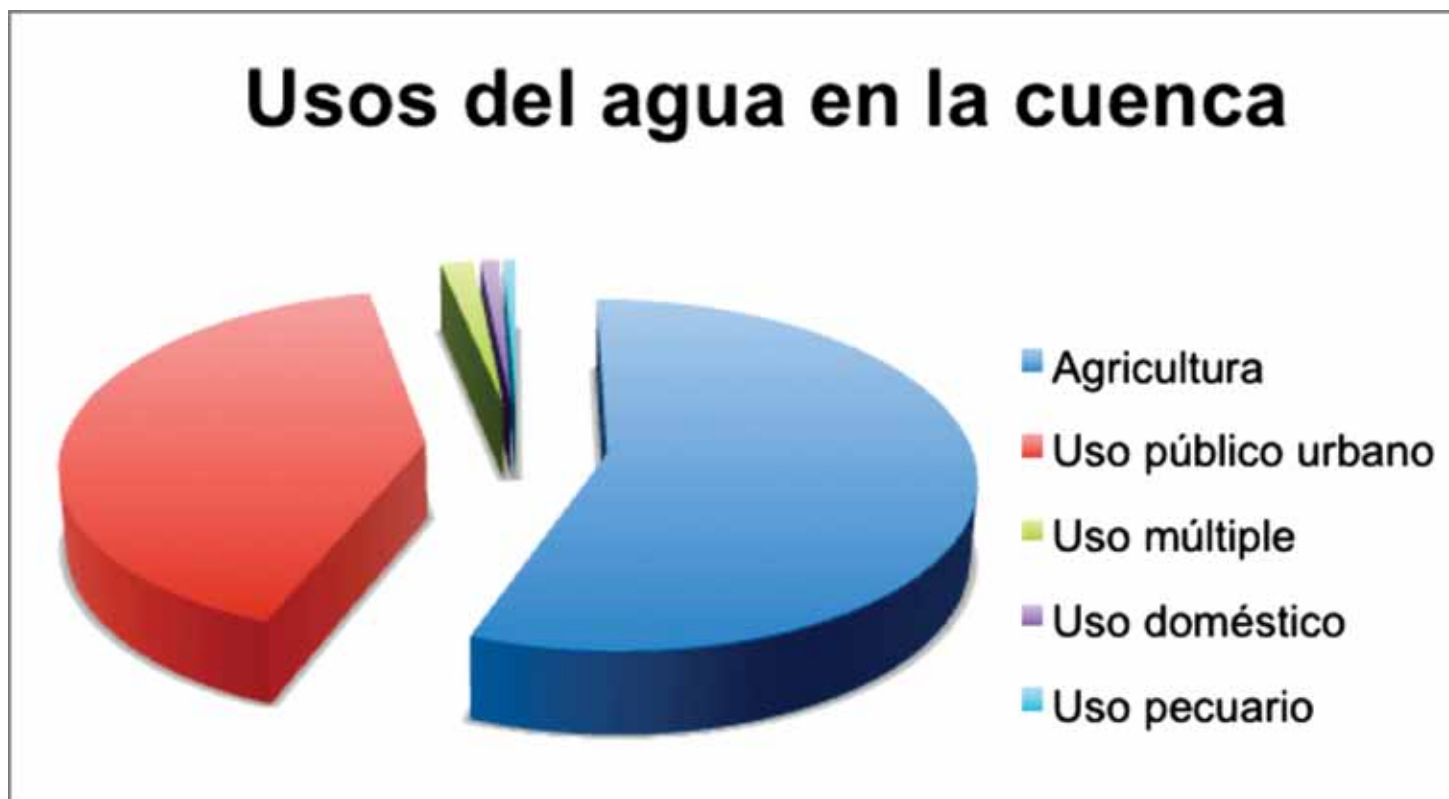


En lo que se refiere a los usos actuales del agua, el tamaño de la cuenca, así como su heterogenidad ecológica y social, producen diferencias y contrastes considerables. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CNA), 56.2% de la que se usa en la cuenca se emplea en la agricultura, 41.1% es para 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).

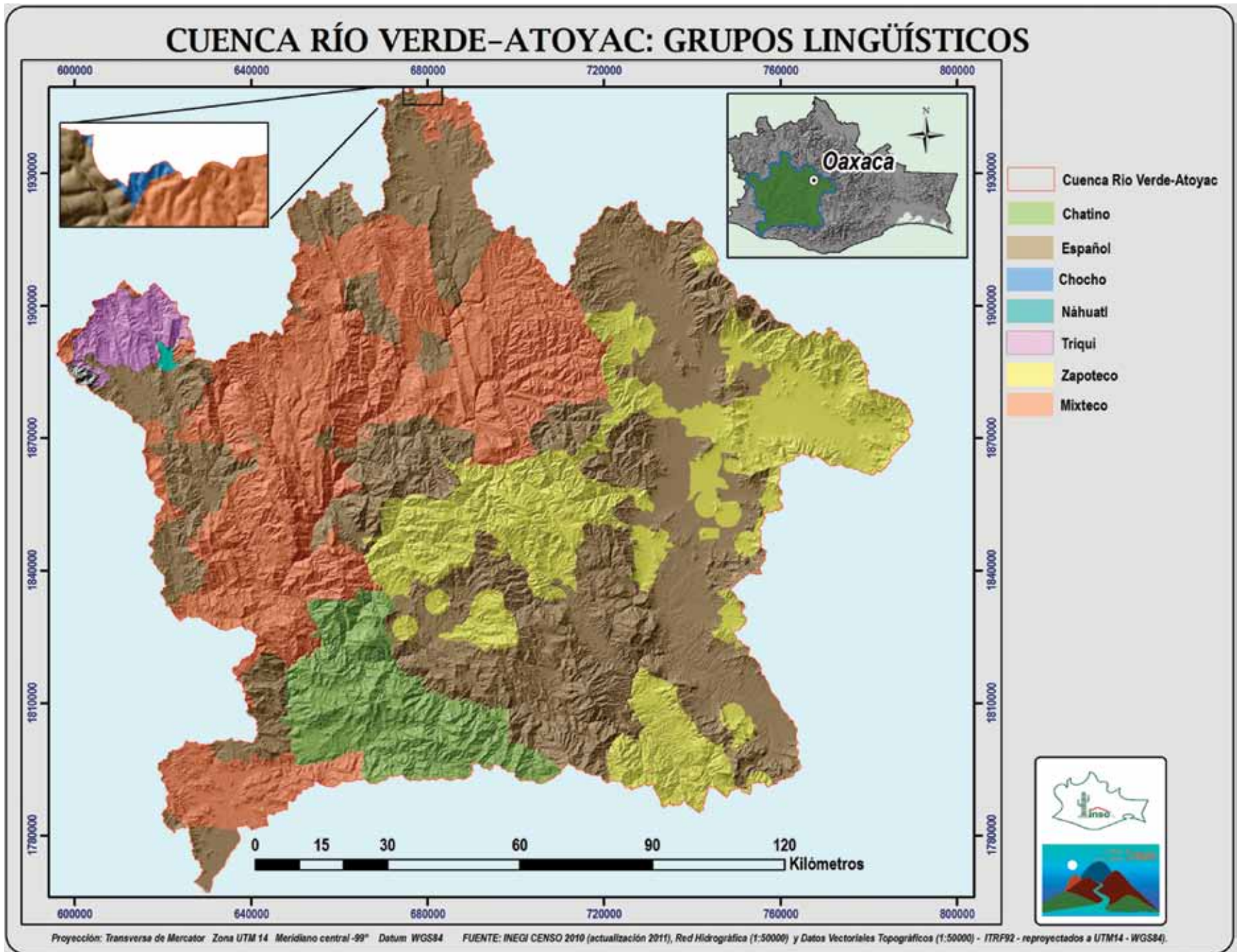
CUADRO 5 • USOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC



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

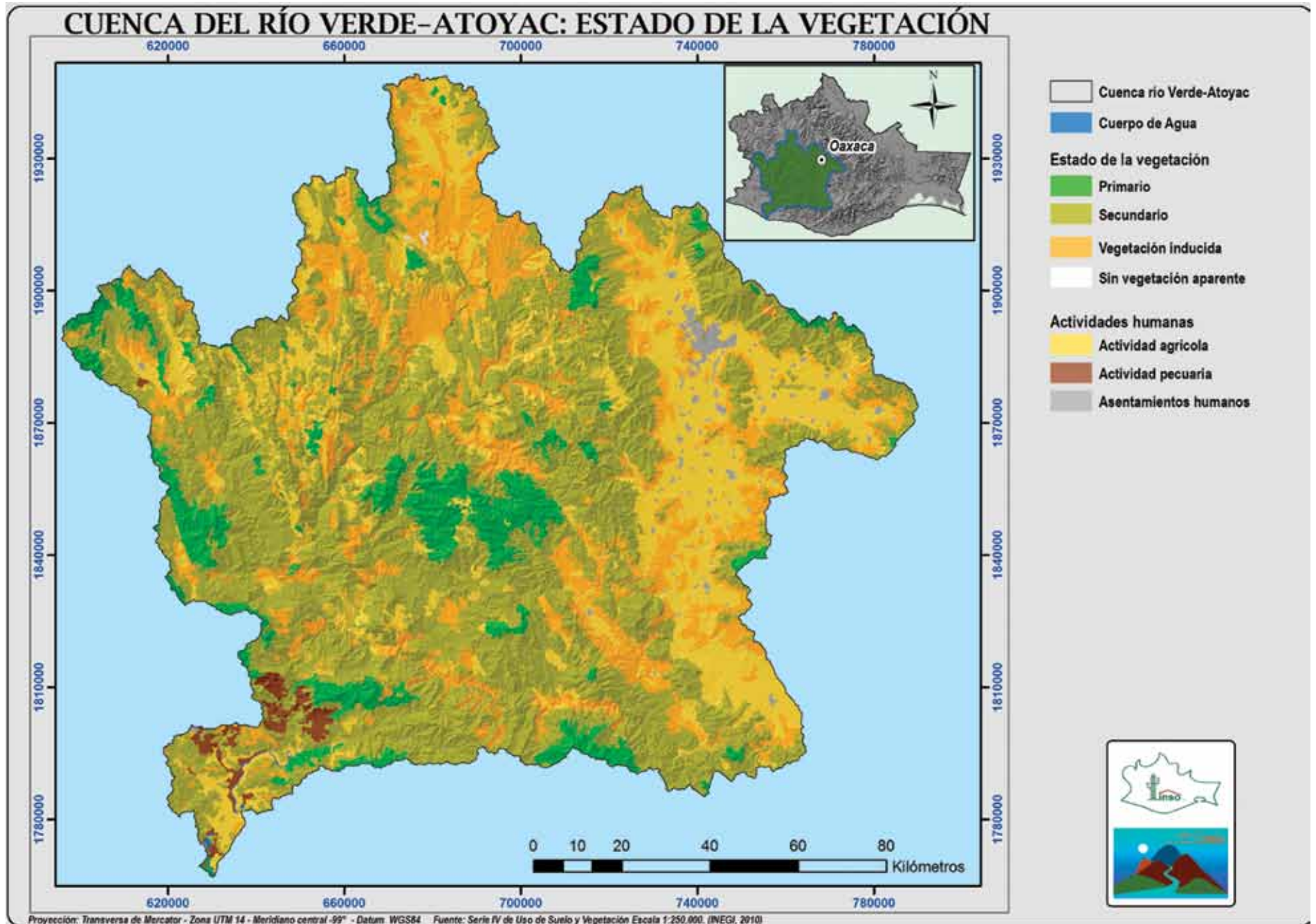
El principal proceso destructivo de la cuenca es el rápido cambio de uso del suelo, que implica deforestación, erosión y perturbación de los ciclos hidrológicos. La causa es multifactorial y combina elementos sociodemográficos, como el crecimiento poblacional, la migración a las ciudades y la desintegración 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).

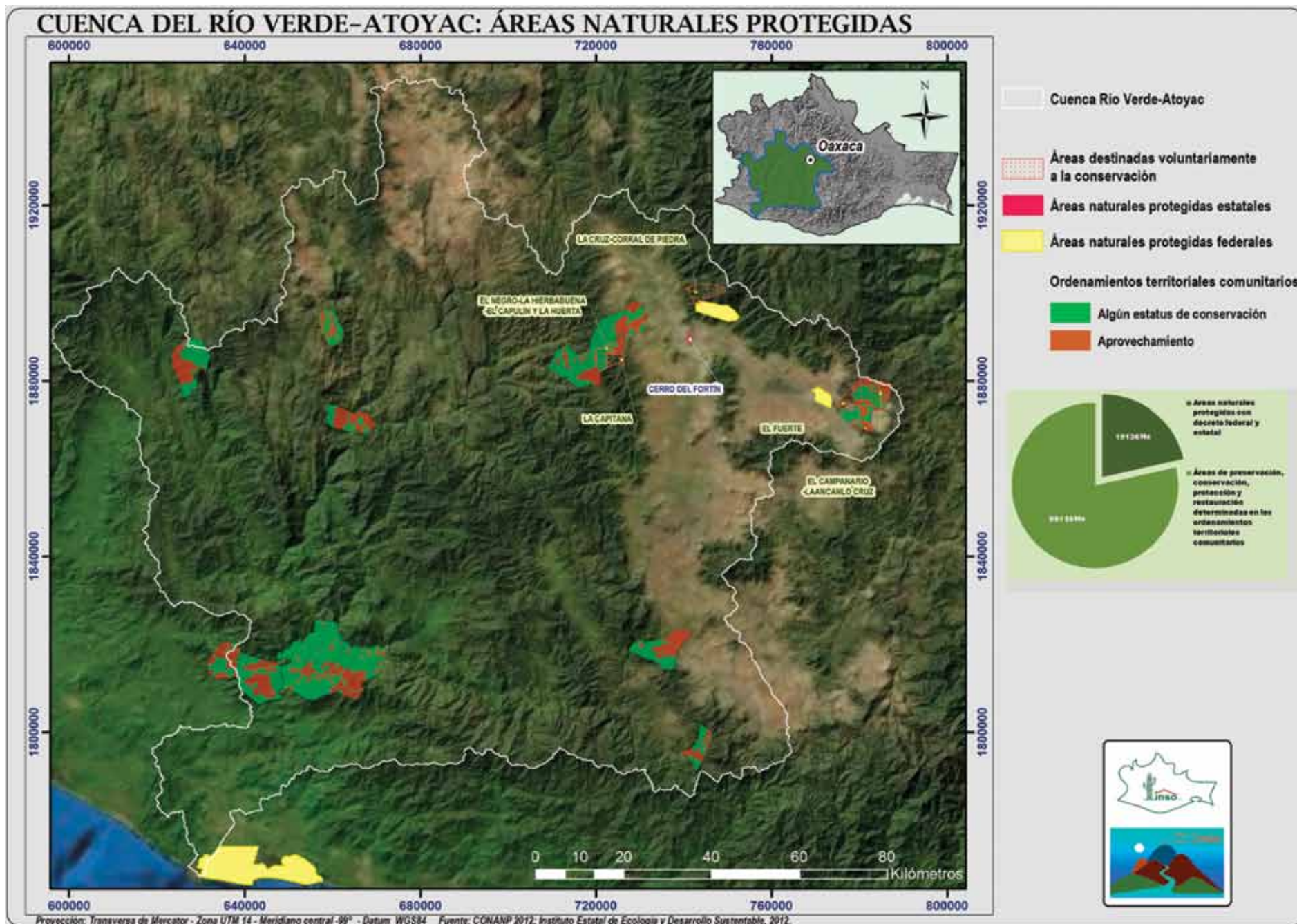
Como consecuencia de esto, de acuerdo con la Semarnat 23 especies de plantas se encuentran amenazadas, diez en peligro de extinción, una probablemente extinta y 15 en protección especial. En cuanto a los vertebrados, 57 especies están amenazadas, 11 en peligro de extinción y 104 sujetas a protección 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	AdvC*	San Pablo Villa de Mitla	24/11/2011	988.13	100%
El Campanario-Laancanloo Cruz	AdvC*	San Pablo Villa de Mitla	24/11/2011	4,716.78	96%
La Cruz-Corral de Piedra	AdvC*	San Pablo ETLA	08/03/2006	2,327.76	100%
El Negro-La Hierbabuena-El Capulín y La Huerta	AdvC*	San Felipe Tejalapam	26/03/2007	1,633.36	100%
La Capitana	AdvC*	San Andrés Ixtlahuaca	20/08/2010	958.66	100%

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





Cambios demográficos y urbanización desordenada

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 ciudadano 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).



Mal uso y desperdicio de agua

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

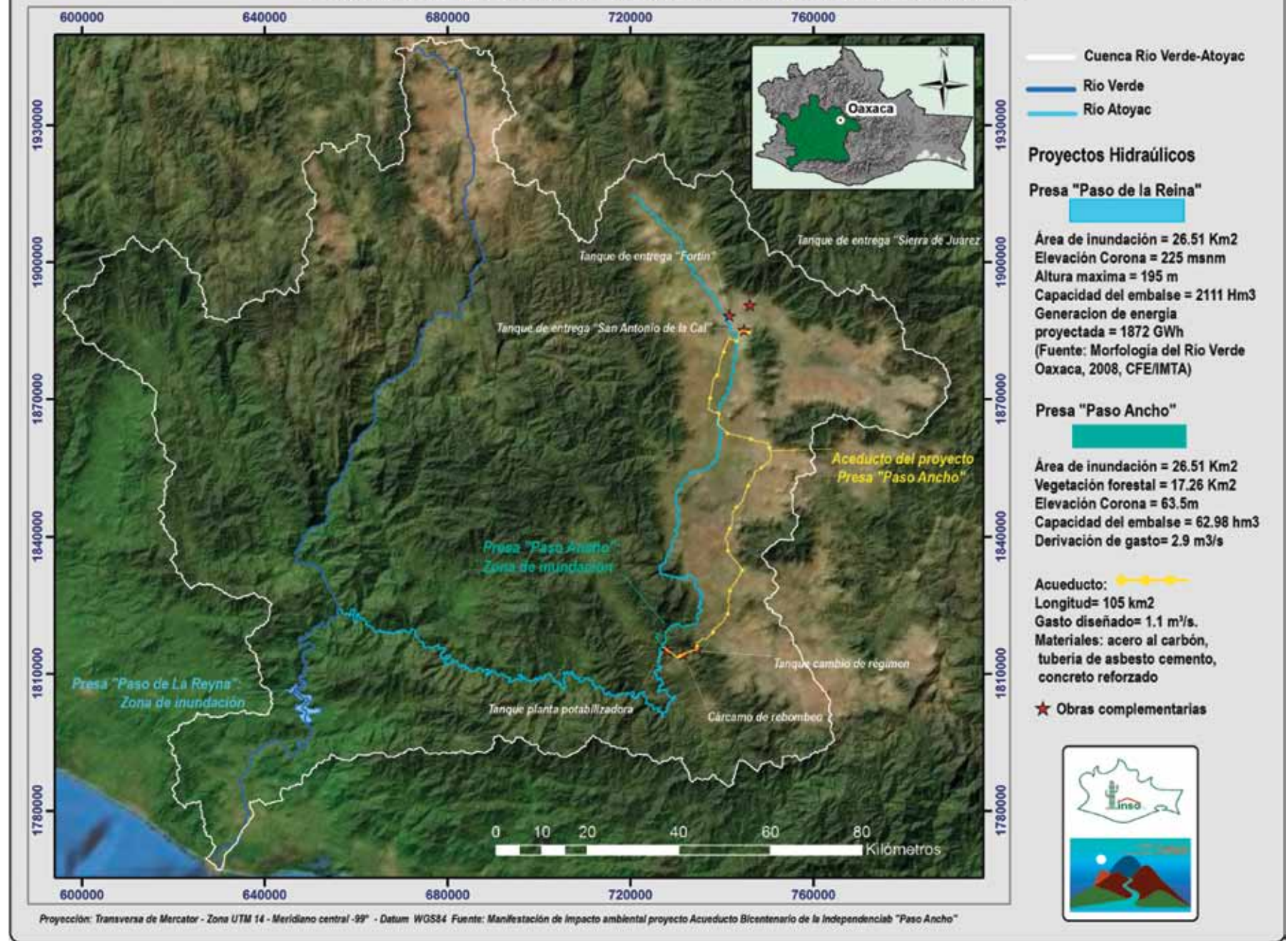
La visión convencional para enfrentar los desafíos de nuestra relación con el agua y con la naturaleza en general se expresa de múltiples maneras en el ámbito de la cuenca.

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.

CUENCA DEL RÍO VERDE-ATOYAC: PRESAS



- Cuenca Rio Verde-Atoyac
- Rio Verde
- Rio Atoyac

Proyectos Hidráulicos

Presa "Paso de la Reina"

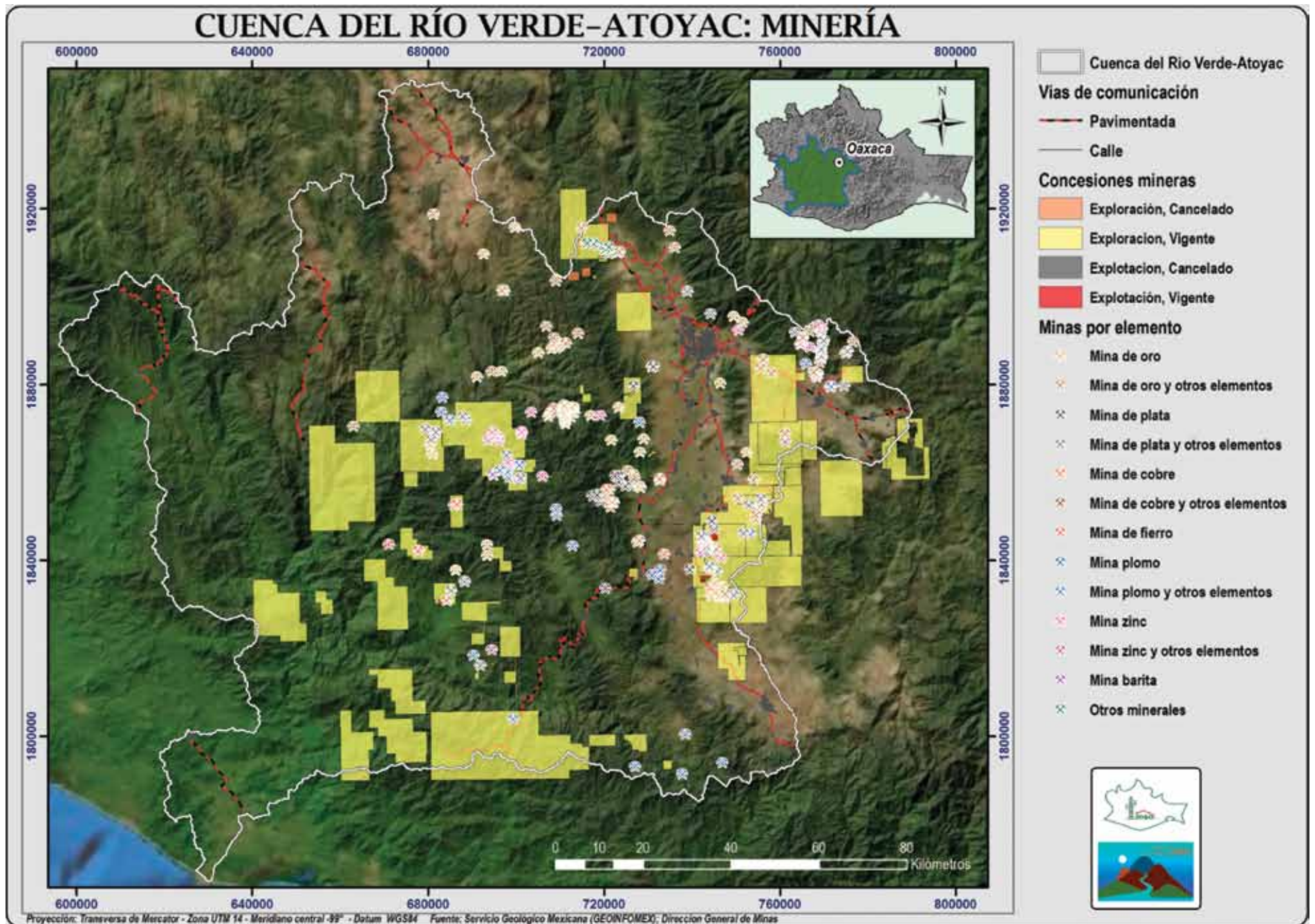
Área de inundación = 26.51 Km2
 Elevación Corona = 225 msnm
 Altura máxima = 195 m
 Capacidad del embalse = 2111 Hm3
 Generación de energía proyectada = 1872 GWh
 (Fuente: Morfología del Rio Verde Oaxaca, 2008, CFE/IMTA)

Presa "Paso Ancho"

Área de inundación = 26.51 Km2
 Vegetación forestal = 17.26 Km2
 Elevación Corona = 63.5m
 Capacidad del embalse = 62.98 hm3
 Derivación de gasto= 2.9 m3/s

- Acueducto: —
- Longitud= 105 km2
- Gasto diseñado= 1.1 m³/s.
- Materiales: acero al carbón, tubería de asbesto cemento, concreto reforzado
- ★ Obras complementarias





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 tibiamente 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 km². 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 km². 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 km². 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

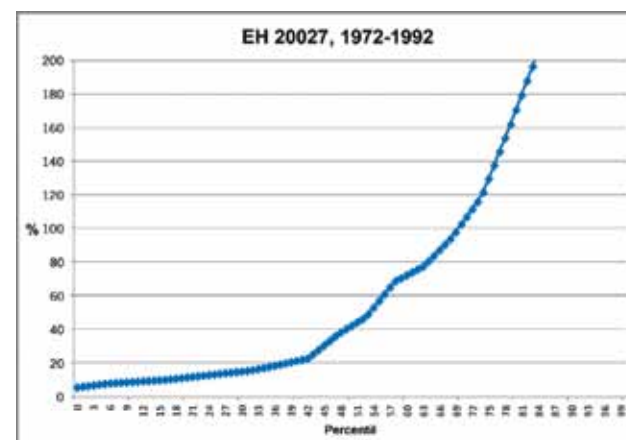
UNIDAD DE GESTIÓN	ATRIBUTOS			
	IMPOR-TANCIA ECOLÓGICA	PRESIÓN DE USO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	OBJETIVO AMBIENTAL
Río Atoyac-Salado	Alta	Media	Bueno	B
Río Atoyac-Tlapacoyan	Alta	Media	Bueno	B
Río Sordo-Yolotepec	Alta	Baja	Muy bueno	A
Río Atoyac-Paso de la Reina	Media	Baja	Bueno	B
Río Verde	Alta	Baja	Muy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

Escurrecimiento medio mensual (EMM)

CUADRO 7

RÍO ATOYAC-SALADO

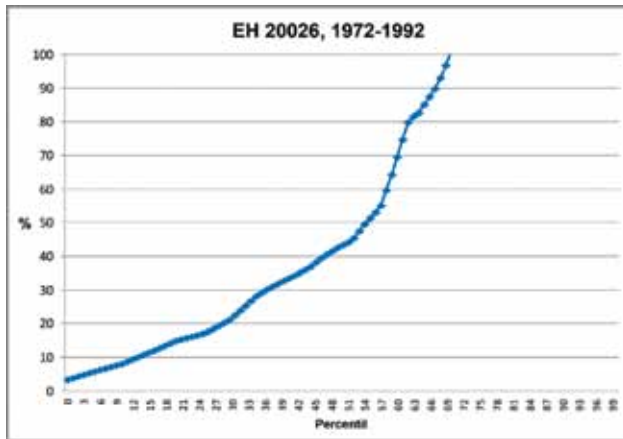
La corriente es temporal, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 5%.



CUADRO 8

Río ATOYAC-TLAPACOYAN

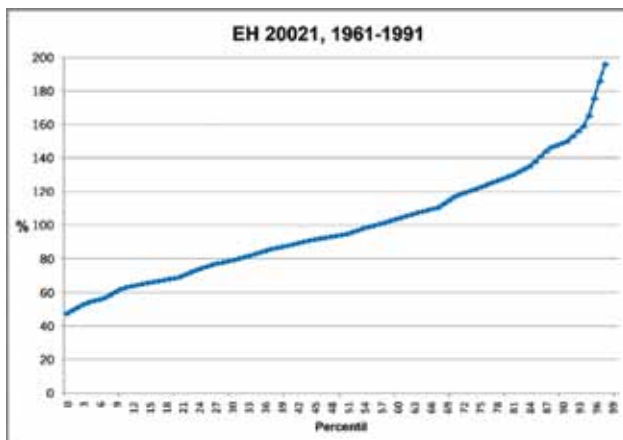
La corriente es temporal, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 3.4%.



CUADRO 9

Río SORDO-YOLOTEPEC

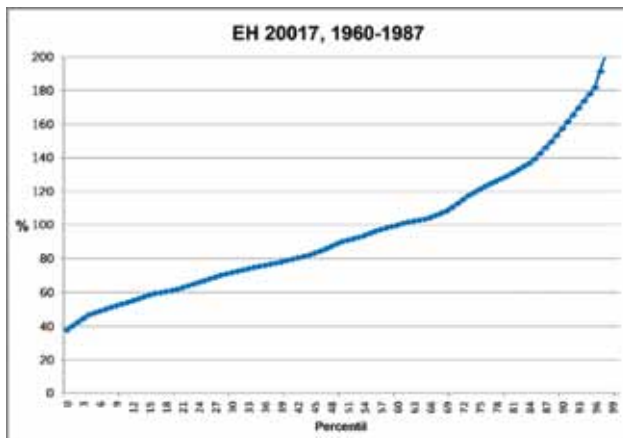
La corriente es permanente, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 47.6%.



CUADRO 10

Río ATOYAC-PASO DE LA REINA

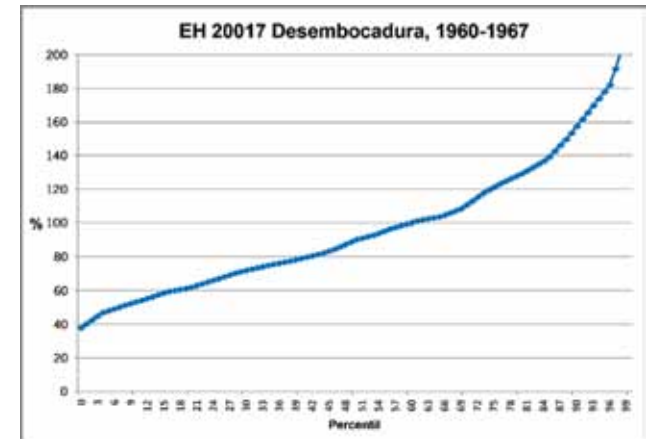
La corriente es permanente, ya que el percentil 0 corresponde a un escurrimiento de 37.8%.



CUADRO 11

Río VERDE

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



Caudal ecológico por valores de referencia

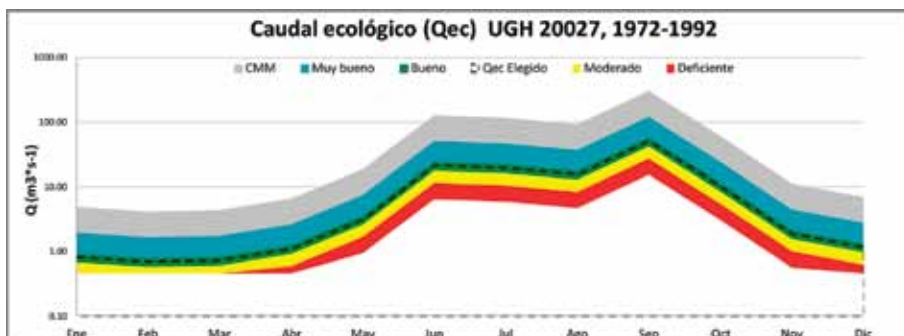
En porcentajes del escurrimiento medio anual, los valores elegidos de caudal (Qec) para cada unidad se muestran en la Tabla 9.

TABLA 9

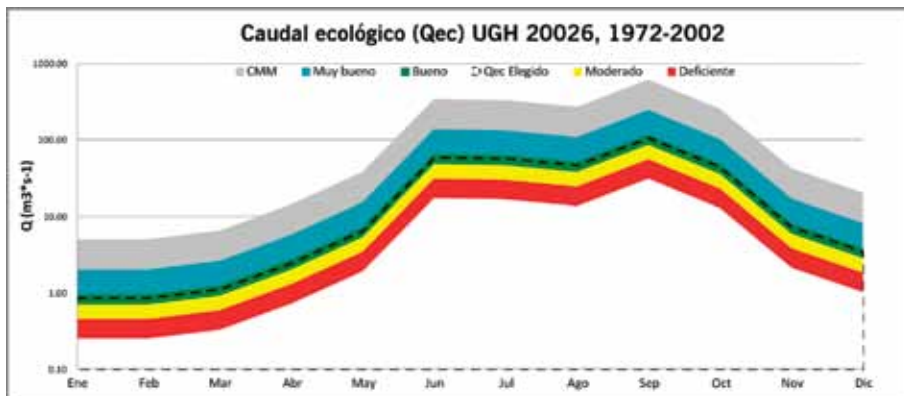
UNIDAD DE GESTIÓN	QEC: % DEL ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL (EMA)
Río Atoyac-Salado	17
Río Atoyac-Tlapacoyan	17
Río Sordo-Yolotepec	60
Río Atoyac-Paso de la Reina	32
Río Verde	80

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

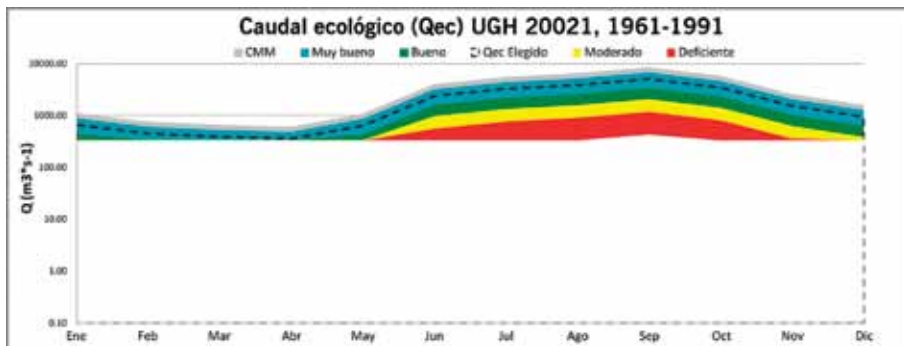
CUADRO 12 • Río ATOYAC-SALADO



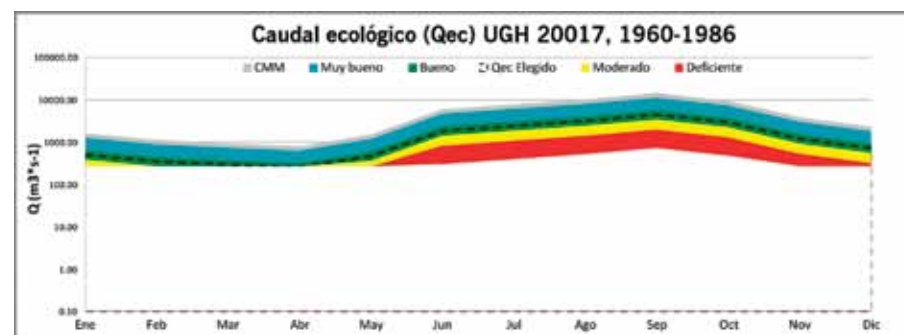
CUADRO 13 • Río ATOYAC-TLAPACOYAN



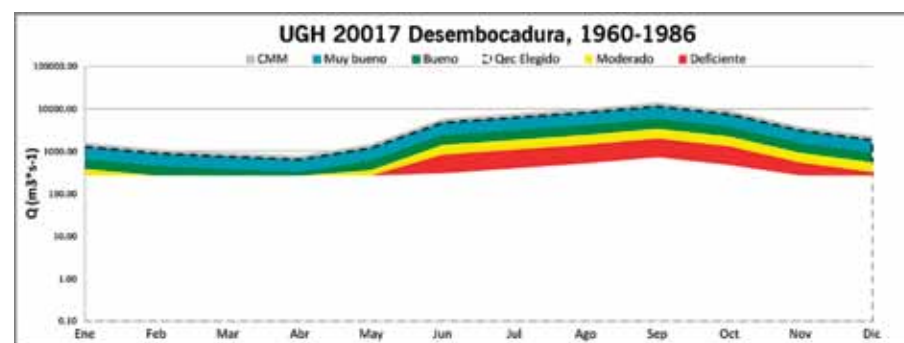
CUADRO 14 • Río SORDO-YOLOTEPEC



CUADRO 15 • Río ATOYAC-PASO DE LA REINA



CUADRO 16 • Río VERDE



Caudal ecológico por análisis hidrológico detallado

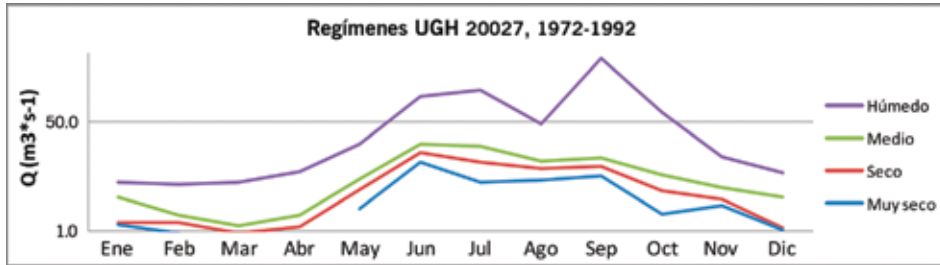
La tabla siguiente muestra la disponibilidad en volumen y porcentaje del escurrimiento medio anual.

TABLA 10

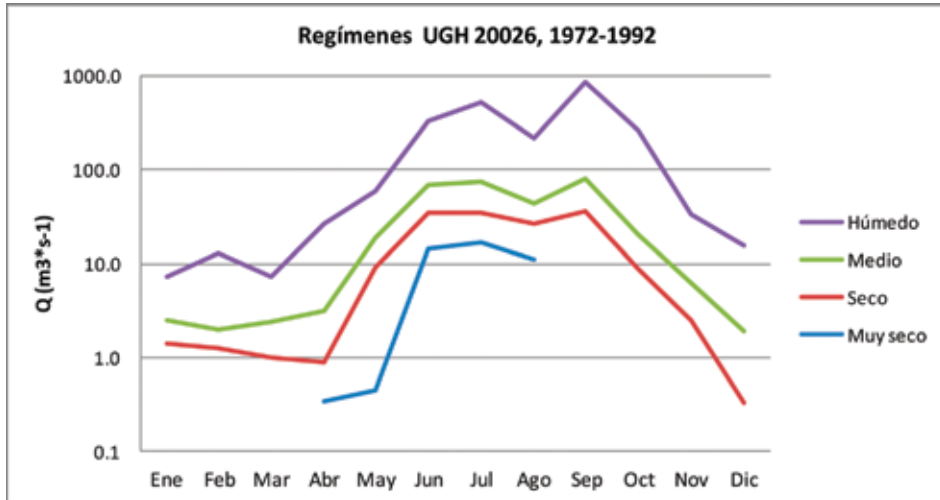
UNIDAD DE GESTIÓN	VOLUMEN DE DISPONIBILIDAD (Hm ³ /AÑO)	% DEL EMA
Río Atoyac-Salado	5.4	8.1
Río Atoyac-Tlapacoyan	12.6	7.1
Río Sordo-Yolotepec	2,340.3	70.8
Río Atoyac-Paso de la Reina	2,605.6	49.6
Río Verde	3,264.2	62.2

Las gráficas siguientes muestran los regímenes hidrológicos.

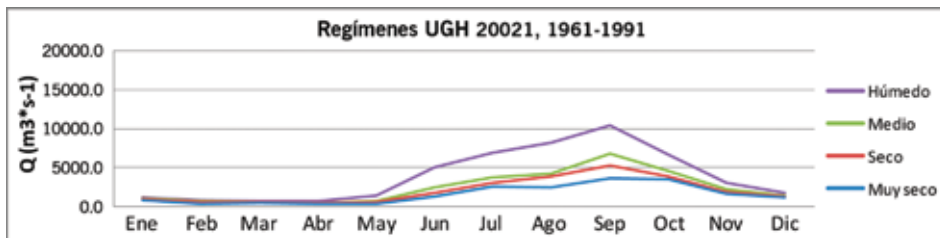
CUADRO 17 • RÍO ATOYAC-SALADO



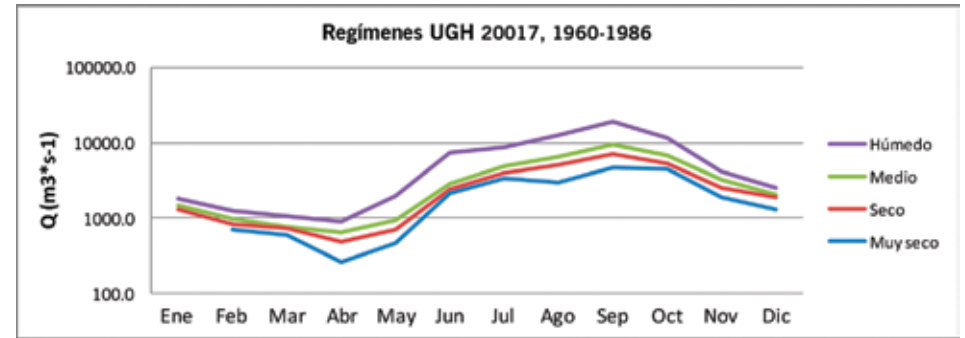
CUADRO 18 • RÍO ATOYAC- TLAPACOYAN



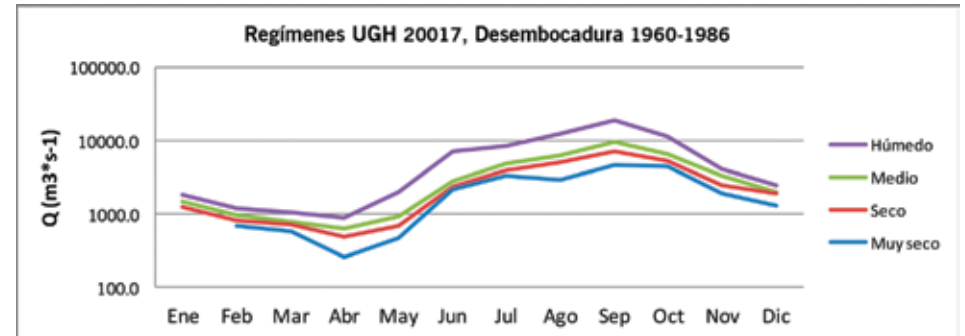
CUADRO 19 • RÍO SORDO-YOLOTEPEC



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 (km ²)	IE	PU	EC	OA	Tipo de río	Alteración hidrológica	Disponibilidad (Hm ³ *año ⁻¹)	CMA (Hm ³ *año ⁻¹)	% CE Vref	CE Vref (Hm ³ *año ⁻¹)	EMA (Hm ³ *año ⁻¹)	% CE Valoración final	CE Valoración final (Hm ³ *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

$$Ab = Cp + Ar + R + Im - (Uc + Ex)$$

$$D = Ab - R_{xy} \quad D = AB - R_{xy} - Q_{ec}$$

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

R_{xy}. Volumen anual actual comprometido aguas abajo

D. Disponibilidad media anual de agua superficial en la cuenca hidrológica

EH. Estación hidrométrica

Q_{ec}. Caudal ecológico, del análisis hidrológico detallado

D-Q_{ec}. 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.