Sur por la cuenca hidrológica Río Atoyac-Paso de la Reina, al Este por la región hidrológica 22-Tehuantepec y la cuenca hidrológica del Río Atoyac-Salado y al Oeste por la cuenca hidrológica del Río Sordo-Yolotepec.
3)	Río Sordo-Yolotepec. Superficie: 7,841 km ² . Delimitada al Norte por las regiones hidrológicas 18-Balsas y 28-Papaloapan, al Sur por las cuencas hidrológicas Río La Arena

1 y Río Atoyac-Paso de la Reina, al Este por la cuenca hidrológica Río Atoyac-Tlapacoyan y al Oeste por las cuencas hidrológicas Río Santa Catarina y Río Cortijos 1.

4) Río Atoyac-Paso de la Reina. Superficie: 5,834 km². Delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas Río Atoyac-Tlapacoyan y Río Sordo-Yolotepec, al Sur por la región hidrológica 21-Costa de Oaxaca y la cuenca hidrológica Río Verde, al Este por la región hidrológica 22-Tehuantepec y al Oeste por las cuencas hidrológicas Río Sordo-Yolotepec y Río La Arena 1.

5) Río Verde. Superficie: 1,123 km². Delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas Río La Arena 1 y Río Atoyac-Paso de la Reina, al Sur por el Océano Pacífico y la región hidrológica 21-Costa de Oaxaca, al Este por la región hidrológica 21 Costa de Oaxaca y al Oeste por la cuenca hidrológica Río La Arena 2.

definidas por la CNA (2011). El Cuadro 6 describe estas unidades (Véase también Mapa 7).

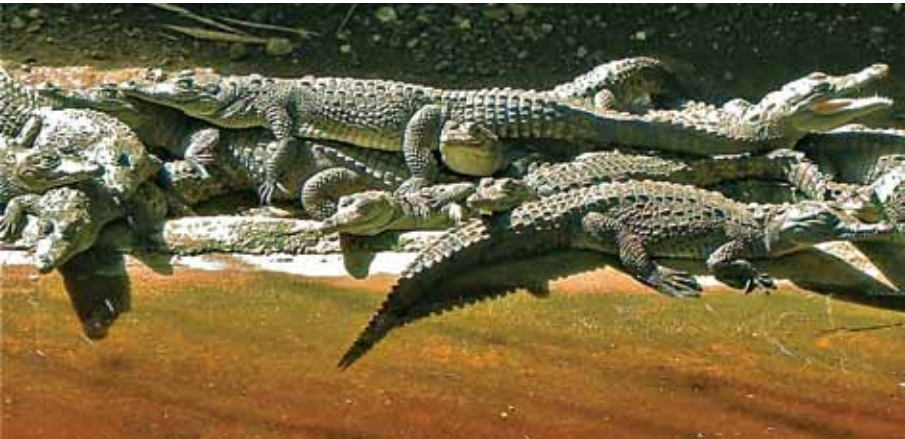
Se consideraron las series históricas de caudales diarios del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (Bandas), de la CNA. Para la determinación del caudal se emplearon las aproximaciones hidrológicas de la norma NMX-AA-159-SCFI-2012, Apéndice Normativo D, Metodología Hidrológica. Luego se determinaron los objetivos ambientales de cada unidad, en función de la importancia ecológica y la presión de uso, de acuerdo con la Tabla 7.

TABLA 7 • OBJETIVOS AMBIENTALES

Importancia ecológica	Muy alta	A	A	B	C
	Alta	A	B	C	D
	Media	B	C	C	D
	Baja	B	C	D	D
		Baja	Media	Alta	Muy Alta
Presión de uso					

Posteriormente determinamos el escurrimiento medio mensual para establecer el carácter permanente o temporal de cada unidad. Finalmente calculamos los valores del caudal ecológico en tres niveles:

- El de planeación, cuyos resultados se obtienen por medio de valores de referencia, definidos como porcentajes del escurrimiento medio anual (EMA), lo que significa que sólo se evalúa un volumen anual.
- El de gestión mensual, mediante el análisis hidrológico detallado, en el que se analizan los escurrimientos en escenarios de años muy secos, secos, medios y húmedos y se definen los cinco componentes del régimen hidrológico: magnitud, frecuencia, momento de ocurrencia, duración y tasa de cambio.
- En casos de alteración del régimen hidrológico, ya sea por infraestructura hidráulica o hidroeléctrica o por efectos de la gestión inadecuada, se definen los cinco componentes de las avenidas, tanto anuales como interanuales: magnitud, frecuencia, momento de ocurrencia, duración y tasa de cambio.



2.2. RESULTADOS

Objetivos ambientales

La tabla 8 resume los objetivos de cada unidad según los criterios descritos en los métodos.

TABLA 8 • OBJETIVOS AMBIENTALES PARA LA CRVA

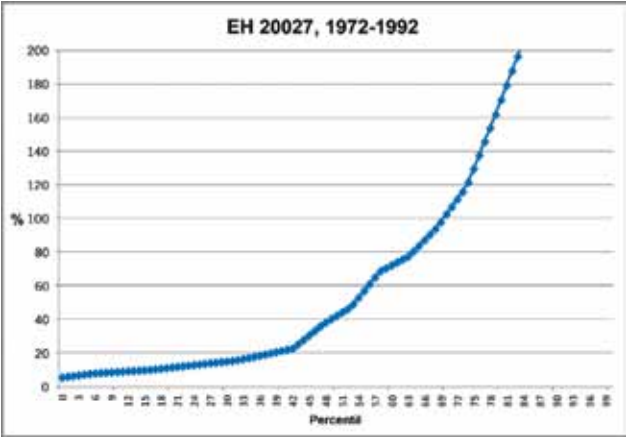
UNIDAD DE GESTIÓN	ATRIBUTOS			
	IMPOR- TANCIA ECOLÓGICA	PRESIÓN DE USO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	OBJETIVO AMBIENTAL
Río Atoyac-Salado	Alta	Media	Bueno	B
Río Atoyac-Tlapacoyan	Alta	Media	Bueno	B
Río Sordo-Yolotepec	Alta	Baja	Muy bueno	A
Río Atoyac-Paso de la Reina	Media	Baja	Bueno	B
Río Verde	Alta	Baja	Muy bueno	A

Escurrimiento medio mensual (EMM)

CUADRO 7

Río ATOYAC-SALADO

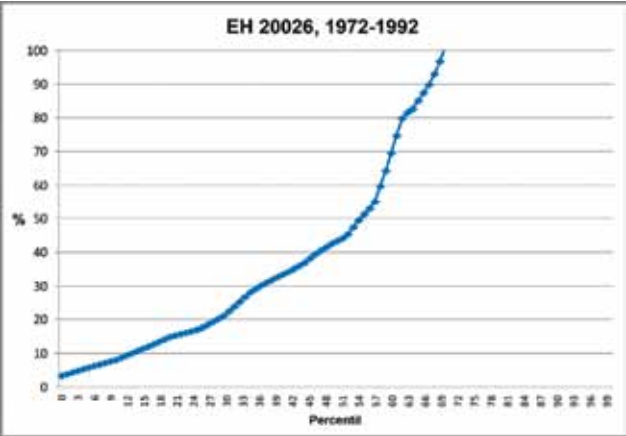
La corriente es temporal, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 5%.



CUADRO 8

Río Atoyac-Tlapacoyan

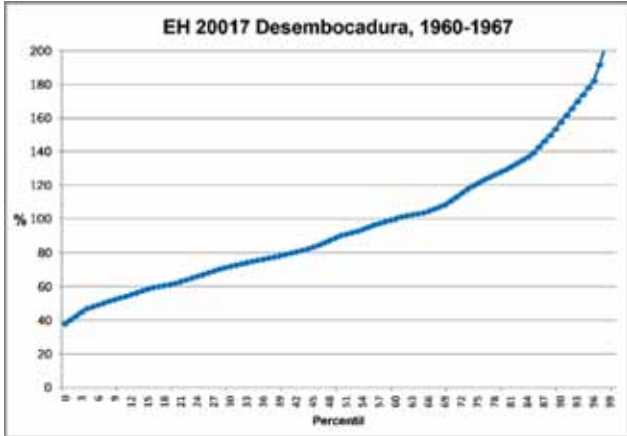
La corriente es temporal, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 3.4%.



CUADRO 11

Río Verde

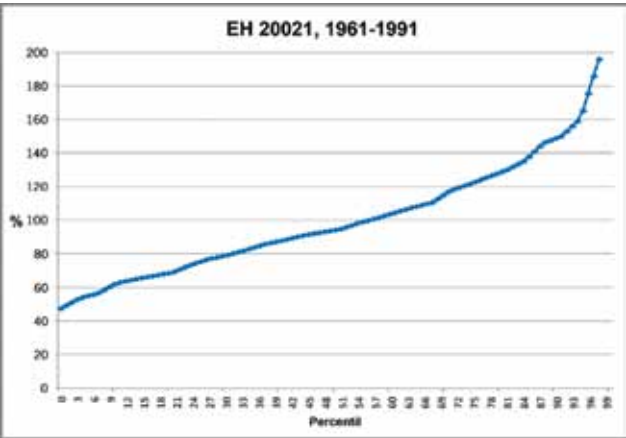
La corriente es permanente, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 37.8%.



CUADRO 9

Río Sordo-Yolotepec

La corriente es permanente, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 47.6%.



Caudal ecológico por valores de referencia

En porcentajes del escurrimiento medio anual, los valores elegidos de caudal (Qec) para cada unidad se muestran en la Tabla 9.

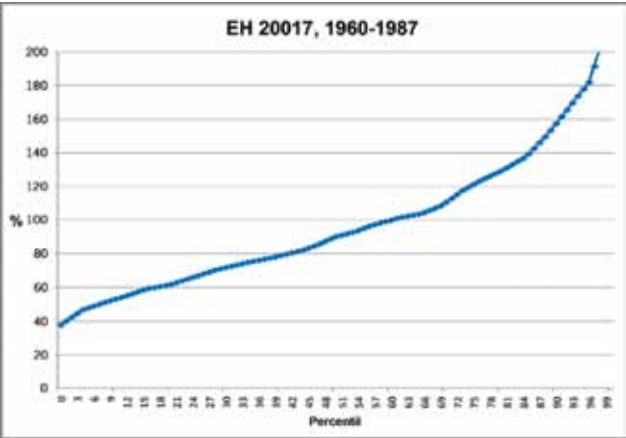
TABLA 9

UNIDAD DE GESTIÓN	QEC: % DEL ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL (EMA)
Río Atoyac-Salado	17
Río Atoyac-Tlapacoyan	17
Río Sordo-Yolotepec	60
Río Atoyac-Paso de la Reina	32
Río Verde	80

CUADRO 10

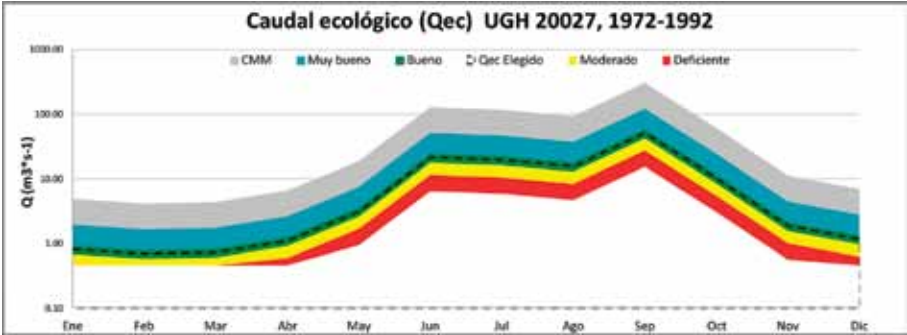
Río Atoyac-Paso de la Reina

La corriente es permanente, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 37.8%.

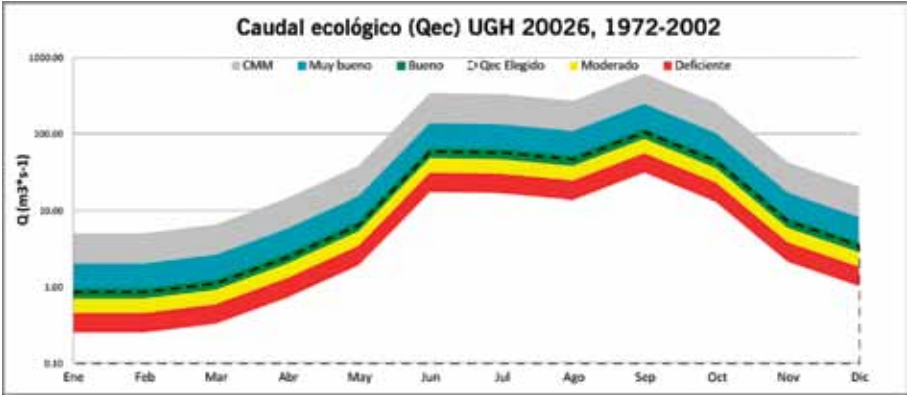


Las gráficas siguientes muestran los umbrales y los caudales ecológicos seleccionados a lo largo del año.

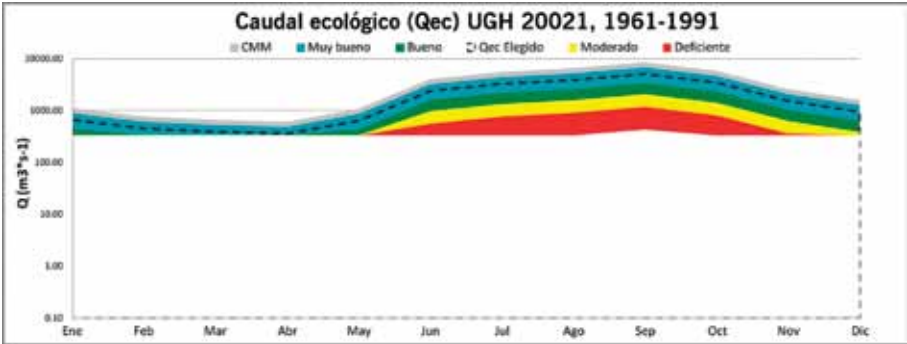
CUADRO 12 • Río ATOYAC-SALADO



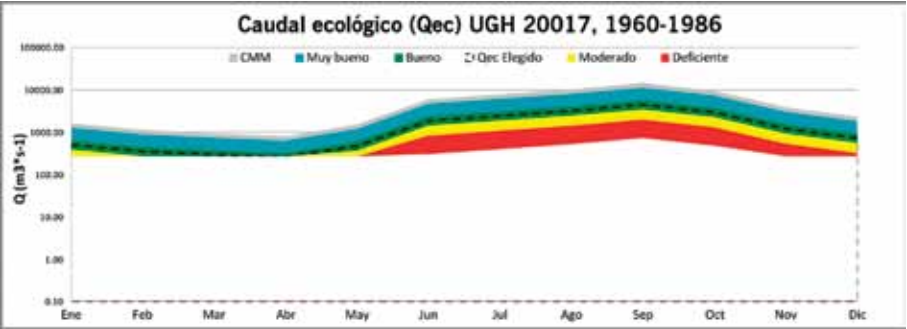
CUADRO 13 • Río ATOYAC-TLAPACOYAN



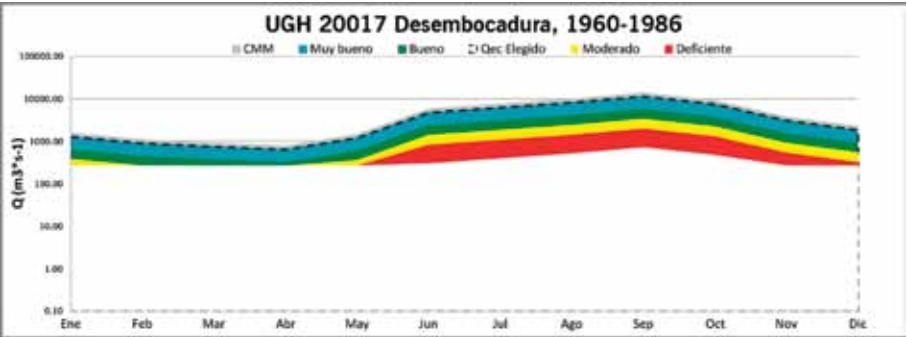
CUADRO 14 • Río SORDO-YOLOTEPEC



CUADRO 15 • Río ATOYAC-PASO DE LA REINA



CUADRO 16 • Río VERDE



Caudal ecológico por análisis hidrológico detallado

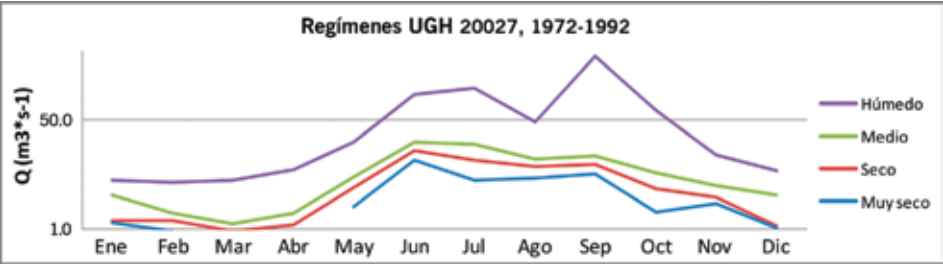
La tabla siguiente muestra la disponibilidad en volumen y porcentaje del escurrimiento medio anual.

TABLA 10

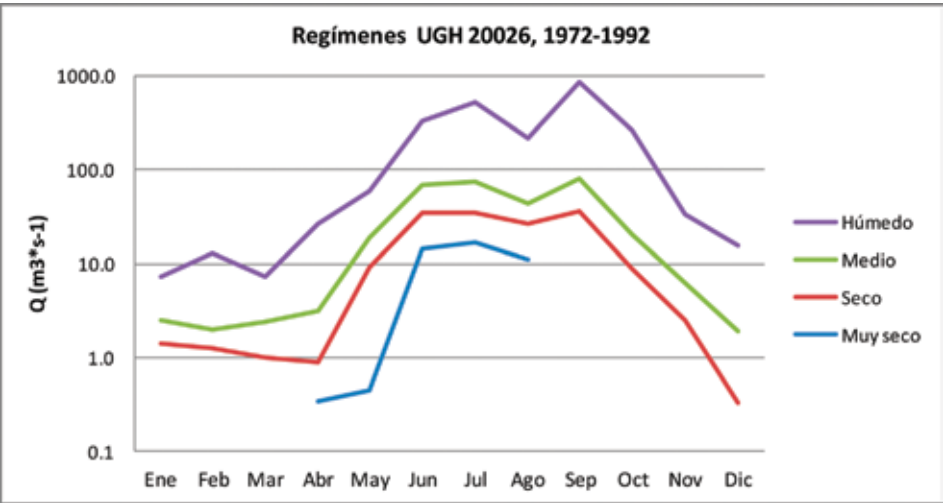
UNIDAD DE GESTIÓN	VOLUMEN DE DISPONIBILIDAD (Hm³/AÑO)	% DEL EMA
Río Atoyac-Salado	5.4	8.1
Río Atoyac-Tlapacoyan	12.6	7.1
Río Sordo-Yolotepec	2,340.3	70.8
Río Atoyac-Paso de la Reina	2,605.6	49.6
Río Verde	3,264.2	62.2

Las gráficas siguientes muestran los regímenes hidrológicos.

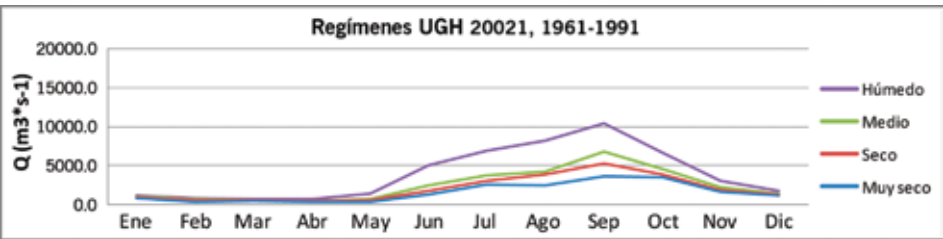
CUADRO 17 • Río ATOYAC-SALADO



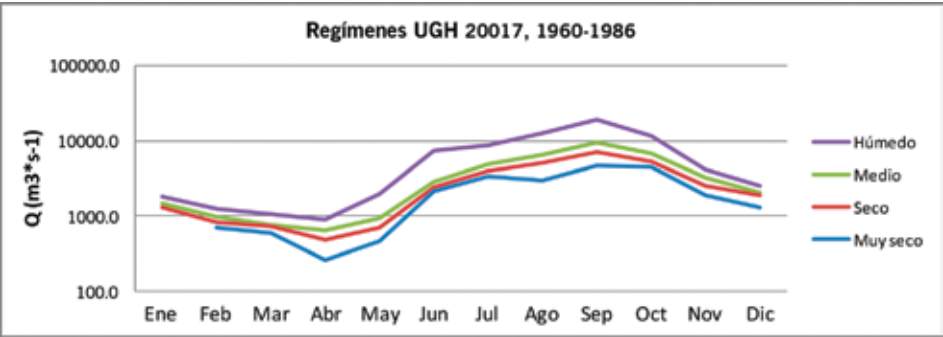
CUADRO 18 • Río ATOYAC- TLAPACOYAN



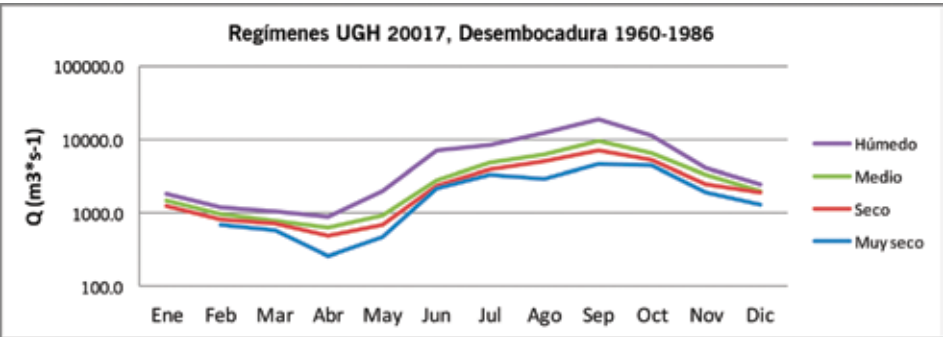
CUADRO 19 • Río SORDO-YOLOTEPEC



CUADRO 20 • Río ATOYAC-PASO DE LA REINA



CUADRO 21 • Río VERDE



Volumen final de caudal ecológico considerando avenidas

La Tabla 11 presenta el resumen final de resultados de caudal ecológico para las cinco unidades de gestión hidrológica. Todas las unidades, con excepción de la del Río Atoyac-Paso de la Reina, tienen una importancia ecológica *alta*. Las unidades Río Atoyac-Salado y Río Atoyac-Tlapacoyan tienen una presión de uso *media* mientras las restantes tienen la clasificación de *baja*. Las unidades Río Sordo-Yolotepec y Río Verde presentan un estado ecológico *muy bueno* y las restantes *bueno*. Como resultado las dos unidades antes mencionadas tienen objetivo ambiental A y las tres restantes B.

Sólo la unidad del Río Atoyac-Tlapacoyan dio evidencias de alteración hidrológica.

La unidad del Río Sordo-Yolotepec tuvo el porcentaje más alto: 80% en caudal ecológico por valores de referencia, mientras que el más bajo correspondió a las unidades Río Atoyac-Salado y Río Atoyac-Tlapacoyan (17%), que son las más deterioradas.

Los valores finales de caudal considerando avenidas fueron mayores que los valores de referencia, con excepción del Río Atoyac-Tlapacoyan y Río Verde. El mayor valor de estos caudales fue también para el Río Sordo-Yolotepec (76%) y el más bajo fue para el Río Atoyac-Tlapacoyan (16%).

Los resultados de disponibilidad una vez descontado el caudal ecológico, que equivale a los límites sustentables de uso del agua, se presentan en la Tabla 13. Los volúmenes comprometidos aguas abajo se restan del valor de caudal ecológico. Como se puede observar, aún queda agua superficial por asignarse o concesionarse, pero con la gran diferencia de que se ha sustraído la considerada como bien común.

TABLA 11

UNIDAD DE GESTIÓN	QEC: % DEL ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL (EMA)
Río Atoyac-Salado	23
Río Atoyac-Tlapacoyan	16
Río Sordo-Yolotepec	76
Río Atoyac-Paso de la Reina	56
Río Verde	72



TABLA 12 • DISPONIBILIDAD DE AGUA CON EL VALOR DE CAUDAL DESCONTADO

Unidad de Gestión Hidrológica	Descripción	EH	Año de inicio	Año de término	Área de cuenca (km²)	IE	PU	EC	OA	Tipo de río	Alteración hidrológica	Disponibilidad (Hm³ *año⁻¹)	CMA (Hm³ *año⁻¹)	% CE Vref	CE Vref (Hm³ *año⁻¹)	EMA (Hm³ *año⁻¹)	% CE Valoración final	CE Valoración final (Hm³ *año⁻¹)
Río Atoyac-Salado	Desde su nacimiento hasta la EH Oaxaca	20,027	1972	1992	1,193.77	Alta	Media	Bueno	B	Temporal	No	57.55	65.3	17%	11.1	66.7	23.0%	15.3
Río Atoyac-Tlapacoyan	Desde su nacimiento y la EH Oaxaca hasta la EH Tlapacoyan	20,026	1972	2002	2,360.99	Alta	Media	Bueno	B	Temporal	Sí	186.09	172.7	17%	29.4	177.0	16.0	28.3
Río Sordo-Yolotopec	Desde su nacimiento hasta la EH Ixtayutla	20,021	1961	1991	7,840.79	Alta	Baja	Muy bueno	A	Permanente	No	3,256.44	3,336.0	60%	2,001.6	3,304.8	76%	2,511.6
Río Atoyac-Paso de la Reina	Desde la EH Tlapacoyan e Ixtayutla hasta la EH Paso de la Reina	20,017	1960	1986	5,834.47	Media	Baja	Bueno	B	Permanente	No	5,237.54	5,150.4	32%	1,648.1	5,250.8	56.0%	2,940.5
Río Verde	Desde la EH Paso de la Reina hasta su desembocadura al mar	20,017	1960	1986	1,122.71	Alta	Baja	Muy bueno	A	Permanente	No	5,784.41	5,784.41	80%	4,627.5	5,784.41	72%	4,164.8

Claves: **EH** estación hidrológica, **IE** importancia ecológica, **PU** presión de uso, **EC** estado de conservación, **OA** objetivo ambiental, **CMA** caudal medio anual, **CE** caudal ecológico, **Vref** valor de referencia, **EMA** escurrimiento medio anual.

TABLA 13 • RESUMEN DE VALORES DE LOS TÉRMINOS QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD SUPERFICIAL*

CUENCA	NOMBRE Y DESCRIPCIÓN	Op	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ab	Rxy	Ab - Rxy	D	CLASIFICACIÓN
XXVIII	Río Atoyac-Salado: Desde su nacimiento hasta la EH Oaxaca	75.64	0.00	10.85	0.00	0.00	0.00	64.79	7.24	57.55	57.55	Disponibilidad
XXIX	Río Atoyac-Tlapacoyan: Desde su nacimiento y la EH Oaxaca hasta la EH Tlapacoyan	144.70	64.79	20.52	0.00	0.00	0.00	188.67	2.58	186.09	186.09	Disponibilidad
XXX	Río Sordo-Yolotepec: Desde su nacimiento hasta la EH Ixtayutla	3,345.56	0.00	44.09	0.00	0.00	0.00	3,301.45	45.04	3,256.44	3,256.44	Disponibilidad
XXXI	Río Atoyac-Paso de la Reina: Desde las EH Tlapacoyan e Ixtayutla hasta la EH Paso de la Reina	1,819.83	3,490.15	35.40	0.00	0.00	11.60	5,274.58	37.04	5,237.54	5,237.54	Disponibilidad
XXXII	Río Verde: Desde la EH Paso de la Reina hasta su desembocadura al mar	550	5,274.55	29.31	0.00	0.00	0.00	5,784.41	0.00	5,784.41	5,784.41	Disponibilidad

CUENCA	NOMBRE Y DESCRIPCIÓN	Op	Ar	Uc	R	Im	Ex	Ab	Rxy	Qec	Ab-Rxy-Qec	D-Qec	CLASIFICACIÓN
XXVIII	Río Atoyac-Salado: Desde su nacimiento hasta la EH Oaxaca	75.64	0.00	10.85	0.00	0.00	0.00	64.79	7.24	15.34	49.45	49.45	Disponibilidad
XXIX	Río Atoyac-Tlapacoyan: Desde su nacimiento y la EH Oaxaca hasta la EH Tlapacoyan	144.70	64.79	20.52	0.00	0.00	0.00	188.67	2.58	28.32	160.35	160.35	Disponibilidad
XXX	Río Sordo-Yolotepec: Desde su nacimiento hasta la EH Ixtayutla	3,345.56	0.00	44.09	0.00	0.00	0.00	3,301.45	45.04	2,511.65	789.80	789.80	Disponibilidad
XXXI	Río Atoyac-Paso de la Reina: Desde las EH Tlapacoyan e Ixtayutla hasta la EH Paso de la Reina	1,819.83	3,490.15	35.40	0.00	0.00	11.60	5,274.58	37.04	2,940.46	2,334.12	2,334.12	Disponibilidad
XXXII	Río Verde: Desde la EH Paso de la Reina hasta su desembocadura al mar	550.74	5,274.55	29.31	0.00	0.00	0.00	5,784.41	0.00	4,164.78	1,619.63	1,619.63	Disponibilidad

* Como fue publicado y con la incorporación del CE resultado del análisis hidrológico final. Metodología propuesta por la Alianza WWF-FGRA (DOF, 2007). Valores en millones de metros cúbicos.

ECUACIONES

$$Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ex)$$
$$D = Ab - Rxy \quad D = AB - Rxy - Qec$$

SIMBOLOGIA

- Cp. Volumen medio anual de escurrimiento natural
- Ar. Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba
- Uc. Volumen anual de extracción de agua superficial
- R. Volumen anual de retornos
- Im. Volumen anual de importaciones
- Ex. Volumen anual de exportaciones
- Ab. Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo
- Rxy. Volumen anual actual comprometido aguas abajo
- D. Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica
- EH. Estación hidrométrica

Qec. Caudal ecológico, del análisis hidrológico detallado

D-Qec. Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica reservando el caudal ecológico

2.3. CONCLUSIONES

Los beneficios ambientales que puede proporcionar la CRVA son: agua superficial en cantidad y calidad adecuada para los diferentes usos; belleza de paisajes; espacios limpios y dignos para expresiones sociales y culturales; recarga de los acuíferos, especialmente el de Valles Centrales; áreas propicias para la conservación y protección de diversas especies biológicas en estas cuencas definidas como de alta importancia ecológica dentro del estado más biodiverso del país, y asimilación y dilución de contaminantes, sobre todo en el Río Atoyac, acaso el más deteriorado de nuestra entidad. Los próximos pasos del PCBC en este tema deben ser: propuesta de incorporación del caudal ecológico al marco legal que norme el uso, administración y gestión del agua en el estado de Oaxaca; monitoreo y medición de grupos biológicos acuáticos representativos de la cuenca que permitan realizar un análisis

más profundo, incluso la aplicación de un método holístico, y estudios interdisciplinarios para evaluar con especial interés las cuencas hidrológicas Atoyac-Salado y Atoyac-Tlapacoyan, por su actual situación crítica en cuanto a la presión de uso y demanda social del agua.

II.3. EVOLUCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-SOCIEDAD

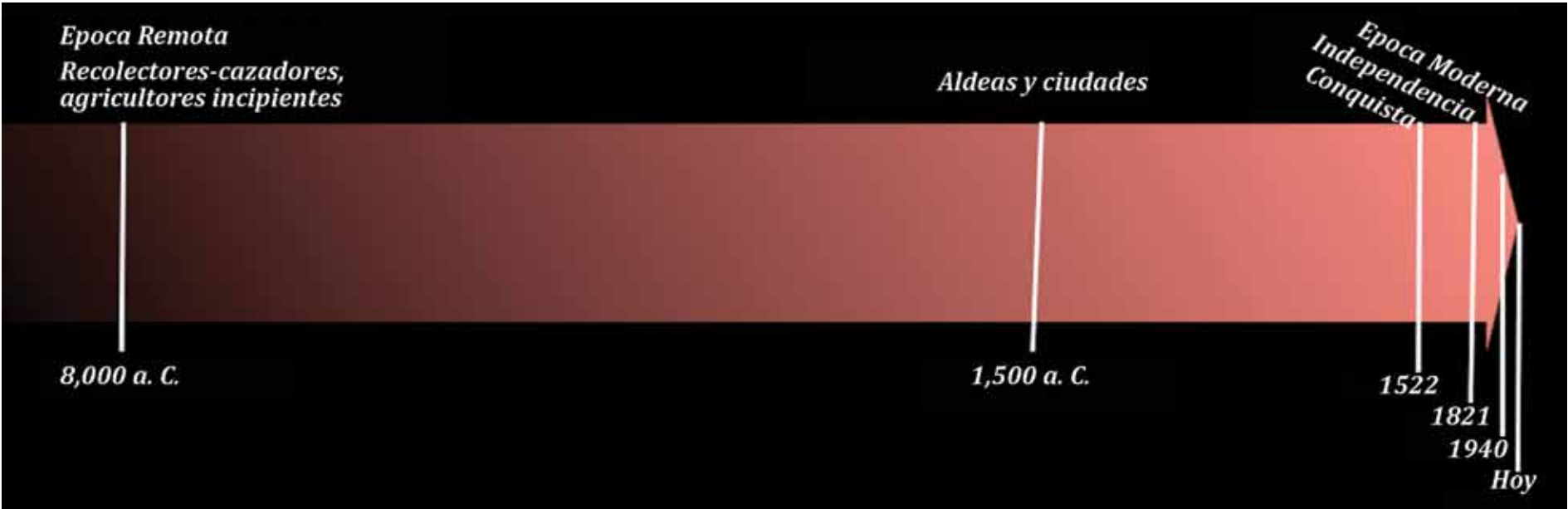
3.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA EN LOS VALLES CENTRALES

Intentamos analizar la compleja relación entre agua y sociedad a la luz de los cuatro elementos que propone el historiador de la ecología Donald Hughes (1981): actitud, conocimiento, tecnología y mecanismos de control y organización social. La *actitud* se refiere a cómo se percibe a sí misma una comunidad humana determinada en relación con su ambiente natural que incluye al agua, es decir, su cosmovisión. El *conocimiento*, que no es sólo lo que sabe cada pueblo acerca de su entorno, sino el sistema que integra esos saberes. La *tecnología*, de obvia relevancia: hay una gran diferencia si el agua se extrae del subsuelo con una cubeta o una motobomba. Finalmente la *organización social*, que en torno al agua pasa por lo religioso, los mitos, los usos y costumbres y la legislación moderna.

La cuenca, y en particular los Valles Centrales de Oaxaca, ha sido escenario de una íntima relación entre el agua y la sociedad

humana por lo menos desde hace diez u once mil años (Esparza, 2000; Joyce y Muller, 1992). Tal relación ha dependido de varios factores, entre ellos las condiciones naturales, como la marcada diferencia en las lluvias a lo largo del año o el hecho de que si bien llueve relativamente poco en los valles, escurre mucho de las montañas que los circundan. También ha sido decisiva la matriz cultural de cada momento histórico, ya sea indígena, española o la correspondiente a la modernización desarrollista, cada una con sus visiones, conocimientos, técnicas y controles sociales. En tiempos recientes la relación se ha modificado drásticamente, hasta poner en riesgo la viabilidad ecológica de la región. ¿Cómo hemos llegado a esta difícil condición? ¿Cuáles son los retos que enfrentamos? ¿Podemos recuperar una relación sustentable entre agua y población? Presentamos aquí algunos elementos para contribuir a las respuestas.

CUADRO 22 • PERIODOS HISTÓRICOS



El Cuadro 22 muestra de modo esquemático los periodos de esta larga historia: la época remota, la de aldeas y ciudades, la época colonial, el periodo independiente y la época moderna.

Evidentemente los límites son imprecisos y las condiciones, actitudes o tecnologías se traslapan. Es especialmente complicado porque son muchos los ámbitos de interacción de la gente con el agua. Los más relevantes son:

- Usos domésticos.
- Riego (y posteriormente ganadería).
- Uso artesanal (y posteriormente industrial).
- Navegación y transporte.
- Modificaciones del entorno (evitar inundaciones, desagüe, desecación de terrenos, etc.).
- Generación de energía (desde mecánica hasta hidroeléctrica).
- Usos recreativos y rituales.

Epoca remota

Sabemos poco de cómo eran las cuencas del Atoyac y el Salado en tiempos muy remotos, pero tenemos indicios de que el agua era más abundante y por consiguiente la vegetación era de mayor exuberancia que en la actualidad (López, 2009).

Los primeros grupos humanos de que se tiene noticia eran cazadores y recolectores nómadas que pronto empezaron a experimentar con la siembra de plantas. Podemos conjeturar que su actitud hacia el agua y el entorno fue durante mucho tiempo de tipo animista, es decir, que identificaban los elementos de la naturaleza con variadas entidades espirituales. Bajas densidades poblacionales, grupos nómadas y seminómadas y un estrecho conocimiento de la naturaleza y los ciclos del agua de los que dependían caracterizó probablemente este largo periodo de la historia. Sus herramientas tecnológicas de uso del agua podrían ser calificadas de incipientes, en particular en términos de magnitud e impacto: captación, almacenamiento y formas rudimentarias de riego. Hay evidencias de que en el período Arcaico tardío ya cultivaban calabaza y teozintle (Van Doesburg, 2007). Los hallazgos de la cueva Guilá Naquitz, que da-

tan de 6960 a. C., son probablemente los indicios más antiguos de la agricultura en el continente (Esparza, *op. cit.*). La organización social en torno al agua, basada probablemente en grupos pequeños, debió descansar en el trabajo común.

Aldeas y ciudades

El primer gran cambio en la relación con el agua y el ambiente en general fue el establecimiento de asentamientos permanentes y la posterior urbanización, que dieron lugar a un aumento considerable de la población y con ello un mayor uso del agua y una utilización intensiva de las tierras de labor, lo cual terminó por causar erosión y otros cambios que incluso pueden detectarse en el bajo Río Verde, como sugieren los trabajos de Joyce y Muller (1997). La agricultura, basada en buena medida en las abundantes tierras de aluvión, permitió el desarrollo de complejos asentamientos zapotecos que llegaron a sumar cientos de miles de pobladores. Se piensa que al momento de la llegada de los españoles habría unos 350 mil habitantes (Flannery y Joyce, 2005).

Esta época marca también la aparición de una religión estructurada, politeísta y de origen naturalista. Empieza a rendirse culto a la madre tierra. Los mitos originarios de mixtecos y zapotecos tienen una clara relación con el agua. Posteriormente se desarrollaría el culto a Cocijo, dios del rayo y por extensión de la lluvia. El conocimiento que reflejan los calendarios indica un preciso entendimiento de los ciclos lunar y estacional, ambos vinculados con el agua.

La agricultura tradicional indígena ha sido muy estudiada. En 2003 se descubrió que la cuenca del Purrón, en el Valle de Tehuacán, fue el lugar de origen de la agricultura de riego en Mesoamérica, hace más de dos mil 750 años. En los Valles Centrales se conocen detalles de los sistemas de irrigación con canales y acequias y la construcción de terrazas en terrenos montañosos. Notable el sistema de Hierve el Agua: 600 terrazas en un área de 60,000 m² que estuvieron en funcionamiento cerca de 2 mil años (Fernández *et al.*, 2004).

En los Valles Centrales se encuentran los almacenes subterráneos domésticos de mayor antigüedad en Mesoamérica, en San José El Mogote y Tierras Largas (Winter, 2006). Los registros de sistemas de riego como represas, canales y pozos son abundantes (CNA, 2009b). También hay registros bastante antiguos de pozos para riego en Mitla, Zaachila y San José del Mogote (Flannery y Joyce, *op. cit.*, Winter, *op. cit.*).

En investigaciones de 1980 se descubrió evidencia de un sistema de desagüe en Monte Albán que indica procesos de captación y reciclaje de agua de lluvia. Ese sistema servía para aprovechar el agua para fines domésticos y para irrigar terrazas de cultivos en los costados de la montaña, así como preservar el piso de la acumulación de agua (Sansores, 1992).

Antes de la llegada de los españoles, además de los zapotecos había también asentamientos mixtecos en el Valle de Zaachila (Cuilapam, ubicado en ese valle, quiere decir *río de atrás*).

Hacia las postrimerías de este periodo, los Valles habían sido conquistados por los mexicas, que establecieron una población llamada Huaxyacac al pie del actual cerro del Fortín. La toponimia náhuatl puede darnos pistas adicionales de cómo fueron muchos lugares poco antes de la llegada de los españoles: Huayapam significa *río grande*; Ocotlán, *lugar donde abundan los pinos*; Tepetonco, *cerro de la laguna*. Atoyac quiere decir *río o agua que se derrama* o bien *lugar a orillas del río* (Bueno, 1998). Otras referencias históricas describen la sorpresa de los primeros españoles ante la magnitud y abundancia de sabinos o ahuehuetes, que suelen crecer a la vera de ríos y otros lugares muy húmedos, y que los hicieron describir estas tierras como *valles de gigantes*.

Estudiosos sostienen que el Río Salado alimentó un gran lago cuyas orillas llegaban hasta el árbol del Tule hacia el año 100 d.C. (Bueno, *op. cit.*). Es probable que más que un lago propiamente dicho se tratara de áreas pantanosas o humedales que se mantenían en las épocas de lluvias. Francisco de Burgoa describe así la abundancia de agua y la fertilidad del Valle de Etla: “Llamábanla los indígenas loohvanna, que quiere decir, mantenimiento, y era el granero de donde sacaba los bastimentos el rey antiguo de

Theozapotlán para aprovisionar de maíz y frijoles a sus ejércitos”. (Citado por Fernández *et al.*, 2004).

Epoca Colonial

El segundo gran cambio en la relación de la gente con el agua fue la Conquista. Varios grupos de soldados expedicionarios españoles se asentaron en el pueblo mexica desde 1522. Para empezar, fue tremendo el impacto que tuvieron entre los pueblos originarios las grandes epidemias ocasionadas por enfermedades traídas por los conquistadores, particularmente la viruela y el sarampión. En 100 años la población indígena se redujo en 85%, lo que implica importantes ajustes en las formas de organización económica, política, religiosa y social de las comunidades indígenas (Fernández *et al.*, *op. cit.*).

La cosmovisión de los conquistadores españoles fue determinante en las grandes transformaciones que siguieron a la Conquista, ya que con la naturaleza tuvieron la misma actitud de dominio que con los pobladores originarios. Provocó también gran impacto la introducción de técnicas europeas, como el arado, y de prácticas agropecuarias como la cría de vacas, borregos, chivos y puercos y el cultivo de trigo y caña de azúcar.

En términos hidráulicos atestiguamos una genuina revolución tecnológica en diversos aspectos, como el riego, la conducción de agua o la extracción de agua subterránea. Entre los más importantes están los molinos, los animales de trabajo, la palanca, el torno y la polea, las cajas de agua, los arcos en los acueductos (Rojas, 2009). Todo esto incrementó la eficiencia y la capacidad de modificación de los ciclos naturales.

La ciudad colonial estaba rodeada por los ríos Atoyac y Jalatlaco, que durante muchos años fueron su principal fuente de agua, la cual era tomada directamente o por medio de pozos que tenían el líquido a sólo cuatro metros de profundidad (López y Consejo, 2011).

Al inicio de la Colonia la tierra quedó mayormente en manos indígenas y durante el siglo XVI el agua estuvo bajo su control. En

el transcurso de los dos siglos siguientes las tierras mejor irrigadas y más productivas pasaron a manos de los españoles (Fernández *et al.*, 2004).

En el siglo XVI hubo tres grandes obras hidráulicas: una para desviar y contener las aguas del Río Jalatlaco, la segunda el acueducto que llevaba el agua de San Felipe a la ciudad, la tercera la desviación del cauce original del Río Atoyac. Podemos ver desde entonces el problema, similar al de la cuenca de México: mucha agua o muy poca. En realidad, la principal razón para construir la gran obra del acueducto de San Felipe, más que llevar agua a una ciudad sedienta, como ahora se dice, fue facilitar los magnos trabajos del conjunto arquitectónico dominico. Es interesante cómo a la terminación del acueducto le siguió el comienzo del desperdicio de agua. Otra magna obra hidráulica colonial ha pasado casi inadvertida, acaso porque fue realizada de manera gradual: el desecamiento de terrenos inundables, tanto para ganar terrenos para la agricultura o la construcción —en el caso de la ciudad— como para aprovechar el agua en el riego de tierras aledañas mediante acequias que terminaron por formar parte de una amplia e intrincada red de canales. De acuerdo con Burgoa, en el valle de Etla había “tantas zanjas [para el riego] que los ministros de la iglesia padecen para atravesarlas”. (Citado por Fernández *et al.*, *op. cit.*).

Durante la Colonia la ciudad de Oaxaca creció de manera moderada —en buena medida por la terrible mortandad que implicaron las enfermedades importadas por los españoles— y tanto el caudal de los ríos como el nivel de los mantos freáticos se mantuvieron relativamente estables por siglos. Por largo tiempo se alcanzó un equilibrio entre la ciudad colonial y los pueblos indígenas colindantes, que aportaban trabajo, alimentos y otros bienes. Los indígenas adoptaron rápidamente el arado tirado con bueyes y combinaron los nuevos cultivos traídos por los españoles con los propios. Por otra parte, una actividad que prácticamente no requiere de agua, la producción de grana cochinilla, se volvió de extraordinaria importancia, hasta convertirse en el primer producto de exportación de toda la zona, rivalizando incluso con la producción de plata de la Nueva España.

En el primer siglo de la época colonial los españoles no estuvieron demasiado interesados en poseer o cultivar tierras porque

vivían muy cómodamente con lo que producían los indígenas. Lo que les interesó desde el principio fue la cría de ganado, que se introdujo en grandes cantidades en el siglo XVI y dio origen a varias estancias ganaderas y un importante aumento en el consumo de agua. La mayor parte de ese ganado era de españoles, pero los indios adoptaron rápidamente el uso de animales y tenían rebaños entre sus bienes comunales, aunque Taylor (1973) sostiene que ellos tenían más bien especies pequeñas.

Con las limitaciones que imponían los intereses de la corona, se desarrollaron un buen número de artes e industrias relacionadas directamente con el agua: peletería, hilados y tejidos, carpintería, herrería, además de las vinculadas a la minería: extracción, beneficio y transporte de oro y plata, principalmente.

Alrededor de 1630 empiezan a desarrollarse las haciendas, que eran propiedades más complejas que las estancias y podían incluir labores. A fines del siglo XVI, en Hispanoamérica el término hacienda empieza a describir a una unidad económica dedicada a abastecer mercados locales tanto de productos animales como de granos. Para 1643 ya había más de 40. Las haciendas se concentraron al sur del valle y en la parte oriental, donde eran más grandes que las del sur; en Etla había una docena (Taylor, *ibíd.*). Las haciendas fueron convirtiéndose en unidades sociales y productivas bastante autosuficientes y su manejo de agua tendía a ser autónomo y de usos múltiples: riego, ganado, generación de energía, artesanía, etc.

En la Colonia se da un cambio fundamental en los mecanismos de regulación social del agua debido a la imposición del modelo español, en el que al ser el agua y la tierra propiedad de los reyes sus representantes otorgaban derechos públicos o privados por medio de mercedes. Tal circunstancia se combinó con la manera en que los pueblos originarios trataban a los elementos de beneficio común: con reciprocidad y trabajo comunitario. Este cambio dio lugar a numerosos conflictos a lo largo de la época colonial (Rojas, 1988). Véase el Cuadro 23, que muestra un resumen del carácter legal de los derechos de agua, elaborado a partir de Fernández *et al.*, *op. cit.*

El concepto de propiedad de las aguas en la Nueva España nació junto con el de la propiedad de la tierra. No obstante, la presencia de agua en una propiedad por sí misma no daba derechos sobre el agua. Parece que las mercedes de labores o labranzas sí incluían derecho al agua.

Con el paso del tiempo y el crecimiento de las actividades productivas (molinos de trigo, batanes para suavizar fibras, ingenios que funcionaban con fuerza hidráulica, beneficios de plata) empezó a otorgarse mercedes de aguas (solas) y mercedes de aguas para riego, éstas sobre todo para el trigo y la caña de azúcar.

El agua comunal era administrada por el cabildo. En general, los particulares no podían usar el agua común para regar sus campos privados, so pena de multa. Las aguas no mercedadas quedaban en el patrimonio de la corona.

En los pueblos y ciudades se otorgaba el agua al conjunto de sus habitantes por medio de fuentes públicas y abrevaderos, y en donaciones a particulares, notables e instituciones religiosas.

Durante el siglo XVI los indígenas fueron los mayores beneficiarios de mercedes de agua para molinos. En el siglo XVII siguen otorgándose a los indios mercedes para molinos, pero las mercedes de aguas para uso agrícola comienzan a concederse a los colonos y a los conventos, que empiezan a interesarse en las tierras aparentemente debido a que la despoblación provocada por las epidemias redundó en una falta de mano de obra que les permitiera seguir viviendo de lo que producían los indígenas.

Si bien en el siglo XVI las comunidades indígenas recibieron casi el mismo número de mercedes que los españoles para construir molinos, por ejemplo, a partir del siglo

XVII empieza a decaer la hegemonía de los caciques hasta terminar en una aparente ausencia de prerrogativas.

En el siglo XVIII, tanto por el debilitamiento de la nobleza indígena como por la consolidación del poder español, las mercedes de agua se otorgan a los españoles y prácticamente se deja fuera a los indígenas, incluidos los caciques o principales. Empieza a manifestarse la preeminencia de la sociedad de origen español sobre la indígena.

De la independencia al siglo XX

Luego de los profundos cambios en demografía, cosmovisión, tecnología y organización social que provocó la llegada de los europeos, la relación agua-sociedad durante la Colonia fue adquiriendo en los Valles Centrales una condición de relativo equilibrio: la ciudad colonial, de fuertes rasgos indígenas y crecimiento moderado, con pueblos satélites que proveían comida y otros productos y en los que las comunidades originarias mantenían mayormente sus territorios comunales. El agua era abundante, aunque su disponibilidad estaba sujeta a los ciclos de lluvias y sequía. Además, la captación de lluvia y la distribución de agua a partir de fuentes públicas y aguadores satisfacía al menos en parte los requerimientos hídricos urbanos y se complementaba con el agua del Río Atoyac y el arroyo Jalatlaco.

En apariencia estas condiciones se mantuvieron con relativamente pocos cambios durante el siglo siguiente, hasta la Revolución. Sin embargo, en el periodo se gestan profundos procesos de transformación en la cosmovisión, los conocimientos y tecnologías y la organización social, que trataremos de describir de manera sucinta.

Al menos en las élites económica y política, podemos identificar en esta época el inicio de una profunda transformación en

la actitud hacia la naturaleza, el agua, las ciudades y el bienestar social. Se intenta seguir el pensamiento modernizador que sigue a la Revolución Industrial y que florece en Europa y Norteamérica: la ciencia positivista y mecanicista, la tecnología como fuente básica de transformación social y la urbe como paradigma de bienestar.

En el período independiente y especialmente en el Porfiriato se dio un nuevo impulso a la minería, actividad que se había practicado desde la Conquista, y se crearon industrias como las de hilados y tejidos, lo que marcó otros cambios significativos en el uso del agua. Es ilustrativo el caso de San Agustín Etla: en 1883 se funda la fábrica de hilados y tejidos Vistahermosa. Llegó a tener 200 telares y 400 empleados. Usaba energía de las hidroeléctricas La Luz y La Soledad, que estaban en San Agustín y también daban electricidad al centro de la ciudad de Oaxaca. En 1924 se funda la fábrica de hilados y tejidos San José.

Paulatinamente crecía la población de la ciudad de Oaxaca y con ella la demanda de fuentes estables de agua. En 1877 se hacen estudios de los manantiales de Huayapam y se inicia la construcción de un acueducto. En 1880 se hacen pruebas para conducir el agua por las lomas de San Luis Beltrán. El acueducto queda con una extensión de 9,000 m para transportar 18,900 l de agua cada 24 h. Finalmente, a principios del XX se construye el acueducto de San Agustín Etla.

Un fenómeno del que prácticamente no existe registro es el de la drástica deforestación del pie de monte de la Cordillera Norte, que incluye al Cerro del Fortín, el cual ya se aprecia en el óleo de José María Velasco de 1884, *Vista de la ciudad y el Valle Grande de Oaxaca* (esta obra, impresionante por su precisión y majestuosidad, fue probablemente creada desde el cerro de San Juan Chapultepec, aunque los registros históricos la ubican en Monte Albán). Probablemente las causas de este deterioro son la combinación de saca de leña de encino para la elaboración de carbón, el pastoreo y quizás el desplazamiento de terrenos de labor de las comunidades hacia partes más altas.

El riego se modifica grandemente en función de los adelantos tecnológicos de la época: en cuanto a la extracción destacan el uso de motores –primero de vapor, luego de combustión interna y

finalmente eléctricos– para perforación y bombeo, así como el cambio de materiales en las obras, señaladamente el uso extensivo de cemento. En la conducción se generaliza la utilización de metales (tubos, válvulas, etc.). Para una descripción más completa véase Sánchez (2009).

En ese periodo se sientan las bases de profundos cambios sociales que entre otras cosas tienen impactos legales en los usos del agua. La independencia no cambió automáticamente los patrones de control coloniales, pero son relevantes las modificaciones juaristas que desembocan en la Constitución de 1857, especialmente en cuanto a la desamortización de bienes eclesiásticos y de comunidades indígenas. Otra transformación fundamental fue, naturalmente, la Revolución, y con ella la Constitución de 1917. En general hay un proceso de federalización en las atribuciones del gobierno en materia de derechos y manejo del agua: de esquemas locales de origen indígena y colonial se pasa a la visión moderna de que el agua es un asunto nacional. El Cuadro 24 resume los cambios en la legislación sobre el agua que describe Diana Birrichaga (2009).

CUADRO 24 • LEGISLACIÓN DEL AGUA, SIGLOS XIX Y XX

Si bien es cierto que la Constitución de 1857 no trataba el tema hidráulico de manera directa, sí estableció que el Estado mexicano estaba obligado a preservar los derechos de propiedad, incluyendo los que existían sobre las aguas de ríos y manantiales. La protección de la propiedad fue asumida incluso durante los breves años del segundo imperio encabezado por el príncipe austríaco Maximiliano de Habsburgo. En 1864 fue creada la Junta Protectora de las Clases Menesterosas una de sus funciones era formular las leyes necesarias para reglamentar el trabajo en el campo, la dotación de fundos legales y ejidos a los pueblos carentes de ellos y, por último, dirimir los litigios sobre tierras y aguas. En el caso particular de la reglamentación

de los recursos hidráulicos, en 1864 el emperador señaló que las ordenanzas que regían hasta entonces el ramo de aguas eran “oscuras, vagas, defectuosas e inadecuadas”, por lo que decidió emitir leyes y reglamentos para regular su uso, los cuales nunca se elaboraron o tuvieron un escaso impacto. Asimismo, el 1 de noviembre de 1865 el gobierno del imperio promulgó una ley para solucionar las diferencias entre los pueblos por tierras y aguas.

En el artículo primero se ordenaba que todos los pueblos que tuvieran demandas por la propiedad o posesión de tierras o aguas con otro usuario, presentaran sus quejas y argumentos ante la prefectura política superior de su departamento. A la vez se estipulaba que las disputas suscitadas entre dos pueblos se resolverían dando posesión al que tuviera mejor derecho. Si bien esta legislación tuvo una corta vigencia, varias comunidades se apegaron a ella y lograron revertir algunas disposiciones emitidas con base en la Ley de Desamortización de 1856.

En México, con el fin de salvaguardar los intereses individuales de cualquier acto no adecuado de las autoridades, se creó una innovadora figura jurídica: el amparo. Desde 1861 el amparo fue concebido como un juicio político abierto que daba una interpretación de la Constitución (Cabrera 1998, II:40), lo que permitió que cualquier ciudadano que considerara violadas sus garantías pudiera acudir a la justicia federal. La Suprema Corte de Justicia de la Nación determinó que las autoridades locales no podían lesionar los derechos de propiedad del agua de los particulares. Los amparos presentados ante la justicia federal aludían a dos artículos constitucionales, para no permitir que alguna autoridad verificara el despojo de las aguas de manantiales o de las aguas de carácter particular. Los quejosos señalaban que el Artículo 16 de la Constitución de 1857 establecía que nadie podía ser molestado en su

persona, familia, domicilio, papeles y posesiones “sino en virtud de mandamiento escrito de autoridad competente que funde y motive la causa legal del procedimiento”. (Constitución Federal 1956:29).

Por su parte, el primer inciso del Art. 27 de la misma Constitución indicaba que no podía ser ocupada la propiedad privada sino por causa de utilidad pública y previa indemnización. En este sentido, la ley sólo autorizaba la expropiación de las aguas particulares si se determinaba que: 1) la ocupación era por causa de pública utilidad y 2) si previamente se indemnizaba al propietario. La Ley de Amparo permitió establecer que faltando una de las condiciones mencionadas o ambas la expropiación de algún recurso hidráulico constituía un ataque a una garantía individual.

Epoca moderna

Es difícil entender el siglo XX en los Valles Centrales sin considerar los procesos que se originaron en el período anterior. Recordemos que Juárez, con su visión modernizadora, llegó al gobierno de Oaxaca en 1858 y realizó fuertes inversiones en infraestructura urbana que Porfirio Díaz continuó. Ejemplos: la introducción del servicio telefónico en 1867, las lámparas de gas para alumbrado público en 1882 y el ferrocarril también en 1892 (Riley, 1996; Murphy y Stepick, 1991).

Sin embargo, los cambios más veloces y significativos en la hidrología de los Valles Centrales se dieron hace unas cuantas décadas. Se conjugaron para ello varios factores: uno fue el explosivo crecimiento de la ciudad, atribuible en buena medida a la inmigración, con el consiguiente doble efecto de aumento en la demanda de agua y disminución del área de filtración. Otro factor de deterioro fue sin duda la generalización del uso del agua entubada. El sistema de agua potable de Oaxaca empezó a construirse a principios

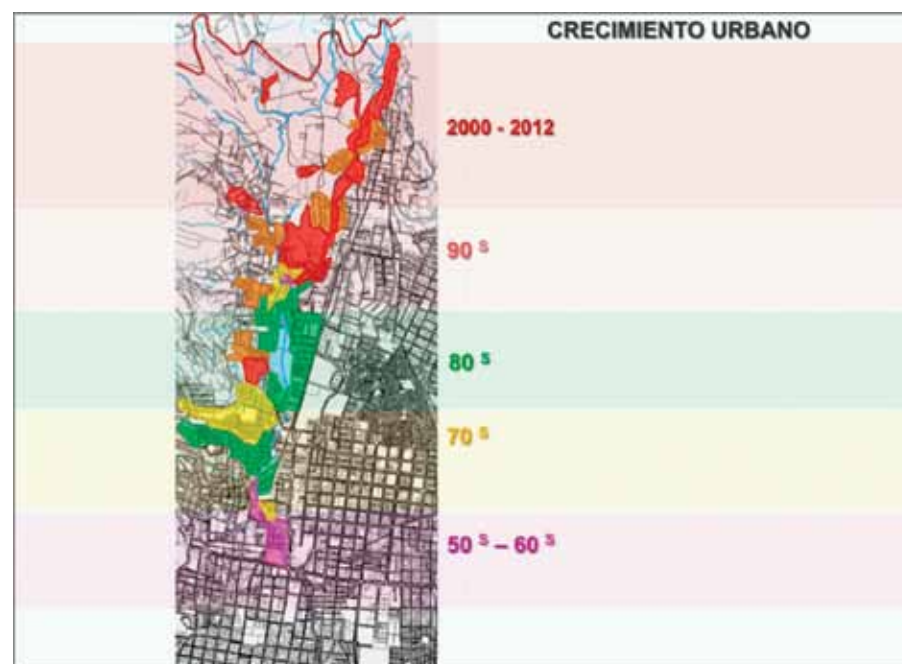
de siglo XX, pero se extendió de manera importante a partir de la década de 1930²; los sistemas de captación de agua de lluvia fueron desmantelados y con la facilidad de tener agua con sólo abrir la llave se acentuó la pérdida de moderación en su uso. Por esos mismos años, el establecimiento del drenaje y el WC fueron el tiro de gracia para el Atoyac y sus afluentes. Un buen ejemplo de los cambios en la microcuenca del Río San Felipe–Jalatlaco y sus consecuencias puede apreciarse en el Cuadro 25.

Se instauró un sistema de ‘saneamiento’ en que juntamos el agua limpia de la lluvia con las aguas negras domésticas y una diversidad de sustancias tóxicas, como desechos industriales y hospitalarios o aceites automotrices, todo disuelto en abundante agua potable. Una parte de esa mezcla la echamos directamente a ríos, arroyos y a veces a la calle, y la otra parte la conducimos por un muy costoso sistema de tubos hacia una planta, también muy cara, que no funciona desde hace años. Las consecuencias ambientales y sociales están a la vista: el Atoyac es ya uno de los ríos más contaminados del país con coliformes fecales (INEGI, 1991) y una evaluación reciente de investigadores del Instituto Politécnico Nacional (IPN) (Belmonte *et al.*, 2006) señala un elevado riesgo de contaminación de los mantos freáticos en zonas contiguas al Río Atoyac, precisamente donde se encuentra un buen número de pozos de abastecimiento de agua potable.

En la década de los sesenta, con el fin de evitar inundaciones, pero sobre todo con la idea urbanística dominante en su tiempo de ‘rectificar’ cauces, el Río Atoyac volvió a sufrir una serie de desvíos que lo dejaron en su traza actual. Es notable, sin embargo, que hasta bien entrado el siglo XX hay muchas descripciones del Atoyac, la Cascada y otros lugares, donde se resalta la abundancia y limpieza de sus aguas (Bustamante, 1989).

2 La red de agua potable que hoy todavía está en uso fue planeada antes de la Revolución y su construcción empezó en 1913. Llevó 25 años completarla, pero en su inauguración se consideró la más moderna del país. Fue obra del contratista alemán Enrique Schöndube, quien introdujo los primeros tubos de acero inoxidable, pero también instaló de hierro y cerámica. Al principio sólo los miembros de la élite se conectaron. Se construyeron fuentes públicas para las clases bajas (Riley, 1996).

CUADRO 25 • CRECIMIENTO URBANO EN LA MICROCUENCA SAN FELIPE-JALATLACO



PLAN MAESTRO RIO SAN FELIPE-JALATLACO

Estos cambios drásticos y una inequitativa distribución del agua contribuyeron a arraigar en la población la idea de la escasez: para los años ochenta del siglo pasado ya se hablaba de la “ciudad sedienta” y empezaba a insistirse en proyectos de trasvase de cuencas, a pesar de que el agua potable disponible era suficiente como para que cada habitante contara con alrededor de 300 litros diarios. Desde entonces el mito de la escasez ha quedado bien establecido y periódicamente los tecnócratas se encargan de alimentar con él sus nuevos megaproyectos de trasvases. En ese tiempo se soslayaba, igual que ahora, que el problema principal no era tanto de falta de agua sino de desperdicio e ineficiencia en el servicio: casi la cuarta parte de las colonias carecían de agua potable y las que contaban con el servicio tenían un suministro deficiente por problemas de la red como falta de presión, fugas o escaso mantenimiento.

Perspectivas

La perspectiva que nos da esta revisión histórica es de importancia fundamental para enfrentar los desafíos actuales: hoy como en el pasado nuestro problema central no es de disponibilidad –aunque éste sea un componente– sino de distribución, equidad y control en el uso del agua.

Es imprescindible trabajar para que la ciudad de Oaxaca y su área conurbada sean hidrológicamente sustentables. Entre las medidas para la sustentabilidad está el mejoramiento de las redes urbanas de agua potable, el riego eficiente, la regeneración ambiental, la captación de agua de lluvia y los programas de ahorro y reuso.

En la sección anterior hemos descrito la condición crítica de la cuenca. Ante ella debemos revisar nuestras percepciones y acti-

tudes. En el pasado, el origen predominantemente indígena de su gente, la ruralidad y la dispersión poblacional fueron considerados problemas y signos de atraso. Hoy podemos ver oportunidades en esas características: la diversidad étnica está todavía asociada con un importante patrimonio de conocimientos; vivir en el campo implica sólidos lazos con la tierra y el agua, capacidad de producir alimentos y un fuerte tejido social; habitar pequeñas comunidades supone la opción de arreglos políticos de mayor autonomía.

Rescatar la cuenca hidrológica del Río Verde–Atoyac significa, en el mejor de los sentidos, volver la vista al campo y *ruralizar* las ciudades para volverlas sustentables.



3.2. LOS CAMBIOS DE USOS DEL SUELO

Antecedentes

La dinámica de cambio de uso del suelo y cobertura vegetal es un aspecto crítico para entender la intrincada relación entre ambiente y sociedad. Los cambios de uso del suelo tienen impactos biofísicos y socioeconómicos que a su vez provocan nuevos cambios. Para analizarlos se requiere un enfoque multidisciplinario y ha resultado muy útil usar las cuencas como unidades de análisis, debido a la conexión directa que hay entre la cobertura vegetal y funciones clave de las cuencas, como la calidad del agua o la recarga de acuíferos.

Nos hemos referido a los cambios de uso del suelo y sus consecuencias como una de las principales causas de afectación del ciclo hidrológico y en general de la relación agua-sociedad. Este proceso es más agudo en la parte alta de la cuenca, que ha sufrido una degradación generalizada en los últimos 30 o 40 años, como resultado de una crisis agrícola y urbana. Conviene que analicemos estos cambios de manera temporal y espacial con la herramienta de los sistemas de información geográfica.

Este acercamiento tiene precedentes en la región. Un trabajo inconcluso por falta de apoyo institucional fue iniciado por Alejandro Toledo y Rubén Langlé en 2003 (Langlé, 2004; Toledo, 2006). Asimismo, en 2010 un grupo de investigadores del CIIDIR analizó de manera espacial y temporal los cambios de uso de suelo en la parte alta de la cuenca en un periodo de 15 años, de 1990 a 2005 (Villarreal *et al.*, 2011). Estos trabajos son relevantes por la información que aportan sobre los Valles Centrales, así como por las aproximaciones metodológicas que proveen. Sin embargo, lo más relevante es un cambio de perspectiva con respecto a los estudios hidrológicos convencionales, el cual da lugar a visiones más dinámicas e integrales sobre el agua.

Uno de los estudios especiales vinculados al PCBC fue una tesis de maestría de Simon Topp, del Bard Center for Environment Policy, bajo la dirección del INSO. Se denomina *Impactos Futuros de las Opciones de Manejo Espacial en los Cambios en la Cobertura Vegetal: Un Análisis de la Cuenca del Río Atoyac, Oaxaca*. El tra-

bajo analiza los cambios de cobertura vegetal entre tres periodos: 1980-1993, 1993-2000 y 2000-2005, y hace proyecciones para 2025. El ámbito geográfico utilizado corresponde a la subcuenca del Río Atoyac (Véase Mapa 6, Capítulo II.1).

Para entender mejor la evolución de cambio de uso del suelo y hacer proyecciones para el futuro en la subcuenca, este estudio emplea una serie de datos biofísicos, socioeconómicos y de uso del suelo con los que evalúa:

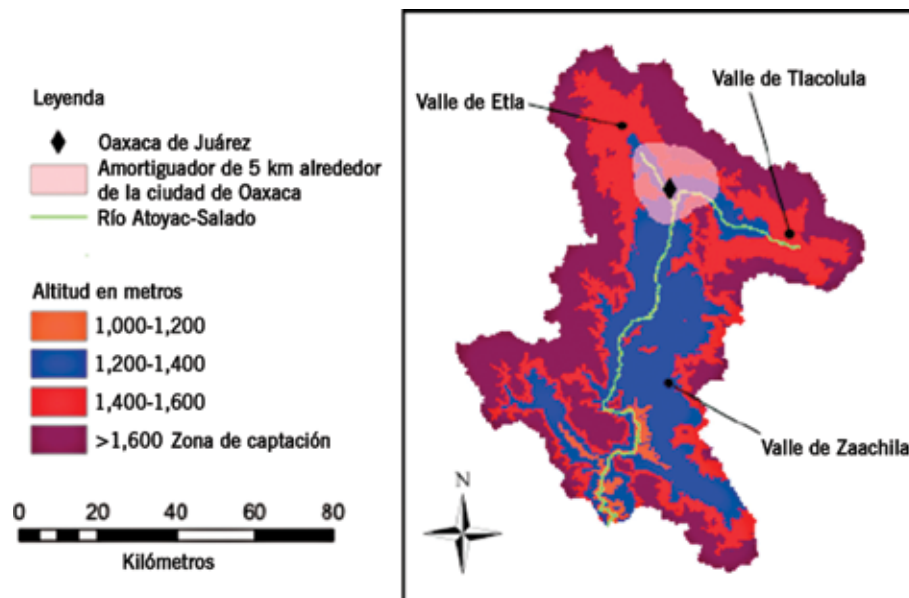
- Tendencias históricas en cobertura.
- Factores clave de los cambios específicos.
- Cobertura potencial futura basada en la extrapolación de los cambios históricos.

Métodos

Por medio de mapas del INEGI se analizó la cobertura vegetal histórica para tres periodos (1980-1993, 1993-2000 y 2000-2005). A partir de estos se desarrollaron matrices tradicionales de transición. Se establecieron también áreas específicas de interés para entender mejor la composición espacial de los cambios de cobertura: primero se delineó una zona de captación con base en la altitud y después se delineó un amortiguador de 5 km alrededor de la ciudad de Oaxaca (Véase Mapa 28).

Para entender mejor la dinámica de áreas críticas, las tasas de cambio fueron analizadas separadamente en estas unidades. Finalmente, se extrapolaron las tendencias históricas a 2025 en tres escenarios distintos de política, utilizando el modelo Dyna CLUE desarrollado por Verburg y Overmars (2009), que pertenece a una de las generaciones más recientes de modelos conocidos como Conversión de Uso del Suelo y sus Efectos (CLUE por sus siglas en inglés). Se han usado aplicaciones de este modelo para analizar casos tan diversos como Vietnam, Europa, y Centro y Sur América.

MAPA 28 • DELIMITACIÓN DE ZONAS EN LA SUBCUENCA



Resultados

En cualquier área de estudio, la separación temporal de la cobertura permite el análisis profundo de tendencias y da ideas sobre los motores de esas tendencias. Algunos cambios son graduales, como la sucesión vegetal, pero los cambios antropogénicos son abruptos y conectados directamente con factores como las políticas regionales, las condiciones climáticas o los mercados globales (Véase Mapa 29).

Los resultados en el Alto Atoyac sugieren que éste es el caso, ya que las tendencias muestran grandes cambios entre periodos temporales. Algunos cambios son consistentes y relativamente claros, como el aumento del área urbana, mientras que otros están relacionados con cada periodo (Véase Cuadro 26). Estos resultados indican que muchos de los factores detrás de la dinámica de cambios de uso del suelo son fluidos y dependen de variables que evolucionan. Los bosques primarios y secundarios varían drásticamente en el periodo de estudio (un decremento de 1,230 km²

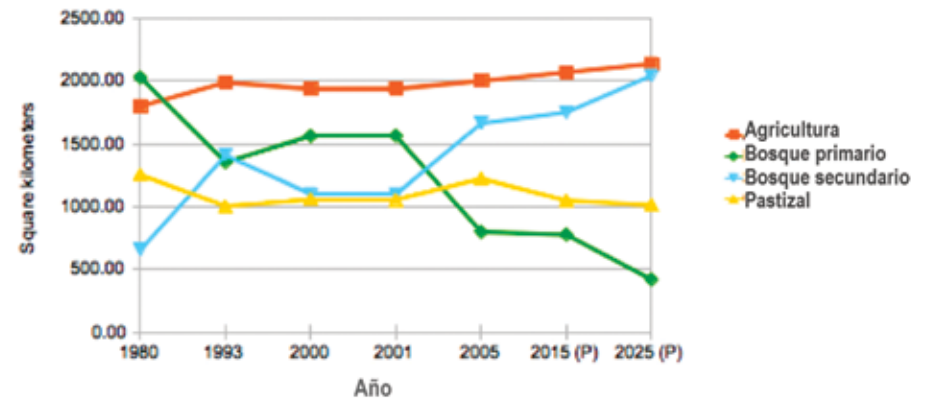
y un incremento de 1,006 km² respectivamente), mientras que la agricultura y los pastizales permanecen casi constantes.

En términos globales, los terrenos urbanos de uso agrícola, pastizales y bosques secundarios muestran tendencias al incremento, mientras que los bosques primarios y de niebla disminuyen a lo largo del periodo de estudio.

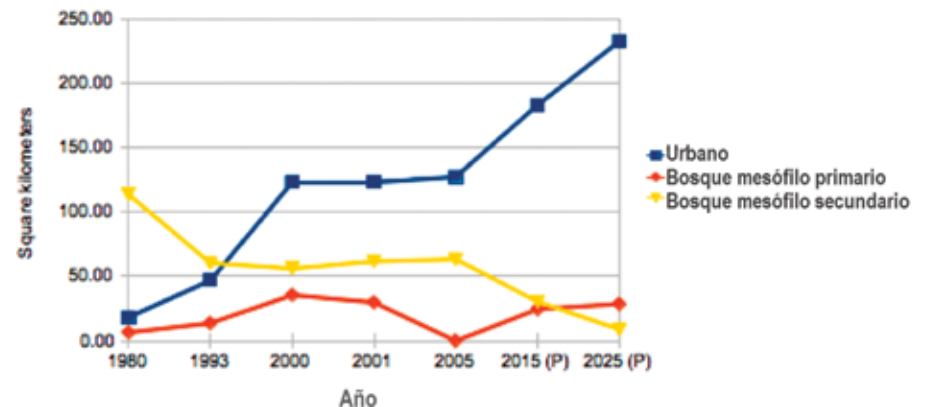
Dados los cambios no lineales en algunas clases de uso del suelo, las proyecciones futuras tienen grados variables de precisión. Debido a esto, la extrapolación de cobertura de pastos y bosques

CUADRO 26

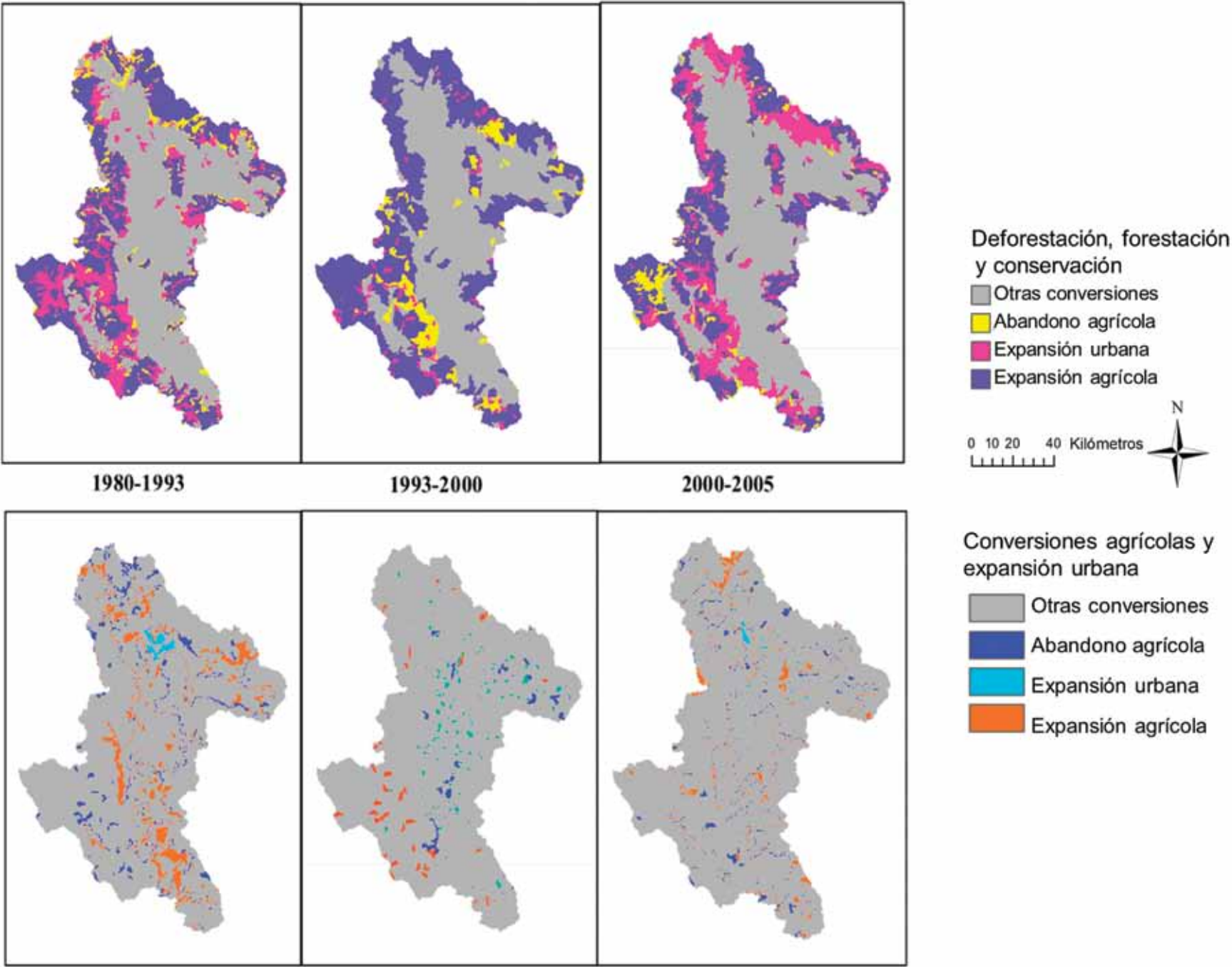
Cobertura total por clases mayores de uso del suelo



Cobertura total por clases menores de uso del suelo



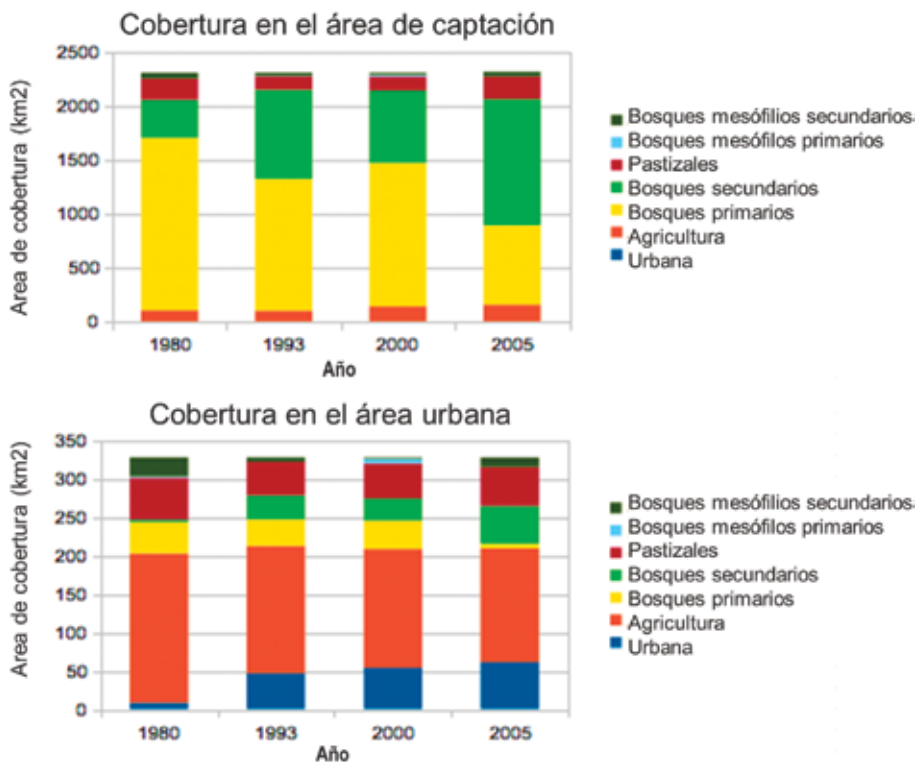
MAPA 29 • CAMBIOS ESPACIALES DE USO DEL SUELO



primarios no puede considerarse representativa de proyecciones realistas. Sin embargo, las extrapolaciones de las otras cinco clases de uso del suelo produjeron resultados acordes con las tendencias pasadas. A pesar de la discrepancia en las capacidades predictivas, todas las clases de uso se proyectaron para examinar cambios en el acomodo espacial de uso del suelo en el futuro.

La proyección de tendencias crea un paisaje drásticamente distinto al de 1980. Las áreas urbanas pasan de menos de 18 km² a casi 250, mientras que los bosques primarios pasan de más de 2,000 km² a menos de 500 (Véase Cuadro 27). A pesar de que el decremento de bosques primarios es acompañado por aumento en los secundarios, este cambio tiene implicaciones importantes para temas como la biodiversidad y la cosecha de agua.

CUADRO 27 • DISTRIBUCIONES ANUALES DE COBERTURAS EN EL ÁREA DE CAPTACIÓN (ARRIBA DE 1,600 MSNM) Y EL ÁREA URBANA (RADIO DE 5 KM ALREDEDOR DE LA CIUDAD).



Discusión

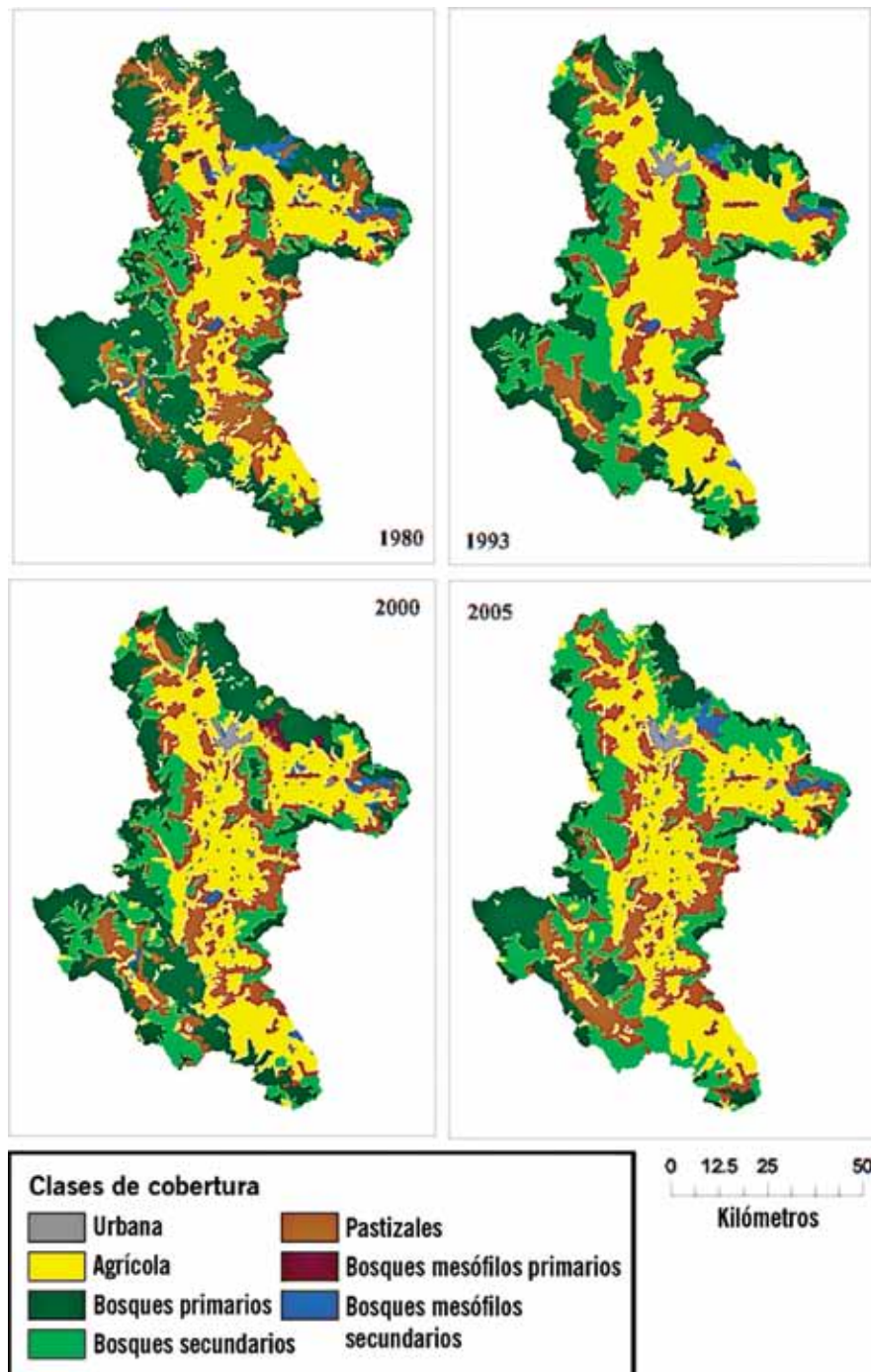
El impacto de este proceso de cambio de uso del suelo en cantidad y calidad de agua dependerá tanto de decisiones en la gestión como de características geomorfológicas. Por desgracia no pueden hacerse aseveraciones muy confiables al respecto por falta de datos, pero es posible comparar las tendencias generales con otros casos en la literatura.

Los datos disponibles muestran que la extensión completa de la subcuenca del Río Atoyac se usa para propósitos antropogénicos. Por ejemplo, todos los pastizales se usan para ganadería y por los tanto están sujetos a cierto grado de compactación de suelo y a una sucesión vegetal suprimida. Igualmente, casi todos los bosques tienen algún aprovechamiento, lo que cambia la sucesión natural y los beneficios potenciales de la infiltración.

Las variaciones en las conversiones de cobertura entre periodos arrojan luces sobre el efecto general de la cobertura en la subcuenca (Véanse Mapas 30 y 31). Por ejemplo, solo 59% de los 1,353 km² de bosques presentes eran primarios en 1980; esto implica que 41% provino de crecimiento de recuperación, que usualmente requiere una gran cantidad de agua, lo que provoca un decremento en la producción total de agua en la subcuenca. De igual modo, 93% del bosque primario en 2000 ya era bosque primario en 1993, lo que implica una tasa de sucesión mucho más baja desde las clases de cobertura secundaria. De esto se puede concluir que la evapotranspiración total de los bosques primarios en un periodo dado se minimizaría, lo que incrementaría la disponibilidad total de agua, con potencial de una distribución más pareja a lo largo del año.

La desagregación espacial de conversiones de cobertura nos da perspectivas valiosas sobre la expansión urbana en la ciudad de Oaxaca. Específicamente, mientras que las tasas de urbanización promedio son similares entre toda la subcuenca y la zona urbana, varían enormemente entre periodos. Entre 1980 y 1993 se registraron tasas elevadas de expansión urbana (~14% de crecimiento dentro de la zona urbana). Pero entre 1993 y 2000 las tasas de urbanización cayeron drásticamente cerca de la ciudad de Oaxaca y se

MAPA 30 • CAMBIOS HISTÓRICOS DE COBERTURAS



incrementaron considerablemente en el resto de la subcuenca. Esta tendencia se invirtió entre 2000 y 2005, cuando la urbanización creció en la zona urbana y disminuyó en el resto de la subcuenca. Otra tendencia interesante es que las tasas anuales de deforestación son mucho más elevadas en la zona urbana. Es posible que las opciones de vivienda dentro de la ciudad redujeran la demanda de terrenos agrícolas y permitieran la sucesión de bosques secundarios y pastizales hacia bosques primarios y secundarios. En términos de salud hidrológica y social, probablemente estas tendencias incrementaron la infiltración y pudieron hasta cierto punto contrarrestar los efectos negativos sobre el acuífero debidos a la urbanización.

En otros estudios se ha demostrado que el área forestada proporciona una filtración de aire y una regulación climática considerables dentro de las áreas urbanas. Sin embargo, estos efectos deben ser contrastados con los de la urbanización en su conjunto, que incluye una producción ecosistémica disminuida, así como disponibilidad y calidad de agua reducidas.

Conclusión

Como el estudio muestra, la investigación de la dinámica histórica de cambios de uso del suelo tiene el potencial de aumentar significativamente nuestra comprensión de la subcuenca del Río Atoyac. Las tendencias consistentes de degradación ambiental, urbanización y deforestación han alterado las funciones hidrológicas y conducido a una distribución terriblemente desigual de la disponibilidad de agua a lo largo del año, una reducción de la calidad del agua, mayores riesgos por deslaves, inundaciones, etc., y en general una disminución de la calidad de vida.

La extrapolación de tendencias permite predecir una distribución de usos del suelo que exacerbará los problemas hídricos de la región, además de disminuir elementos clave como la diversidad. Las proyecciones presentadas en este estudio tienen limitaciones, pero se sustentan en una verificación de la serie IV del INEGI (2010d).

Este estudio puede funcionar como una sólida línea base para medir futuros cambios de cobertura en la subcuenca. Subraya ade-

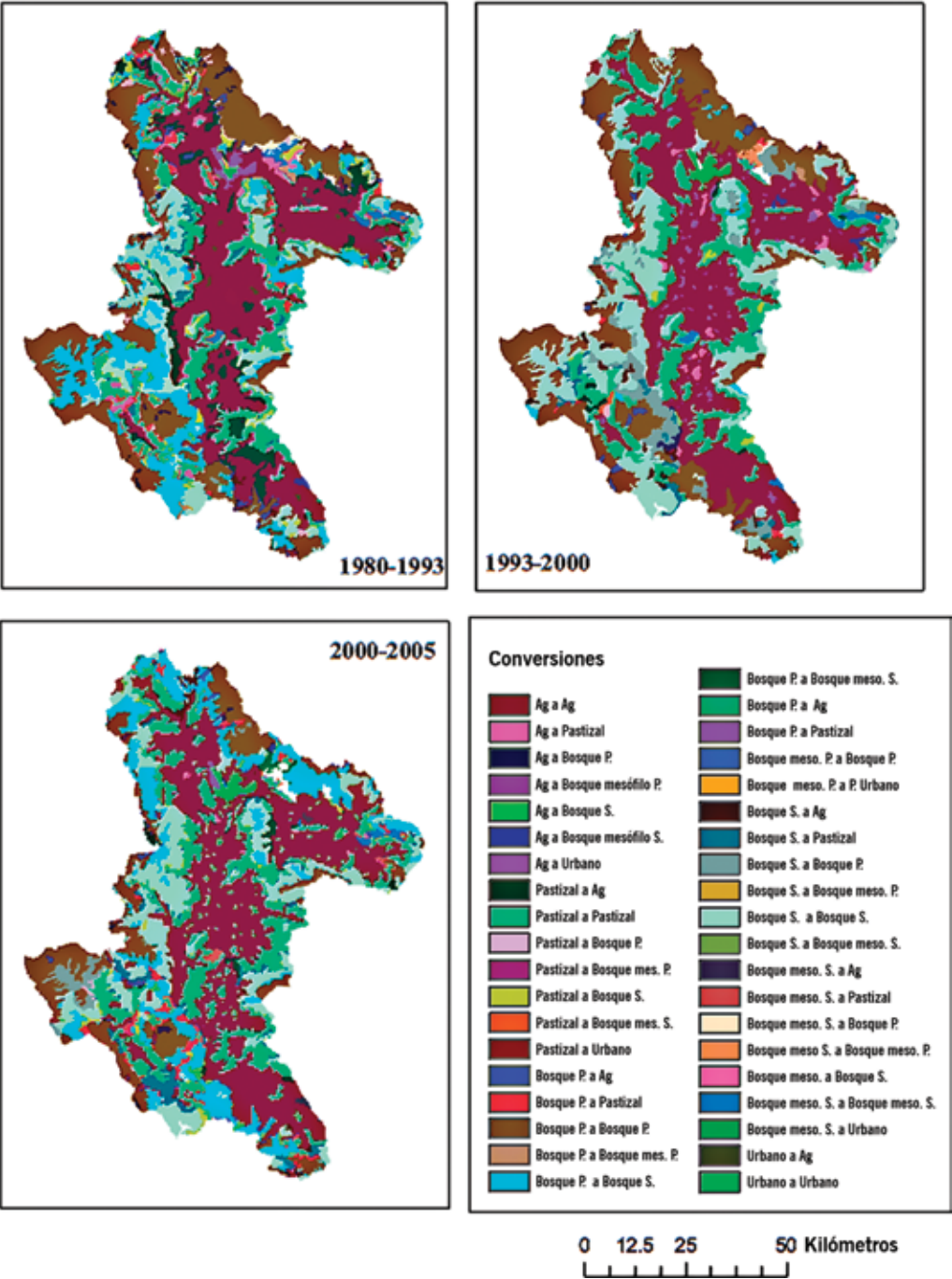
más las lagunas de conocimientos y revela la importancia de examinar factores dinámicos como la evolución de uso del suelo y los ciclos hidrológicos. La instauración de buenas prácticas de gestión en la cuenca podría eliminar la crisis hídrica actual de una manera mucho más efectiva que con las medidas que hasta ahora han impulsado los gobiernos estatal y federal. Adicionalmente, aumentar nuestro enfoque en un uso del suelo responsable podría aumentar la productividad y repercutir en el bienestar rural y la disminución de la pobreza.

El presente análisis y otros estudios referidos en este documento tienen escalas temporales y espaciales distintas, pero coinciden en el hecho central de la degradación de ecosistemas y en el aumento rápido de la urbanización. Retomaremos estos fenómenos en el análisis del ciclo hidrosocial de la sección siguiente.



Un Plan Común para un Bien Común

MAPA 31 • CONVERSIÓN DETALLADA



II.4. EL MODELO HIDROSOCIAL EN LOS VALLES CENTRALES

4.1. EL CICLO DEL AGUA

En el transcurso de su ciclo, el agua se mueve constantemente de una manera compleja, a diferentes velocidades y en distintos estados físicos. Una versión simplificada del ciclo hidrológico se muestra en el Cuadro 28, que representa una parte de los Valles Centrales de Oaxaca. El ámbito geográfico corresponde muy aproximadamente a la ubicación del acuífero utilizada por la CNA y la mayoría de las fuentes, con el objeto de comparar más fácilmente la información. Su superficie es de 3,714.4 km² (Véase

Mapa 32). Consideramos también un nivel de más detalle, las microcuencas, cuya delimitación presentamos en el Mapa 33.

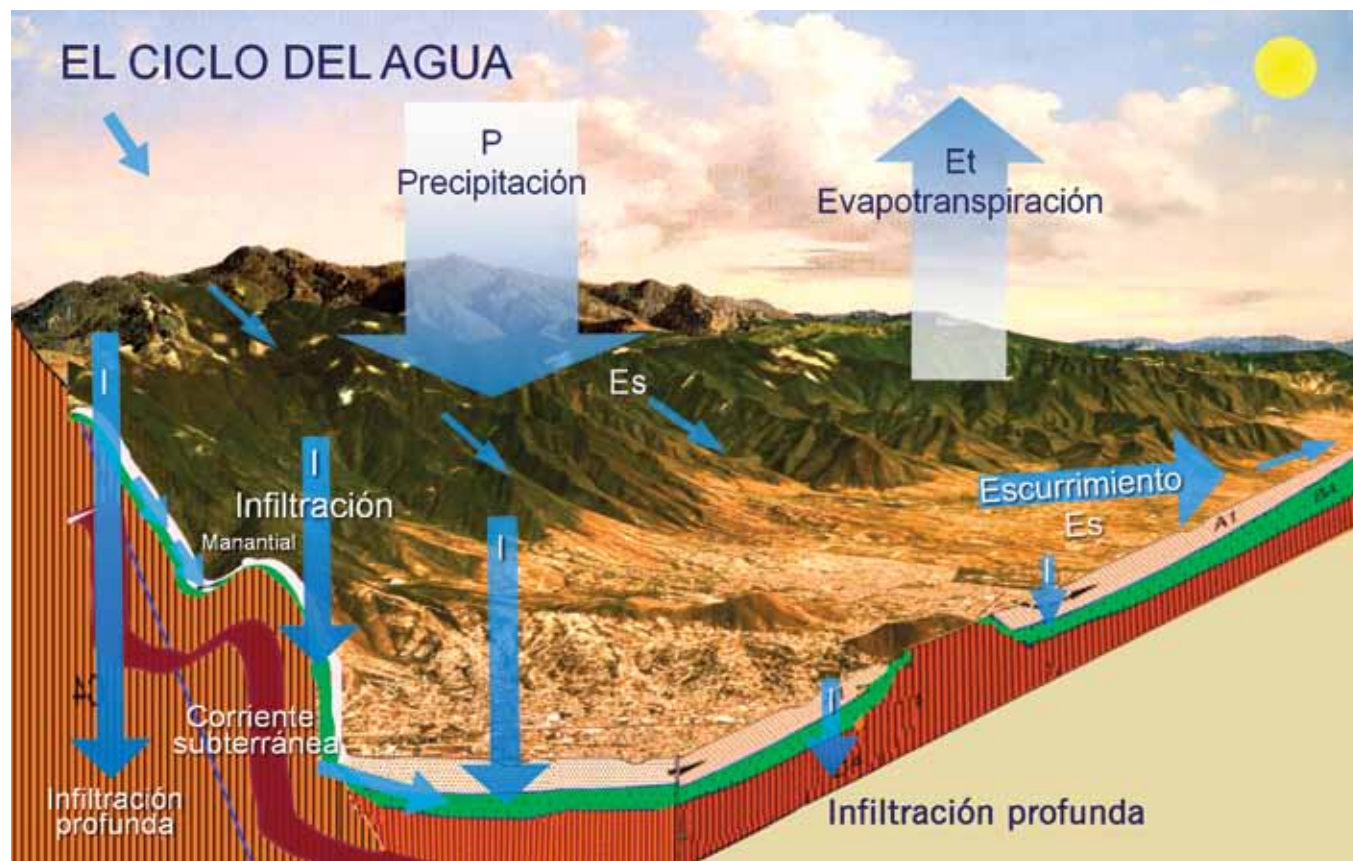
El ciclo hidrosocial integra lo social y lo hidrológico en un solo proceso en el que el agua influye en las comunidades humanas y a la vez es influida por ellas. Debe ser parte de la ecología política y de las prácticas de gestión del agua. Representa la relación profunda de los flujos del agua y las actividades sociales. Es imposible sustraer el agua de las sociedades por las que fluye.

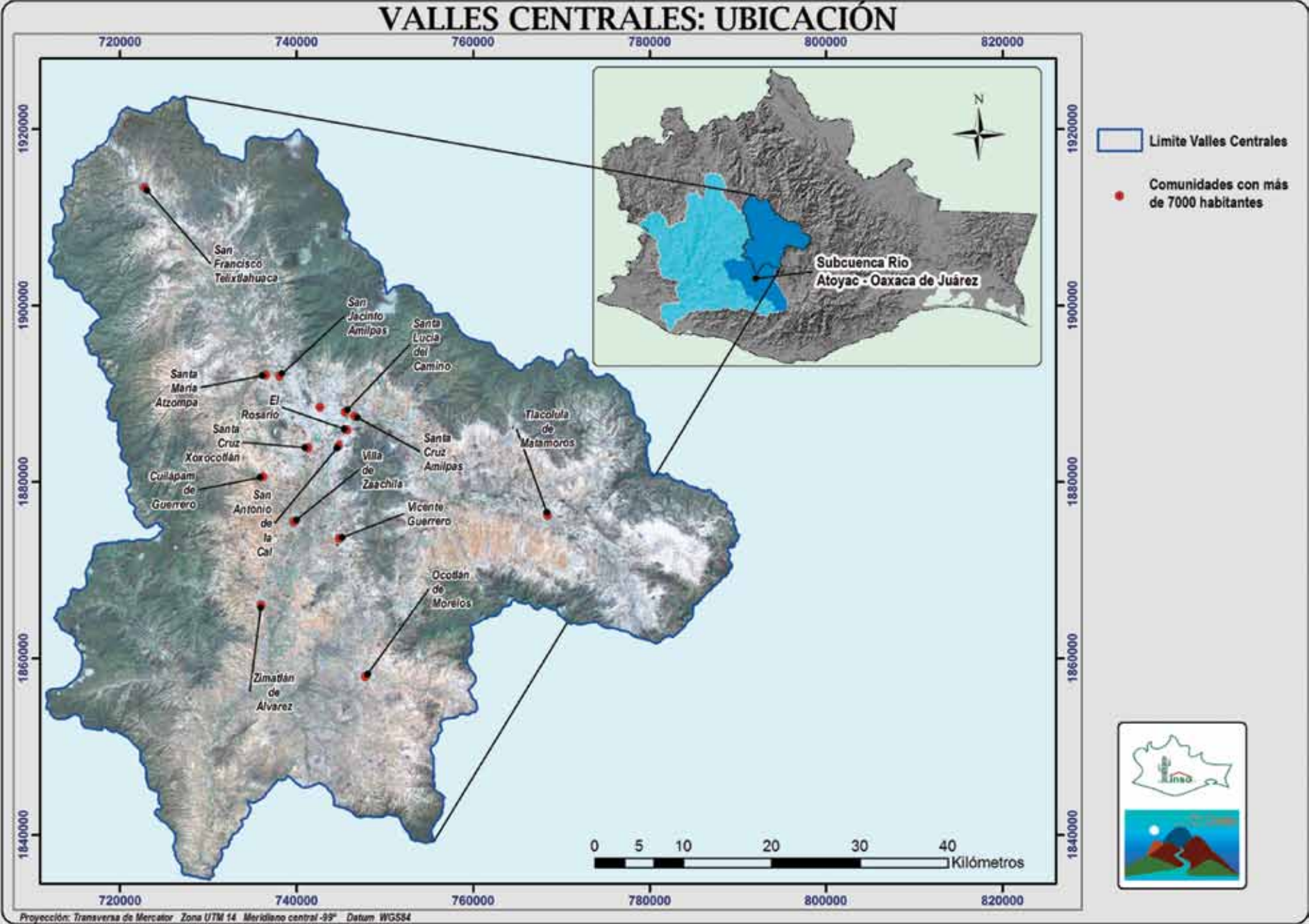
Hay dificultades considerables para caracterizar los ciclos hidrológicos y un punto de partida común es equiparar las distintas fases a los términos de una ecuación que se conoce como balance hídrico:

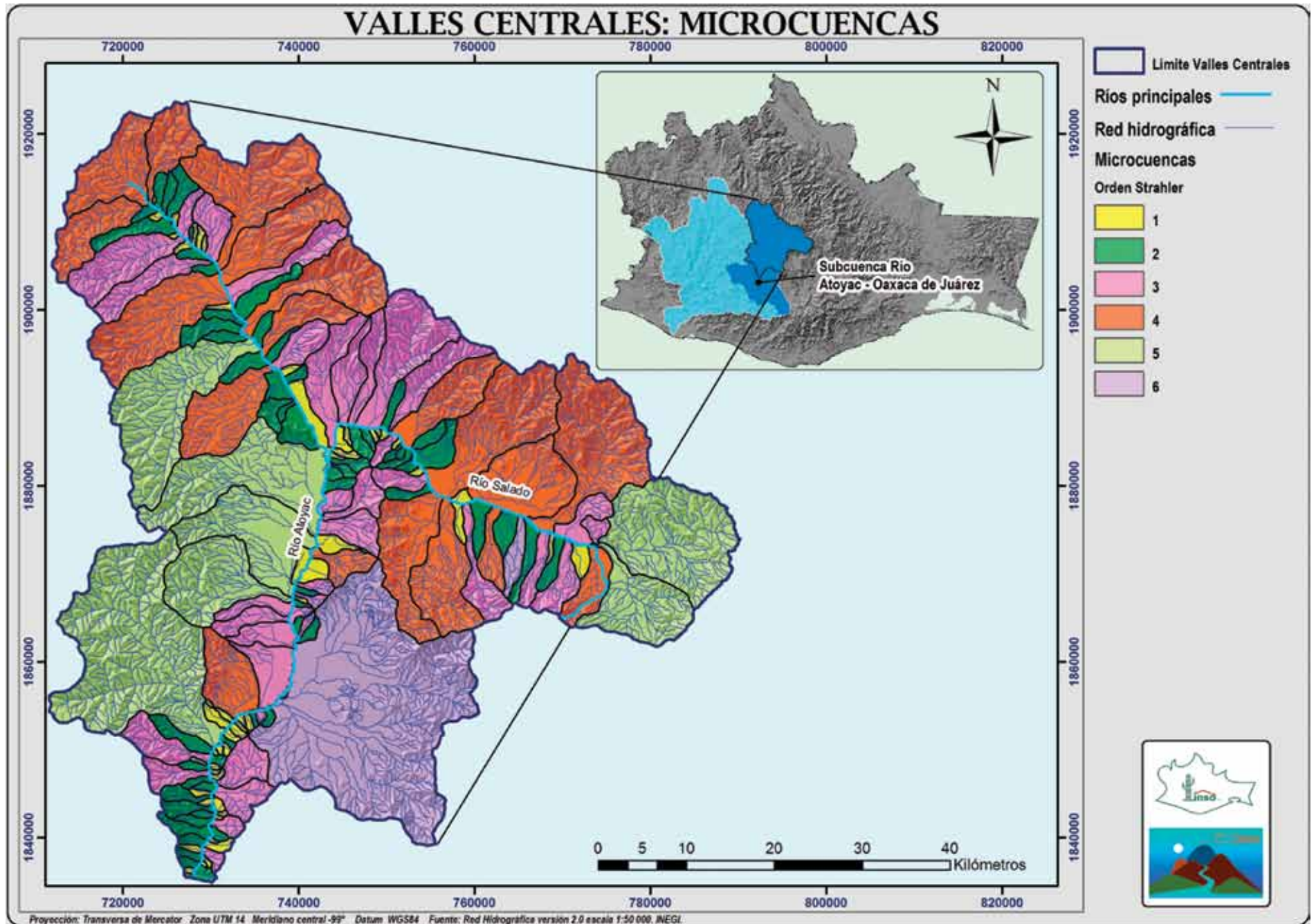
$$\begin{aligned} \text{Precipitación} = \\ \text{Evapotranspiración} \\ + \text{Esguerrimiento} \\ + \text{Infiltración} \end{aligned}$$

Se trata de un esquema muy simplificado, pero representa un buen inicio para entender los procesos. Es además el punto de partida para los estudios de disponibilidad que por norma debe elaborar la CNA. Veremos a continuación lo que sabemos de cada una de estas fases.

CUADRO 28





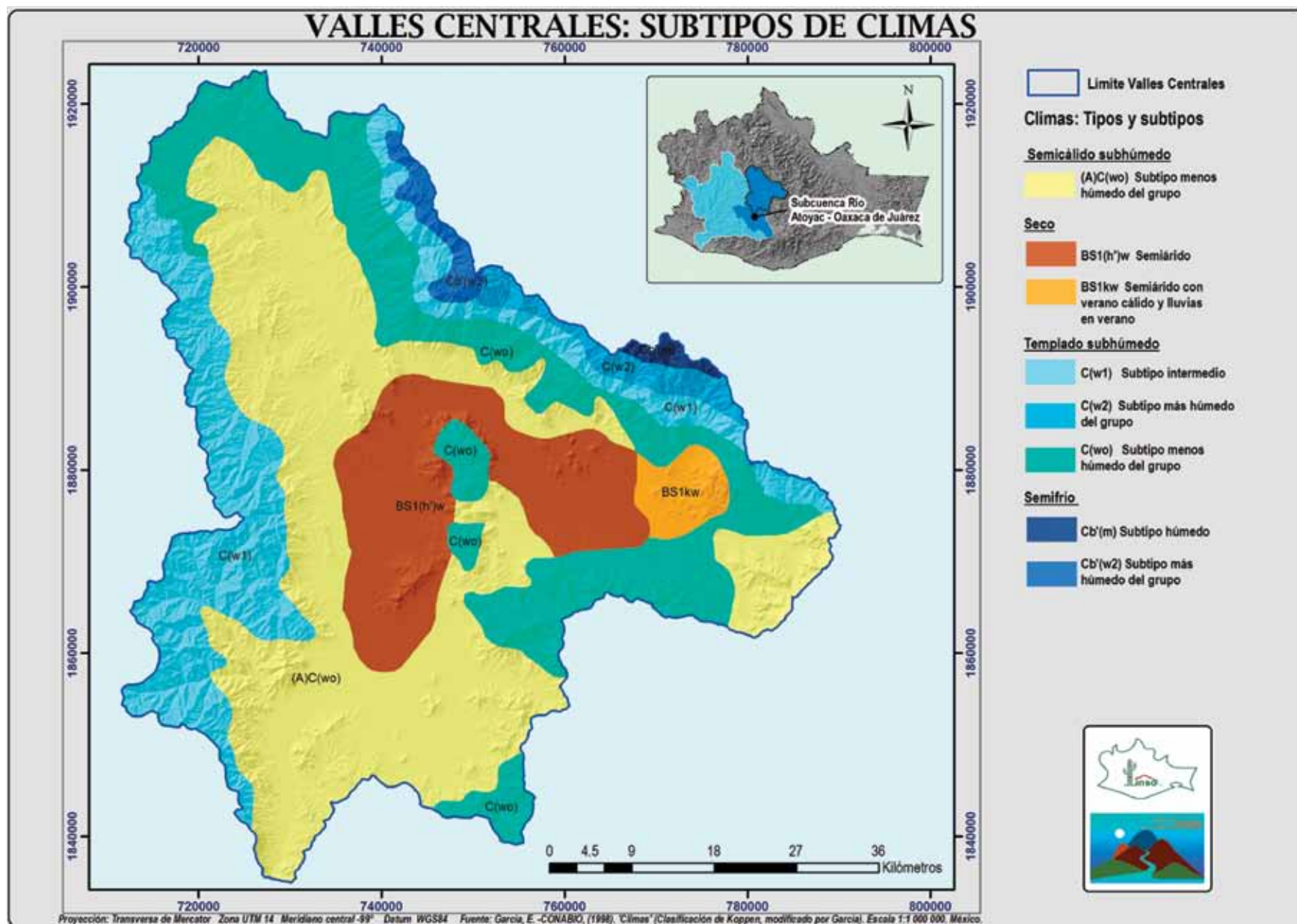


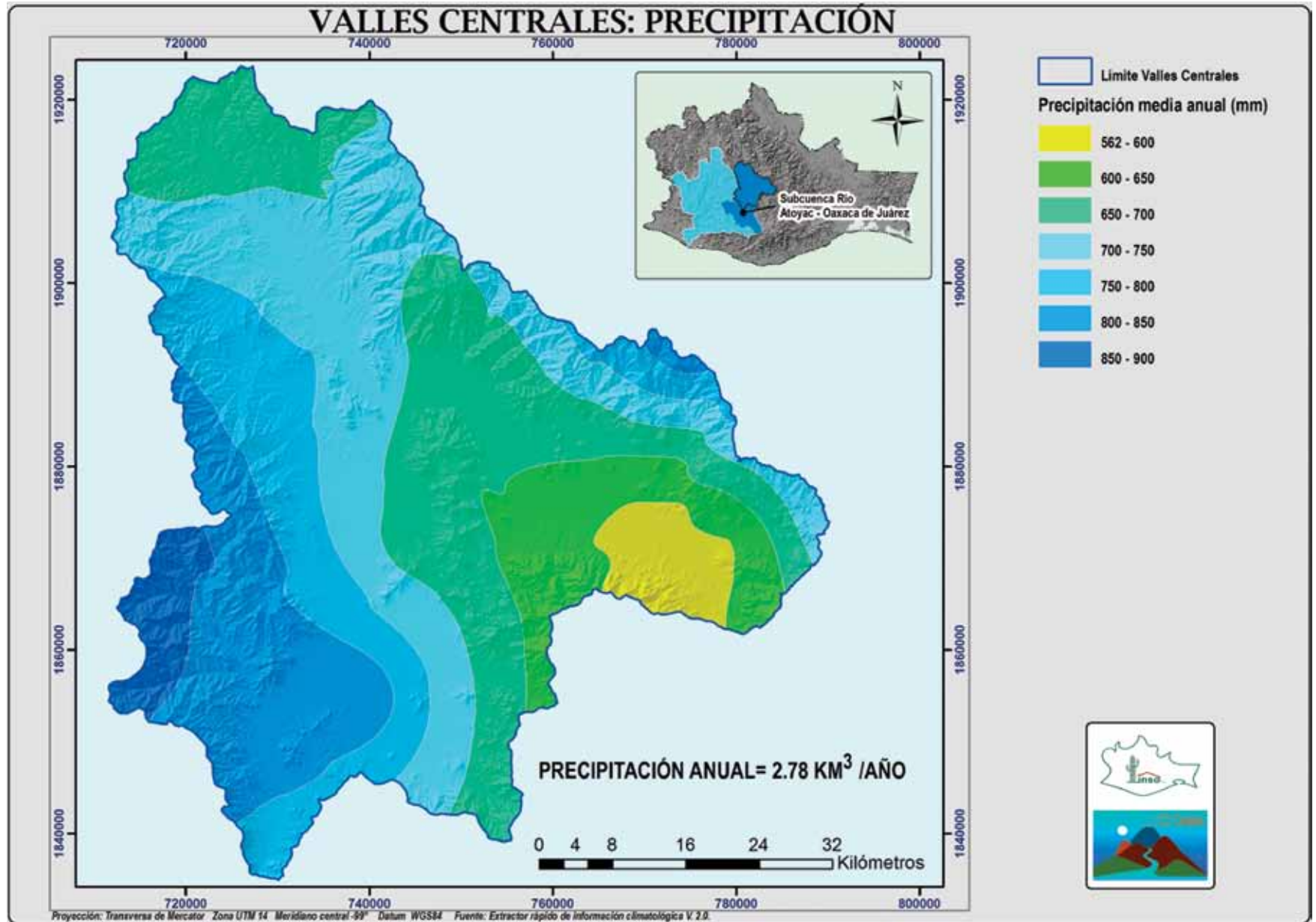
Precipitación

Hay varios cálculos de cuánto llueve en los Valles Centrales. Se basan en mediciones de estaciones meteorológicas y en clasifica-

ciones de climas (Véase Mapa 34). Nuestras propias estimaciones requirieron un modelo geográfico que corresponde al Mapa 35.

MAPA 34





De acuerdo con estas estimaciones, en la región llueve anualmente dos mil 780 millones de metros cúbicos en promedio. Posteriormente presentaremos y comentaremos las diferencias con otros cálculos. La siguiente variable por dilucidar es la evapotranspiración,

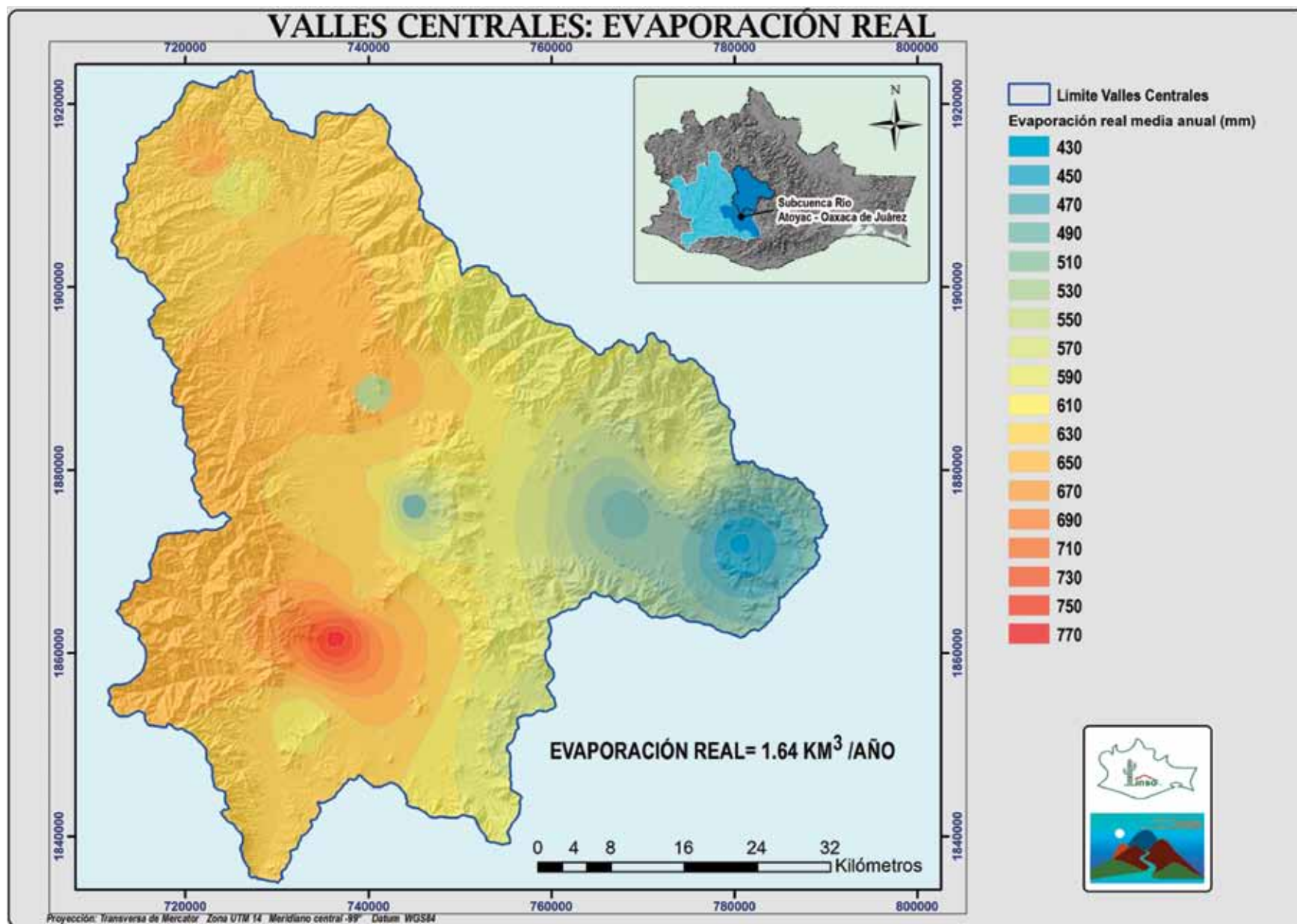
es decir, la suma de lo que se evapora del suelo, los cuerpos de agua y el aire, más lo que transpiran los seres vivos, fundamentalmente las plantas. Su cálculo es más complejo; depende de temperaturas, de tipos de superficies y otros factores. En general, la

deforestación y la urbanización disminuyen la evapotranspiración. A partir de datos de Pérez *et al.*, (2010) hemos elaborado el Mapa 36: se evaporarían en promedio unos mil 640 millones de metros cúbicos al año, esto es, 59% de lo que cae. El cálculo es algo burdo

pero es consistente con referencias de otros estudios (Galindo *et al.*, 2010; IMTA *et al.*, 2008; Burns, 2009).

La estimación del escurrimiento debería ser sencilla. En diferentes puntos de la cuenca hay estaciones hidrométricas, precisa-

MAPA 36



mente las que se usaron para el cálculo del caudal ecológico que presentamos en la sección II.3. En la estación Atoyac-Tlapacoyan, que registraría todo lo que escurre, el valor promedio anual es de 339 millones de metros cúbicos, 12% de lo que llueve. Sin embargo este valor no es congruente con la literatura ni con lo que sabemos de la cuenca. Regresaremos a eso más adelante.

La estimación más difícil de hacer es la de infiltración, pues aquí entran en juego no sólo los factores atmosféricos y superficiales sino también los subterráneos. Además, no contamos con muestreos sistemáticos de infiltración y mucho menos de los efectos que provocan los cambios de usos del suelo.

La región de los Valles Centrales de Oaxaca se sitúa entre dos provincias geológicas regionales cuyo límite es la gran estructura de la Falla Oaxaca (Véase la parte de geología en la sección EL ESCE-

NARIO NATURAL, CAP. II). Lo que corrientemente se llama el acuífero de Valles Centrales es la parte aluvial, superficial del subsuelo, formado por una mezcla no consolidada de grava, arena, limo y arcilla. El espesor de los sedimentos que conforman la zona más productora del acuífero varía de 20 a 200 m en el Valle de Etla; de 15 a 100 m en el Valle de Tlacolula, y de 10 a 100 m en el Valle de Zimatlán (Reyes *et al.*, 2009). Más abajo, después de una capa más o menos impermeable, hay otro acuífero, a partir de unos 150 m de profundidad (Flores, *et al.*, 2008), que contiene agua de mala calidad (con alto contenido de sales, fierro y manganeso) y de muy difícil extracción. Una representación gráfica para el Valle de Etla se muestra en el Cuadro 29 (CNA, 2001).

La geohidrología de los Valles Centrales corresponde al Mapa 37.

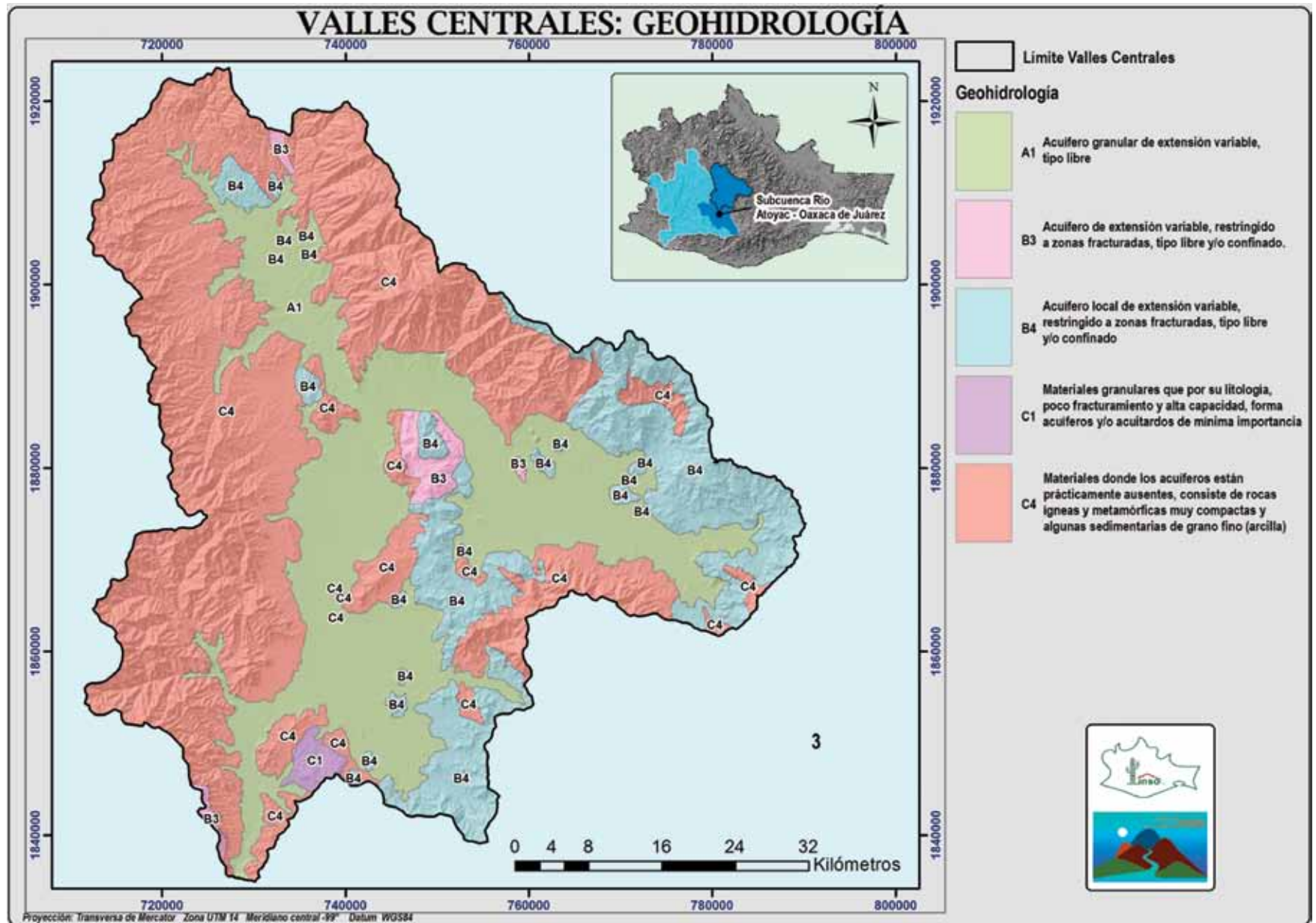
CUADRO 29



Los factores que determinan la infiltración son, en términos generales, la topografía (en especial las pendientes), el tipo de suelo y la cobertura vegetal, así como la condición geológica subterránea que acabamos de describir. Sin embargo, tanto los pocos datos

experimentales (Belmonte, 2005) como la condición general de la cuenca, crecientemente impermeabilizada por la urbanización y otros cambios de uso del suelo, sugieren una disminución drástica de la infiltración (así como de la evapotranspiración) y un aumento

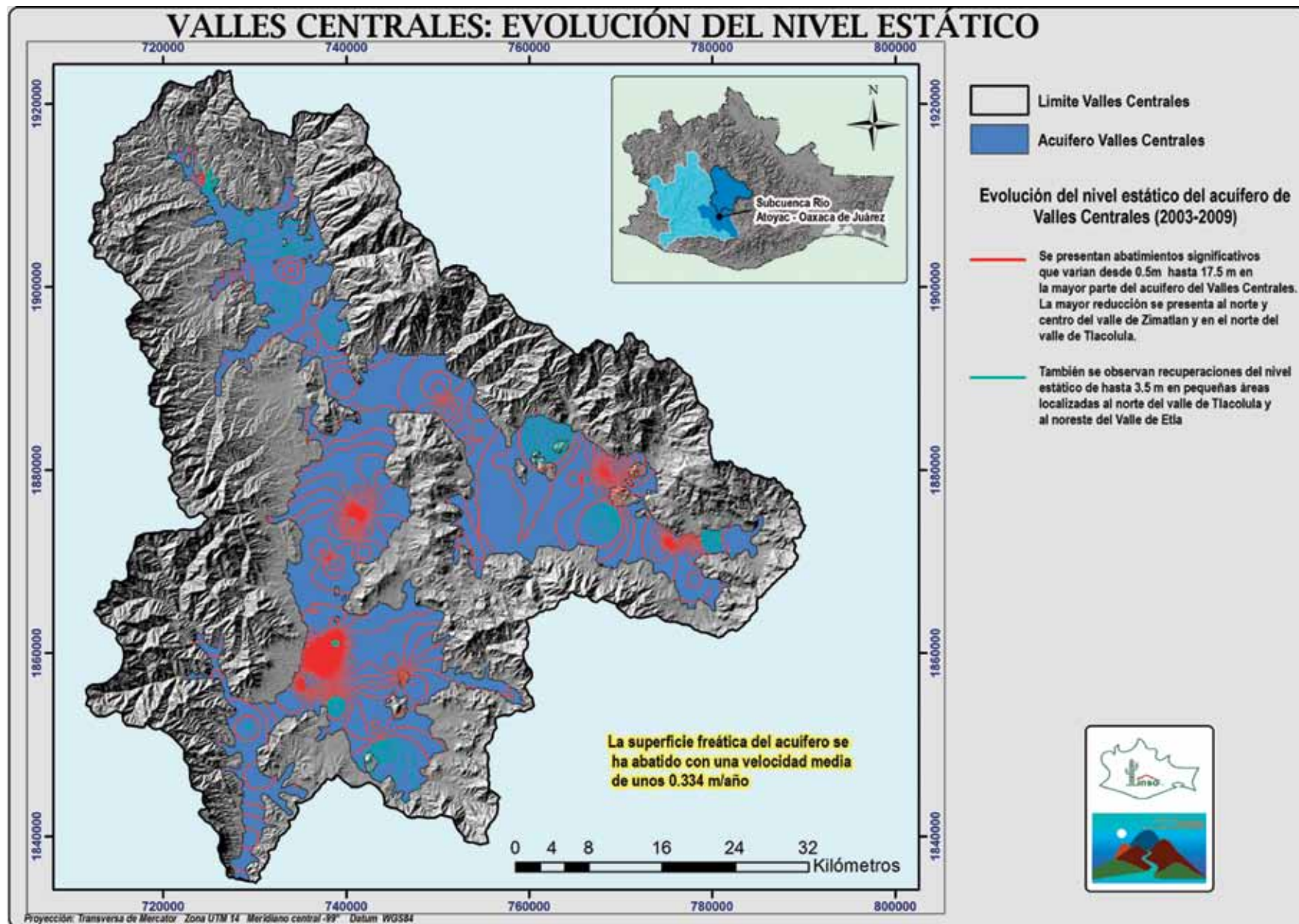
MAPA 37



consiguiente del escurrimiento. La CNA consigna una recarga del acuífero de 153 millones de metros cúbicos anuales, pero en ese caso el escurrimiento tendría que ser al menos el doble del registrado. ¿Dónde está esa agua? Puede haber un error grande en las

estimaciones de precipitación o evaporación, aunque es improbable, o bien el agua fluye en enormes cantidades a otras formaciones geológicas o al acuífero profundo, aunque eso es inconsistente con lo que sabemos. La otra opción es que el escurrimiento esté

MAPA 38



subestimado severamente. El análisis de caudal ecológico sugiere una disminución severa del caudal luego de pasar por la ciudad. Tenemos por otro lado el hecho inobjetable de la disminución del manto freático principal. El Mapa 38 muestra la evolución del nivel estático. Retomaremos la discusión de balances y ciclo luego de considerar otro factor fundamental: los usos humanos del agua.

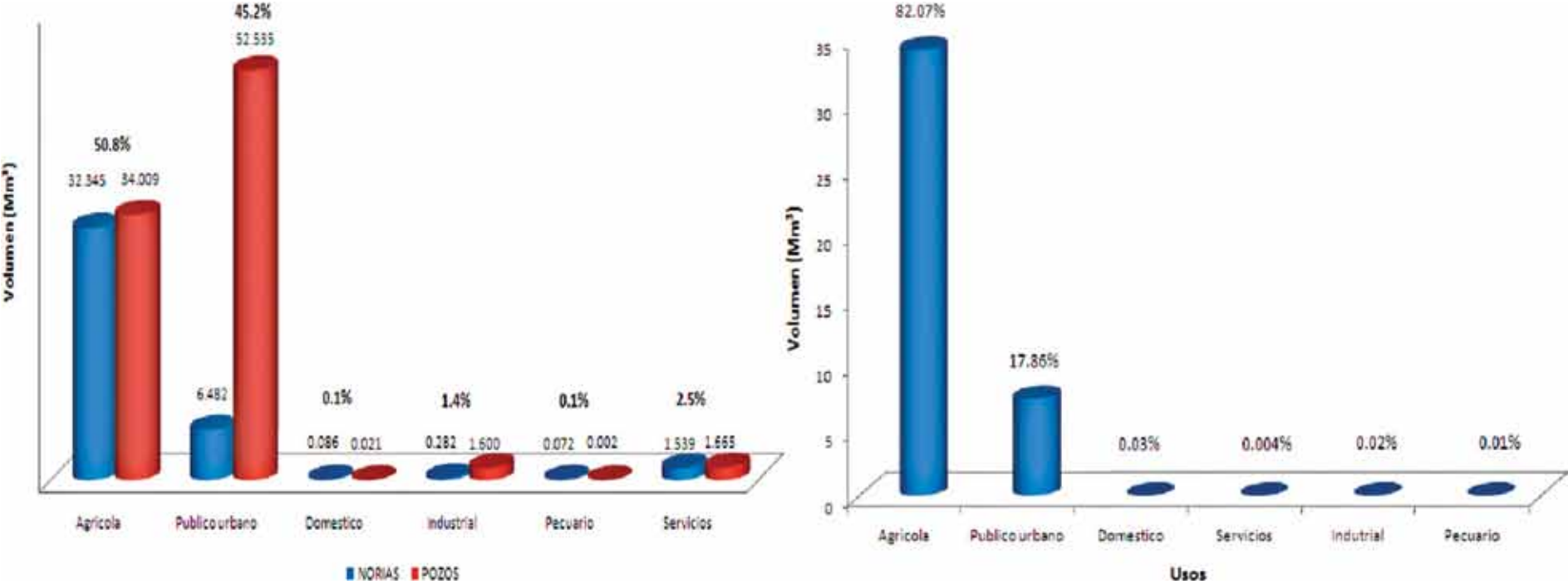
4.2. LOS USOS DEL AGUA

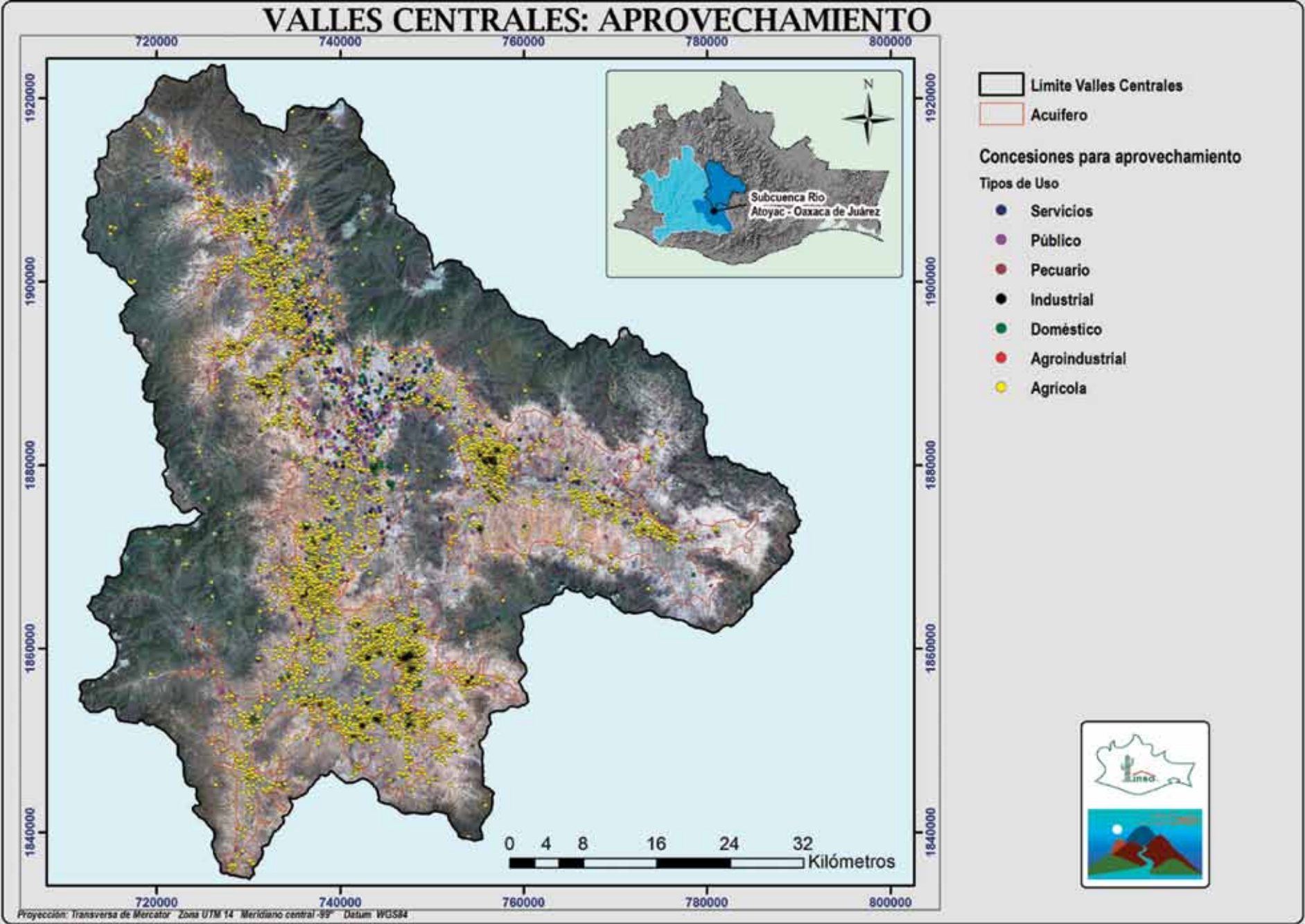
Hasta el asunto aparentemente simple de cuánta agua usamos y para qué tiene inexactitudes considerables. Empecemos por los datos oficiales de la CNA, a partir de los títulos de concesión vigentes: en 2009 el total anual de aguas concesionadas era de 173 millones de metros cúbicos, 76% subterránea y el resto superficial,

distribuida por tipos de uso de acuerdo con el Cuadro 30. El Mapa 39 indica la ubicación de tales concesiones.

Sin embargo, estos datos subestiman notoriamente la extracción; primero porque hay muchos aprovechamientos sin concesión legal, y segundo porque la extracción real puede exceder el volumen autorizado. Por ejemplo, según otros cálculos el uso agrícola subterráneo sería al menos 20% mayor que el volumen concesionado, en el caso del agua subterránea (Reyes *op cit.*), y la proporción sería mayor en las fuentes superficiales, de modo que niveles de uso de 120 millones de metros cúbicos anuales serían más cercanos a la realidad. Es evidente en todo caso que, en cuanto al agua subterránea, se hace una extracción superior a la recarga y que el principal uso es agrícola. Hemos consignado ya, al referirnos a la subcuenca, que el agua para uso agrícola representa la mayor parte de toda la que gastamos y es también la más grande

CUADRO 30 • TIPOS DE USOS DEL AGUA





contribución a las aguas residuales. En los Valles Centrales de Oaxaca se usan para irrigación agrícola unos 4m³/seg, el doble de la que se emplea para todos los otros usos juntos. Acostumbrados a tiempos de mayor abundancia y debilitados sus conocimientos ancestrales, muchos campesinos riegan hoy de modo ineficiente y derrochador.

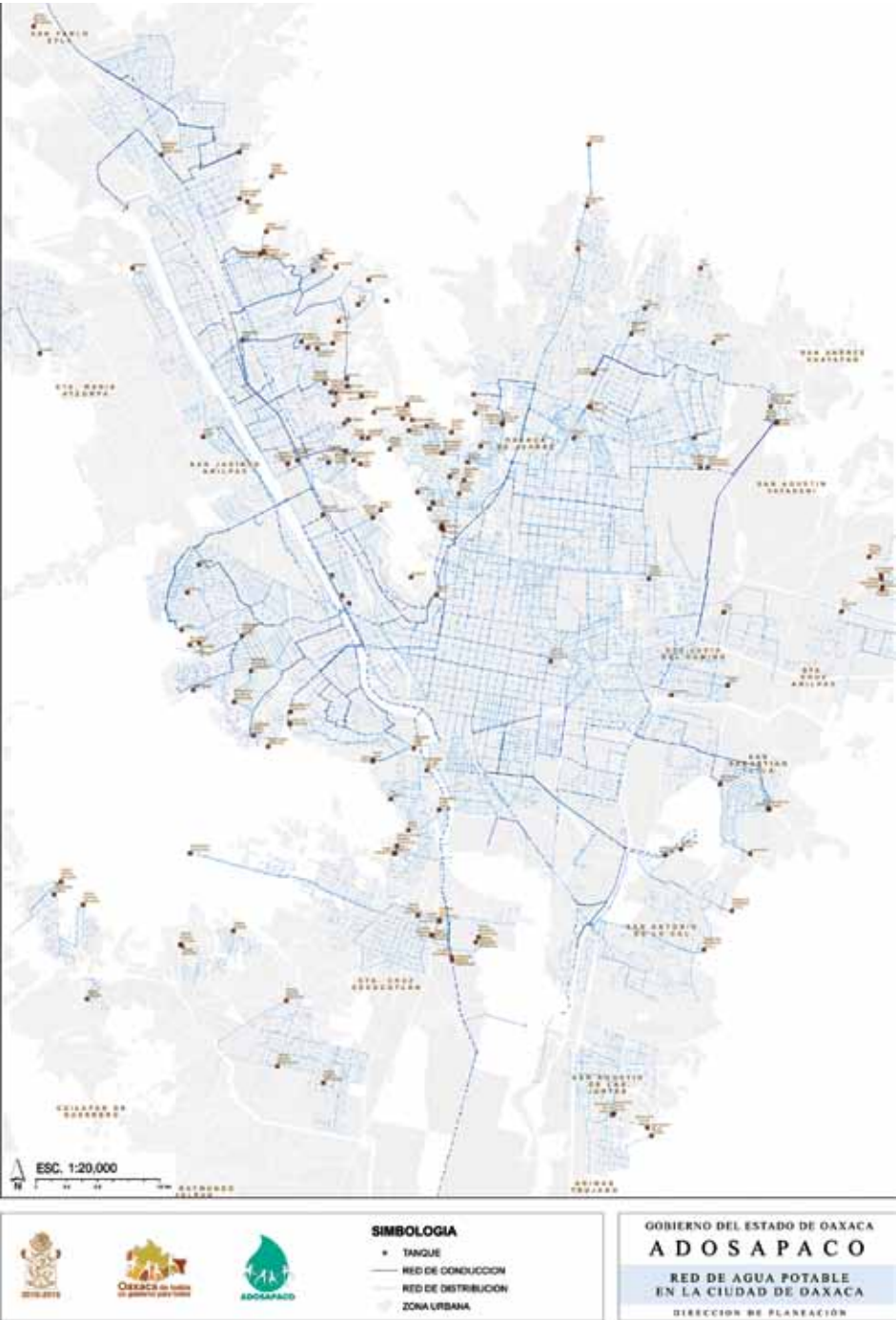
Uso urbano

La mayor parte del agua destinada a uso doméstico y servicios corresponde a la red de la ciudad de Oaxaca, administrada por la ADOSAPACO, la cual se muestra en el Cuadro 31. El panorama de los servicios de agua potable ha sido analizado con bastante detalle (Martin *et al.*, 2005; Reyes *et al.*, *op. cit.*; Consejo, 2010; Reyna, 2010) y por razones obvias es objeto de gran atención en los medios. Hay consenso en que el servicio es malo y causa problemas constantes a la población del área conurbada de Oaxaca. Como referimos en la PERSPECTIVA HISTÓRICA, EN EL CAP. II, y como muestran los datos acerca del ciclo hidrológico, el problema principal, más que de escasez de agua, es de ineficiencia, inequidad y desperdicio. No obstante, al menos entre 2005 y 2012 el tema del abasto se presentó en los términos que aparecen en la Tabla 14.

TABLA 14

SUMINISTRO ACTUAL DE AGUA POTABLE POR FUENTE	LITROS POR SEGUNDO
Pozos	350
Manantiales	150
Total	500
Necesidades actuales	1,500
Déficit	1,000

CUADRO 31 • RED DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OAXACA



Al margen del debate sobre la manera en que se definen las necesidades, estos datos ignoraban el abasto de otras fuentes. Hay elementos suficientes para suponer que se trataba de justificar la gran obra del acueducto y la Presa Bicentenario, actualmente en sus fases iniciales de construcción. Al margen de la propaganda oficial, tal obra ha suscitado diversas y fundadas objeciones (Consejo, *op. cit.*; Reyna, *op. cit.*; Barkin, 2005) las cuales pueden sintetizarse en que responde al enfoque cuya idea de solución son las transferencias entre cuencas y la construcción de megapresas, medidas que históricamente han probado ser dañinas e injustificables económicamente (Arrojo, 2005).

En los últimos tres años el gobierno del estado, mediante mejoras a la red y los pozos y construcción de otros nuevos, ha incrementado considerablemente el abasto urbano. De acuerdo con nuestras estimaciones, la disponibilidad actual, considerando las distintas fuentes, es como se indica en la Tabla 15:

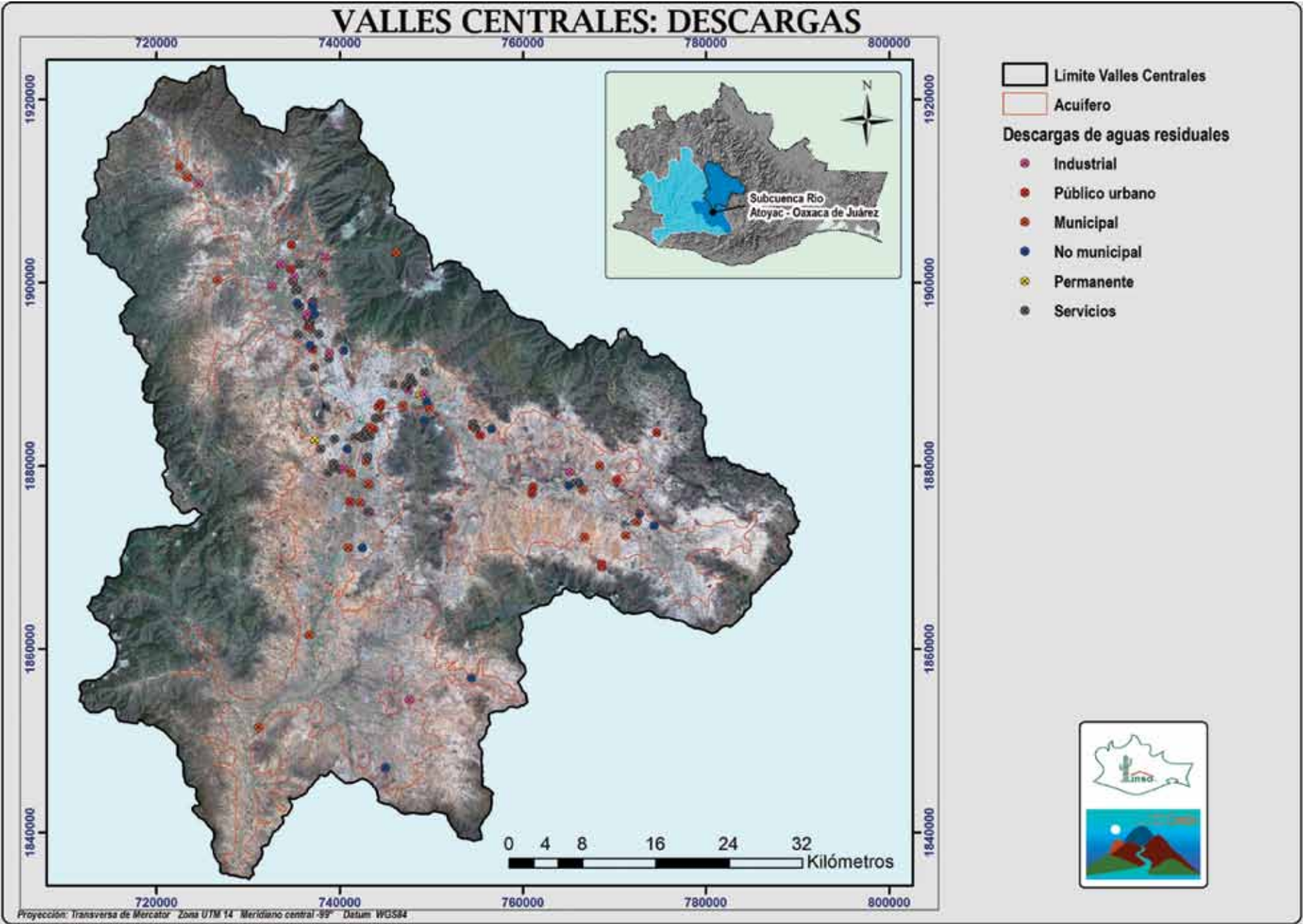
TABLA 15

CONDICIÓN ACTUAL DE SUMINISTRO (L/SEG)	NUESTRAS ESTIMACIONES
Pozos	650
Manantiales	150
Pipas	120
Pozos de uso particular	150
Lluvia y otras fuentes superficiales	30
TOTAL	1,100

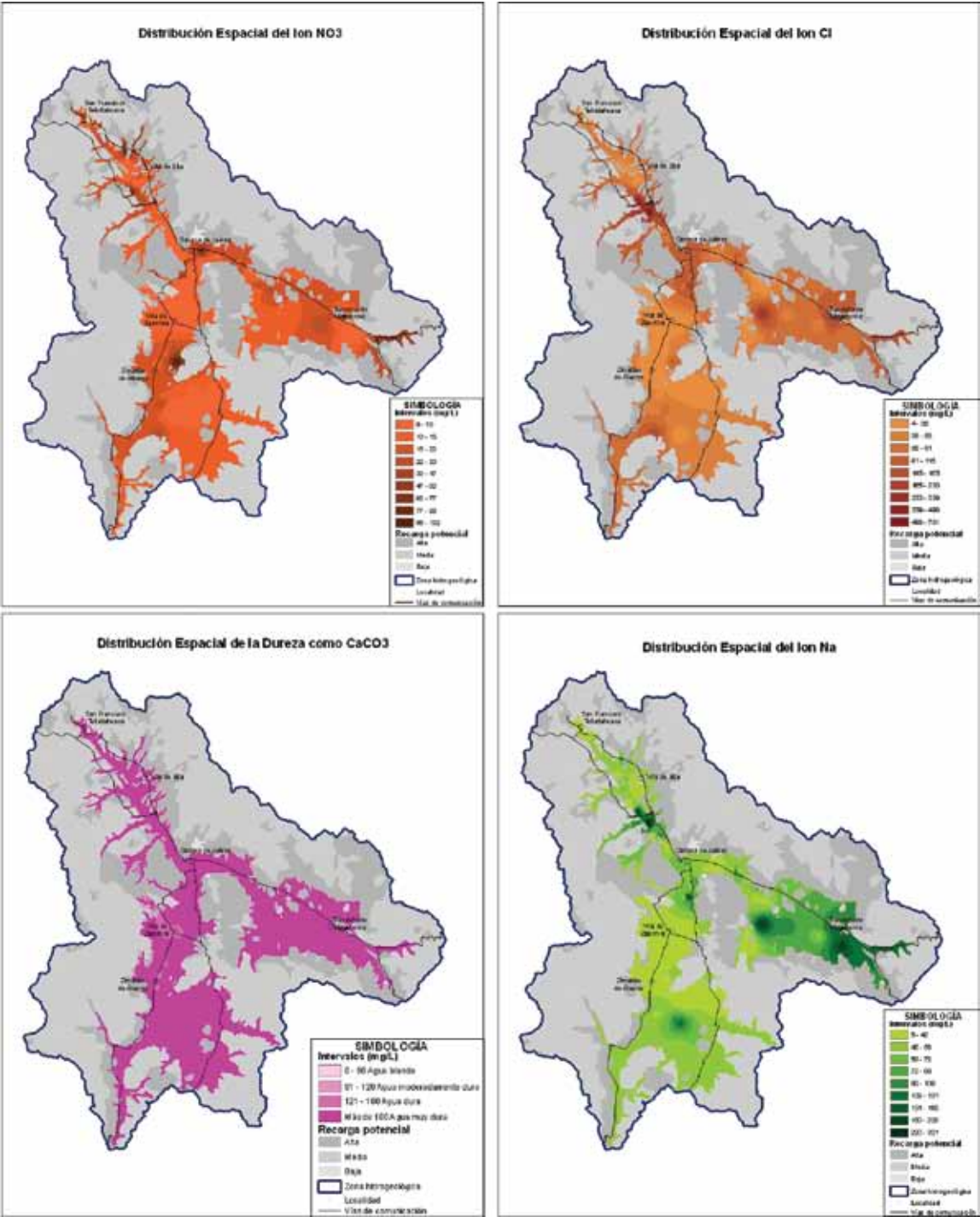


Calidad de agua

La calidad del agua es muy variable en la región, pues depende de la ubicación de la fuente. Debido a que en su mayor parte se obtiene del acuífero subterráneo, de manera natural es dura y con alto contenido de fierro, manganeso y en menor medida arsénico (Caballero *et al.*, 2010). Los muestreos del agua para uso humano registran de manera frecuente valores superiores a la norma en nitrógeno amoniacal, sales e incluso en coliformes (Reyes *et al.*, *op. cit.*), y hay varios estudios que señalan los riesgos de contaminación bacteriológica de fuentes superficiales (Navarro-Mendoza, *et al.*, 2002) y del acuífero (Belmonte *et al.*, 2006). La información de contaminación de agua por agroquímicos es aún más insuficiente. Sin embargo, la distribución espacial que resulta de los muestreos para elaborar la Serie III de Hidrología de Aguas Subterráneas del INEGI (Ismael Sandoval, com. pers.) mostraría ya varias zonas críticas en la región, como se ve en los mapas siguientes:



MAPA 41
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE IONES



4.3. FACTORES DE DESEQUILIBRIO

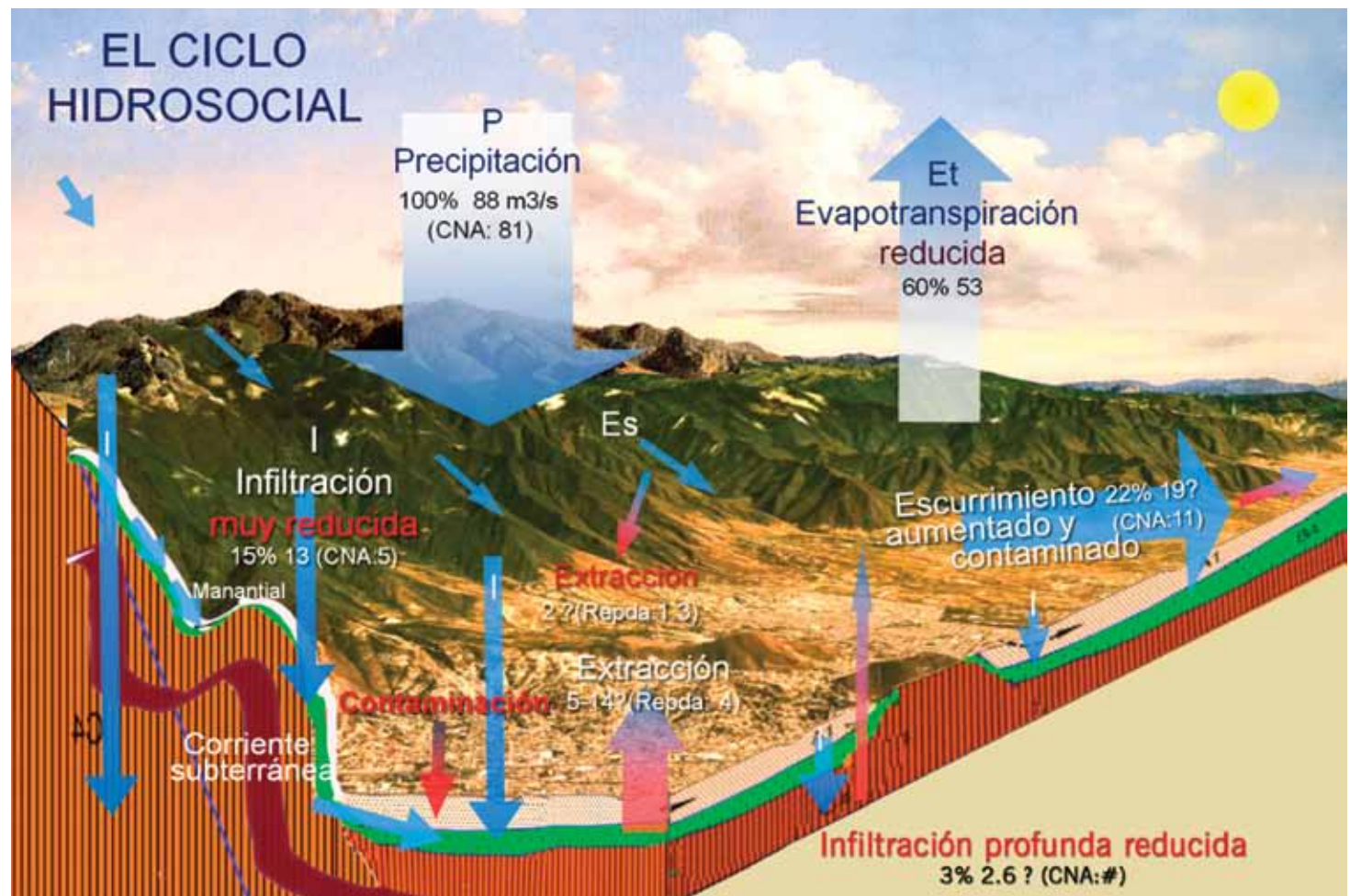
De la sección anterior podemos concluir no sólo que sabemos muy poco del ciclo hidrosocial en los Valles Centrales, sino que los modelos y datos que actualmente emplean las instituciones oficiales tienen tales limitaciones que los vuelven casi obsoletos como instrumentos sólidos de planeación y administración del agua. Las principales limitaciones de los balances hídricos y los estudios de disponibilidad son: la estimación de la evapotranspiración suele calcularse restándola de las otras variables y no considera los efectos de la urbanización (que la reducen drásticamente); los datos de las estaciones hidrométricas tienen interrupciones y lagunas; no se considera en absoluto el agua contenida en los sistemas biológicos, ni la almacenada, ni la que hay en el suelo (capa superficial no saturada); para el cálculo de volúmenes de extracción se usan datos (no siempre actualizados) de títulos de concesión, lo que la subestima grandemente porque muchos usos no están registrados o se aprovechan volúmenes por encima de lo autorizado o para fines distintos. Finalmente, se desestima la importancia hidrológica de las zonas altas de los Valles, en particular la Cordillera Norte, sobre la base de las clasificaciones

geohidrológicas en donde éstas se registran como *acuíferos prácticamente ausentes* (Véase Mapa 37).

Retomemos el diagrama del ciclo hidrológico (Cuadro 28) para representar nuestros saberes y carencias en este nivel muy general.

Las carencias son tales que no podemos siquiera cuadrar la ecuación simplificada de *precipitación = evapotranspiración + escurrimiento + infiltración*. En particular, el escurrimiento debería ser mucho mayor que el registrado.

CUADRO 32



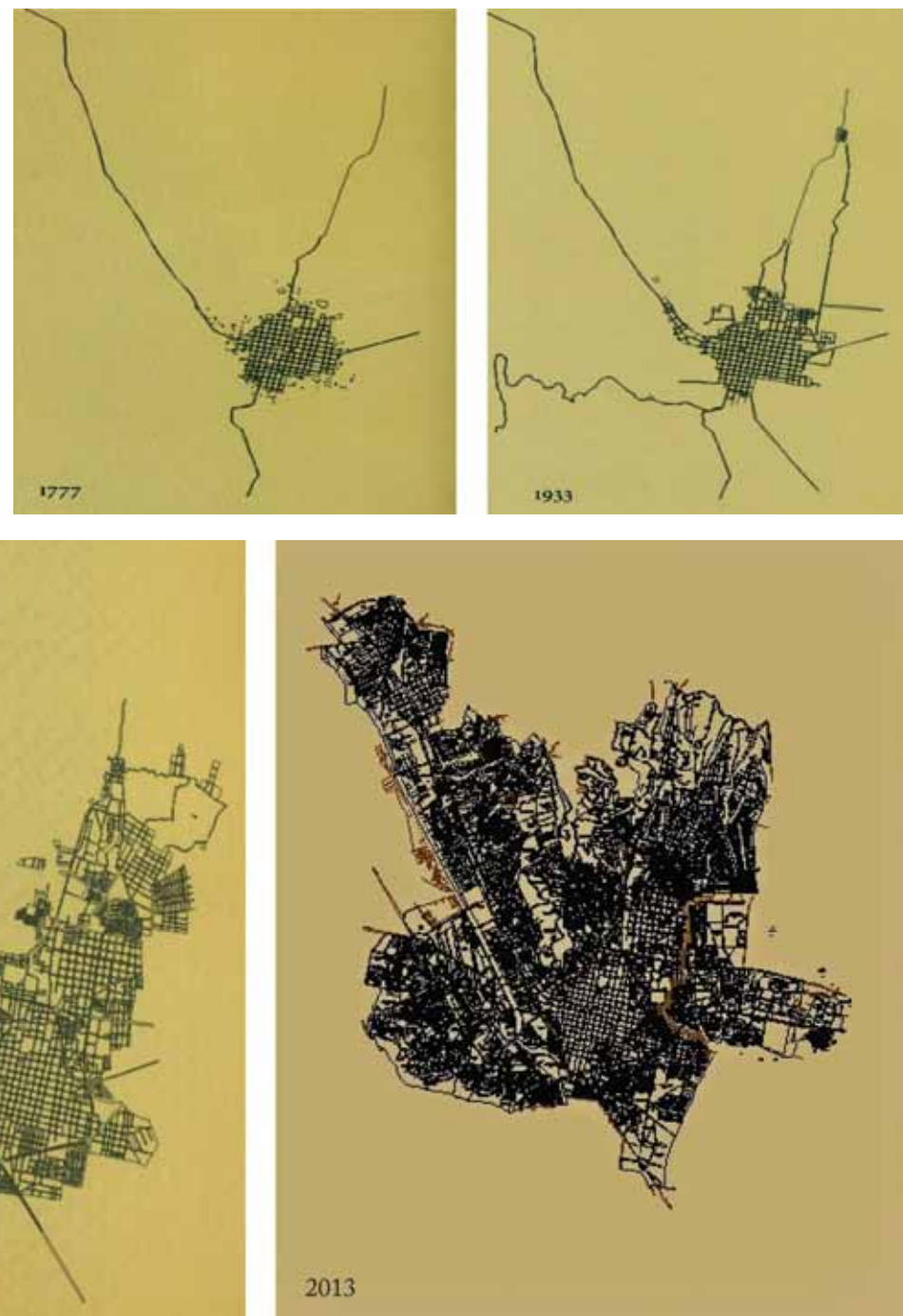
Es urgente y de obvia importancia y urgencia mejorar sustancialmente nuestro conocimiento del ciclo hidrosocial. Entre los temas prioritarios destacan la hidrología subterránea, el monitoreo permanente de cantidad y calidad de agua superficial y subterránea, los cambios estacionales de los flujos de agua, los usos sociales actuales de agua, el caudal ecológico y los cambios de uso de suelo y sus efectos en el ciclo.

Asimismo, tendremos que trabajar concertadamente en un modelo que corresponda a la condición dinámica y multifactorial de nuestra relación con el agua.

Factores de desequilibrio

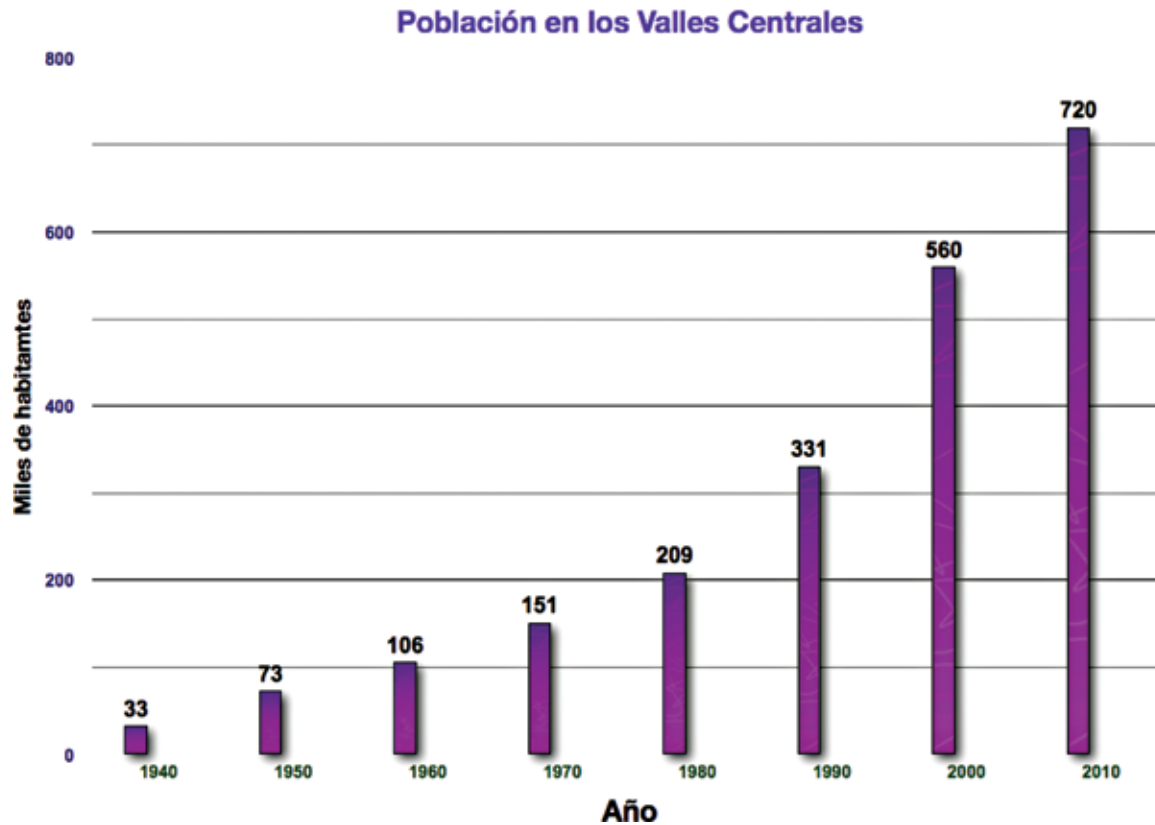
Las secciones previas de este plan lo documentan con contundencia: en los Valles Centrales el cambio de uso de suelo, el pavimento, el cemento han disminuido drásticamente la infiltración y la evaporación. Como consecuencia han disminuido los mantos freáticos y el microclima se ha vuelto más extremo; al mismo tiempo hemos extraído en exceso el agua subterránea para la agricultura y los usos urbanos. Esta situación ha hecho que aumente el agua que corre superficialmente, lo cual está agravando las inundaciones y los azolves. Además estamos contaminando tanto el agua superficial como la subterránea. Son elocuentes los croquis del Cuadro 33, que son una modificación de los planos de crecimiento de la ciudad de Oaxaca (López, 2007), así como la gráfica de crecimiento poblacional del Cuadro 34.

CUADRO 33 • CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE OAXACA



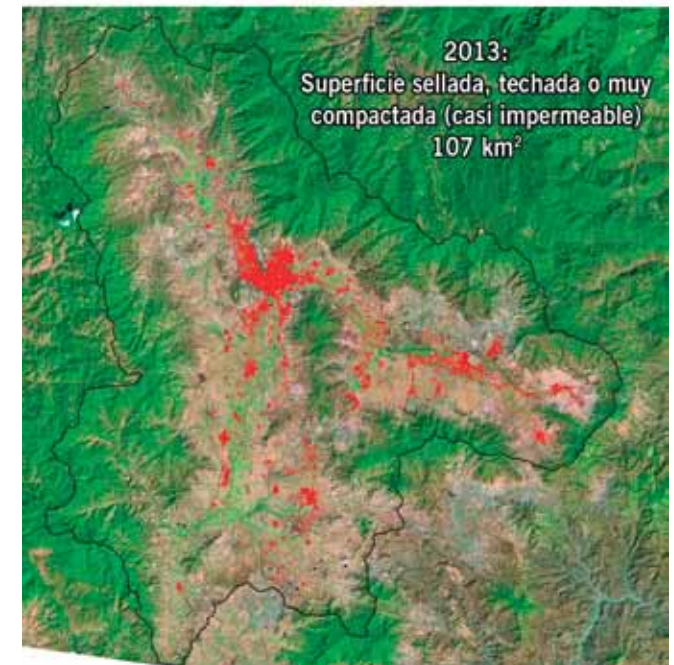
CUADRO 34

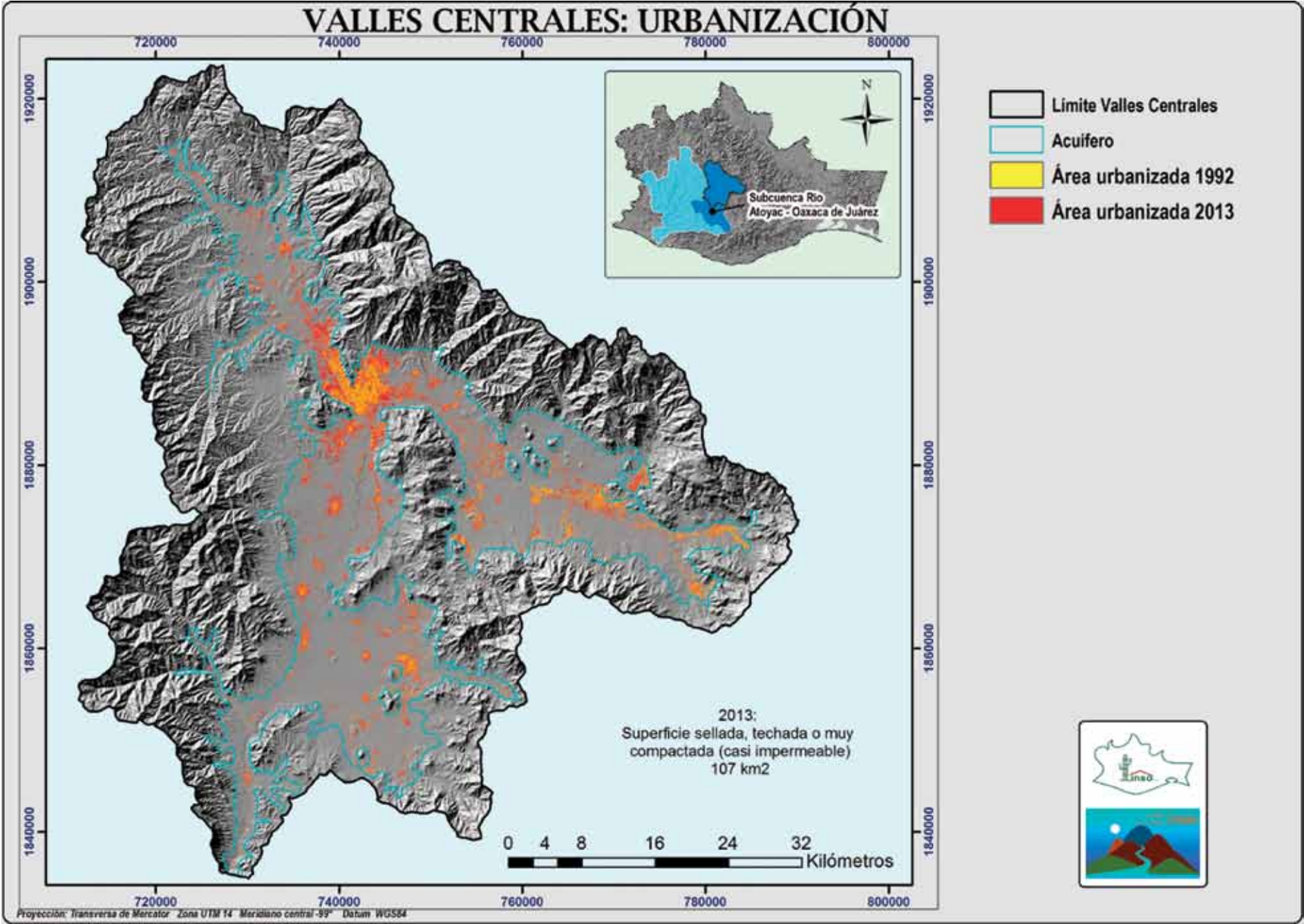
MAPA 42 • IMPERMEABILIZACIÓN POR CRECIMIENTO URBANO



Actualmente el área conurbada está constituida por 23 municipios y la habitan unas 621 mil personas que representan 46% del total de la población de toda la cuenca del Río Verde-Atoyac.

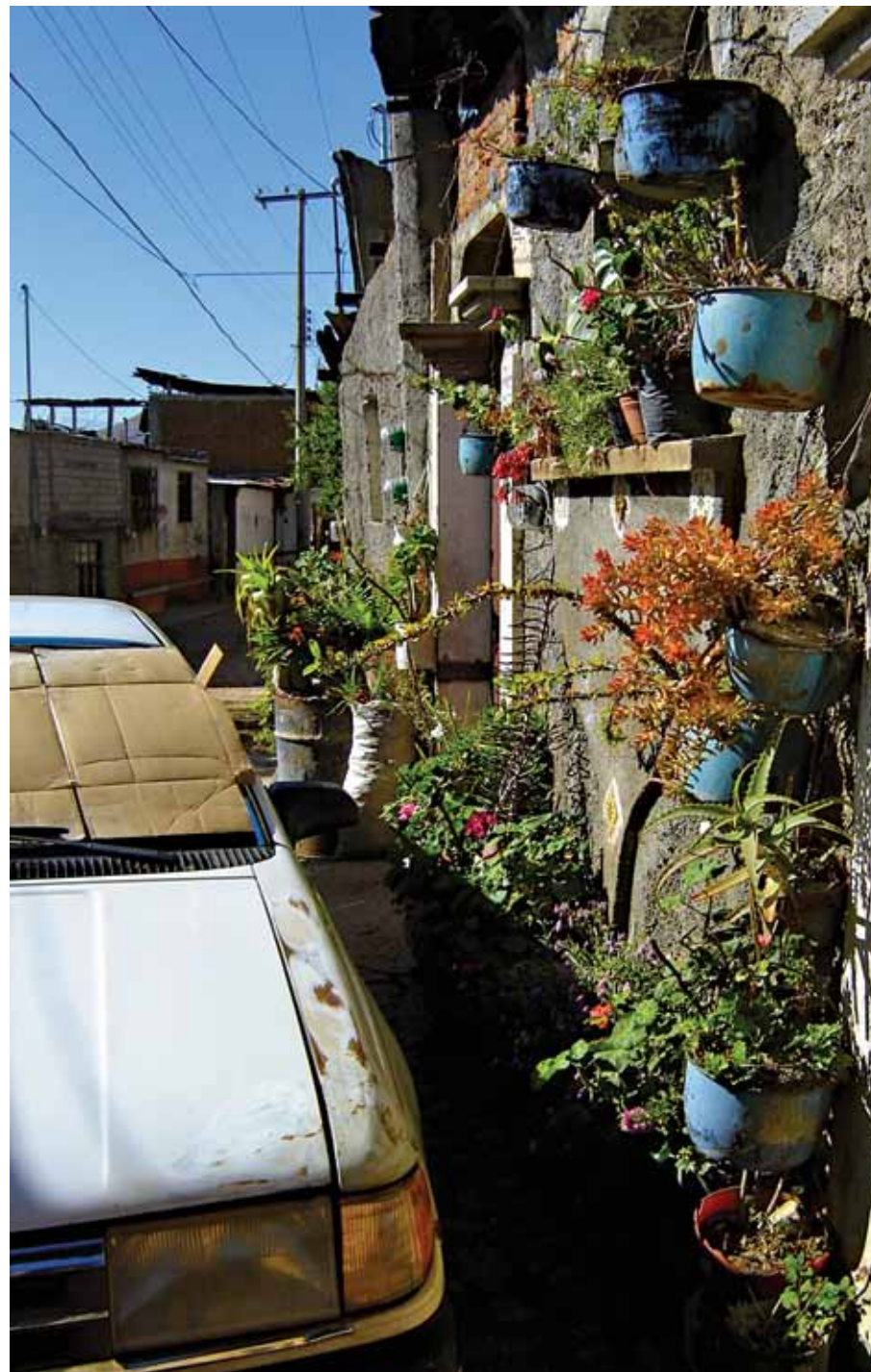
Realizamos un ejercicio que se complementa con los estudios de caudal ecológico y de cambio de uso del suelo, para determinar el impacto de impermeabilización que ocasiona el crecimiento urbano en el ciclo hidrosocial y que representamos en los Mapas 42 y 43. En 21 años la superficie completamente impermeable casi se duplicó y ya suma 3% de la superficie total en los Valles Centrales. A partir de estos análisis y de los de cambios de uso del suelo ya presentados podemos inferir (comparando con otros estudios) que el impacto de urbanización y la deforestación se traduce en que la filtración disminuye 40% y la evapotranspiración 10%.





A modo de conclusión de esta revisión somera del ciclo hidrosocial en los Valles Centrales, apoyada por la perspectiva histórica antes delineada, podemos decir que hoy día tenemos bastante agua en términos globales, pero hemos abusado de ella en una parte específica de su ciclo, las aguas subterráneas de poca profundidad, y simultáneamente hemos disminuido de manera drástica la recarga por la deforestación y la urbanización. Una lista más precisa de las principales alteraciones del ciclo es:

- Disminución de la infiltración por deforestación y cambios de uso del suelo.
- Aumento en la cantidad y la velocidad de la escorrentía superficial y el azolve.
- Disminución en la evapotranspiración.
- Extracción excesiva de agua subterránea.
- Creciente huella hidrológica de actividades humanas.
- El curso de arroyos y ríos, sus márgenes y lechos y su patrón de escurrimiento han sido modificados radicalmente. Contribuyen a ello obras de rectificación y control de inundaciones, destrucción de vegetación y explotación incontrolada de grava y arena de los lechos.
- Seria contaminación por desechos urbanos, especialmente descargas domésticas, productos químicos usados en servicios diversos, aceites automovilísticos, etc., así como agroquímicos y desechos hospitalarios.



III. REGULACION: HACIA UN CICLO HIDROSOCIAL EN EQUILIBRIO

III.1. LOS ACTORES Y LOS RETOS

1. 1. ANDAMIAJE LEGAL Y ADMINISTRATIVO ACTUAL

En Oaxaca y en el país en general hay tantas leyes e instituciones relacionadas con el agua que es difícil saber qué instrumentos legales corresponden a cada tema y cuál es la autoridad responsable. Tenemos la Constitución, los tratados internacionales, las leyes federales, estatales y municipales, y diversos reglamentos y normas oficiales. En el caso de la entidad tenemos además los sistemas normativos tradicionales, comúnmente llamados *usos y costumbres*. El esquema que mostramos en el Cuadro 35 puede ser útil para esclarecer el panorama.

CUADRO 35



Leyes

En el nivel federal, el principal instrumento jurídico es la Ley de Aguas Nacionales (LAN), reglamentaria del artículo 27 constitucional, la cual data de 1992 pero ha sufrido modificaciones, entre ellas en 2004 y 2011. La LAN otorga a la Comisión Nacional del Agua la atribución centralizada y sin contrapesos de administrar el agua. A principios de 2012 se publica una reforma constitucional que establece el derecho humano al agua y el saneamiento y prevé

la promulgación de una nueva Ley General de Aguas. Se han efectuado muy diversos análisis del marco legal y administrativo del agua (Barkin, 2006; Gutiérrez y Granuelli, 2010), en general coincidimos con ellos en que si bien hay avances hacia una visión más integral y de cuenca y aparentemente una mayor participación social, la LAN ha resultado en el acaparamiento y la sobreexplotación del agua con tendencias claras a su privatización y, en el caso de Oaxaca, la desvinculación entre las concesiones de uso del agua y los territorios indígenas ha agudizado las tensiones sobre el acceso al agua.

Hoy día, sin embargo, hay un esfuerzo ciudadano concertado para elaborar la nueva ley (Seguin, 2012). En términos generales consideramos positivas las propuestas derivadas de tal esfuerzo.

En los niveles estatal y municipal prácticamente no hay instrumentos legales específicos sobre agua, además de las disposiciones generales de la Constitución y la LAN, que establecen la participación de estos niveles de gobierno. No disponemos de una ley estatal de agua; tal limitación debería ser subsanada.

Las Tablas 16 y 17 resumen los principales ordenamientos legales nacionales y estatales relativos al agua.

TABLA 16 • ORDENAMIENTOS FEDERALES

ORDENAMIENTO FEDERAL	FECHA DE ÚLTIMA REFORMA
CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	Última reforma publicada DOF 26-07-2012
LEY DE AGUAS NACIONALES	Última reforma publicada DOF 24-05-2011
REGLAMENTO DE LA LEY DE AGUAS NACIONALES	
REGLAMENTO INTERIOR DE LA CONAGUA	Jueves 30 de noviembre de 2006
LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE	Última reforma publicada DOF 04-06-2012
REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	Última reforma publicada DOF 26-04-2012
REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	Última reforma publicada DOF 28-12-2004
REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO	Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 2003
REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS	Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988
LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS	Última reforma publicada DOF 09-04-2012
LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS	Última reforma publicada DOF 09-04-2012
LEY GENERAL DE SALUD	Últimas reformas publicadas DOF 07-06-2012
LEY DE CONTRIBUCIÓN DE MEJORAS PARA OBRAS PÚBLICAS FEDERALES DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA	Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de diciembre de 1990

LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE	ÚLTIMA REFORMA PUBLICADA DOF 06-06-2012
LEY GENERAL DE DESARROLLO SOCIAL	Última reforma publicada DOF 01-06-2012
LEY SOBRE CÁMARAS AGRÍCOLAS, QUE EN LO SUCESIVO SE DENOMINARÁN ASOCIACIONES AGRÍCOLAS	
LEY AGRARIA	Última reforma publicada DOF 09-04-2012
LEY DE DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE	Última reforma publicada DOF 12-01-2012
LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	Última reforma publicada DOF 04-06-2012
REGLAMENTO DE LEY GENERAL DE DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 2005
LEY AGRARIA	Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de febrero de 1992
REGLAMENTO DE LA LEY AGRARIA EN MATERIA DE ORDENAMIENTO DE LA PROPIEDAD RURAL	Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre de 2012
LEY MINERA	Última reforma publicada DOF 26-06-2006
REGLAMENTO DE LA LEY MINERA	Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de febrero de 1999
LEY FEDERAL DE DERECHOS	Última reforma publicada DOF 09-04-2012 Aclaración a cantidades por Resolución Miscelánea Fiscal DOF 14-06-2012
LEY GENERAL DE BIENES NACIONALES	Última reforma publicada DOF 16-01-2012
LEY DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO INDIGENA	Última reforma publicada DOF 09-04-2012
LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN	Última reforma publicada DOF 09-04-2012
REGLAMENTO DE LA LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN	Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999
SISTEMA NACIONAL DE PLANEACIÓN DEMOCRÁTICA	Última reforma publicada DOF 09-04-2012
LEY DE PLANEACION	Última reforma publicada DOF 09-04-2012

TABLA 17 • ORDENAMIENTOS ESTATALES

ORDENAMIENTO ESTATAL, OAXACA	FECHA DE ÚLTIMA REFORMA
CONSTITUCION POLITICA DEL ESTADO SOBERANO DE OAXACA	
LEY DE ADOSAPACO	Ley publicada en la sección segunda del Periódico Oficial del Estado de Oaxaca, 13 de Octubre de 2001
LEY DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO DEL ESTADO DE OAXACA	Última reforma publicada en el Periódico Oficial del 10 de mayo de 2008
LEY DE DESARROLLO URBANO PARA EL ESTADO DE OAXACA	Última reforma publicada en el Periódico Oficial del 22 de marzo de 2005
LEY DE PLANIFICACIÓN Y URBANIZACIÓN DEL ESTADO DE OAXACA	SIN REFORMAS
LEY DE PAVIMENTACION DE LA CIUDAD DE OAXACA	SIN REFORMAS
LEY DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	Ultima Reforma Publicada en el Periódico Oficial del Estado el 22 de marzo de 2005
REGLAMENTO DE LA LEY DE EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA EL MUNICIPIO DE OAXACA DE JUÁREZ	6 de noviembre de mil novecientos noventa y dos
LEY DE COORDINACIÓN PARA EL DESARROLLO METROPOLITANO SUSTENTABLE DEL ESTADO DE OAXACA	Ley publicada en el Periódico Oficial del Estado de Oaxaca, el sábado 17 de diciembre de 2011
LEY MUNICIPAL DEL ESTADO DE OAXACA	SIN REFORMAS
LEY DE DERECHOS DE LOS PUEBLOS Y COMUNIDADES INDÍGENAS DEL ESTADO DE OAXACA	Última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado: 15 de septiembre de 2001
LEY PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL ESTADO DE OAXACA	Ley publicada en la Tercera Sección al Periódico Oficial del Estado de Oaxaca, el sábado 18 de julio de 2009
LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS DEL ESTADO DE OAXACA	Última reforma publicada en el Periódico Oficial: 30 de diciembre de 2008
LEY DE COOPERACION PARA OBRAS PUBLICAS DEL ESTADO DE OAXACA	Ley publicada en el Periódico Oficial del Estado de Oaxaca, el sábado 27 de junio de 1981
LEY QUE CREA EL INSTITUTO ESTATAL DE ECOLOGÍA	Última reforma publicada en el Periódico Oficial del 10 de mayo de 2008
DECRETO DE CONSERVACIÓN DE POLÍGONO	Publicado el 03 de noviembre de 1992

Son muchos los planes y programas de los tres niveles de gobierno que tienen que ver con el agua. Una relación no exhaustiva de ellos está incluida como Anexo 4.

En el nivel federal destaca el plan elaborado por la Comisión Nacional del Agua, denominado Agenda 2030, del que se derivan el Plan Hídrico Regional (Región Pacífico Sur) y el Programa de Acciones para la Sustentabilidad Hídrica. La nueva administración federal, por su parte, presentó a principios de 2013 los elementos del Programa Nacional Hidráulico.

En el nivel de la entidad, el Plan Estatal de Desarrollo establece elementos de diagnóstico y acciones vinculados con el agua. Ya que ésta se relaciona con prácticamente todos los ámbitos, es difícil señalar los contenidos más relevantes, pero algunos de ellos están incluidos en el Anexo 5. Por otro lado, el gobierno del estado, con apoyo del Banco Mundial, preparó en 2102 el Plan Estratégico Sectorial de Protección Ambiental, que incluye el subsector Agua y Saneamiento Básico (Gobierno del Estado de Oaxaca, 2012). El documento Inversión para el Desarrollo, también elaborado por el gobierno del estado en 2012, contiene asimismo una sección de agua y saneamiento.

Para los Valles Centrales hay también diversos instrumentos de carácter normativo y administrativo, así como planes y programas: a modo de ejemplo tenemos los balances hídricos de la CNA y sus actualizaciones (CNA, 2002; Reyes *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2010, el Plan de Ordenamiento de la Zona Conurbada de la Ciudad de Oaxaca, la Visión del Río Atoyac (Beccan *et al.*, 2012), el Atlas Municipal de Riesgos (Rodríguez, 2011), entre otros.

Es difícil hacer una caracterización general de tal profusión programática. Ya hemos señalado en la sección de problemas que la estructura administrativa de lo que se ha dado en llamar *sector agua* es en general rígida y burocrática, poco integrada e ineficiente. En ella predominan visiones urbanísticas e hidráulicas orientadas a sistemas centralizados, muy inclinados a la infraestructura y con altos costos energéticos.

Muchos de los elementos de los planes y programas actuales son útiles y coincidentes con el PCBC, sin embargo, encontramos

diferencias de fondo en los supuestos estratégicos, los diagnósticos y las acciones concretas.

1. 2. IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS, INSTITUCIONES Y ORGANIZACIONES

Hemos reiterado que los actores del plan somos todos, como se pone de manifiesto en la larga lista de personas, instituciones y organizaciones identificadas en la cuenca Río-Verde Atoyac, que presentamos en el Anexo 1.

Para identificar a estos actores consideramos criterios técnicos, políticos, sociales y geográficos. Incluimos los tres niveles de gobierno, organizaciones de presidentes municipales, comunidades, instituciones de investigación y educación superior, así como organizaciones de la sociedad civil. Con cada actor se estableció contacto a partir del papel que está desempeñando en la cuenca. En general, se les informó sobre el contenido, características y actividades de la iniciativa del plan, se les solicitó su opinión y se les invitó a participar.

Se obtuvo información sobre las actividades que llevan a cabo, experiencias exitosas que han puesto en marcha, estudios, proyectos, planes y estrategias de trabajo, y se realizaron talleres comunitarios y reuniones regionales. También se identificaron problemas y se recibieron opiniones por medio de cuestionarios.

1.3 PERCEPCIÓN SOCIAL DE PROBLEMAS Y SOLUCIONES

Con base en distintos ejercicios, obtuvimos elementos sobre la percepción social de los problemas de la cuenca de aproximadamente mil 600 actores y habitantes.

Para empezar retomamos algunas de las conclusiones del Foro-Taller Repensar el Agua: La Tierra y el Agua:

- Es un ejercicio importante que hay que continuar y llevar a otros lugares de la cuenca.
- El tema del agua y su condición actual es sumamente

complejo, por lo que las soluciones son múltiples y requieren la participación de todos: sociedad y gobierno.

- Debemos trabajar a partir de la noción de cuenca, de que todo está relacionado y es interdependiente.
- El agua es dinámica y está sujeta a un ciclo frágil que hemos alterado. Tenemos que recobrar el equilibrio.
- Es indispensable la perspectiva histórica, para identificar cómo llegamos a la situación presente.
- No es posible desconectar la tierra y el agua, son un binomio inseparable.
- Las soluciones requieren enfoques integrales.
- Uno de los principales problemas del agua en el estado es la contaminación.
- Todos podemos contribuir al PCBC, que no sólo está concebido como un documento articulador de esfuerzos, sino como un proceso en continua evolución.

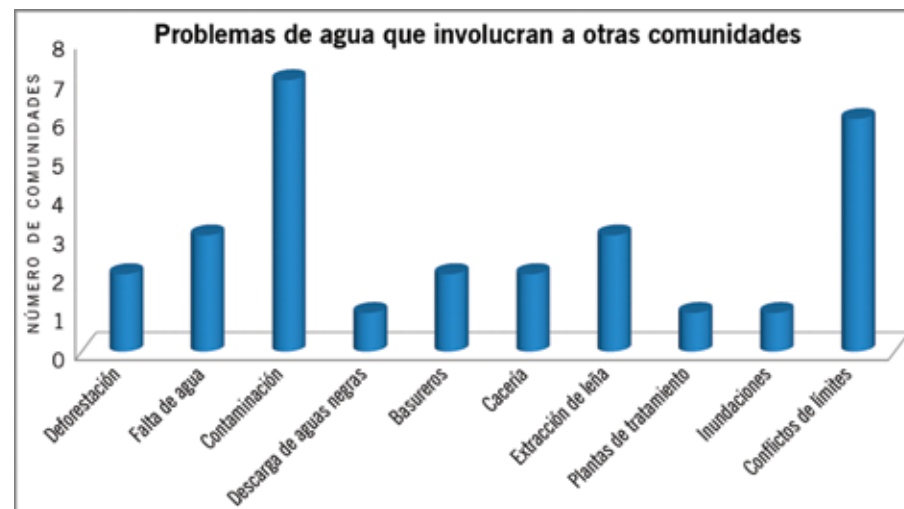
Otra vertiente fueron los Talleres de Información y Reflexión Colectiva, que se efectuaron en nueve comunidades de los Valles Centrales. Los problemas se caracterizaron como los más importantes

CUADRO 36



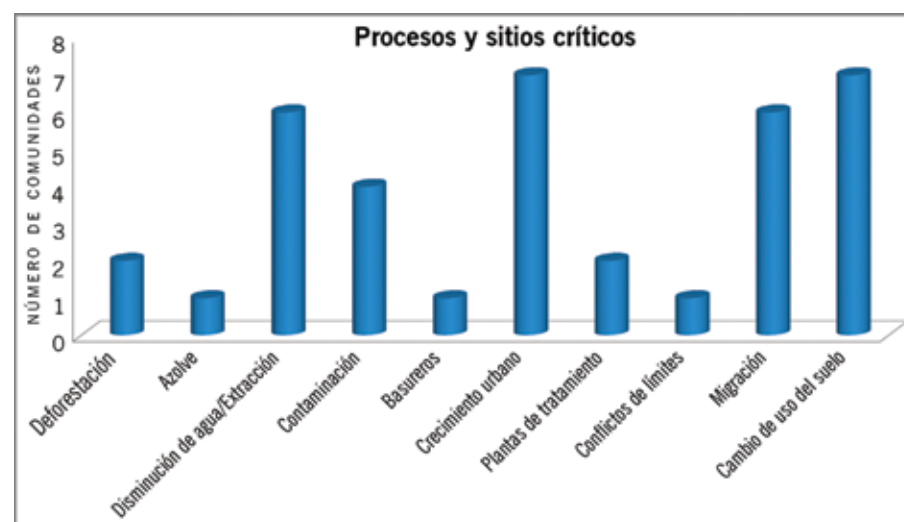
dentro de cada comunidad (Cuadro 36) y los que involucran a otras comunidades (Cuadro 37).

CUADRO 37



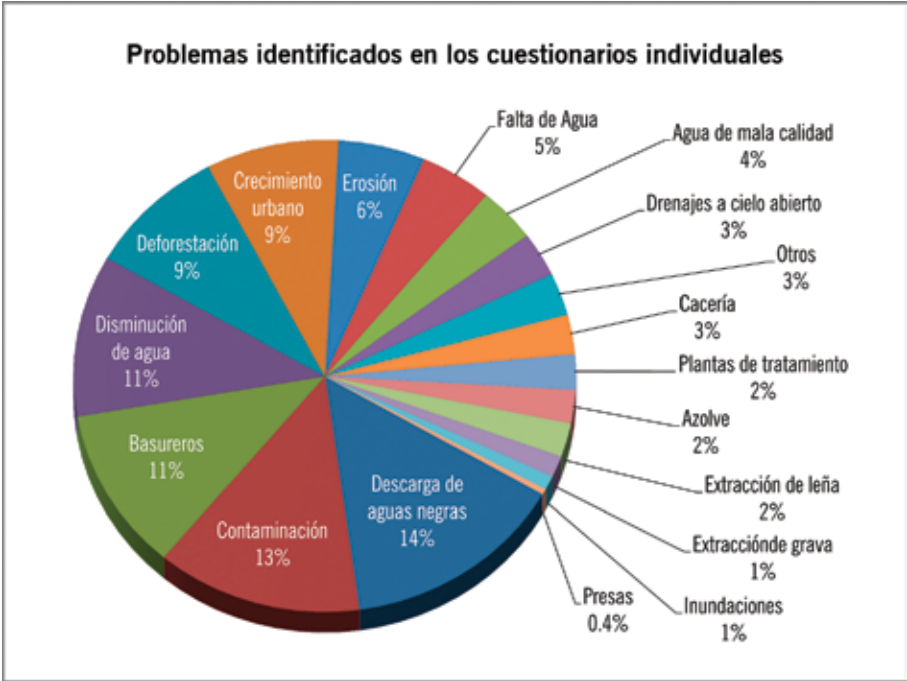
Los participantes en estos ejercicios comunitarios también caracterizaron lo que consideran procesos críticos en la región, con resultados que aparecen en el Cuadro 38.

CUADRO 38



Por otra parte, en los cuestionarios aplicados en asambleas del Foro Oaxaqueño del Agua, reuniones regionales y otras reuniones públicas se obtuvieron también datos sobre la percepción de los problemas, los cuales se muestran en el Cuadro 39.

CUADRO 39



Finalmente, en las reuniones regionales llevadas a cabo en los Valles Centrales se obtuvo la caracterización de problemas y sus causas que presentamos en la Tabla 18.

TABLA 18 • PROBLEMAS Y CAUSAS

PROBLEMA	CAUSAS
Contaminación	<p>Descargas a los ríos de aguas sin tratamiento.</p> <p>Utilización de los ríos para tirar basura y desechos de la industria de la construcción.</p> <p>Uso de agroquímicos.</p> <p>Filtraciones tóxicas de los tiraderos municipales.</p>
Plantas de tratamiento	<p>Falta de mantenimiento por falta de presupuesto.</p> <p>Falta de capacitación.</p> <p>Diseño inadecuado.</p>
Deforestación	<p>Crecimiento de la población.</p> <p>Extracción de leña.</p>
Erosión	<p>Deforestación.</p> <p>Prácticas agrícolas inadecuadas.</p>
Disminución del agua	<p>Falta de mantenimiento de obras ejecutadas.</p> <p>Falta de información.</p> <p>Deforestación.</p>
Agua	<p>Ubicación inadecuada.</p> <p>Falta de información.</p> <p>Falta de tecnologías apropiadas.</p> <p>Consumismo.</p>

Considerando la vastedad y complejidad de la cuenca debemos considerar los resultados presentados sólo como indicativos y cualitativos, no obstante, en términos generales hay un buen conocimiento del tema y grandes coincidencias. Así, el principal problema identificado es la contaminación o mala calidad del agua (descargas de aguas negras, basura, plantas de tratamiento que no funcionan, etc.). Otro grupo destacado de problemas son las consecuencias de cambios de usos del suelo y urbanización desordenada (deforestación, erosión, azolve, etc.). Evidentemente hay diferencias regionales: en Zimatlán el principal problema es la contaminación del agua y vinculada con ella la falta de operación de la planta de tratamiento. En cambio, en la reunión regional de Tlaxiaco se identificaron como problemas principales la erosión y la disminución de agua. En la reunión regional de Miahuatlán de Porfirio Díaz la percepción de los asistentes es que los principales problemas son la disminución de agua, la deforestación y la contaminación.

Otros problemas mencionados en los mismos ejercicios con otro nivel de importancia son:

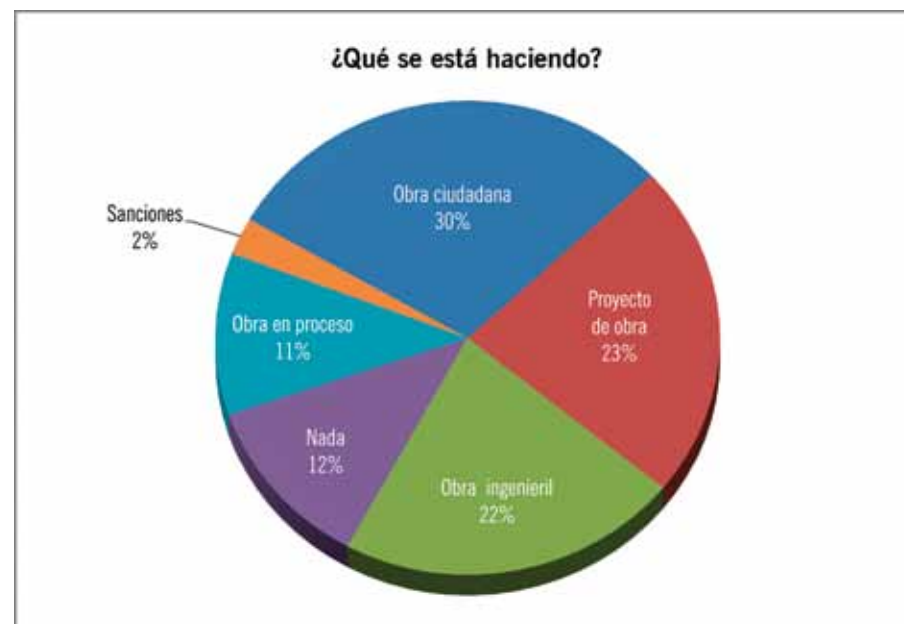
- Inundaciones.
- Extracción de pétreos.
- Burocracia institucional.
- Riego ineficiente.

También fueron analizados sitios y procesos críticos. Se señalaron como los más importantes:

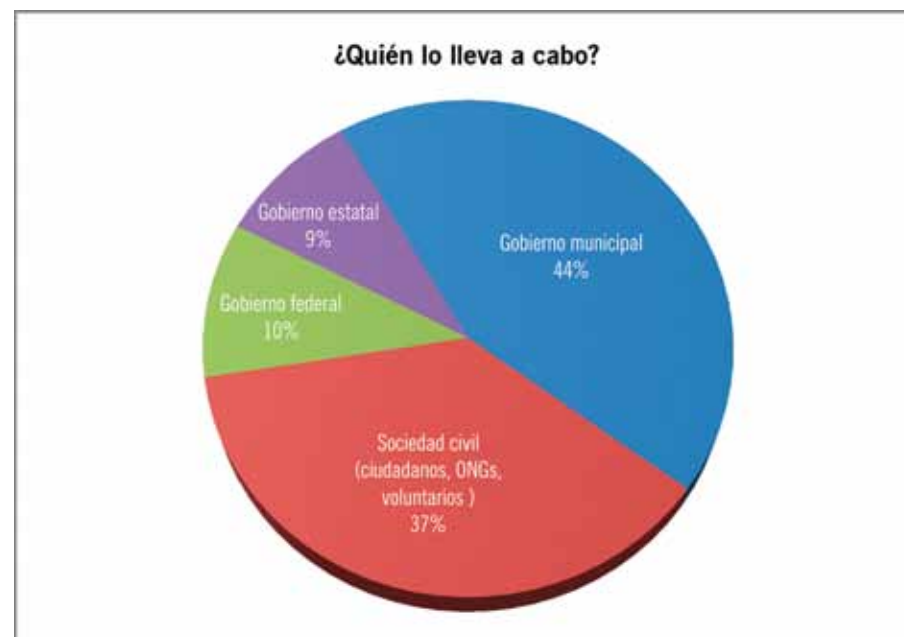
- Crecimiento urbano sin control.
- Cambio de uso del suelo.
- Mal uso y desperdicio de agua.

Los participantes perciben que las autoridades federales y estatales están haciendo poco para atender la problemática mencionada. Se piensa que las acciones que se llevan a cabo las realizan principalmente las autoridades municipales agrarias y la sociedad civil. Así lo indican los cuadros 40 y 41.

CUADRO 40



CUADRO 41



Las propuestas de los participantes son abundantes y variadas. Entre ellas destacan:

- Atención prioritaria a la parte alta de la cuenca del Río Atoyac.
- Uso de tecnología alternativa.
- Planeación comunitaria del manejo del agua.
- Elaboración de diagnósticos comunitarios.
- Promoción de la cosecha de agua de lluvia.
- Monitoreo comunitario de la calidad del agua.
- Intercambio de experiencias comunitarias.
- Establecimiento voluntario de áreas naturales protegidas.
- Creación de viveros regionales con plantas nativas e impulso a la reforestación.
- Planes de desarrollo territorial.
- Coordinación intermunicipal eficiente.
- Convenios con instituciones de educación superior para realizar investigación.
- Evaluación técnica de las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- Revisión y adecuación de las leyes relacionadas con el agua y la tierra.
- Control del uso de agroquímicos.
- Impulso de un programa de educación ambiental para toda la cuenca.
- Campañas de concienciación.

1.4. EXPERIENCIAS EXITOSAS

En los diversos ejercicios de consulta se refleja que muchas de las acciones para resolver los problemas del agua han sido realizadas por las propias comunidades y sus autoridades, así como por organizaciones de la sociedad civil. Véase Cuadro 41.

Una parte importante del trabajo del PCBC ha consistido en conocer y difundir diversas experiencias exitosas actuales, en particular de la región de los Valles Centrales, con el fin de que puedan aplicarse en otros lugares. Una lista representativa pero incompleta de estas iniciativas está incluida en la Tabla 19.

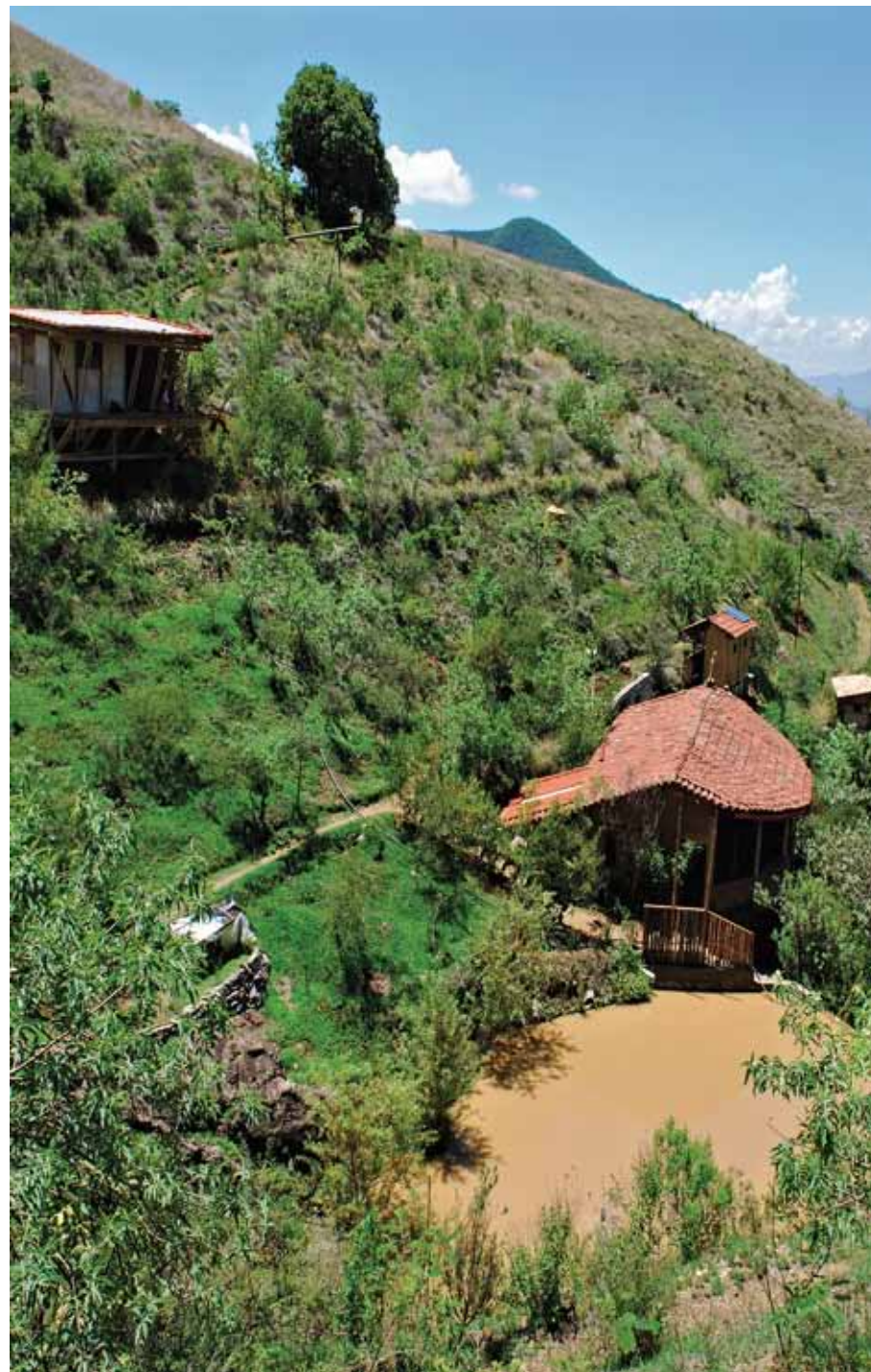


TABLA 19 • RELACIÓN DE EXPERIENCIAS EXITOSAS EN LOS VALLES CENTRALES

LOCALIDAD	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
San Bartolo Coyotepec	Presas, zanjas a nivel, reforestación, vivero	Autoridades municipales y comisariado
Villa de Zaachila	Presas, reforestación	Autoridades municipales y comisariado
San Andrés Zautla	Presa, reforestación	Propietario del terreno
San Pablo Huitzo	Retención de agua para agricultura y cultivo de peces	Propietario del terreno
Ejutla de Crespo	Centro demostrativo de tecnologías, retención de agua para agricultura y cultivo de peces, reforestación, vivero, zanjas a nivel	Grupo para la Protección Ecológica Sustentable A.C.
San Andrés Huayapam (El Pedregal)	Centro Demostrativo de Permacultura. Regeneración de la cañada para recuperar su capacidad de captar y filtrar agua, y establecimiento de un sistema que integra armoniosamente diversos módulos productivos con los elementos naturales, a partir de opciones técnicas alternativas.	Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca (INSO) y comunero poseedor del terreno
San Antonino Castillo Velasco	Riego eficiente para la producción de flores	Propietarios
San Pablo Etlá (La Mesita)	Centro demostrativo de tecnologías alternativas, retención de agua para agricultura y cultivo de peces, reforestación, vivero, zanjas a nivel	Comuneros, INSO y Amigos de Bosques y Granjas AC (FFF)
San Andrés Ixtlahuaca (Cieneguilla)	Retención de agua para la agricultura, retención de suelo, zanjas a nivel, estufas ahorradores de leña, baños secos	La comunidad
14 comunidades de distintos municipios de Valles Centrales agrupadas en Organioax	Producción orgánica de alimentos	Productores, asesoría del INSO
San Pablo Etlá	Producción orgánica de amaranto	10 mujeres organizadas

III. 2. DE LA VISIÓN A LA ACCIÓN

2.1. LOS CAMBIOS ESPERADOS

A partir de la caracterización de la cuenca y los Valles Centrales que hemos presentado en los capítulos anteriores es fácil concluir que los problemas en torno al agua son graves y complejos

y que para solucionarlos requerimos no sólo la acción concertada de sociedad y gobierno, sino una revisión profunda de las formas convencionales en que los hemos enfrentado hasta ahora. Presentamos este cambio de enfoque en la Tabla 20.

TABLA 20 • VISIONES CONVENCIONAL Y ALTERNATIVA

ASPECTO	CONDICION ACTUAL	CAMBIOS ESPERADOS
Paradigma	H ₂ O Insumo para servicios y lucro Recurso renovable Objeto de explotación/acumulación Noción de escasez Visión de manejo y control	Agua Fuente de vida y cultura Bien común, elemento precioso/sagrado Objeto de respeto/uso sustentable Noción de limitación, fragilidad Visión de integración a los ciclos naturales
Requerimientos sociales	Ilimitados	Ajustados a la disponibilidad
Responsabilidad principal	Gobierno/empresas privadas	Integral/grupos colegiados/mesas de concertación
Nivel principal de gestión	Federación/entidad política	Cuenca/comunidad
Marco legal	Centralizado, rígido, vertical	Descentralizado, flexible, más participación social
Administración del agua	Sectorizada, desintegrada	Transversal, integrada, con énfasis local
Inversión pública	Ineficaz, opaca, orientada a obras no sustentables de gran escala y con alto gasto de energía	Eficaz, transparente, diversa, orientada a equilibrar ciclos, innovar y ahorrar energía
Obtención/conducción del agua	Sistemas lineales, pocas fuentes: pozos, presas/tubos, canales, bombeo, trasvases	Sistemas locales, gestión de ciclos hidrológicos, fuentes diversas: lluvia, superficie, pozos someros; ahorro, reuso
Concepción hidráulica y urbanística	Distribución central, poco reuso, mucha energía, énfasis en infraestructura. Se trata la lluvia como desecho, ciudad desvinculada de la cuenca, nula infiltración	Distribución semicentral y modular, alto reuso, baja energía, énfasis en equilibrio campo-ciudad, infiltración prioritaria, sistemas obtención/tratamiento integrados
Limpieza (saneamiento)	Mezcla de fuentes/énfasis en mitigar y restaurar grandes plantas con procesos fragmentados (planeación-construcción-operación)	Separación de fuentes/énfasis en prevenir, tratamiento a diferentes escalas, énfasis micro y local con procesos integrados

2.2. LAS VISIONES

La gran meta del PCBC es mejorar la relación social con el agua para lograr un ciclo hidrosocial sano, en equilibrio, con fuentes estables de agua suficiente y limpia para la gente y la naturaleza. Para alcanzarla tenemos:

Visión para la cuenca

- Se aligera nuestra huella hídrica en la cuenca y en consecuencia disminuyen los requerimientos de agua limpia *per cápita*.
- Se previene y controla la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Se reduce la cantidad de aguas servidas y se tratan aguas negras y grises de modos sustentables y rentables.
- Mejora la eficiencia en el uso del agua en la agricultura y la producción de alimentos.
- Se fortalece la participación social y comunitaria en la gestión del agua, así como la coordinación institucional.
- Se obtiene agua potable de fuentes múltiples, incluyendo la lluvia, con grados diversos de descentralización y autonomía local.
- Se recargan los acuíferos para tener una condición de equilibrio y se respeta el caudal ecológico de ríos y arroyos.

Visión para los Valles Centrales

- La ciudad de Oaxaca y otras poblaciones de los Valles Centrales en equilibrio con su entorno rural, como resultado de una planeación integral y participativa.
- Garantizada la seguridad hídrica por la diversidad: sistemas semicentralizados y autónomos, alimentados en 30-40% por agua de lluvia; 15-20% aguas superficiales, como manantiales y arroyos, y el resto aguas subterráneas someras. Desarrollo de sistemas modulares, procurando cerrar ciclos con énfasis local.

- Existencia de un esfuerzo concertado por mejorar la recarga de los acuíferos bajo suelo.
- Jerarquización de destinos consensuada socialmente, impulso vigoroso del reuso y la eficiencia, e instauración de esquemas locales de racionamiento en colonias, pueblos, unidades habitacionales.
- Determinación de no mezclar los distintos tipos de drenaje y tratarlos a escalas medianas y pequeñas, *desde la parte alta de la cuenca hacia abajo*. Promoción de opciones de tratamiento seco para los desechos humanos.

2.3. LAS POLÍTICAS

En el Cuadro 42 se propone un decálogo para orientar las políticas públicas sobre el agua en la cuenca y en general en todo el estado. Fue elaborado a partir de los *Diez Puntos para una Política del Agua* acordados en el Foro Oaxaqueño del Agua.

CUADRO 42

DIEZ PUNTOS PARA UNA POLITICA DEL AGUA

1. EL AGUA ES FUENTE DE VIDA Y CULTURA.

El agua es sagrada porque de ella depende la vida; es limitada, ya que depende de su ciclo, que es frágil. Debemos adaptarnos a los ritmos de la naturaleza y no pretender dominarla. Todas las grandes civilizaciones florecieron en las cercanías de ríos y lagos, y el agua está presente en todos los aspectos de una cultura: la vida cotidiana, las actividades agrícolas e industriales, el esparcimiento, el arte, la espiritualidad.

2. EL AGUA ES UN BIEN COMÚN, NO UNA MERCANCÍA.

El agua es un bien de todos, un derecho humano. No

puede tener un valor económico ni debemos ceder al mercado la función de regular el acceso a ella. No obstante, los servicios, como el de agua potable y de uso industrial o agrícola, deben tener precios justos, en relación con el consumo y el uso. La modificación de tarifas debe seguir siempre a un auténtico proceso de consulta y discusión, y una parte significativa de la recaudación debe destinarse a conservar las esponjas naturales.

3. CUIDAR EL AGUA ES RESPONSABILIDAD COMÚN.

Solucionar los actuales problemas con el agua necesita de todos. El esfuerzo va desde el ámbito de los hogares hasta los distintos niveles de gobierno y la participación de las mujeres es particularmente importante. Hay que fortalecer los espacios de concertación que permitan hacer acuerdos para cuidar el agua entre todos los actores: grupos sociales, productores, instituciones, autoridades.

4. CONCENTRAR LOS ESFUERZOS EN LOS NIVELES LOCAL Y DE CUENCA.

Tenemos que trabajar localmente, pero pensando en toda la cuenca de la que formamos parte. Las cuencas son unidades naturales en las que el agua vincula a la naturaleza y la gente que habita en ellas. Hay que restaurar y conservar los procesos naturales de los que depende el agua y al mismo tiempo buscar opciones de mejoramiento social.

5. GARANTIZAR EL ACCESO DE TODOS AL AGUA PARA SUBSISTENCIA.

Como el agua es limitada debemos repartirla bien y usarla bien. Es importante ordenar sus usos de mane-

ra que se asegure el equilibrio natural que permita seguir teniendo agua y todos tengan acceso al agua para vivir.

Se propone este orden:

- ° Mantenimiento de los sistemas naturales
- ° Satisfacción de las necesidades básicas
- ° Usos sociales y comunitarios
- ° Actividades agropecuarias
- ° Usos privados de beneficio económico

6. APOYAR A LAS COMUNIDADES RURALES QUE ASEGURAN EL MANTENIMIENTO DEL AGUA.

Se debe compensar a las comunidades que protegen las fuentes de agua. Esto deberían hacerlo los usuarios del agua, especialmente los de las ciudades. Como alternativa al esquema gubernamental de servicios ambientales, que no ha dado los resultados esperados, pueden crearse Fondos para la Producción Sustentable e impulsar iniciativas locales de restauración ecológica y transformación productiva.

7. CONSERVAR LAS ESPONJAS NATURALES EN VEZ DE IMPORTAR AGUA DE OTRAS CUENCAS.

Para asegurar el abasto de agua es necesario conservar las zonas naturales de captación y regenerar los ecosistemas. No basta con plantar árboles, hay que cuidar su crecimiento, enriquecer los suelos y prevenir la erosión. Se debe restaurar ríos y arroyos, favorecer el crecimiento de la vegetación natural y controlar incendios y plagas. Hay que promover actividades productivas diversificadas y sustentables, y definitivamente deben cancelarse los proyectos para llevar agua de una cuenca a otra, por sus altos costos económicos, ambientales y sociales.

8. BUSCAR ALTERNATIVAS AL DRENAJE.

El drenaje convencional es una de las principales causas de desperdicio de agua en las casas y de contaminación de cuerpos de agua. Es mejor optar por métodos alternativos para manejar nuestros desechos; una opción recomendable son los sanitarios secos. En donde ya hay drenaje deberían separarse las aguas grises del agua del excusado y evitar que el agua de lluvia se mezcle con el agua sucia. Las aguas grises también pueden tratarse a escala doméstica o de barrio, y esto es especialmente importante en las partes altas de las cuencas.

9. CREAR CIUDADES SUSTENTABLES.

Es indispensable cambiar la relación de la sociedad con el agua. Requerimos ciudades sustentables, es decir ciudades que mantengan un equilibrio con el campo a su alrededor. En cuanto al agua esto implica cuidar y restaurar los bosques y apoyar a las comunidades que los conservan, hacer más eficiente el riego agrícola, restaurar y mejorar las redes de agua potable, captar y utilizar agua de lluvia, ahorrar y racionar el agua en las ciudades, pagar lo justo por el servicio de agua potable y devolver el agua que usamos de la manera más limpia posible a sus cauces naturales.

10. NO A LOS GRANDES PROYECTOS HIDRÁULICOS, EN PARTICULAR LAS PRESAS, Y A LA MINERÍA A CIELO ABIERTO.

Las grandes presas alteran muy gravemente el ciclo del agua y son causa de serios daños ambientales y sociales. Es posible almacenar agua, regular inundaciones y producir energía con proyectos pequeños y ecológicamente benéficos. Las represas de baja escala

pueden estar al alcance de las personas y comunidades y ser controladas por ellas. La minería a cielo abierto, por otra parte, tiene grandes impactos en los ecosistemas naturales y suele contaminar gravemente las fuentes de agua. Hay que evitar la construcción de más grandes presas y actuar para disminuir el daño de las que ya existen, así como impedir la minería destructiva.

2.4. LOS OBJETIVOS

Para la cuenca

- Cambiar nuestra actitud social hacia el agua; volver a percibirla como un bien común, objeto de cuidado y respeto.
- Regenerar la participación social y comunitaria en la gestión del agua: obtención, uso, distribución y limpieza.
- Ordenar o frenar los patrones actuales de cambio de uso del suelo y crecimiento urbano.
- Apoyar la investigación y el monitoreo del agua, con énfasis en el ciclo hidrosocial, la huella y el caudal hidrológicos y las opciones de diferentes escalas para el abasto, manejo y limpieza del agua.
- Reducir las fuentes de contaminación del agua, así como la cantidad de aguas servidas.
- Disminuir los impactos de las tormentas en las ciudades y pueblos y aminorar los efectos de las inundaciones y sequías.

Para los Valles Centrales

- Conservar las “esponjas” naturales, es decir los bosques que aún nos quedan.
- Mejorar las redes de agua potable.
- Captar agua de lluvia.

- Volver más eficiente el riego agrícola.
- Ahorrar y reusar el agua.
- Pagar lo justo por los servicios de agua y apoyar a las comunidades que protegen las fuentes.
- Devolver el agua usada lo más limpia posible a sus cauces naturales.

2.5. LOS CRITERIOS

Para la consecución de los objetivos deberán tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- Búsqueda del cambio de paradigma mediante la difusión, la discusión pública y la concienciación en todos los niveles.
- Concertación como elemento principal de la gestión del agua: es necesario involucrar a todos los actores; gobierno, autoridades locales, comunidades, ONG, investigadores, empresas privadas.
- Modelo hidrosocial como base de la planeación. Este modelo considera inseparables a la naturaleza y la sociedad, y garantiza el agua para el mantenimiento de los sistemas naturales.
- Una visión integral en la aplicación de instrumentos legales, administrativos y de inversión pública, privada y social para el cumplimiento del plan.
- Procurar el agua lenta. Disminuir la velocidad de los escurrimientos y controlarlos para favorecer la infiltración y recuperar el ciclo sano.
- Las herramientas del plan deben ser conviviales, es decir, estar bajo el control de quien las emplea, para beneficio de todos.

2.6. LAS ESTRATEGIAS

Planteamos ocho estrategias para cumplir los objetivos, las cuales se enlistan aquí y se detallan en la siguiente sección.

- Ruralizar las ciudades.
- Regenerar el monte.
- Cosechar la lluvia.
- Repartir el agua con eficiencia y equidad.
- Regar con eficiencia y producir sustentablemente.
- Limpiar el agua.
- Volver sustentables nuestros hogares.
- Mitigar el calentamiento global y prevenir sus efectos.



III. 3. OCHO PROPUESTAS PARA UN CICLO EN EQUILIBRIO

Las estrategias que presentamos a continuación se combinan y retroalimentan; suponen una visión transversal e integral de la gestión del agua.

3.1. RURALIZAR NUESTRAS CIUDADES

Contexto

Las grandes ciudades, como ya lo es Oaxaca y su área conurbada, son drásticamente insustentables y de seguir las pautas actuales sucumbirán a un colapso ecológico y social. Las ciudades en la CRVA no sólo están consumiendo su patrimonio ecológico, sino que destruyen el de sus alrededores y, al provocar el abandono del campo y la excesiva concentración de recursos, gravitan negativamente sobre toda la cuenca. Este es aquí el sentido de *ruralizar*: volver sustentables las ciudades de la cuenca de modo que recuperen el equilibrio con su entorno rural. Se trata de recuperar en ámbitos urbanos modos de vida asociados con el apego a la tierra, la frugalidad y fuertes lazos comunitarios.

Metas

Instaurar ambiciosos programas de reordenamiento que racionalicen y limiten el crecimiento ciudadano, ubiquen y regulen las actividades productivas y de servicios y prevean las salvaguardas ecológicas necesarias.

Acciones

- Elaborar participativamente planes de ordenamiento urbano en los que uno de los ejes sea el ciclo hidrosocial en equilibrio. En el caso de la zona conurbada de la ciudad de Oaxaca se requiere además una visión metropolitana.
- Conservar y restaurar los espacios verdes tanto en el área urbana como en los alrededores para que cumplan su función

de infiltrar agua y prevengan las inundaciones y el azolve. En el caso de los Valles Centrales la infiltración de mediana escala y la microfiltración se considerarán prioritarias.

- Restaurar y mejorar las redes de agua potable y drenaje de ciudades y pueblos, con base en sistemas de distribución semicentralizados y modulares, integrados con los sistemas de drenaje, en los que el reuso sea una parte fundamental.
- Cosechar agua de lluvia, tanto en calles y espacios públicos como en casas y edificios privados, y evitar mezclarla con las aguas residuales.
- Establecer sistemas efectivos de ahorro y racionamiento de agua fundados en la participación colectiva y tomando en cuenta las jerarquías de uso.
- Revisar y ajustar los esquemas de tarifas por servicios de agua y drenaje, considerando que el agua de sobrevivencia³ sea gratuita y que parte de los ingresos se destine a apoyar a las comunidades que aseguran el mantenimiento del agua.
- Instaurar sistemas de limpieza y tratamiento de agua a diferentes escalas favoreciendo las medianas y pequeñas, con énfasis en la prevención del bajo uso de energía, y buscando procesos integrados de planeación, construcción de sistemas y operación.

Principales proyectos

- Estudio de ordenamiento metropolitano.
- Reestructuración de la ADOSAPACO.
- Creación del Fideicomiso Aguaxaca y del Programa de Solidaridad Hídrica.
- Estrategia de tarifas y estímulos por servicios de agua.
- Rediseño de redes hidráulicas, reparación y mantenimiento.
- Regeneración urbana de ríos: Atoyac, San Felipe–Salado.

3 El agua requerida por persona en actividades indispensables como beber, preparar alimentos, lavarse y bañarse, lavar la ropa, limpiar la casa.

- Cosecha urbana de lluvia pública y domiciliaria.
- Saneamiento: micro, plantas medianas (humedales), planta de la ciudad de Oaxaca.
- Programa domiciliario de ahorro y reciclado: auditores hídricos.
- Programa emergente de abasto de la zona conurbada de Oaxaca.

3.2. REGENERAR EL MONTE

Contexto

Hemos detallado en el Capítulo II la rápida y profunda degradación ambiental que ha sufrido la cuenca a consecuencia de los cambios de uso del suelo y la deforestación. Es imprescindible revertir el desequilibrio que esto ocasiona, el cual incluye al ciclo del agua; no se trata tanto de que haya menos agua sino de que ésta deja de beneficiar a la gente, las plantas y los animales e incluso se vuelve nociva: en un lugar deforestado, en vez de fluir lentamente e ir filtrándose a la tierra, el agua arrastra con fuerza el suelo desnudo y agrava los problemas.

Metas

Regenerar los ecosistemas de la CRVA para asegurar la disponibilidad de agua.

Acciones

- Reforzar e integrar las acciones públicas, sociales y privadas de conservación que se llevan a cabo en la cuenca, con énfasis en los sitios y regiones prioritarios para la conservación biológica.
- Diseñar y ejecutar programas específicos de regeneración en toda la cuenca, que incluyan la reforestación (de preferencia con diversas especies nativas), el enriquecimiento de los

suelos y la prevención de la erosión, la restauración de ríos y arroyos, y el aliento al crecimiento de la vegetación natural, así como evitar y controlar incendios y plagas.

- Promover en el ámbito rural actividades productivas sustentables.
- Impulsar viveros comunitarios y centros demostrativos que contribuyan a la promoción de técnicas para la permacultura, la disposición de desechos, el manejo de aguas, la conservación de suelos y la horticultura orgánica, y en general a elevar la conciencia ambiental entre los pobladores, así como propiciar la autogestión local y regional.

Principales proyectos

- Regeneración de cañadas.
- Reforestación.
- Filtración macro y micro.
- Programa de riego eficiente y producción sustentable.
- Campaña permanente de concienciación.
- Centros demostrativos y formativos.

3.3. COSECHAR LA LLUVIA

Contexto

El agua más abundante y limpia literalmente nos cae del cielo. La cosecha de agua de lluvia constituye en todo el mundo una alternativa frente a los grandes proyectos de infraestructura, pues da lugar a una gestión comunitaria y descentralizada del patrimonio hídrico. En regiones donde el agua subterránea es insuficiente, así como en el ámbito rural, los métodos para cosechar agua de lluvia desarrollados localmente son una fuente muy importante de agua para uso doméstico, agricultura y ganadería. Además, la cosecha de agua de lluvia puede evitar de manera decisiva las inundaciones.

Metas

Impulsar decididamente amplios programas de cosecha de lluvia en los ámbitos rural y urbano, con el fin de crear fuentes adicionales de agua para uso humano, agricultura, servicios, etc., y contribuir a la recarga de los acuíferos y a evitar las inundaciones y los deslaves.

Acciones

- Construir drenajes pluviales para las ciudades.
- Impulsar programas, obras y acciones para cosecha de lluvia en zonas urbanas: casas, edificios y otras construcciones.
- Impulsar programas, obras y acciones para cosecha de lluvia en zonas rurales: ollas de captación, canales, etc.
- Realizar obras especiales de captación directa, como las sugeridas en el Estudio de Recarga Artificial del Acuífero Valles Centrales (Reyes *et al.*, 2009) y en el proyecto de regeneración de cañadas.
- Instaurar campañas de concienciación sobre cosecha de lluvia, así como reuniones y talleres de capacitación en técnicas para llevarla a cabo.
- Poner en marcha esquemas de incentivos económicos para la cosecha de lluvia: subsidios, reducciones impositivas y mecanismos de financiamiento.

Principales proyectos vinculados

- Creación del Fideicomiso Aguaxaca y del Programa de Solidaridad Hídrica.
- Estrategia de tarifas y estímulos.
- Rediseño de redes hidráulicas, reparación, mantenimiento.
- Regeneración de cañadas.
- Infiltración macro y micro.
- Programa de riego eficiente y producción sustentable.
- Cosecha urbana de lluvia pública y domiciliaria.
- Programa domiciliario de ahorro y reciclado.
- Campaña permanente de concienciación ciudadana.

- Centros demostrativos y formativos.

3.4. DISTRIBUIR EL AGUA CON EFICIENCIA Y EQUITAD

Contexto

El hecho cierto de que cada vez más gente en la cuenca tenga crecientes dificultades para disponer de agua limpia ha llevado a considerar la escasez de agua como nuestro problema central. Esta visión convencional es inapropiada, pues aplica el principio económico de necesidades sociales ilimitadas que han de ser satisfechas con recursos limitados. Aunque las condiciones de la CRVA son muy diversas, en términos generales hay bastante agua, pero hemos abusado de las fuentes superficiales y subterráneas someras y simultáneamente hemos disminuido la recarga por deforestación y urbanización.

Además, no tiene sentido hablar de cantidad de agua sin asociarla con la mala distribución, la inequidad y el desperdicio. Es prioritario distribuir el agua con eficiencia y equidad.

Metas

Lograr una distribución equitativa y eficiente del agua para diferentes usos, con base en una jerarquización de destinos consensuada socialmente en distintos niveles: subcuenca, región, microcuenca, ciudad, municipio, etc.

Acciones

- Alentar el reuso y la eficiencia en el empleo de agua para fines domésticos, agrícolas, de servicios, industriales, etc.
- Impulsar esquemas locales de racionamiento a nivel de colonias, pueblos, unidades habitacionales.
- Establecer cuotas por derechos y tarifas por servicios de agua equitativas, diferenciales y progresivas.

- Compensar a las comunidades que protegen las fuentes de agua.
- Establecer incentivos legales, fiscales y técnicos para el ahorro y reuso de agua.
- Impulsar esquemas de transparencia sobre los recursos públicos destinados al sector.

Principales proyectos vinculados

- Fortalecimiento del Foro Oaxaqueño del Agua.
- Constitución de la Comisión de la Cuenca del Río Verde-Atoyac.
- Creación del Observatorio Ciudadano.
- Creación de la Secretaría de Agua y Ecología.
- Elaboración de la Ley Estatal de Aguas.
- Reestructuración de la ADOSAPACO.
- Creación del Fideicomiso Aguaxaca y del Programa de Solidaridad Hídrica.
- Estrategia de tarifas y estímulos.
- Rediseño de redes hidráulicas, reparación, mantenimiento.
- Cosecha urbana de lluvia, pública y domiciliaria.
- Programa domiciliario de ahorro y reciclado: auditores hídricos.
- Campaña permanente de difusión.
- Centros demostrativos y formativos.

3.5. REGAR CON EFICIENCIA Y PRODUCIR SUSTENTABLEMENTE

Contexto

El agua para uso agrícola en la CRVA muestra tendencias similares a las que vemos en el resto de México y el mundo: representa la mayor parte de toda la que gastamos y contribuye decisivamente a la contaminación.

La situación en Oaxaca, especialmente en los Valles Centrales, se caracteriza por extracción intensiva de agua subterránea, favorecimiento de cultivos comerciales, empleo indiscriminado de fertilizantes y pesticidas químicos, debilitamiento de conocimientos tradicionales, falta de apoyos a los campesinos, presiones comerciales y urbanas.

Si queremos resolver la crisis del agua y mejorar las condiciones de vida rurales tenemos que regar con mayor eficiencia y hacer más sustentable la agricultura.

Metas

Fortalecer la producción agrícola sustentable, ahorrar agua y energía y mejorar las condiciones productivas de los campesinos.

Acciones

- Consolidar esquemas financieros para la producción sustentable y el riego eficiente.
- Impulsar el equipamiento y la capacitación de campesinos, en particular pequeños productores y grupos organizados, en sistemas de riego y producción intensiva de carácter sustentable, que les permiten ahorrar agua, incrementar y diversificar la producción agropecuaria y mejorar su entorno.
- Aplicar innovaciones sociales y técnicas en sistemas de riego y producción de bajo costo.
- Ofrecer apoyo técnico para la producción agrícola diversificada, incluyendo componentes forestales, y contribuir a la capacitación local en materia de irrigación, producción orgánica e invernaderos.
- Difundir y conectar las experiencias exitosas a nivel local, regional y nacional.

Principales proyectos vinculados

- Estudio de ordenamiento metropolitano.
- Creación de la Secretaría de Agua y Ecología.

- Elaboración de la Ley Estatal de Aguas.
- Creación del Fideicomiso Aguaxaca y del Programa de Solidaridad Hídrica.
- Regeneración de cañadas.
- Reforestación.
- Programa de Riego Eficiente y Producción Sustentable.
- Centros demostrativos y formativos.

3.6. LIMPIAR EL AGUA

Contexto

El drenaje, uno de los emblemas de la sociedad moderna, ha tenido consecuencias sociales, ambientales y económicas nefastas. La CRVA no es la excepción. Debemos abandonar el paradigma del saneamiento moderno –diluye, aleja y olvida– y optar por modos eficaces y baratos que están a nuestro alcance para tratar nuestros desechos, como el saneamiento seco. Lo mejor sería no usar agua limpia para diluir y transportar desechos, pero podemos empezar por dejar de mezclar los distintos tipos de drenajes y tratarlos a escalas medianas y pequeñas, desde las partes altas de las cuencas hacia abajo.

Requerimos, por otro lado, contar con un programa integral de manejo de basura –una fuente importante de contaminación del agua–, basado en los principios de reducir, reusar y reciclar.

Metas

- Prevenir el desperdicio del agua disponible y su contaminación, y simultáneamente establecer formas de saneamiento diferenciadas, que garanticen condiciones de higiene para todos y prevengan la contaminación con excretas humanas y otras fuentes.
- Reducir la cantidad de aguas servidas y tratar aguas negras y grises de formas más rentables y sustentables.

- Lograr una drástica disminución de la cantidad de desperdicios producidos, encontrar las mejores vías para el reciclamiento o la reutilización de los residuos orgánicos e inorgánicos, establecer los sistemas más adecuados para la disposición de los desperdicios sólidos (especialmente los tóxicos).

Acciones

- Reforzar alternativas para el drenaje convencional, como los sanitarios ecológicos y los entramados de raíces.
- Establecer un esquema para que sociedad y gobierno discutan la estrategia general de saneamiento, con énfasis en los problemas de las plantas de tratamiento y otros asuntos críticos, tales como el saneamiento de las nuevas unidades habitacionales.
- Identificar las áreas en que pueden aplicarse técnicas alternativas de tratamiento de aguas negras (entramados de raíces, humedales, etc.) y concertar con las localidades la instalación de esas opciones.
- Desarrollar métodos para reparar las plantas de tratamiento de aguas residuales ineficaces y disfuncionales, o reemplazarlas con sistemas naturales y sustentables de tratamiento en distintas escalas.
- Determinar estándares para evaluar con eficiencia los futuros proyectos de saneamiento y plantas de tratamiento.
- Capacitar a ciudadanos y comunidades para monitorear el caudal (cantidad) y la calidad del agua de las cuencas.
- Reducir el volumen de basura tanto en la producción como en el consumo.
- Aumentar el reciclaje de basura. Separarla desde las casas o en plantas especiales y crear centros de recolección de productos reciclables.
- Reducir la producción y el consumo de sustancias tóxicas.

Principales proyectos vinculados

- Estudio de ordenamiento metropolitano.

- Estudio integral de plantas de tratamiento de Oaxaca.
- Fortalecimiento del Foro Oaxaqueño del Agua.
- Creación de la Secretaría de Agua y Ecología.
- Elaboración de la Ley Estatal de Aguas.
- Regeneración urbana de ríos:
 - Atoyac
 - San Felipe-Salado
- Saneamiento en distintos niveles:
 - Micro
 - Plantas medianas, con énfasis en humedales
 - Reparación de la planta de la ciudad de Oaxaca
- Monitoreo de agua en tres niveles:
 - Laboratorio Estatal de Certificación
 - Red institucional de monitoreo
 - Monitoreo comunitario
- Centros demostrativos y formativos.

3.7. CREAR HOGARES SUSTENTABLES

Contexto

Mejorar la relación social con el agua en la cuenca requiere atender de manera eficaz y sustentable a los grupos sociales más marginados. Para hacerlo es preciso enfocarnos en el nivel familiar, pues es ahí donde se experimentan de modo directo las dificultades de obtención, uso y tratamiento del agua.

Es factible instaurar un programa fundado en módulos familiares, con énfasis en el ámbito rural y las zonas urbanas marginadas, que incluyan como elementos centrales la captación y almacenamiento de agua, sanitarios ecológicos secos y estufas ahorradoras de leña, pero que puedan extenderse a otras tecnologías alternativas, como hornos solares, tratamiento de aguas grises y huertos familiares, entre otros.

Metas

Aplicar al mejoramiento de los hogares herramientas ambientalmente amigables que favorezcan la autonomía social, reduzcan los costos, privilegien el uso de materias primas locales y puedan ser apropiadas con facilidad por la mayoría de la gente.

Acciones

- Impulsar la planeación, la capacitación y la concertación social requerida para aplicar, de manera modular, técnicas de captación, uso y tratamiento de agua, así como ahorro de energía y producción sustentable de carácter casero.
- Favorecer la divulgación amplia de información sobre tecnología alternativa relacionada con el agua, el uso eficiente de energía y la producción sustentable. En particular, apoyar la multiplicación de centros demostrativos y experimentales de esas tecnologías.
- Realizar talleres en comunidades y barrios para definir los módulos, impartir los aspectos teóricos de construcción y uso pertinentes, y construir colectivamente algunos de ellos.

Principales proyectos vinculados

- Creación del Fideicomiso Aguaxaca y el Programa de Solidaridad Hídrica.
- Regeneración de cañadas.
- Cosecha urbana de lluvia domiciliaria.
- Saneamiento a escala familiar.
- Monitoreo comunitario de agua.
- Programa domiciliario de ahorro y reciclado.
- Campaña permanente.
- Centros demostrativos y formativos.

3.8. MITIGAR EL CALENTAMIENTO GLOBAL Y PREPARARNOS PARA SUS EFECTOS

Contexto

Hoy día ya no hay dudas sobre la severidad del cambio climático ni sobre sus orígenes antropogénicos. Hay sin embargo grandes debates sobre la rapidez de los cambios y sus efectos concretos en los sistemas ecológicos y productivos y la sociedad en general. Los modelos desarrollados para predecir los cambios varían mucho en sus supuestos y sus resultados. Sin embargo hay coincidencia en que Oaxaca experimentará un aumento en las temperaturas medias anuales y variaciones en los regímenes de lluvias (Reyna, 2010).

La mayoría de las predicciones coinciden en que habrá menos agua disponible, los fenómenos meteorológicos como sequías o tormentas serán más extremos e irregulares, y los sectores marginados, tanto en el medio rural como en el urbano, sufrirán más agudamente sus consecuencias.

Metas

- Impulsar acciones de conservación que protejan los ecosistemas de la cuenca y contribuyan a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
- Contar con modelos hidrosociales para cada unidad hidrológica de la cuenca, que sirvan de herramientas predictivas del calentamiento global y sus consecuencias.
- Desarrollar sistemas de captación, manejo y tratamiento de aguas flexibles y adaptables a condiciones cambiantes.
- Centrar en la información y la prevención las acciones frente a desastres naturales.

Acciones

- Continuar la investigación del ciclo hidrosocial como herramienta de predicción y planeación frente a cambios climáticos y sus consecuencias.

- Fortalecer la coordinación institucional y la concertación social para realizar programas integrales de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Regular los asentamientos humanos en zonas de riesgo ambiental.
- Establecer sistemas eficientes de información y alerta de emergencias hidrometeorológicas.
- Contribuir a la investigación y desarrollo de medidas de adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático vinculados a fenómenos hidrometeorológicos.
- Fortalecer el monitoreo hidrológico a distintos niveles.
- Mejorar la infraestructura y la gestión ciudadana del agua frente a las emergencias meteorológicas.

Principales proyectos vinculados

- Continuación y seguimiento del Plan Común para un Bien Común.
- Estudio de ordenamiento metropolitano.
- Otros estudios.
- Fortalecimiento del Foro Oaxaqueño del Agua.
- Constitución de la Comisión de la Cuenca del Río Verde-Atoyac.
- Creación del Observatorio Ciudadano.
- Creación de la Secretaría de Agua y Ecología.
- Elaboración de la Ley Estatal de Aguas.
- Creación del Fideicomiso Aguaxaca y el Programa de Solidaridad Hídrica.
- Rediseño de redes hidráulicas, reparación y mantenimiento.
- Regeneración de cañadas.
- Reforestación.
- Infiltración a niveles macro y micro.
- Programa de Riego Eficiente y Producción Sustentable.
- Regeneración urbana de ríos:
 - Atoyac
 - San Felipe-Salado

- Monitoreo de agua en tres niveles:
 - Laboratorio Estatal Certificado
 - Red institucional de monitoreo
 - Monitoreo comunitario

- Programa emergente de abasto de la zona conurbada de Oaxaca.
- Campaña permanente de difusión.
- Centros demostrativos y formativos.



III. 4. INSTAURACION

4. 1. PROYECTOS ESTRATÉGICOS

Las iniciativas que permitirán cumplir los objetivos del Plan se muestran en el Cuadro 43 y se describen en las Tablas 21-25. En algunos casos se trata de proyectos específicos y en otros un conjunto de actividades que podrán ser afinadas, separadas o agrupadas en distintos proyectos.

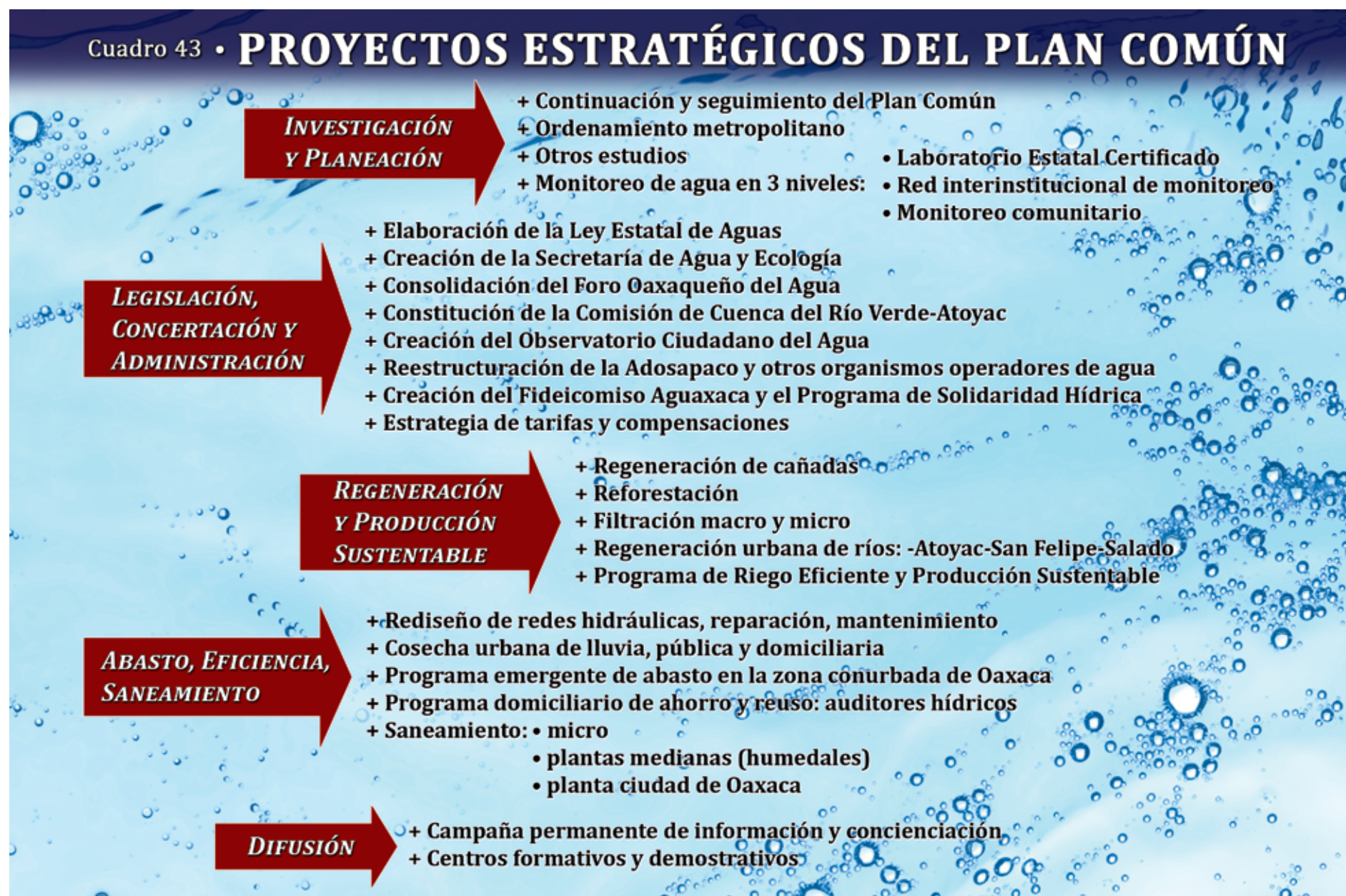


TABLA 21 • INVESTIGACIÓN Y PLANEACIÓN

PROYECTO	DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS
CONTINUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE UN PLAN COMÚN PARA UN BIEN COMÚN, FASE II	Proceso articulador de esfuerzos públicos, sociales y privados sobre el agua en la cuenca del Río Verde-Atoyac, con énfasis en los Valles Centrales. En esta fase se buscará profundizar la perspectiva histórica, consolidar y validar el modelo hidrosocial de los Valles Centrales y continuar el estudio de caudal ecológico. También se validarán mecanismos de evaluación y seguimiento del mismo.
ORDENAMIENTO DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE OAXACA	Elaborar un nuevo plan de ordenamiento de la zona conurbada de la ciudad de Oaxaca que defina la estrategia para ubicar y regular el crecimiento urbano y las actividades sociales, productivas y creativas en la región, con sólidos fundamentos técnicos integrales y amplia concertación y participación social.
OTROS ESTUDIOS Y PLANES	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación integral de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Oaxaca. • Criterios de evaluación y capacitación en proyectos hídricos para el gobierno del estado. • Proyectos ejecutivos de los proyectos piloto del Plan Común. • Regeneración ambiental (Véase Regeneración de Cañadas, p. 139). • Estudios de urbanismo integral con miras a tener ciudades sustentables (ruralización de las ciudades, con énfasis en el aumento de áreas verdes, microfiltración, fragmentación de áreas urbanas y sistemas hidráulicos integrados, descentralizados y semicentralizados). • Plan de regulación de zona federal en los Valles Centrales. • Plan de prevención y manejo de inundaciones y deslaves.
PLAN DE MONITOREO HIDROLÓGICO	<p>Falta información sobre el agua en Oaxaca y los Valles Centrales. Es necesario también integrarla, difundirla y socializarla. En particular, requerimos saber cuánta agua llueve, cuánta se evapora o se filtra, por dónde escurre, cuánto tiempo pasa en cada fase, cómo se usa y que calidad tiene –los aspectos físicos, químicos y bacteriológicos– y su calidad ecológica. Para ello se proponen tres niveles y objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Establecer un Laboratorio Estatal Certificado para análisis de agua. 2. Fortalecer la Red Interinstitucional de Monitoreo de Agua en los Valles Centrales. 3. Instaurar el programa de monitoreo comunitario de agua en los Valles Centrales.

TABLA 22 • LEGISLACIÓN, CONCERTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

PROYECTO	DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS
LEY ESTATAL DE AGUAS	Elaborar el proyecto de ley y validarlo social e institucionalmente. Entre su contenido destacan: ciudadanización de órganos de gestión del agua, delimitación de zona federal en ríos y arroyos prioritarios (y la factibilidad de su concesión a municipios y otras instancias), regulaciones de desarrollo urbano y construcción.
CREACIÓN DE LA SECRETARÍA DE AGUA Y ECOLOGÍA DE OAXACA	La administración estatal del agua y en general de la ecología está dispersa y fragmentada. Es imprescindible integrar estas áreas con una visión transversal y moderna y el nivel de secretaría. Esta dependencia sería la responsable principal de la nueva Ley Estatal de Aguas.
FORTALECIMIENTO DEL FORO OAXAQUEÑO DEL AGUA (FOA)	Reforzar la operación de las estructuras del Foro Oaxaqueño del Agua (FOA) como espacio de concertación entre sociedad y gobierno.
CONSTITUCIÓN DE LA COMISIÓN DE CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC	Facilitar la coordinación de las políticas y programas de agua entre sociedad y gobierno y concertar objetivos, metas, estrategias, políticas, programas, proyectos y acciones. Promover en este ámbito la gobernanza.
CREACIÓN DEL OBSERVATORIO CIUDADANO DE AGUA	Establecer un observatorio ciudadano del agua para los Valles Centrales, como parte integral del FOA. Contar con un espacio de monitoreo social corresponsable del seguimiento y evaluación del estado actual de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
REESTRUCTURACIÓN DE LA ADOSAPACO Y OTROS ORGANISMOS OPERADORES DE AGUA	Definir las políticas públicas metropolitanas en servicios de agua. Revisar el estatus legal, la eficiencia financiera y la operación de la ADOSAPACO y otros organismos. Establecer mecanismos de participación social y observatorios ciudadanos en el funcionamiento de los organismos operadores.
CREACIÓN DEL FIDEICOMISO AGUAXACA Y EL PROGRAMA DE SOLIDARIDAD HÍDRICA	Una estructura con participación pública y social, eficiente y transparente, que instaura mecanismos financieros apropiados para lograr un cobro justo por los servicios de agua potable de los usuarios ciudadanos, así como retribuir a las comunidades el servicio ecológico que representa el monte en la captación de agua.
ESTRATEGIA DE CONCESIONES, TARIFAS Y COMPENSACIONES POR DERECHOS Y SERVICIOS DE AGUA	A la par de los dos proyectos anteriores, reflejar la jerarquización de usos del agua propuesta en este plan por medio de una estrategia conjunta de elementos legales, fiscales y de inversión pública orientados a la obtención de recursos suficientes con criterios de sustentabilidad ambiental, eficiencia y justicia social.

TABLA 23 • REGENERACIÓN Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLE

PROYECTO	DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS
REGENERACIÓN DE CAÑADAS DE LOS VALLES CENTRALES	<p>Hay unas 40 pequeñas cañadas en la Cordillera, nuestra principal fuente de agua. Es factible su regeneración a corto plazo mediante la reforestación y pequeñas obras de zanjeo y terraceo, micropresas o gaviones, con resultados espectaculares en captación de agua y posibilidades productivas, pues contribuirían a crear un cinturón verde productivo alrededor de la ciudad de Oaxaca, limitando su crecimiento y asegurando sus fuentes de agua.</p>
REFORESTACIÓN	<p>El proyecto aspira a regenerar los ecosistemas, lo que es más que la simple plantación de árboles. Se propone basarlo en programas piloto que incluyan la participación enfocada de comunidades, sociedad y gobierno para obtener resultados que luego puedan aplicarse a zonas más extensas. Los objetivos incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar concertadamente el plan general de reforestación y regeneración, que entre otras cosas coordine la producción de viveros comunitarios e institucionales, determine prioridades y proponga mecanismos de acciones conjuntas de siembra y cuidado de plantas. • Establecer o fortalecer viveros comunitarios para producir plantas y vincular acciones de apoyo técnico, intercambio de material vegetativo y capacitación, con énfasis en plantas locales y pasto vetiver. Tales viveros se vincularían con centros demostrativos. • Instaurar proyectos piloto de regeneración relacionados con las cañadas, que incluyan obras diversas de retención y mejoramiento de suelos, restauración de arroyos, reforestación y manejo de agua.
FILTRACIÓN MACRO Y MICRO	<p>Se puede mejorar la infiltración del agua de varios modos y a diferentes escalas. En general se propicia por medio de la regeneración de los suelos y el mantenimiento de cubiertas vegetales, tanto en el monte y zonas agrícolas como en el ámbito urbano (parques y jardines de todo tamaño). Otra manera son obras específicas como las represas filtrantes y los pozos de absorción, y en el ámbito urbano el drenaje pluvial. Todas estas medidas pueden combinarse. La regeneración de cañadas aquí propuesta, así como el plan de recarga de la CNA para los Valles Centrales, equivaldría al nivel macro.</p> <p>En lo inmediato urge elaborar una estrategia concertada para propiciar la infiltración.</p>

PROYECTO	DESCRIPCIÓN / OBJETIVOS
REGENERACIÓN URBANA DE RÍOS	<p>Todos los ríos y arroyos de la zona conurbada de Oaxaca presentan problemas derivados principalmente del crecimiento urbano veloz y desordenado de las últimas décadas. Sus aguas están severamente contaminadas por desagües de todos tipos, el cauce y las riberas han sido modificadas drásticamente por obras públicas y privadas que incluyen confinamiento total o parcial de varias porciones, se ha invadido sistemáticamente la zona federal, en la parte alta el entorno natural y rural ha sufrido deforestación y erosión aceleradas. Como consecuencia hay azolve e inundaciones, se ha desfigurado el carácter de pueblos y barrios históricos, padecemos desintegración social, amenazas a la salud y serios riesgos ambientales, principalmente por inundaciones. Este alto nivel de vulnerabilidad ecológica y social se acentuará con el cambio climático.</p> <p>Se proponen dos iniciativas de regeneración: La Visión del Atoyac (Proyecto de recuperación del Río Atoyac como estrategia de desarrollo urbano de la ciudad de Oaxaca de Juárez, Beccan et al., 2012) y Hacia un enfoque integrado de gestión del agua en la microcuenca San Felipe-Jalatlaco (Véase la siguiente sección).</p>
RIEGO EFICIENTE Y PRODUCCIÓN SUSTENTABLE	<p>Muchos campesinos riegan hoy de modo ineficiente y derrochador. Contribuir a cambiar esto redundará en ahorro de agua y energía y mejoramiento de las condiciones productivas locales. Se trata de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalar sistemas de riego eficiente en 10 mil hectáreas de los Valles Centrales • Fortalecer el Fondo para la Producción Sustentable y el Buen Uso del Agua con objeto de financiar a pequeños productores y organizaciones comunitarias para instalar invernaderos, sistemas de riego y sistemas de captación y almacenamiento de agua. • Contribuir a la capacitación local en materia de irrigación, invernaderos y en general producción sustentable.

TABLA 24 • ABASTO, EFICIENCIA Y SANEAMIENTO

PROYECTO	DESCRIPCIÓN/OBJETIVOS
REDISEÑO DE REDES HIDRÁULICAS	Es urgente reparar las redes de distribución. Un sistema moderno tendría un diseño modular con opciones de almacenamiento y racionamiento. Hay técnicas de reparación de redes que no implican abrir en canal la ciudad y puede usarse un modelo computarizado para trabajar en células o manzanas sucesivas. Las obras podrían llevarse dos o tres años y los ahorros en fugas y tomas clandestinas serían de unos 100 litros por segundo.
COSECHA URBANA DE LLUVIA: DRENAJE PLUVIAL Y CAPTACIÓN DIRECTA	El agua más abundante y limpia nos cae del cielo. Una posibilidad de aprovecharla implica la construcción de un drenaje pluvial para la ciudad y obras especiales de captación directa. El resultado de ambas es recargar el acuífero subterráneo y evitar inundaciones. Si consideramos la superficie de captación de la ciudad y lo que llueve, y suponemos que un tercio de lo captado iría directamente a mantos superficiales aprovechables, tendríamos unos 380 litros por segundo. Si en tres años avanzáramos 50%, el aporte adicional inmediato sería de 190 litros por segundo.
COSECHA URBANA DE LLUVIA: PROGRAMA DOMICILIARIO	Otra iniciativa es captar la lluvia en casas, edificios y otras construcciones. Se pueden captar así al menos 500 litros anuales por cada metro cuadrado de techo. La captación y la purificación son sencillas, pero la principal limitación es el almacenamiento. Podrían ponerse en marcha programas piloto de captación, con apoyos técnicos y diversos incentivos legales fiscales o de servicios. Un programa de estos podría aportar otros 20 litros por segundo.
PROGRAMA EMERGENTE DE DISTRIBUCIÓN ZONA CONURBADA	Añadir 30 pipas a las que tiene la ADOSAPACO; diseñar una estrategia para atender a quienes no cuentan con agua corriente; presionar con la competencia para que bajen los precios y sea más eficiente el servicio de las pipas privadas. El servicio preferente sería parte de los incentivos para quienes participen en pagos voluntarios, esquemas de auditoría y cosecha de lluvia.
PROGRAMA DOMICILIARIO DE AHORRO Y REUSO	Instaurar brigadas técnicas que por solicitud hagan balances de uso del agua en casas o comercios, detecten fugas y sugieran opciones técnicas de ahorro y reuso, incluyendo captar agua de lluvia. Todo esto combinado con una campaña informativa apropiada.

PROYECTO	DESCRIPCIÓN/OBJETIVOS
SANEAMIENTO MICRO	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzar alternativas para el drenaje, como los sanitarios ecológicos y los sistemas de entramados de raíces. • Prevenir el desperdicio del agua disponible y su contaminación. • Establecer formas de saneamiento diferenciadas, que satisfagan condiciones de higiene para todas las familias y prevengan la contaminación con excretas humanas. • Atender la demanda existente de sanitarios ecológicos, impulsando el establecimiento de talleres locales y proporcionando la asesoría necesaria para su construcción y uso. • Impulsar el uso adecuado de los sanitarios ecológicos ya existentes que se emplean en forma inadecuada (ya sea como letrinas convencionales o con prácticas erróneas) o que han dejado de usarse. • Impulsar, mediante difusión, promoción y contagio, la ampliación del uso de sanitarios ecológicos y otras técnicas de tratamiento de pequeña escala, como biodigestores. • Identificar las áreas en que pueden instalarse tecnologías alternativas de tratamiento de aguas negras (entramados de raíces, humedales, etc.), concertar con las poblaciones la instalación de las alternativas y realizar las obras correspondientes.
SANEAMIENTO: PLANTAS MEDIANAS Y GRANDES	<p>Se han construido unas 60 plantas de tratamiento (PTAR) en la cuenca de todo el estado, de las cuales 90% son disfuncionales en varios grados, que incluyen la ruina completa, diversos niveles de abandono y bajos porcentajes de eficiencia por fallas operativas y de mantenimiento, reparación o reposición de partes.</p> <p>Esta situación es un verdadero desastre y refleja actitudes de las instituciones, las autoridades, los actores principales en el sector y la población en general, que tendrán que ser revertidos si queremos enfrentar con éxito la creciente problemática de aguas negras en la cuenca. Todos los actores deben modificar radicalmente estas actitudes, previa elaboración de un diagnóstico fiel y completo de las PTAR, que pueda señalar un nuevo camino para construir, operar, mantener y componer las plantas de tratamiento de aguas residuales. El énfasis debe estar en sistemas de tratamiento biológicos y de bajo costo, como los humedales, las plantas de tratamiento medianas (hasta para 10 mil habitantes) y en un proceso integral de proyectos, construcción y operación con amplia participación social y local.</p> <p>Evidentemente, la planta de tratamiento de la ciudad de Oaxaca, en San Juan La Raya, debe ser recuperada y puesta en operación cuanto antes.</p>

TABLA 25 • DIFUSIÓN

PROYECTO	DESCRIPCIÓN/OBJETIVOS
CAMPAÑA PERMANENTE DE INFORMACIÓN Y CONCIENCIACIÓN	Cambiar la relación agua-sociedad en la cuenca implica que la información, la difusión y la concienciación sean elementos centrales del Plan. Se propone una campaña permanente de información y concienciación con el principio de <i>repensar el agua</i> .
CENTROS DEMOSTRATIVOS DE BUEN USO DEL AGUA	<p>Abarcan porciones relativamente pequeñas de todos los terrenos de los Valles que tendríamos que regenerar, en las que queremos ensayar formas integrales, nuevas e ingeniosas de mejorar lugares, que incluyan la participación enfocada de comunidades, sociedad y gobierno para obtener resultados que luego puedan aplicarse a zonas más extensas.</p> <p>Muchas actividades de tecnología alternativa pueden reforzarse por medio de talleres donde la gente aprenda técnicas concretas para después reproducirlas, con adecuado acompañamiento técnico, en sus casas, colonias o comunidades. Ejemplos de esas técnicas son las estufas ahorradoras de leña, el saneamiento alternativo, especialmente los sanitarios ecológicos, los invernaderos, los sistemas de riego eficiente y otros.</p>
MÓDULOS INTEGRALES "HOGARES SUSTENTABLES PARA TODOS" (PILOTO)	<p>Un proyecto emblemático conjunto de sociedad y gobierno, que atendería de manera eficaz y sustentable a los grupos sociales más marginados, es la instauración de módulos familiares que incluyen captación y almacenamiento de agua, sanitarios ecológicos y estufas ahorradoras de leña como elementos centrales, pero que pueden extenderse a otras tecnologías alternativas, como hornos solares, tratamiento de aguas grises y huertos familiares, entre otros.</p> <p>Se trata de aplicar herramientas ambientalmente amigables –que actúan en favor de los procesos naturales–, las cuales favorezcan la autonomía social, reduzcan los costos, privilegien el uso de materias primas locales y puedan ser apropiadas con facilidad por la mayoría de la gente.</p>

4.2. OPORTUNIDADES

Es factible, en términos operativos, presupuestales y políticos, iniciar la transición hacia la gestión sustentable del agua en la cuenca y en los Valles Centrales. Presentamos a continuación varias tareas que pueden conducir a esto; se trata de proyectos o iniciativas que han sido descritos en la sección anterior, o bien de un conjunto de ellos articulados en torno a una meta común. Junto con las recomendaciones de la sección que sigue representan un paquete coherente de acciones cuyo inicio inmediato es oportuno.

Un Plan Común para un Bien Común, Fase II

En esta etapa se reforzará la instauración del Plan en los Valles Centrales de Oaxaca, donde se asienta la capital del estado, con el objetivo de enfrentar la amenaza principal: el deterioro ecológico. Se trata de ejecutar las acciones prioritarias ya identificadas, con énfasis en perfeccionar el modelo hidrosocial, avanzar en la concertación y la gestión, continuar las acciones de regeneración de microcuencas, producción sustentable y cosecha de lluvia, así como mejorar la participación social con respecto a los problemas del agua.

Esta fase del proyecto, de dos años de duración, reúne los esfuerzos de conservación que realiza la WWF, así como los trabajos de *Aguaxaca*, que el INSO y sus aliados sociales e institucionales vienen realizando desde 2003. En estos años hemos consolidado métodos y estrategias fundados en nuestra visión de las líneas de trabajo: LA FOTO (investigación), LA MESA (concertación y mecanismos de financiamiento), EL PLAN, LAS HERRAMIENTAS (acciones concretas de regeneración y tecnología alternativa) y LA VOZ (difusión y concienciación).

Repensar el Foro Oaxaqueño del Agua (FOA)

El FOA tiene diez años como espacio de información, consulta, planeación y concertación para proteger y restaurar los procesos naturales de los que depende el agua en los Valles Centrales y

mejorar así el bienestar de sus pobladores. Cuenta hoy con 70 miembros registrados: representantes de organizaciones civiles y sociales, centros de investigación, sector privado, gobierno federal, gobierno del estado, ayuntamientos y comunidades.

La construcción de un auténtico espacio de discusión y trabajo entre sociedad y gobierno para los asuntos del agua en los Valles Centrales ha sido lenta y difícil, pero hay consenso en que el FOA ha cumplido un papel importante y que su trabajo debe ser ampliado y reforzado, manteniendo sus objetivos y principios de trabajo. Entre las propuestas para orientar una reflexión sobre el tema están: Fortalecer la Secretaría Técnica, crear en el FOA una *comunidad de aprendizaje*, que entre otras cosas atienda la formación continua de líderes de organizaciones y comunidades, tanto en aspectos técnicos de manejo de agua como en la gestión social e institucional y en la instauración de campañas, constituir un Comité Directivo que será responsable de impulsar y dar seguimiento al Plan Común, y constituir el Observatorio Ciudadano del Agua.

Programa de Solidaridad Hídrica

Un modo alternativo para que los usuarios del agua, especialmente de las ciudades, compensen a quienes protegen las fuentes de agua, sería el Programa de Solidaridad Hídrica, vinculado al Fideicomiso Aguaxaca, una estructura con participación pública y social, eficiente y transparente. Los requisitos o pasos serían:

- a) Lograr que todos los participantes (comunidades, usuarios, gobierno, ONG), sobre la base de información adecuada, estén plenamente dispuestos a colaborar.
- b) Definir concertada y claramente sus objetivos.
- c) Contar con un modelo científicamente sólido, conocer las condiciones de las que partimos y tener un sistema de monitoreo que permita evaluar los cambios buscados.
- d) Mantener una visión integral: el Pago por Servicios Ambientales Hídricos (PSAH) debe ser parte de un continuo de acciones de compensación y apoyo a la conservación y al bienestar social, y ha de aplicarse a la par de un cuidadoso proceso de información y concertación.

- e) Consolidar el Fideicomiso Aguaxaca.
- f) Impulsar una amplia organización comunitaria.

Entre las etapas de planeación e investigación que se requieren están: concluir el modelo hidrosocial, instaurar el sistema de monitoreo hidrológico, identificar el conocimiento sobre el PSAH que tienen los actores clave, elaborar una propuesta financiera viable (esto incluye la revisión de los sistemas de cuotas por diversos usos del agua, sobre todo del servicio de agua potable) y un proyecto de mecanismos transparentes y democráticos para manejar fondos, y completar la recopilación de buenas prácticas de manejo en la cuenca alta. Buena parte de estos elementos se desarrollarán en la continuación del Plan Común y han sido propuestos como proyectos específicos en este documento.

Programa Metropolitano de Abasto de Agua

Con miras a una ciudad sustentable con claros límites biofísicos aspiraríamos a contar con fuentes suficientes y estables de agua buena y con la menor afectación posible de su ciclo natural. Además buscaríamos repartirla justamente y usarla con eficiencia. A continuación reunimos algunas opciones, ya descritas en la sección de proyectos, para mejorar nuestra disponibilidad de agua buena, con acento en las que podrían instaurarse rápidamente, y estimaciones preliminares de costos.

En la Tabla 26 resumimos los costos y la cantidad adicional de agua que se obtendría a corto plazo con las opciones de abasto. Podemos ver que dispondríamos de más del doble de los requerimientos actuales y con un costo mucho menor. Adicionalmente, todas estas acciones irían aumentando la disponibilidad de manera gradual.

Para afinar aún más la comparación, el costo del litro por segundo adicional que nos darían las opciones de abasto aquí resumidas es de menos de un millón de pesos, en cambio el del acueducto y la presa Bicentenario es de cerca de dos millones, sin considerar la operación. Por otra parte, las obras como regeneración de cañadas o riego eficiente cumplirían muchos otros objetivos, además del abasto de agua.

TABLA 26 • OPCIONES DE ABASTO, COSTOS Y DISPONIBILIDAD

Opciones de abasto	Costo estimado a tres años en millones de pesos	Disponibilidad adicional de agua en litros por segundo
Mejoramiento de las redes de agua potable	200	100
Riego eficiente	60	100
Regeneración de cañadas	100	80
Captación urbana de agua de lluvia	80	180
Drenaje pluvial y captación directa	10	40
Programa domiciliario de ahorro y reuso	20	40
Programa emergente de distribución	20	--
Total	500	540

San Felipe-Jalatlaco

La microcuenca que forman los ríos San Felipe-Jalatlaco atraviesa la ciudad de Oaxaca de Norte a Sur, sobre una superficie de unas cuatro mil hectáreas (Véase Mapa 44). Su importancia es inestimable para la región de los Valles Centrales, por su ubicación en el corazón de la ciudad, el papel histórico que ha desempeñado como fuente de agua y modeladora del crecimiento urbano, y su enorme potencial económico, cultural y turístico.

Sin embargo, la microcuenca sufre severos problemas, derivados principalmente del crecimiento urbano veloz y desordenado de las últimas décadas: sus aguas están gravemente contaminadas por desagües de todo tipo, el cauce y las riberas han sido modificados drásticamente por obras públicas y privadas que incluyen confinamiento total o parcial de varias porciones, se ha invadido sistemáticamente la zona federal y en la parte alta el entorno natural y rural han sido objeto de deforestación y erosión aceleradas.

Enfrentar estos problemas requiere un esfuerzo integral, urgente y decidido de sociedad y gobiernos, que incluye repensar a fondo nuestras estrategias en el contexto de una visión auténticamente metropolitana, multidisciplinaria y transectorial. Para ello, diversos representantes de los gobiernos federal, estatal y municipal y organizaciones de la sociedad civil acordamos elaborar una propuesta conjunta con los siguientes objetivos:

Río arriba

Controlar y regular el crecimiento de la ciudad en las partes altas de la microcuenca; restringir los cambios de uso del suelo; hacer obras de regeneración, control de erosión y azolve.

Limpieza

Evitar el vertimiento de desechos en los cuerpos de agua, y tratar el agua en diversas escalas para reintegrarla limpia a su ciclo.

Zona federal y regeneración urbana

Regular de manera estricta el uso de la zona federal en la microcuenca, especialmente las construcciones; recuperar, regenerar y embellecer las riberas para usos públicos, comunitarios y de impulso de actividades productivas y creativas sustentables.

Control de riesgos ambientales y de salud

Evitar inundaciones, salvaguardar personas e infraestructura, minimizar accidentes y enfermedades.

Las acciones y proyectos requeridos son:

- Realizar el diagnóstico completo de las emisiones de drenaje y concluir la instalación de colectores fuera de los cauces.
- Elaborar un plan de monitoreo hidrológico, contar con un sistema de información y crear un comité técnico evaluador.
- Realizar estudios para el ordenamiento de la ciudad y la zona conurbada.
- Elaborar e instaurar los proyectos parciales de urbanismo parques lineales, uso público, recreativo y cultural, etc.
- Delimitar la zona federal en ríos y arroyos prioritarios y analizar la concesión a municipios y otras instancias.
- Fortalecer los espacios de concertación y participación local, como los Convives, el FOA, el grupo de trabajo de la Cordillera y otros.
- Reestructurar la ADOSAPACO.
- Instaurar el proyecto de regeneración de cañadas en la subcuenca.
- Instaurar los proyectos de cosecha urbana de lluvia, incluyendo drenaje pluvial y captación directa.
- Instaurar un proyecto piloto de saneamiento por humedales.
- Instaurar el programa domiciliario de ahorro y reuso.

Regeneración de cañadas

Hay unas 40 pequeñas cañadas en la Cordillera, nuestra principal fuente de agua, cuya regeneración a corto plazo es factible mediante la reforestación con especies locales y obras sencillas de zanjeo, terraceo, micropresas y gaviones. Con estas acciones se incrementará la infiltración disminuida por la deforestación y los cambios del uso del suelo, se disminuirá la velocidad del agua, se evitará el arrastre de sedimentos, se dispondrá de más agua para las necesidades locales, se incrementará la producción de alimentos y se contribuirá a poner un freno al crecimiento urbano que compromete la recarga del acuífero.

La primera fase de selección y jerarquización de cañadas se ha hecho revisando la información cartográfica, de suelos, aguas superficiales y subterráneas, así como la información de-

rivada de los talleres comunitarios. Las actividades que siguen son:

- Sentar a la mesa de discusión a los actores principales: autoridades municipales, comisariados de bienes ejidales o comunales, etc.
- Hacer investigación documental y visitas de campo y construir una base de datos y un sistema de información geográfica con los datos ambientales y sociales obtenidos (ubicación precisa de la cañada, vegetación y plantas,

suelos, disponibilidad de agua, pendientes del terreno, materiales útiles de la localidad, etc.).

- Construcción de viveros rústicos, con la finalidad de producir las plantas que serán utilizadas en el proceso.
- Seguimiento y evaluación continua de los trabajos, para garantizar un buen éxito del proyecto.

Las comunidades propuestas y la estimación de costos correspondiente se enlistan a continuación:

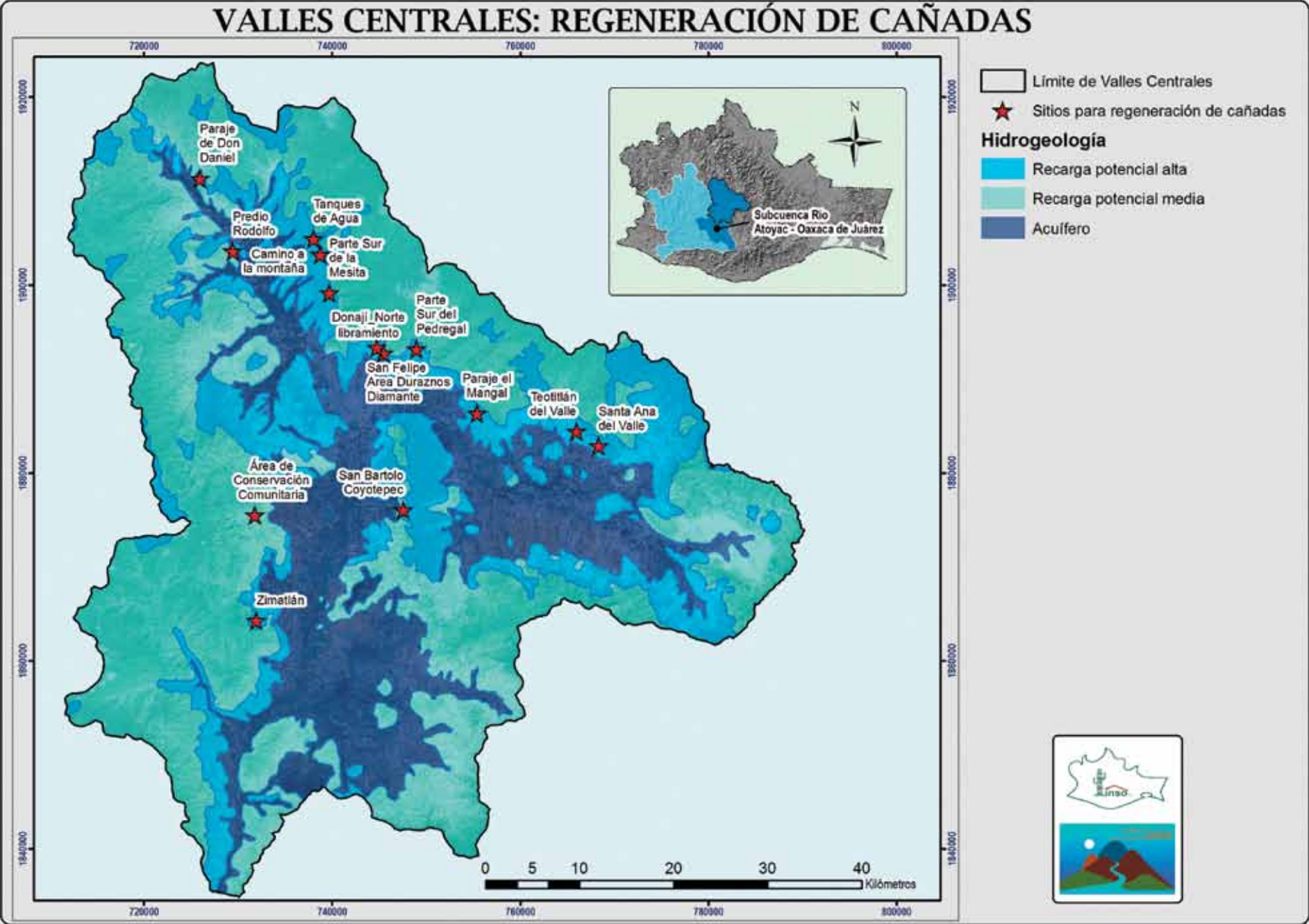
TABLA 27 • REGENERACIÓN DE CAÑADAS

MUNICIPIO O LOCALIDAD	ÁREA PRO-PUESTA (HA)	DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS POR MUNICIPIO Y LOCALIDAD														MANTE-NIMIENTO EN 2 AÑOS	IMPORTE EN MILLONES DE PESOS POR 3 AÑOS
		JG		BT		ZJ	MFC		MP		GV		RF	PP			
		Cant.	m³	Cant.	m³	m	Cant.	m²	Cant.	m³	Cant.	m³	Cant. árboles	RT Ha.	INV m²		
San Pablo Huitzo (área norte)	10	3	3,000	5	1,250	10,000	3	120	2	90	10	50	8,000	8	1,200	500,000	2.5
San Pablo Etla (antes de llegar a La Mesita)	8	4	1,200	4	600	6,000	3	90	3	90	5	30	6,400	6	900	400,000	2.0
San Juan Bautista Guelache (San Miguel y San Gabriel)	8	4	2,000	3	900	6,000	4	200	0	0	7	112	6,000	6	1,000	450,000	2.47
San Andrés Huayapam (parte sur de El Pedregal)	5	1	500	3	150	4,000	1	60	3	90	6	81	4,000	3	2	300,000	1.51
Donají (arriba del libramiento)	5	3	1,350	2	400	4,000	3	108	3	90	6	144	4,000	3	1,200	300,000	2.01

Tlaxiáac de Cabrera (Santa Catalina de Senna)	6	3	3,000	4	1,000	6,000	3	198	2	81	5	173	4,800	5	1,200	400,000	2.81
San Agustín Etla	4	2	200	4	1,000	3,000	2	85	1	45	4	77	3,200	3	600	300,000	1.66
San Felipe del Agua (Grupo Flor de Durazno Diamante)	6	3	2,000	3	600	4,000	3	141	0	0	3	78	4,800	6	0	250,000	1.6
Santa Ana del Valle	3	1	1,500	3	750	2,500	2	112	2	56	4	123	2,400	3	600	300,000	1.7
San Isidro Zautla	15	5	4,000	5	1,500	10,500	5	320	5	210	10	225	12,000	10	1,500	500,000	4.35
San Bartolo Coyotepec	5	1	1,200	3	750	4,000	1	60	2	90	3	94	4,000	5	600	300,000	1.75
Teotitlán del Valle	3	1	1,000	2	400	3,000	1	64	2	30	4	38	2,400	3	600	250,000	1.23
Zaachila	10	2	2,000	3	1,200	8,000	3	100	3	162	5	51	8,000	5	900	500,000	2.5
Zimatlán de Álvarez	10	3	3,000	3	3,000	8,000	2	120	2	117	5	111	8,000	5	900	500,000	2.9
TOTAL	98	36	25,950	47	13,500	79,000	36	1,778	30	1,151	77	1,387	78,000	71	11,202	5,250,000	30.99

JG: jagüey, **BT:** bordo de tierra, **ZJ:** zanja a nivel, **MFC:** muro de ferrocemento, **MP:** muro de piedra, **GV:** gavión, **RF:** reforestación, **RT:** riego tecnificado (goteo), **PP:** proyectos productivos (invernaderos).

Las comunidades mencionadas en la tabla se localizan en el Mapa 45.



4.3. RECOMENDACIONES

- Establecer en el FOA, un comité colegiado para difundir e instaurar el plan. Este comité será el encargado de su evaluación y seguimiento.
- Iniciar la reestructuración de la administración pública estatal, incluyendo la creación de la Secretaría de Agua y Ecología.
- Elaborar el proyecto de Ley Estatal de Agua.
- Establecer la Comisión de Cuenca del Río Verde-Atoyac como parte del Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca.
- Cancelar de manera definitiva el proyecto Paso de la Reina.
- Revisar el proyecto Paso Ancho. Entre otras cosas, superar las deficiencias que tiene el estudio de impacto ambiental, realizar estudios de caudal ecológico e informar con suficiencia y claridad a la sociedad oaxaqueña de sus alcances y costos.
- Establecer una mesa de concertación para el caso de la minera en San José del Progreso y revisar las políticas estatales en materia de minería.
- Construir un plan concertado e integral de desarrollo urbano metropolitano.
- Suspender la construcción de plantas de tratamiento hasta concluir el estudio que ha iniciado la Comisión Estatal del Agua, y redefinir estrategias y procesos.

4.4. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

La evaluación del PCBC incluirá los siguientes elementos:

- *Revisión documental.* Abarcará todos los componentes del plan, sus modificaciones, los informes y toda la información anexa que sea pertinente. Incluirá representantes de grupos e instituciones, revisores *ad hoc* y público en general éste mediante solicitud de comentarios, encuestas y entrevistas. La calidad de los documentos, su pertinencia y aceptación serán los principales elementos por evaluar.

- *Reuniones y talleres de evaluación.* Se propone realizar ejercicios formales de evaluación con los distintos actores del plan. Además de informar, se buscará estimular la reflexión sobre las propuestas y explorar las posibilidades e intereses de instauración, en una primera etapa, y su posterior ejecución.
- *Evaluaciones de campo.* Se visitarán los sitios críticos, las experiencias piloto y las actividades de distintas instituciones, organizaciones y comunidades participantes en el plan.

INDICADORES:

Generales:

- Disminución de la huella hídrica y aumento de la eficiencia en el uso del agua (a partir de índices elegidos, como huella hídrica de procesos industriales, disminución de uso urbano de agua per cápita, agua por unidad de comida producida, etc.).
- Mejoría en la calidad y la disponibilidad de agua por unidad hidrológica.
- Mejoría en el bienestar social (disminución de índices de pobreza hídrica, salud, habitación, disminución de emigración, etc.).
- Mayor equilibrio en el ciclo hidrosocial (aumento de la infiltración, disminución de erosión y azolves, aumento en la cobertura forestal, disminución de la fragmentación de ecosistemas, etc.).

Investigación y planeación:

- Calidad y consistencia de las investigaciones, aceptación de sectores diversos, arbitraje independiente de trabajos técnicos.
- Calidad y consistencia de las propuestas de acciones, planes y programas, aceptación de sectores diversos, grado de instauración de las acciones, planes o programas.

Legislación, concertación y administración:

- Metas cumplidas en el trabajo de las mesas de coordinación y concertación del plan (especialmente el FOA y la Comisión de Cuenca del Río Verde-Atoyac), número de participantes en asambleas y reuniones de las mesas, número de reuniones, acuerdos generados.
- Nuevas leyes y reglamentos.
- Cambios en las políticas públicas, eficiencia y transparencia en la operación de los esquemas de gestión del agua, número de eventos y participantes en reuniones y seminarios.
- Montos del presupuesto público, privado y social involucrado en acciones afines al plan, beneficios ambientales y sociales, potencial de aplicación o replicabilidad de las acciones y programas.

Regeneración y producción sustentable:

- Revegetación y regeneración (aumento de reforestación y sobrevivencia, disminución de erosión y azolve, cañadas

regeneradas, aumento de productividad agropecuaria y forestal, autosuficiencia alimentaria, etc.).

Abasto, eficiencia y saneamiento:

- Eficiencia en la distribución y almacenamiento de agua (disminución de fugas en los sistemas de agua potable, autosuficiencia de organismos operadores, aumento de aportaciones voluntarias a tarifas de servicios).
- Integración de sistemas de distribución de agua y drenaje.
- Disminución de aguas negras y grises.

Difusión:

- Conocimiento del plan y sus acciones.
- Número de materiales de difusión, distribución y aceptación.
- Número, extensión y calidad de programas en medios masivos.
- Participación de ciudadanos y organizaciones en acciones conjuntas.
- Otros.



SIGLAS UTILIZADAS

ADOSAPACO: Administración de Obras y Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Oaxaca

ANP: Áreas Naturales Protegidas

Bandas: Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales

CEA: Comisión Estatal del Agua

CIESAS: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social

CIIDIR: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional

CNA: Comisión Nacional del Agua

Conabio: Comisión Nacional para la Biodiversidad

Conanp: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Convive: Comité de Vida Vecinal

COTAS: Comités Técnicos de Aguas Subterráneas

CRVA: Cuenca del Río Verde-Atoyac

DOF: Diario Oficial de la Federación

FOA: Foro Oaxaqueño del Agua

IMTA: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

IPN: Instituto Politécnico Nacional

INSO: Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca

PCBC: Un Plan Común para un Bien Común

Phina: Padrón e Historial de Núcleos Agrarios

Procede: Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares

PSAH: Pago por Servicios Ambientales Hídricos

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Semarnat: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Siatl: Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas

UAM: Universidad Autónoma Metropolitana

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

WWF: World Wildlife Fund



BIBLIOGRAFIA

Arrojo, P. 2005. Lo público y lo privado en la gestión del agua: experiencias y reflexiones para el siglo XXI. Ediciones de oriente y del mediterráneo. España. 364 pp.

Barkin, D. (coord.). 2006. La gestión del agua urbana en México: retos, debates y bienestar. Universidad de Guadalajara. México. 336 pp.

Barkin, D. 2005. The contradictions of urban water management in Mexico. *Vertigo, La revue en sciences de l'environnement*. Número especial 2:1-10.

Beccan, N., Flores, N., Urhahn G., B., van de Pas. 2012. Visión río Atoyac. Proyecto de recuperación del río Atoyac como estrategia de desarrollo urbano de la ciudad de Oaxaca de Juárez. Ayuntamiento de Oaxaca de Juárez. 83 pp.

Belmonte, S., Aragón M., Navarro S., Bautista A., Herrera J., I. Valeriano. 2006. Evaluación de riesgo de contaminación del sistema acuífero de los Valles Centrales de Oaxaca. En: Sistema de investigación Benito Juárez. Investigación para el desarrollo regional. Conacyt. Pp. 49-51.

Belmonte, S., Campos J., M., Alatorre. 2005. Vulnerability to contamination of the Zaachila aquifer, Oaxaca, México. *Geofísica Internacional*. 44(3): 283-300.

Birrichaga, D. 2009. Legislación en torno al agua, siglos XIX y XX. En: Comisión Nacional del Agua (CNA). 2009. Semblanza histórica del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 82 pp.

Boege, E. 2008. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrobiodiversidad en los territorios indígenas. Instituto Nacional de Antropo-

logía e Historia, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México. 342 pp.

Bueno, J. 1998. Las obras hidráulicas en el virreinato. Comisión Nacional del Agua, Unidad de Comunicación Social. Obra hidráulica en Oaxaca. IMTA. México. 115 pp.

Burns, E. 2009. Repensar la cuenca: la gestión de ciclos del agua en el Valle de México. Centro para la sustentabilidad Incalli Ixcahuicopa. Disponible en: <http://cuencavalledemexico.com/publicaciones/>.

Bustamante, J. 1989. Introducción del agua a la ciudad de Oaxaca. Capítulo 8. En: Temas del Pasado Oaxaqueño. Secretaría de Desarrollo Económico y Social, Dirección General de Educación, Cultura y Bienestar Social del Gobierno del Estado de Oaxaca. 166 pp.

Caballero, P., Carrillo, J., Gómez, R., M., Jerez. 2010. Presencia de arsénico en pozos y en cultivos en Oaxaca, México. 2010. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1):177-184.

Casas, G., Méndez de la Cruz, F., X. Aguilar. 2004. Anfibios y reptiles. En: García, A., Ordoñez, M., M., Briones (ed.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. 605 pp.

Centeno, E. 2004. Configuración geológica del estado En: García, A., Ordoñez, M., M., Briones (ed.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. 605 pp.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). 2011. Áreas naturales protegidas federales. Consultado en abril 2012. En: sig.conamp.gob.mx/websitr/pagsig/información/info.htm.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). 2012. Áreas destinadas voluntariamente a la conservación.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2001. Estudio de actualización geohidrológica del acuífero de Valles Centrales, edo. de Oaxaca. Informe final. Anexo Mapa 7.1 Hidrogeológico corregido.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero del Valles Centrales, estado Oaxaca. Gerencia de Aguas Subterráneas. 28 pp.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2009a. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea: Acuífero (2025) Valles Centrales Estado de Oaxaca. Diario Oficial de la Federación. 28 de agosto. 2009. 442 pp.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2009b. Semblanza histórica del agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 82 pp.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2011. Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México. Comisión Nacional del Agua- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 85 pp.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2012. Programa hídrico regional visión 2030. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 175 pp.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio). 1999. "Áreas de importancia para la conservación de las aves". Escala 1:1,000,000. Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (CIPAMEX). México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio). 2004. "Regiones terrestres prioritarias". Escala 1:1,000,000. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conabio-Conanp). 2010. Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad. Escala 1:1,000,000. México.

Consejo, J. 2010. Repensar nuestra relación con el agua. En Yescas, I., C., Sánchez. Oaxaca 2010. Voces de la Transición. Carteles editores. Pp. 299-309.

Cotler, H. (ed). 2010. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Fundación Gonzalo Río Arronte. México. 232 pp.

De Ávila, A. 2004. La clasificación de la vida en las lenguas de Oaxaca. En: García, A., Ordoñez, M., M., Briones (ed.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 605 pp.

Diario Oficial de la Federación (DOF). 2007. Acuerdo por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas del Río Papagayo 1, Río Petaquillas, Río Omitlán, Río Papagayo 2, Río Papagayo 3, Río Papagayo 4, Río Cortés, Río Nexpa 1, Río Nexpa 2, Río Copala, Río Marquelia 1, Río Marquelia 2, Río Quetzala, Río Infiernillo, Río Santa Catarina, Río Ometepec 1, Río Ometepec 2, Río Ometepec 3, Río Cortijos 1, Río Cortijos 2, Río Cortijos 3, Río Cortijos 4, Río Ometepec 4, Río La Arena 1, Río La Arena 2, Laguna de Corralero (Estado de Oaxaca), Río La Arena 3 (Estado de Guerrero), Río Atoyac-Salado, Río AtoyacTlapacoyan, Río Sordo-Yolotepec, Río Atoyac-Paso de la Reina y Río Verde, mismos que forman parte de la región hidrológica número 20 Costa Chica de Guerrero. Martes 19 de junio de 2007.

Domínguez, A., Bourguett O., Georguiev V., I., Caldiño. 2005. Plan de Acción para el Organismo de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Oaxaca. En: Estudios para el mejoramiento del sistema de

agua potable y saneamiento de la ciudad de Oaxaca, Oax. Tomo I. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Esparza, M. 2000. Del bule a la copa de cristal. Un mínimo para entender la historia antigua de Oaxaca. Carteles Editores-P.G.O. Oaxaca. 85 pp.

Fernández, I., Enfield, G., S., O'hara. 2004. Estrategias para el control del agua en Oaxaca colonial. Estudios de Historia Novohispana. 31(31):137-198.

Flannery K., M., Joyce. 2005. Excavations at San José Mogote 1: the household archaeology. Memoirs of the museum of Anthropology, University of Michigan. No. 40(13).

Flores, E., Martínez, R., Chávez, R., Crusillo, Y., Jiménez, G., O., Campos. 2008. Numerical modeling of Etla Valley aquifer, Oax., Mexico: evolution and remediation scenarios. Geofísica Internacional. 47 (1):27-40.

Galindo, E., Otazo, E., Reyes, R., Arellano, S., Gordillo, A., C., González. 2010. Balance hídrico y afectaciones a la recarga para el año 2021 en el acuífero Cuautitlán, Pachuca. GeoFocus. 10:65-90.

García A., Ordoñez M., M., Briones. 2004. Introducción. En: García, A., Ordoñez, M., M., Briones (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 605 pp.

García, A. 2011. Introducción. En: García, A., J., Meave (eds.). Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas (colecciones y listas de especies). Instituto de Biología, UNAM-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 352 pp.

García, E., Conabio. 1998a. "Climas" (clasificación de Köpen modificado por García) Escala 1:1,000,000. México.

García, E., Conabio. 1998b. "Isotermas medias anuales" Escala 1:1,000,000.

García, E., Conabio. 1998c. "Precipitación total anual" Escala 1:1,000,000.

Gobierno del Estado de Oaxaca. 2012. Manifestación de impacto ambiental, Proyecto Acueducto Bicentenario de la Independencia "Paso Ancho".

Gobierno del Estado de Oaxaca. 2012. Plan estratégico sectorial de protección ambiental, subsectores agua y saneamiento básico. Banco Mundial y Gobierno del Estado de Oaxaca. México. 51 pp.

González, P., Briones, M., A., Alfaro. 2004. Integración del conocimiento faunístico del estado. En: García, A., Ordoñez M., M., Briones (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México. 605 pp.

Gutiérrez, R., M. Emanuelli. 2010. Régimen jurídico del agua continental en México: un análisis crítico. En: Jiménez. B., Torregrosa, M., L., Abortes (ed.). El agua en México: cauces y encauces. Academia Mexicana de las Ciencias y Comisión Nacional del Agua. México. 702 pp.

Hughes, D.1981. La ecología en las civilizaciones antiguas. Fondo de Cultura Económica. 272 pp.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2008. Elaboración de balances hídricos por cuencas hidrográficas y propuesta de modernización de las redes de medición en Costa Rica. Informe final de Consultoría para el Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica. Documento Interno no publicado. San José, Costa Rica. 154 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1990. XI Censo de población y vivienda. México. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1991. Anuario estadístico del estado de Oaxaca. INEGI-Gobierno del estado de Oaxaca. 106 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1995. Censo de población y vivienda. México. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1998. Conjunto de datos vectoriales geológico 1977-1988. Serie I escala 1:250,000. INEGI. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2004. Capítulo 6 Hidrología. Síntesis de información geográfica del estado de Oaxaca. Versión digital.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005. Guía para la interpretación de cartografía geológica. INEGI. México. 26 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2007. Conjunto de datos vectoriales edafológicos, serie II escala 1:250,000. INEGI. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010a. XIII Censo de población y vivienda 2010. México. INEGI

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010b. Red hidrográfica, escala 1:50,000. Edición 2.0. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010c. Marco geoestadístico municipal. INEGI. México. Consultado en marzo 2012. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010d. Conjunto Nacional de uso del Suelo y Vegetación a escala 1:250,000: serie IV. México. INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2011a. Guía para la interpretación de cartografía edafología escala 1:250,000. Serie II. INEGI México. 32 pp.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2011b. Conjunto de datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales, escala 1:1,000,000, Fisiografía. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2012. Guía para la interpretación de cartografía. Uso de suelo y vegetación, escala 1:250,000. Serie IV. México. 126 pp.

Joyce, A., R., Mueller. 1992. The social impact of anthropogenic landscape modification in the río Verde drainage basin, Oaxaca, Mexico. *Geoarcheology: An International Journal*. Vol. 7(6): 503-526.

Joyce, A., R., Mueller. 1997. Prehispanic human ecology of the río Verde drainage basin. *World Archaeology* 29(1):7594.

Langlé, R. 2004. Río Atoyac: impacto humano desde la perspectiva de sus paisajes hidrológicos y culturales. Centro de Investigaciones y estudios superiores en Antropología Social, Pacífico Sur. 18 pp.

López, D. 2007. Oaxaca. En: Van Doesburg, S. 475 años de la fundación de Oaxaca, siglos XIX y XX. Vol. II. Exima. México. 179 pp.

López, L. 2009. Los trabajos del agua en Oaxaca. Aguaxaca. Mayo-Junio. 24:5-8.

López, L., J., Consejo. 2011. Las Reflexiones de Aguaxaca: repensar el agua. Carteles Editores. Oaxaca. 163 pp.

Lusher, L. 2007. Water policy on demand: valuation of improved water services in Oaxaca, México. Bard Center for Environmental Policy. Tesis de Maestría. New York. 76 pp.

Martín, A., Bourguett, V., Georguiev, V., I., Caldiño. 2005. Plan de acción para el organismo de agua potable y alcantarillado de la ciu-

dad de Oaxaca. En: Subcoordinación de hidráulica rural y urbana. Coordinación de tecnología hidráulica. Estudios para el mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento de la ciudad de Oaxaca. Oax. Tomo I. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Gobierno del estado de Oaxaca. 564 pp.

Martín, G. 2012. Información sobre áreas naturales protegidas estatales. Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable, Gobierno del Estado de Oaxaca.

Martínez, E., Villarejo, I., A., Fernández. 2004. Peces continentales. En: García, A., Ordoñez, M., M., Briones (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World WildlifeFund, México. 605 pp.

Murphy, A., A., Stepick. 1991. Social inequality in Oaxaca: a history of resistance and change. Temple University Press. 282 pp.

Navarro, S., Aragón, M., S., Belmonte. 2006. El tiradero de basura del municipio de Oaxaca de Juárez y su impacto en el medio subterráneo: ¿Es necesario preocuparse? Revista Temas de Ciencia y Tecnología. Universidad Tecnológica de la Mixteca. 10: 9-18.

Navarro, S., Bautista, A., S., Belmonte. 2002. Río Atoyac y su relación con el acuífero alimentador. Presentado en el XIII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales.

Padrón e Historial de Núcleos Agrarios (Phina). Consultado en 15 de noviembre del 2012. Disponible en: <http://phina.ran.gob.mx>.

Peralta, M., Vásquez, P., Alavez, D., Contreras, R., Santos, A., Palma, F., Martínez, E., Ramírez, R., E., Cruz. 2011. Caracterización del programa de ordenamiento ecológico regional del territorio del estado de Oaxaca. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 268 pp.

Pérez, S., Hernández, F., Martínez, R., Ramírez, A., Pérez, H., Palacios, O., Ibáñez, L., F., Prado. 2010. Plan de manejo del acuífero valles centrales, en el estado de Oaxaca Tomo I-III. UACH-Unidad Gestora de Servicios Tecnológicos- Comisión Nacional del Agua. Organismo de Cuenca Pacífico Sur Dirección Técnica. Convenio de colaboración: SGT-OCPS-OAX-010-TT-001-RF-CC.

Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares (Procede). 2003. Registro Agrario Nacional.

Reyes J., Carreón, C., Ramírez, J., Leyva, O., Campbell, H., Palacios, R., S. Belmonte. 2009. Informe Final. Estudio de recarga artificial del Acuífero Valles Centrales del estado de Oaxaca. Tomo I-III. Reporte Interno. Elaborado por la Universidad Autónoma de Baja California para la Comisión Nacional del Agua, Dirección General del Organismo de Cuenca Pacífico Sur, Dirección Técnica. Convenio: SGT-OCPS-OAX-09-001-TT-RF-CC.

Reyna, N. 2010. Opportunities and constraints of sustainable water management in Oaxaca city, Mexico. St. Edmund's College. Tesis de Maestría. 60 pp.

Riley, B. 1996. Liquid inequality: historical drinking water crisis in Oaxaca de Juárez, México. Tesis de Maestría. Georgia State University.

Rivera, R. 2012. Modelo de Elevación Digital obtenido a partir del continuo de elevaciones mexicano de INEGI con procesamiento en el laboratorio de análisis geoespacial del CIIDIR Oaxaca.

Rodríguez, E. S. 2011. Atlas de riesgo del municipio de Oaxaca de Juárez, Oaxaca 2011. Ayuntamiento de Oaxaca de Juárez, Secretaría de Desarrollo Social, Instituto de Geología UNAM. 94 pp.

Rojas, T. 1988. Las siembras de ayer. La agricultura indígena del siglo XVI. SEP-CIESAS. México. 230 pp.

Rojas, T. 2009. Las obras hidráulicas en las épocas prehispánica y colonial. En: Comisión Nacional del Agua (CNA). 2009. Semblanza histórica del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 82 pp.

Sánchez, M. 2009. De la tradición a la modernidad. Cambios técnicos y tecnológicos en los usos del agua. En: Comisión Nacional del Agua (CNA). 2009. Semblanza histórica del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 82 pp.

Sansores F. 1992. El control del agua en Monte Albán, Nuevas Evidencias. Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana. 13:19-27.

Sistema de consulta del Servicio Geológico Mexicano (GeoInfoMex). Consultado en octubre de 2012. Disponible en: <http://mapasims.sgm.gob.mx:8399/GeoInfoMexSGM/>.

Sistema Integral de Administración Minera. Área de Cartografía Minera. Consultado en noviembre de 2012. Disponible en: <http://www.cartografia.economia.gob.mx/cartografia/>.

Taylor, W. 1973. Haciendas coloniales en el Valle de Oaxaca. En: Historia Mexicana. México. 23(90): 284-329 pp.

Toledo, A. 2006. Agua, hombre y paisaje. Instituto Nacional de Ecología. 259 pp.

Topp, S. 2012. Future impacts of spatial management choices on land cover change: an analysis of the Rio Atoyac watershed of Oaxaca, Mexico. Bard Center for Environmental Policy. Tesis de Maestría. New York. 82 pp.

Van Doesburg, S. 2007. La fundación de Oaxaca. Antecedentes y contexto del título de ciudad de 1532. En: Van Doesburg, S. 475 años de la fundación de Oaxaca, Fundación y Colonia. Vol. I. Exima. México. 197 pp.

Verburg, P., K., Overmars. 2009. Combining top-down and bottom-up dynamics in land use modeling: exploring the future of abandoned farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model. Landscape Ecology. 24(9):1167-1181.

Villagómez, Y. 2011. El aprovisamiento de agua en la ciudad de Oaxaca. Centro de Estudios Rurales, El Colegio de Michoacán, A. C. 8 pp. (Inédito).

Villarreal, D., Belmonte, S., M., Ladrón de Guevara. 2011. Evaluación del cambio de uso de suelo en la cuenca del río Atoyac de Oaxaca, a través de un SIG. Segundo Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. 5 pp.

Winter, M. 2006. La fundación de Monte Albán y los orígenes del urbanismo temprano en los altos de Oaxaca. En: Ponce de León M., R. Valencia., A., Ciudad Ruíz. Nuevas ciudades, nuevas patrias. Fundación y relocalización de ciudades de Mesoamérica y el Mediterráneo Antiguo. Sociedad Española de Estudios Mayas. Madrid. 404 pp.



ANEXOS

ANEXO 1 • ACTORES Y MESAS DE *UN PLAN COMÚN PARA UN BIEN COMÚN*

ESPACIOS DE CONCERTACIÓN/ACTORES	TRABAJO/DOCUMENTOS*	CONTACTO(S)
GOBIERNO		
Comisión Nacional del Agua. Organismo de Cuenca Pacífico Sur	*Balance y disponibilidad de aguas subterráneas del acuífero Valles Centrales de Oaxaca *Programa de sustentabilidad hídrica de la zona conurbada de la ciudad de Oaxaca *Plan de manejo del acuífero Valles Centrales, en el estado de Oaxaca: importancia, contenido y aplicación. Plan hídrico regional. Visión 2030 Construcción de presa Paso Ancho	Ing. Jorge Montoya Suárez Director General jorge.montoya@conagua.gob.mx 515 4129 Mtra. Monserrat Serra Martínez Directora de Planeación monserrat.serra@yahoo.com.mx 518 7429
Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca	*Plan de trabajo 2012 La iniciativa <i>Un Plan Común para un bien común</i> es parte de este plan de trabajo.	Pedro Hernández Sánchez pedro.hernandez@conagua.gob.mx
Comisión de Vigilancia y Operación del Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca (COVI, antes GSE)	*Propuesta de Plan de trabajo 2013. Quedó como parte de este plan la implementación de la iniciativa <i>Un Plan Común para un bien común</i> . *Reglas de integración, organización y funcionamiento del Consejo de Cuenca de la Costa de Oaxaca Promoción de la Comisión de Cuenca Verde Atoyac.	Alejandra Marín alejandra.marin@conagua.gob.mx
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.	*Parque Nacional Benito Juárez (PNBJ). Consejo Consultivo. *Reglamento del consejo". *Plan de manejo del PNB *Mesa de Yagul. Invasión de un área natural protegida. *Estrategias de conservación. Cordillera Norte de Oaxaca. Certificación de áreas destinadas voluntariamente a la conservación	Pável Palacios 5148652 ppalacios@conanp.gob.mx Ayari Vázquez Marcial avmarcial@conanp.gob.mx 951 162 3853
Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), Centro Coordinador de Miahuatlán	Inversión en proyectos de agua	Dr. Amado Miguel Mejía Martínez. Director Amado.mejia@cdi.gob.mx Pablo Gaytán pgaytan@cdi.gob.mx / 951 1066684

Semarnat. Oficina de Valles Centrales	*Presa y acueducto “Paso Ancho” (Manifestación de impacto ambiental) Retención de suelos, construcción de bordos y zanjas trinchera, manejo de residuos sólidos	Cipriano Rojas Jefe de la Oficina Regional de Valles Centrales cipriano.rojas@oaxaca.semarnat.gob.mx 514 11 53
Jefatura de la Gubernatura	Gabinete Ambiental. *Plan estatal de cambio climático Rescate del río Atoyac (SIGOB)	Jaime Bolaños Cacho Rebeca Camacho González did.rebeca@gmail.com 951 5690332
Secretaría de Finanzas	Convenio para apoyar la iniciativa <i>Un plan común para un bien común.</i>	Yacira Sierra Negrete yacirasierra@hotmail.com 5015000 ext 12543
Secretaría de las Infraestructuras y el Desarrollo Sustentable	*Rescate del río Atoyac	Rubén López Moreno. Subsecretario de Asociaciones Público Privadas ruben.lopez@sinfraoaxaca.gob.mx 501 6900 ext. 25657
Comisión Estatal del Agua	Diagnóstico estatal de las plantas de tratamiento. Esto con el auxilio de Water for Humans	Rubén Ríos Ángeles ceadirgral@gmail.com 501 69 00 extensión 22502
Administración Directa de Obras y Servicios de Agua Potable de la Ciudad de Oaxaca (ADOSAPACO)	Extracción de agua del acuífero de Valles Centrales Distribución de agua. Cobro de cuotas *Proyecto acueducto San Agustín-Tecnológico	Ing. Sergio Pablo Ríos Aquino Director General sergiopabloriguino@hotmail.com 01800 010 1050, ext. 201
Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable	*Conducción del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Oaxaca	Helena Iturribarría 501 69 00 extensión 26885 ecologiaoax.dg@gmail.com José García 044 951 136 01 89 tortis1@yahoo.com Gabriela Reyes Mendoza gabriela_reyes_mendoza@hotmail.com 5016900 ext. 26893

Municipio de Oaxaca de Juárez	<p>Convenio para apoyar la iniciativa <i>Un plan común para un bien común</i></p> <p>*Rescate del río Atoyac (MAP)</p> <p>*Diagnóstico Ordenamiento Ecológico Territorial</p> <p>Mesa de trabajo para el rescate del río San Felipe-Jalatlaco</p> <p>El río San Felipe-Jalatlaco como proyecto piloto de <i>Un plan común para un bien común</i></p>	<p>Luis Ugartechea Begué. Presidente Municipal de Oaxaca de Juárez</p> <p>jacobo.berra@municipiodeoaxaca.gob.mx</p> <p>Gabriela Vargas</p> <p>gabriela.vargas@municipiodeoaxaca.gob.mx</p> <p>5015582</p>
Frente de Presidentes Municipales y Comisariados de la Cuenca Baja del río Atoyac (17 municipios)	<p>*Foro intermunicipal “<i>La voz del Atoyac: el río que necesitamos para el futuro que queremos</i>”</p> <p>*Propuestas para la recuperación del río Atoyac</p>	<p>Horacio Sosa Villavicencio. Presidente Municipal de San Bartolo Coyotepec</p> <p>san_barro@hotmail.com</p> <p>55 10000</p>
INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN SUPERIOR		
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Oaxaca CIIDIR	<p>*El río Atoyac y su relación con el acuífero alimentador de fuentes de agua “potable” en la ciudad de Oaxaca.</p> <p>*Diagnóstico de la contaminación del agua en el estado de Oaxaca</p> <p>*Participación en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Oaxaca</p>	<p>Juan Rodríguez Ramírez</p> <p>jrodrigr@ipn.mx</p> <p>jrodrigr@hotmail.com</p>
Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca	<p>*Participación en el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del estado de Oaxaca</p> <p>Monitoreo de agua</p> <p>Diagnóstico de plantas de tratamiento</p>	<p>Erik Martínez</p> <p>erik_cq@hotmail.com</p>
Fundación UNAM. Red del Agua. Instituto de Ingeniería	*Programa de apoyo al desarrollo hidráulico de los estados de Oaxaca, Puebla y Tlaxcala.	<p>Malinali Domínguez Mares</p> <p>0155 56 23 35 00 ext. 1523</p> <p>mdominguezm@iingen.unam.mx</p>
Colegio Bard de Nueva York	Comprometidos a enriquecer la cultura, la vida pública y el discurso democrático. Forma líderes a través de intercambios de estudiantes.	<p>Eban Goodstein Director de Política Ambiental</p> <p>ebangood@bard.edu</p>
SOCIEDAD CIVIL		
Consejo Honorario de Participación Ciudadana. Comité de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (CHPC)	Temas que se abordan en el CHPC: Instituto de Planeación Municipal, Transporte urbano, ambulante, centro histórico, agua, basura, tratamiento de residuos sólidos, polígono de preservación ecológica	<p>Guadalupe Jarquin</p> <p>participacionciudadanamunioax@gmail.com</p> <p>514 62 01</p>

Instituto de la Naturaleza y la Sociedad de Oaxaca A.C.	Proyecto Aguaxaca, una estrategia integral y concertada para conservar y restaurar los procesos naturales de los Valles Centrales, con el fin de asegurar fuentes regulares de agua buena y al mismo tiempo dar opciones de bienestar sustentable a sus habitantes.	Juan José Consejo inso@prodigy.net.mx 5146490
Fondo Mundial para la Conservación de la Naturaleza. WWF-Oaxaca	Programa Agua Programa Selva Zoque Programa Pesca Programa Mixteca	David Ortega dortega@wwfmex.org 5136723
Foro Oaxaqueño del Agua (FOA)	Un plan común para un bien común Comité Técnico del FOA Comité Científico del FOA Grupo de conservación de la cordillera del FOA Estrategias de conservación y regeneración del polígono de preservación ecológica del municipio de Oaxaca de Juárez.	Secretaría Técnica del FOA forooaxaquenodelagua@gmail.com 516 0081
Comité Técnico de Aguas Subterráneas de los Valles Centrales, A.C. (COTAS)	*Plan de manejo del acuífero de Valles Centrales.	Pablo Ubaldo Caballero 951 1155394 go.cotas.vc@gmail.com
Coordinadora por la Defensa del Territorio y los Recursos Naturales de Tlacolula	Impedir la extracción excesiva y la escasez de agua en Tlacolula.	Pedro Sánchez 5620609
Grupo para promover la educación y el desarrollo sustentable, A.C. (Grupedsac)	Centros demostrativos, cursos y talleres (cultivos bio-intensivos, retención de suelos, lombricomposta, captación de agua de lluvia, sistemas de riego, zanjas de infiltración), diseño y construcción sustentable, desarrollo comunitario.	Martín Leonardo Granados Villalobos favioleonardo.vazquez@gmail.com 52940985
Consejo de Pueblos Unidos por la Defensa del río Verde	Defensa en contra del megaproyecto Paso de la Reyna	informacion@pasodelareina.org Angélica Castro Rodríguez 5136023
Colectivo Oaxaqueño en Defensa de los Territorios	Defensa en contra del proyecto minero de San José del Progreso	colectivoaxaca@yahoo.com.mx
Unión de Comisariados del Distrito de Tlacolula	Promoción de obras de retención de agua	Roberto Luis Arreola. Presidente 951 186 0986
Comité Ecológico para la Defensa del Distrito de Etlá A.C.	Acciones de reforestación y retención de agua	Rodolfo Hernández Bautista 951 168 5043

Unión de Comunidades y Ejidos Forestales de las Cordilleras de Valles Centrales	Conservación y manejo de recursos naturales	Juan Pedro Ramírez Báez
Coordinadora de los Pueblos Unidos por la Defensa del Agua (Flor y Canto)	*Captación de agua de lluvia y recarga de mantos freáticos	Carmelina Santiago cedifcac@yahoo.com.mx 533693
Ambientare, A.C.	*Elaboración de cartografía para el Ordenamiento Ecológico y Territorial de Oaxaca de Juárez	Pilar Pérez ambientare@prodigy.net.mx
Conserva, A.C.	Ordenamiento territorial de San Felipe del Agua y de Santiago Matatlán	Albar Ríos conservaoax@yahoo.com.mx
Eduagua A.C.	Estudios para la captación de agua de lluvia	Antonio González Roser cactus21@prodigy.net.mx
Pro-Oax	Rescate del río Atoyac	Lizy Conzzati / 501 2059
Frente Ecologista ¡Aguas San Felipe!	Denuncia sistemática por acciones de deforestación	Juan Jaime Zárate jozara_bio@hotmail.com
Flor de Durazno Diamante	Plantación de árboles frutales y riego por goteo	Jorge Narváez bonsai_chatino@hotmail.com
Unidad de Manejo Forestal “Sierra Sur-Miahuatlán” (UMAFOR No. 2009)	Asociación regional de silvicultores. En este espacio se discuten y validan los proyectos que se presentan a la CONAFOR. Está conformado por ejidos, bienes comunales, sociedades de producción y un municipio.	Matías Jiménez. Técnico de la UMAFOR jimenezmatias@hotmail.com
Movimiento por el Planeta-Alianza por el Medio Ambiente.	Realiza acciones de concientización en materia de cuidado del ambiente. Llevan a cabo campañas de limpieza del río Miahuatlán. Tiene programas de temas ambientales en la radio local.	Salomón Méndez. Coordinador movimientoporelplaneta@hotmail.com
Casa de la Ciudad	Proyectos para el río Atoyac y el río Jalatlaco	Gustavo Madrid. Director tavomad@cdlc.mx / 5169647 y 48
Agua para Humanos	Dar agua limpia a todos. El agua como bien público. Llevar acciones para la protección de grupos vulnerables.	Stan Brown. Director stanb@waterforhumans.org
Congreso del Estado de Oaxaca Comisión permanente de ecología	Proyecto “Oaxaca Verde”	Aleida Serrano Toledo. Presidenta de la Comisión Permanente. aleida_serrano@hotmail.com

*Contamos con documentos

Plantas

No existe un inventario completo de los usos de la flora para el estado de Oaxaca, menos aún para la cuenca del Río Verde- Atoyac; aunque algunos estudios particulares podrían darnos una idea de cuánto de su flora puede usarse.

El estudio compilatorio más completo para el estado menciona 124 familias botánicas con algún uso (Caballero *et al.*, 2004), sin embargo, Luna-José y Rendón (2008) mencionan 113 familias con algún uso en 10 comunidades los Loxichas. Estas familias comprenden 301 géneros y 555 especies, lo cual demuestra la importancia de la vegetación silvestre para las comunidades de la cuenca. Estudios más específicos, como el de Cervantes y Valdés (1990) en el distrito de Ocotlán, mencionan 95 especies con alguna utilidad, comprendidas en 85 géneros y 39 familias.

De las especies citadas para los Valles Centrales se reportan 162 con algún tipo de uso: 61 especies medicinales; 35 especies con usos ornamentales y rituales; 34 especies con usos alimenticios, entre ellas el laurel (*Litsea glaucescens*), la anona (*Annona cherimola*), los chepiches (*Porophyllum tagetoides*) y los quelites (*Amaranthus hybridus*), la nanche roja (*Malpighia mexicana*), los chepiles (*Crotalaria pumila*), la hierba de conejo (*Tridax coronopifolia*) y el orégano de monte (*Lippia graveolens*). Otras 32 especies se usan como leña; entre las principales se encuentran: el encino colorado (*Quercus castanea*), el encino amarillo (*Quercus magnolifolia*), el encino negro (*Q. glaucoides*) y el madroño (*Arbutus xalapensis*); otras especies leñosas utilizadas son: la yagaceta (*Eupatorium areolare*), la jarilla (*Dodonaea viscosa*) y el mezquite (*Prosopis laevigata*).

Cabe hacer hincapié en que en los Valles Centrales se han reportado varias especies de donde se extraen tintes para los tejidos de lana que se confeccionan en varias comunidades; entre ellas se encuentra el madroño (*Arbutus xalapensis*), el madroncillo (*Comarostaphylis polifolia*) y *Tagetes lucida*, de las cuales se obtienen tintes naranjas y amarillos; también se menciona al huizache (*Acacia farnesiana*), del que se obtienen tintes negros.

Animales

En el estado de Oaxaca ha habido utilización de diversos animales, entre ellos 17 especies de reptiles, tortugas marinas y de agua dulce, las tres especies de cocodrilos del país, que se encuentran en Oaxaca, además de las iguanas verdes y negras, que son dos especies de dos géneros diferentes. Aunque no puede evaluarse el impacto sobre sus poblaciones, se sabe de la caza de varias especies de serpientes, lagartijas y escorpiones, que en algunos casos podría poner en peligro a estas poblaciones. Estudios más específicos evidencian la disminución de salamandras en el Cerro de San Felipe, ubicado al norte de la ciudad de Oaxaca (Casas-Andreu *et al.*, 2004). Estos autores sostienen que la destrucción del hábitat es uno de los factores más importantes en la disminución de reptiles a nivel mundial.

ANEXO 3 • ESPECIES DE LA CUENCA EN LA NOM-059-SEMARNAT-2010

Especies de plantas de los Valles Centrales

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	Estatus en la NOM
Amaryllidaceae	Zephyranthes	conzattii	A
Asteraceae	Dahlia	tenuicaulis	Pr
Asteraceae	Stevia	cruzii	Pr
Asteraceae	Villasenoria	orcuttii	P
Bromeliaceae	Catopsis	berteroniana	Pr
Bromeliaceae	Tillandsia	carloshankii	A
Bromeliaceae	Tillandsia	seleriana	A
Cactaceae	Coryphantha	retusa, variedad melleospina	Pr
Crassulaceae	Sedum	torulosum	Pr
Euphorbiaceae	Euphorbia	cyri	E
Iridiaceae	Tigridia	orthantha	Pr
Lauraceae	Litsea	glaucescens	P
Orchidaceae	Rhynchostele	cervantesii	A
Pinaceae	Abies	hickeli	P

A= Amenazada; **Pr**= Protección especial; **E**= Probablemente extinta en estado silvestre; (CONANP, Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Oaxaca, en prensa).

ORDEN DE GOBIERNO	INSTITUCIÓN PROMOTORA	PROGRAMA O ESTRATEGIA	VISIÓN DE TRABAJO
Nacional	Conagua	Programa Hídrico por Organismo de Cuenca Visión 2030	<ul style="list-style-type: none"> *Dar un enfoque de cuenca. *Captar las diversas manifestaciones de la oferta y demanda de agua. *Inducir al manejo integral de cuencas. *Realizar coordinaciones institucionales entre los tres órdenes de gobierno. *Lograr una participación corresponsable de los usuarios del agua y la comunidad. *Modificar la percepción social sobre el agua. *Garantizar el aprovechamiento sustentable del agua. *Consolidar los consejos de cuenca. *Lograr el reconocimiento del origen diverso de los problemas hidráulicos. *Vincular la planeación hidráulica con otros esquemas más amplios de planeación.
Nacional		Vinculación con los Programas Sectoriales y Estratégicos	<ul style="list-style-type: none"> *Detener y revertir la contaminación de agua, aire y suelo. *Detener y revertir la pérdida del capital natural. *Conservar los ecosistemas y la biodiversidad *Promover el desarrollo sustentable a nivel federal.

Estatad	Comisión Estatal del Agua	Programas Hidroagrícolas	<ul style="list-style-type: none"> • Uso eficiente del agua y la energía eléctrica. • Uso pleno de la infraestructura hidroagrícola. • Ampliación de distritos de riego. • Ampliación de unidades de riego. • Rehabilitación y modernización de los distritos de riego. • Desarrollo parcelario.
		Programas del Recurso Hídrico	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo del agua. • Recaudación del agua, servicios a usuarios y registro público de derechos de agua (Repda)
Nacional, estatal y municipal	Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI)	Planes para el Desarrollo Integral, Sustentable y Pluricultural de los Municipios de Oaxaca, dentro de la Línea de Desarrollo Medio Ambiente; Tema: Saneamiento Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> * Ayudar a las comunidades a una mejor organización. * Organizar el territorio en unidades con respecto a su uso. * Difundir el aprovechamiento sustentable de la riqueza natural. * Apoyar el saneamiento del ambiente y del agua.
Nacional, estatal y municipal	Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)	Programa de la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio	<ul style="list-style-type: none"> * Orientar y promover una visión de futuro sobre la ciudad y el conjunto de su territorio en beneficio de todos sus ciudadanos. * Alcanzar una eficiente relación y articulación de la ciudad con los ámbitos internacionales y regionales de intercambio de bienes y servicios. * Generar sistemas de aprovechamiento del suelo diferenciados, según las condiciones naturales, y técnicamente apropiados para las diferentes zonas de manejo del paisaje rural: el sistema hídrico, el paisaje de ladera y la zona plana.

Nacional, estatal y municipal	Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol)	Programa Hábitat	<p>*Enfrentar los desafíos de la pobreza y el desarrollo urbano mediante acciones que combinan el mejoramiento de la infraestructura básica y el equipamiento urbano con la provisión de servicios sociales y acciones de desarrollo comunitario.</p> <p>*Apoya con subsidios federales obras y acciones en zonas urbanas marginadas y en áreas en condiciones de pobreza, inseguridad o violencia social, para introducir o mejorar infraestructura y equipamiento urbano básicos.</p> <p>*Mejorar el entorno físico.</p> <p>*Construir o mejorar centros de desarrollo comunitario.</p> <p>*Apoyar acciones para el desarrollo de capacidades personales y comunitarias.</p>
Nacional y estatal	Sagarpa	Programa de Adquisición y Derechos de Uso del Agua (PADUA)	<p>*Producir alimentos, bienes y servicios de calidad.</p> <p>*Promover la competitividad de la agricultura y actividades productivas relacionadas, mediante un uso sustentable del agua.</p> <p>*Incrementar la productividad del agua utilizada.</p> <p>*Establecer procesos de planeación, con la participación de los usuarios y las entidades federativas, para el aprovechamiento sustentable del agua en la agricultura.</p> <p>*Promover y apoyar la producción de alimentos, bienes y servicios con un uso más eficiente, rentable y productivo del agua.</p> <p>*Fortalecer la coordinación entre las dependencias del ejecutivo federal relacionadas con la producción de alimentos, otros bienes y servicios.</p>

Estatal	Coplade	Proyectos para protección de manantiales como fuentes de suministro de agua	<ul style="list-style-type: none"> *Control y uso sensato del consumo de agua. * Integración de un comité para la conservación de cuencas y ríos y construcción de represas.
Estatal y municipal	Coplade y autoridades municipales	Proyectos para tratamiento de aguas residuales en diferentes comunidades	<ul style="list-style-type: none"> *Apoyo en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales. *Alternativas para el manejo de aguas residuales.
Nacional y estatal	Conagua	Programa Movimiento ciudadano por el agua	<ul style="list-style-type: none"> * Fomentar la participación y organización ciudadana en torno al agua y fortalecer la cultura del buen uso. *Administrar las aguas nacionales con la corresponsabilidad de la sociedad. *Lograr tener ríos limpios, cuencas y acuíferos en equilibrio, cobertura universal de los servicios de agua, y asentamientos humanos seguros frente a inundaciones catastróficas.
Nacional y estatal	Conagua	Programa Nacional de Microcuencas y Microregiones	<ul style="list-style-type: none"> *Aprovechamiento sustentable del patrimonio natural y fortalecimiento de la coordinación interinstitucional con un enfoque micro regional. *Reducir la pérdida de suelo. *Aumentar áreas reforestadas y cobertura vegetal. *Asegurar escurrimientos y captación de agua.

Nacional y estatal	Sagarpa	Alianza para el Campo: Programa de Desarrollo Parcelario	<ul style="list-style-type: none"> *Incrementar la productividad en las superficies de riego, con base en proyectos que incluyan el revestimiento de canales interparcelarios y parcelarios. *Apoyar la nivelación de tierras, drenaje parcelario subsuperficial entubado y sistemas de riego modernos a nivel interparcelario. *Permitir un uso más eficiente de los suelos y el agua. *Incrementar los rendimientos de los cultivos y el ahorro de los volúmenes de agua a nivel parcelario.
Nacional y estatal	Sagarpa	Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> *Realizar acciones que incidan en el uso eficiente del agua y la energía eléctrica. *Rehabilitar pozos y equipos de bombeo en las unidades de riego. *Aprovechamiento de agua subterránea.
Nacional y estatal	Sagarpa	Programa de Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola	<ul style="list-style-type: none"> *Rehabilitar infraestructura hidroagrícola en unidades de riego. *Aprovechamiento de agua superficial.
Nacional y estatal	Sagarpa	Programa de Desarrollo de Infraestructura de Temporal	<ul style="list-style-type: none"> *Ampliación de áreas de temporal. *Impulsar la construcción de la infraestructura de temporal tecnificado. *Priorizar la atención y terminación de los subproyectos con mayor nivel de avance.
Nacional y estatal	Sagarpa	Programa de Conservación y Rehabilitación de Áreas de Temporal.	<ul style="list-style-type: none"> *Conservar y mantener la infraestructura básica en distritos de temporal tecnificado. *Realizar acciones preventivas para atender los problemas de erosión y de manejo del agua. *Dar asesoría técnica a los usuarios para que participen en la operación, administración y mantenimiento de la infraestructura.

Nacional y estatal	Conagua y Conafor	Programa Sectorial en Cuencas Hidrológico-Forestales de la Región V Pacífico Sur de la Cuenca Alta del Río Verde-Atoyac, en las microcuencas San Andrés Huayapam, San Pablo Villa de Mitla, Ciénega de Zimatlán, Ocotlán de Morelos, Villa de Zaachila, San Pablo Huixtepec, Oaxaca de Juárez	<p>*Lograr una sinergia entre las acciones y recursos de los organismos sectoriales para multiplicar sus impactos en el bienestar, empleo e ingreso de la población.</p> <p>*Generar esquemas y mecanismos de trabajo a nivel inter e intra sectorial, que permitan acciones coordinadas y con visión de mediano y largo plazo.</p> <p>*Fortalecer la participación social en la definición, seguimiento y evaluación de los planes y programas del sector; a partir de comités locales, comités de cuenca, comités de aguas subterránea.</p>
Nacional	Conagua	Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (Apazu)	<p>*Ampliar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado.</p> <p>*Mejorar la eficiencia física y comercial.</p> <p>*Apoyar acciones para el desarrollo institucional de los ejecutores.</p> <p>*Realizar acciones de construcción, rehabilitación y conservación de la infraestructura hidráulica del subsector.</p>
Nacional y estatal	Conagua y Comisión Estatal del Agua	Programa para la Sostenibilidad de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Comunidades Rurales (Prossapys)	<p>*Abatir el rezago en la cobertura de agua potable y saneamiento en el medio rural.</p> <p>*Apoyar el desarrollo con calidad de los servicios de agua potable y saneamiento, con la participación de las comunidades.</p> <p>*Hacer sostenibles los servicios de administración, operación, conservación y mantenimiento de la infraestructura.</p> <p>*Propiciar la integración de acciones para responder a las necesidades prioritarias de la comunidad.</p> <p>*Programa social y participativo desde la planeación y definición de la obra, construcción, operación y mantenimiento del sistema.</p>

Nacional y estatal	Conagua y Comisión Estatal del Agua	Programa para la Modernización de los Prestadores del Servicio de Agua y Saneamiento, y Organismos Operadores de Agua	<p>*Apoya a los prestadores de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en localidades arriba de los 50 mil habitantes o localidades atendidas por organismos operadores intermunicipales, en la mejora de eficiencia e incremento de la cobertura y calidad de los servicios, con la participación del capital privado como complemento de los recursos no recuperables.</p> <p>* Desarrolla acciones para elevar la eficiencia de un organismo operador de agua.</p> <p>*Promueve la inversión en infraestructura hídrica de gran envergadura y con tecnología de punta.</p> <p>*Promueve proyectos a largo plazo, con operación y mantenimiento asegurado.</p> <p>*Crea incentivos para la participación del sector privado.</p> <p>*Busca la autonomía tarifaria, la profesionalización de los niveles gerenciales y el incremento de eficiencias del prestador del servicio.</p>
--------------------	-------------------------------------	---	--

 Programas que son parte de Alianza para el Campo.

 Todos los programas de agua potable.

5.2.2 Agua. Diagnóstico

Actualmente, el estado cuenta con 126 plantas de tratamiento de aguas residuales, cuya capacidad instalada es de 87,832,000 metros cúbicos al año, pero solamente se da tratamiento a 26 millones 787 mil metros. Es decir, como consecuencia de la inoperancia de estos sistemas de tratamiento, se desaprovecha el 70% de la capacidad instalada.

En este sentido, la recarga artificial de acuíferos, la desalinización, la restauración y conservación de cuencas, la rehabilitación de infraestructura hidroagrícola, la tecnificación del riego parcelario, el control de fugas de redes urbanas, el reuso, la optimización de la operación conjunta de presas, los sistemas de apoyo a las decisiones para la gestión integral, los estudios de precio del agua, el uso eficiente, abasto y recuperación de este líquido no renovable, requiere implementar políticas públicas que se enfoquen a estos problemas.

Estrategia 1.3 Promoción del ordenamiento ecológico del territorio oaxaqueño para evitar la sobrecarga de los recursos naturales y disminuir el índice de siniestralidad provocado por fenómenos naturales atípicos.

Estrategia 1.5 Incentivo a la adopción de nuevas tecnologías que permitan aprovechar, de una manera más eficiente, los recursos renovables y no renovables, como las energías basadas en recursos renovables; el incremento de la productividad en el sector agropecuario para detener y reducir la frontera agrícola y ganadera mediante barreras vivas y abonos orgánicos; la gestión integral y tratamiento adecuado del agua y los residuos sólidos; el fomento a la reconversión productiva hacia actividades económicas que incrementen la relación entre el valor y cantidad de lo producido y los recursos utilizados; la reducción de gases de efecto invernadero en las actividades productivas y transporte; entre otras.

Estrategia 1.6 Rescate de ecosistemas mediante acciones correctivas como la reforestación y el monitoreo a los ecosistemas, así como preventivas enfocadas a la educación de la población en materia de cuidado al medio ambiente, las consecuencias del cambio climático y la reducción, reciclaje y reutilización de residuos, que promuevan cambios en los hábitos de consumo, que se incluyan en el marco educativo y se difundan en los medios de información públicos y privados.

5.11.1.2 Infraestructura hidráulica

El agua que procede de fuentes superficiales y subterráneas es objeto de una severa contaminación, producto de las actividades propias de la sociedad. Problema que se agrava por la escasa cultura del cuidado del agua, tanto en las comunidades rurales como en los centros urbanos. La apatía y desinterés de la población en el cuidado, uso y reutilización del agua ocasiona contaminación y desabasto de su suministro.

La cobertura estatal del agua potable es del 73.3%, mientras que la media nacional es de 87.8%. Respecto a la población urbana, se cubre el 84.7% y de la rural el 63.4%, lo que coloca a Oaxaca en el penúltimo lugar, a nivel nacional, en cobertura, aun cuando ocupa el quinto sitio en reservas acuíferas del país.

Las 6,107 comunidades rurales de menos de 100 habitantes son las menos provistas de agua entubada, en parte por su dispersión pero también por la lejanía de las fuentes de abastecimiento y, en ocasiones, por conflictos políticos o agrarios.

En algunos casos el agua extraída de las reservas acuíferas no cumple con la Norma Oficial Mexicana de calidad de agua. Este problema se relaciona con la degradación de las cuencas hidrográficas y con los factores humanos que provocan su contaminación, entre los que se encuentra la proliferación de tiraderos de basura sin control, la aplicación de malas prácticas agropecuarias y los

deficientes procesos en su potabilización, agravados por la insuficiencia de recursos para la adquisición de insumos que permitan operar correctamente las plantas de tratamiento.

Hasta 2009, para la potabilización del vital líquido se contaba con sólo cinco plantas en el estado, cuatro en la capital y una en Huajuapán de León, con una capacidad total instalada potabilizadora de 1,290 litros por segundo, pero con una operación real de 770 litros. Existe también una nueva planta en Matías Romero, todavía sin iniciar actividades. El resto de las ciudades carece de plantas potabilizadoras y sólo se recurre a la desinfección del agua, lo que refleja claramente la insuficiencia de infraestructura para mejorar la calidad del agua que se suministra a la población.

Los sistemas hidráulicos tienen fuertes retos para desarrollarse. El principal problema es la falta de actualización de las tarifas, ya que éstas cubren menos del 25% del costo de operación; a este problema se le suma la falta de mantenimiento, por lo que en Oaxaca hay sistemas que presentan fugas de hasta un 50%.

En materia de alcantarillado, en el año 2009 se registraron en Oaxaca 358 sistemas de drenaje, de los cuales 161 correspondían a localidades urbanas y 197 a rurales. Respecto al saneamiento de las aguas residuales, en el territorio oaxaqueño la cobertura actual es escasa. El 90% de las plantas de tratamiento existentes operan deficientemente y en muchos casos están fuera de servicio, principalmente por los elevados costos de operación, conservación y mantenimiento, y a la inexistencia de cuotas o tarifas que cubran los servicios de drenaje y tratamiento de aguas residuales. Por tales razones, los organismos operadores o, en su caso, los ayuntamientos, no disponen de recursos para solventar las aportaciones establecidas en los convenios de colaboración, viéndose obligados a subsidiar fuertemente tales servicios o dejar de prestarlos. Además, la Ley de Ingresos Municipales no señala claramente las tarifas por los servicios mencionados.

Cabe mencionar que las 127 plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en el territorio estatal, sólo procesaron en el año 2009, 26.78 millones de metros cúbicos, lo que significa únicamente el 16% de su capacidad instalada. Por otra parte, es notoria la ausencia de tecnologías alternativas o ecológicas.

Un factor determinante en la explotación del agua y su conducción, deriva de los conflictos políticos y agrarios inter e intramunicipales, que condicionan el paso de las tuberías y la operación de los equipos en prácticamente todo el estado.

El agotamiento de las fuentes de agua o a la falta de mantenimiento preventivo provoca que se suministren sólo 350 litros de agua por segundo, de los 1500 necesarios para la conurbación de la ciudad de Oaxaca, lo cual se agrava de manera crítica durante los meses de estiaje, en los que las pipas particulares venden agua a precios altos y sin ningún control sanitario.

Estrategia 1.3 Ampliación y mejoramiento de las infraestructuras hidráulica y sanitaria, así como de las redes de electrificación tanto en el medio rural como en el urbano, de modo que se incremente sustancialmente el volumen y la calidad de estos servicios.

Líneas de acción

- Redes, tanques, pozos, plantas y equipos rehabilitados y ampliados por medio de una planeación integral que garantice su utilidad y aprovechamiento, para disminuir la incidencia de enfermedades gastrointestinales, vinculando sus ciclos de mantenimiento y operación a las condicionantes del medio ambiente, de manera sustentable.
- Desarrollo de tecnologías más efectivas y eficientes promovidas para la potabilización, uso y tratamiento del agua.