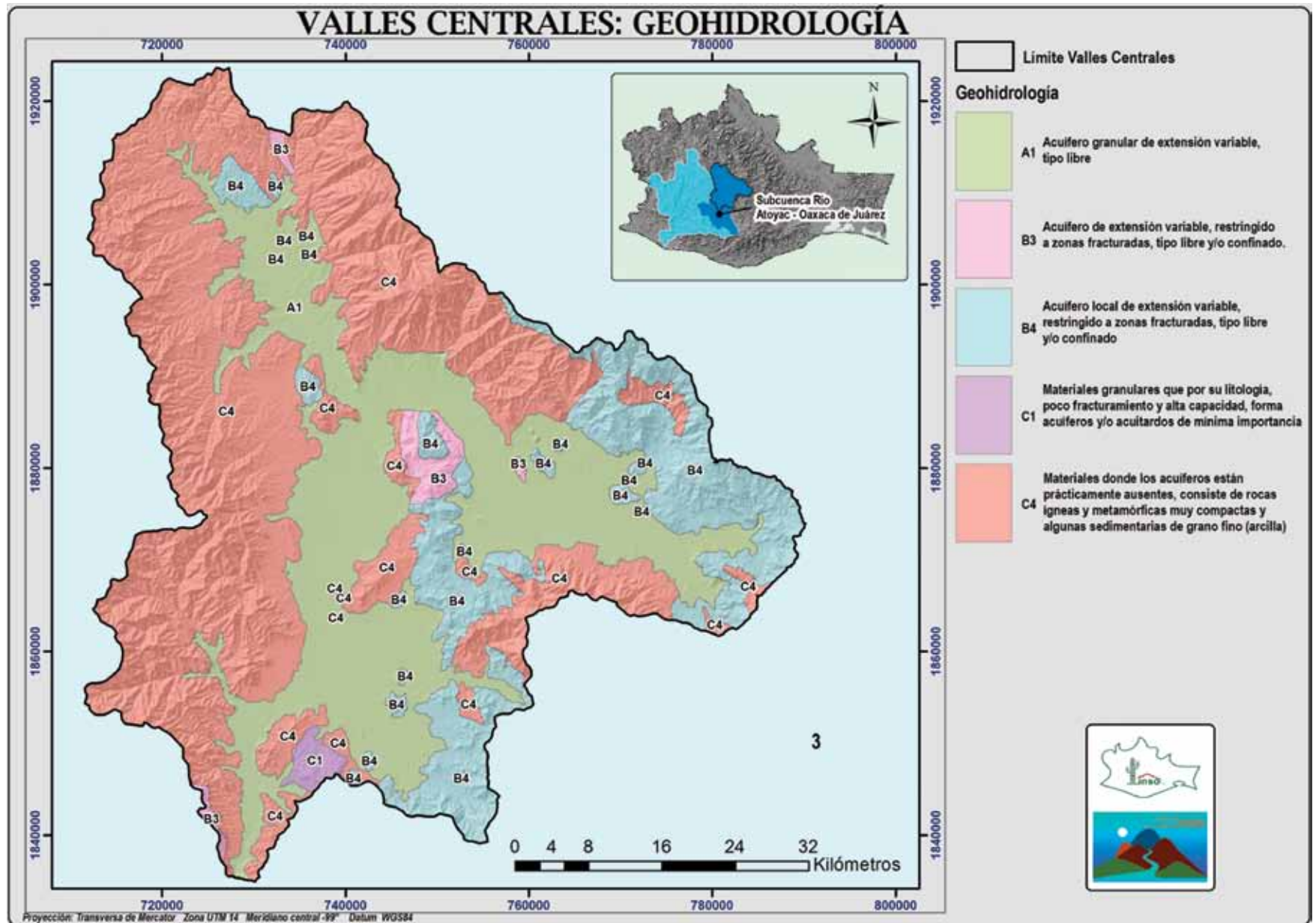


Los factores que determinan la infiltración son, en términos generales, la topografía (en especial las pendientes), el tipo de suelo y la cobertura vegetal, así como la condición geológica subterránea que acabamos de describir. Sin embargo, tanto los pocos datos

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

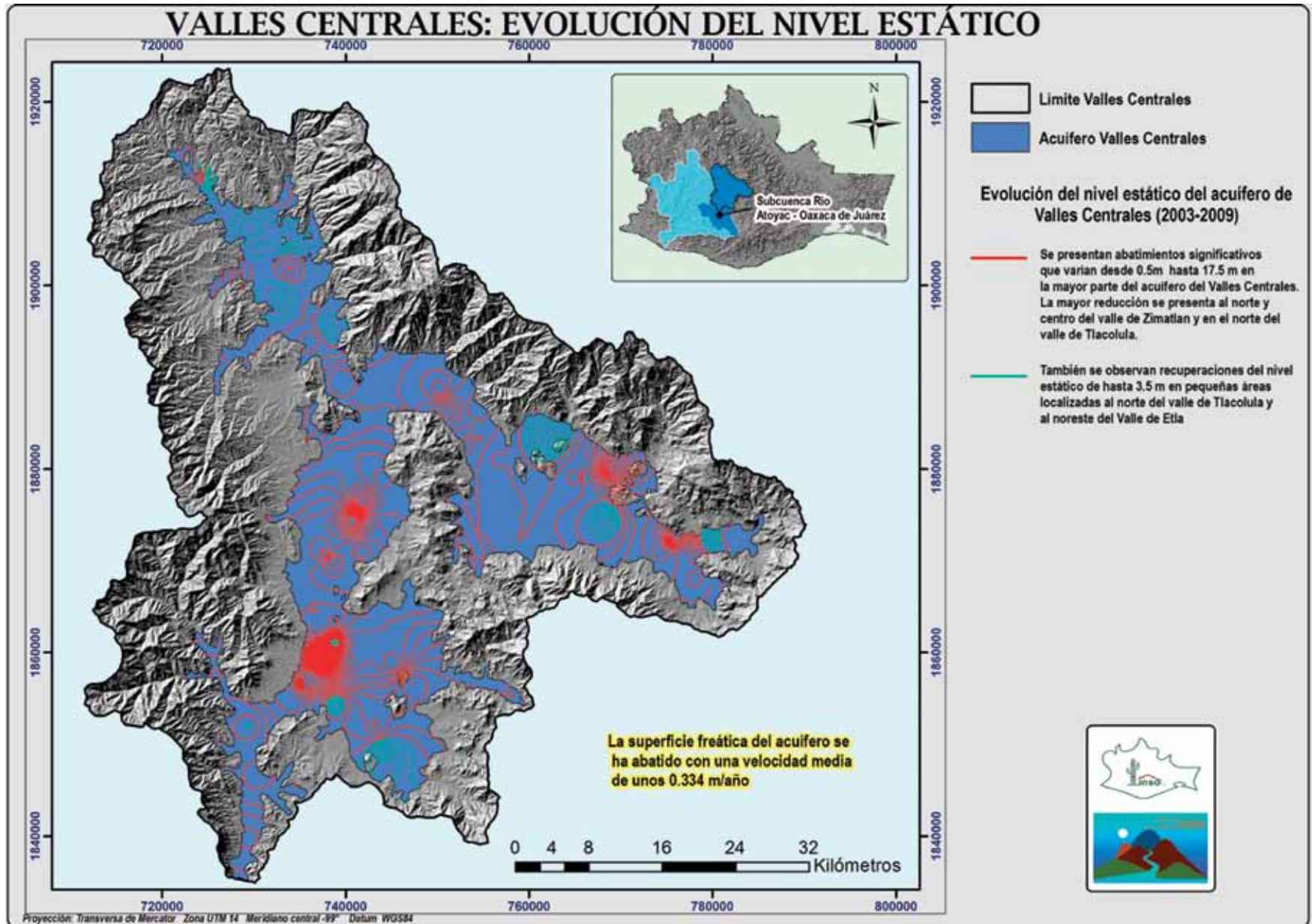
MAPA 37



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.

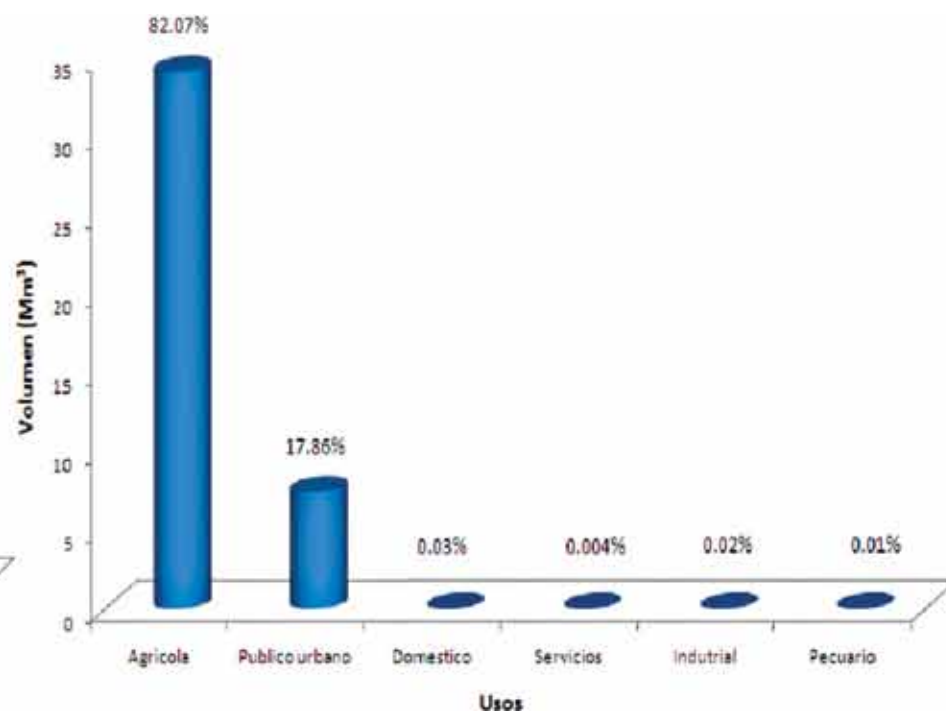
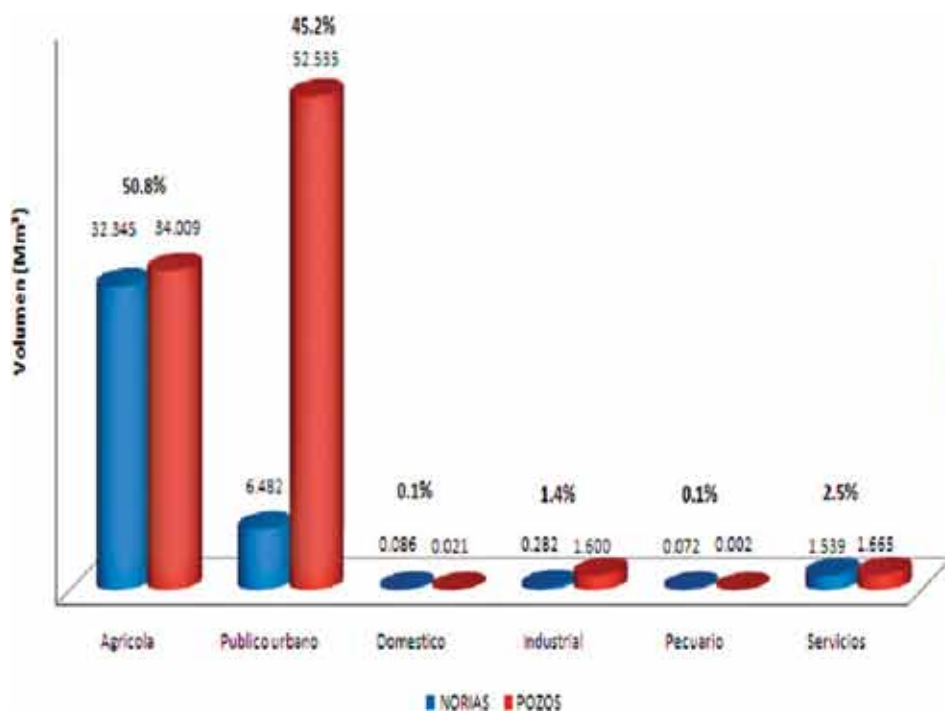
## 4.2. LOS USOS DEL AGUA

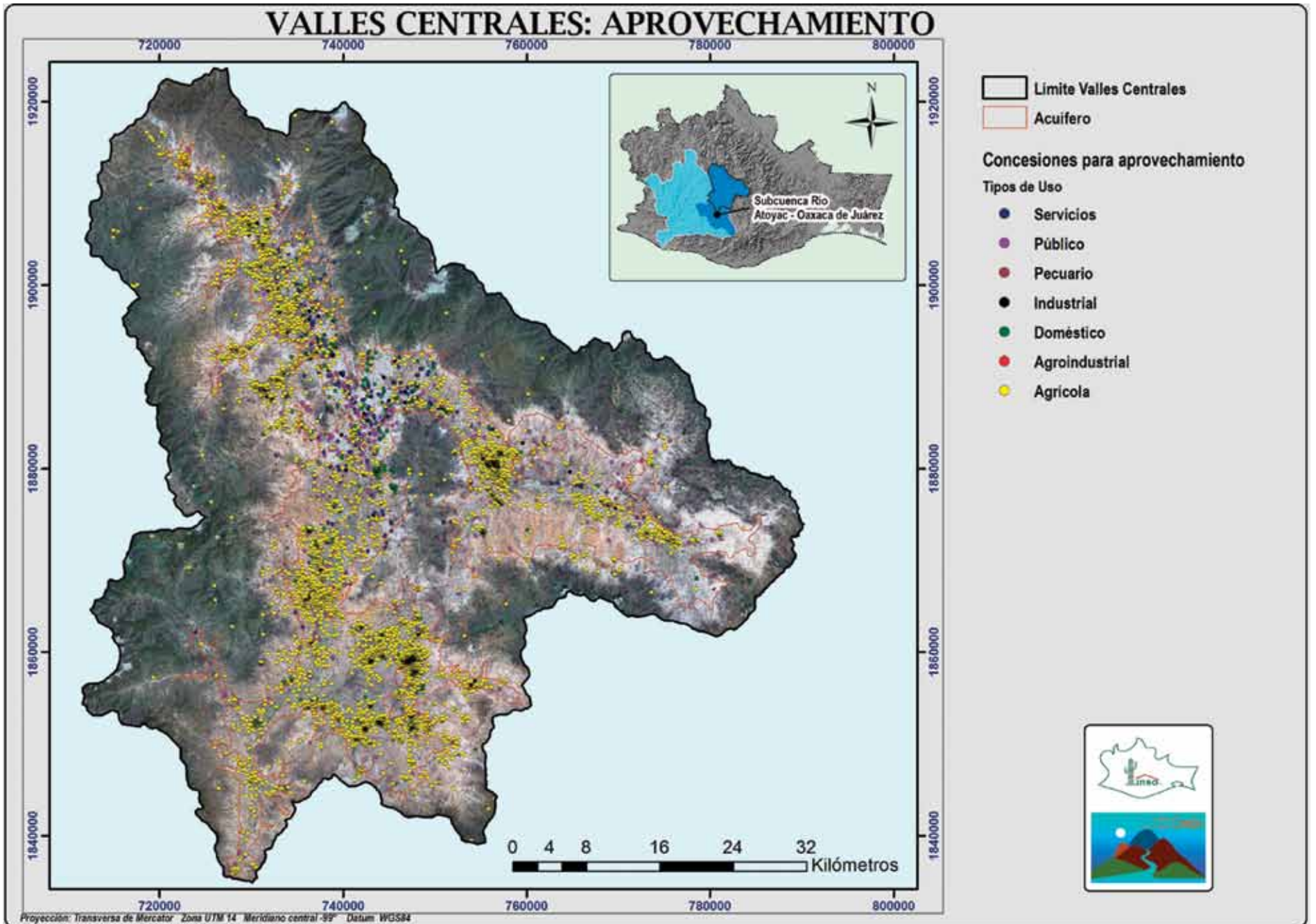
Hasta el asunto aparentemente simple de cuánta agua usamos y para qué tiene inexactitudes considerables. Empecemos por los datos oficiales de la CNA, a partir de los títulos de concesión vigentes: en 2009 el total anual de aguas concesionadas era de 173 millones de metros cúbicos, 76% subterránea y el 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 4m<sup>3</sup>/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.

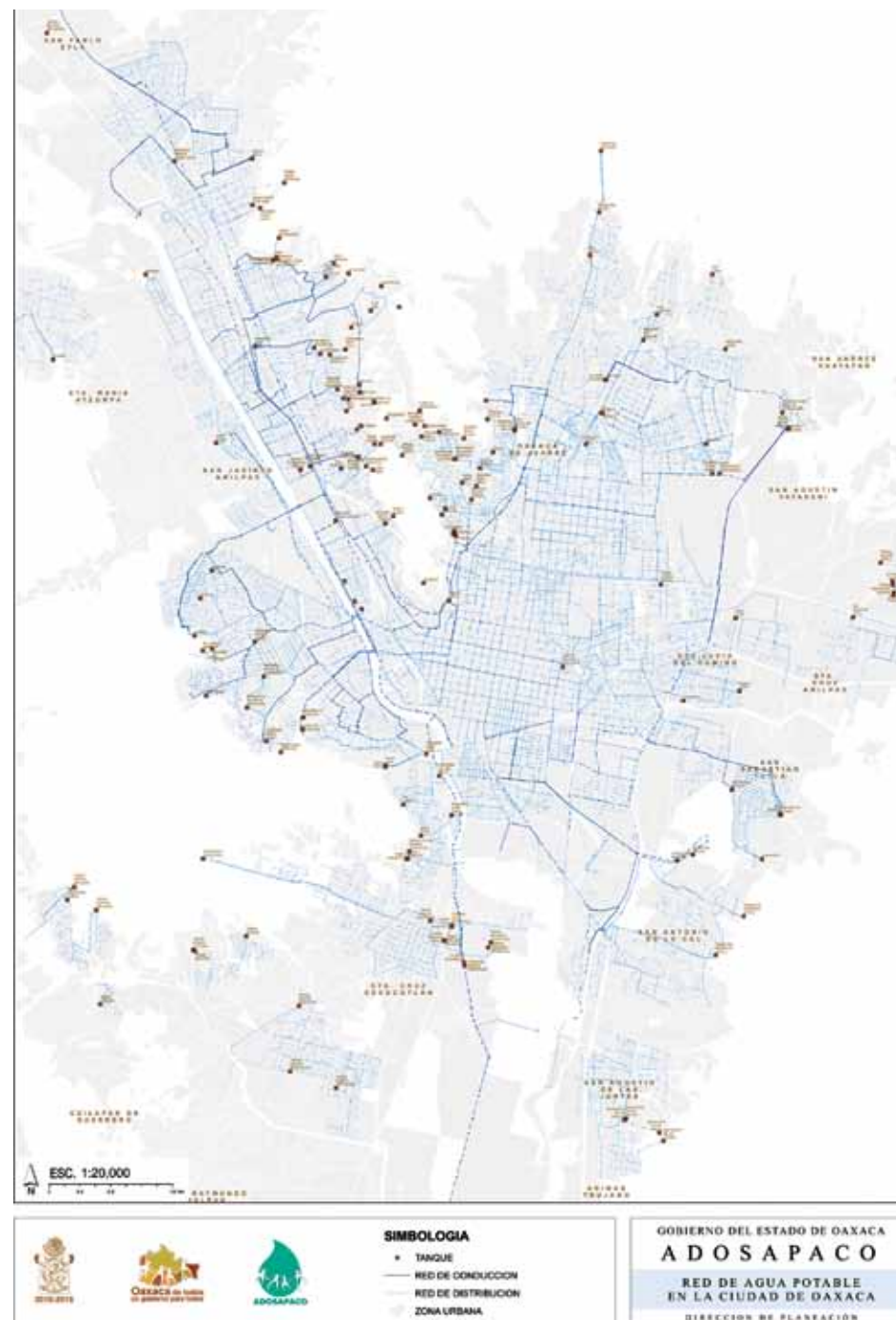
### Uso urbano

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
<b>Total</b>	<b>500</b>
Necesidades actuales	1,500
<b>Déficit</b>	<b>1,000</b>

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:

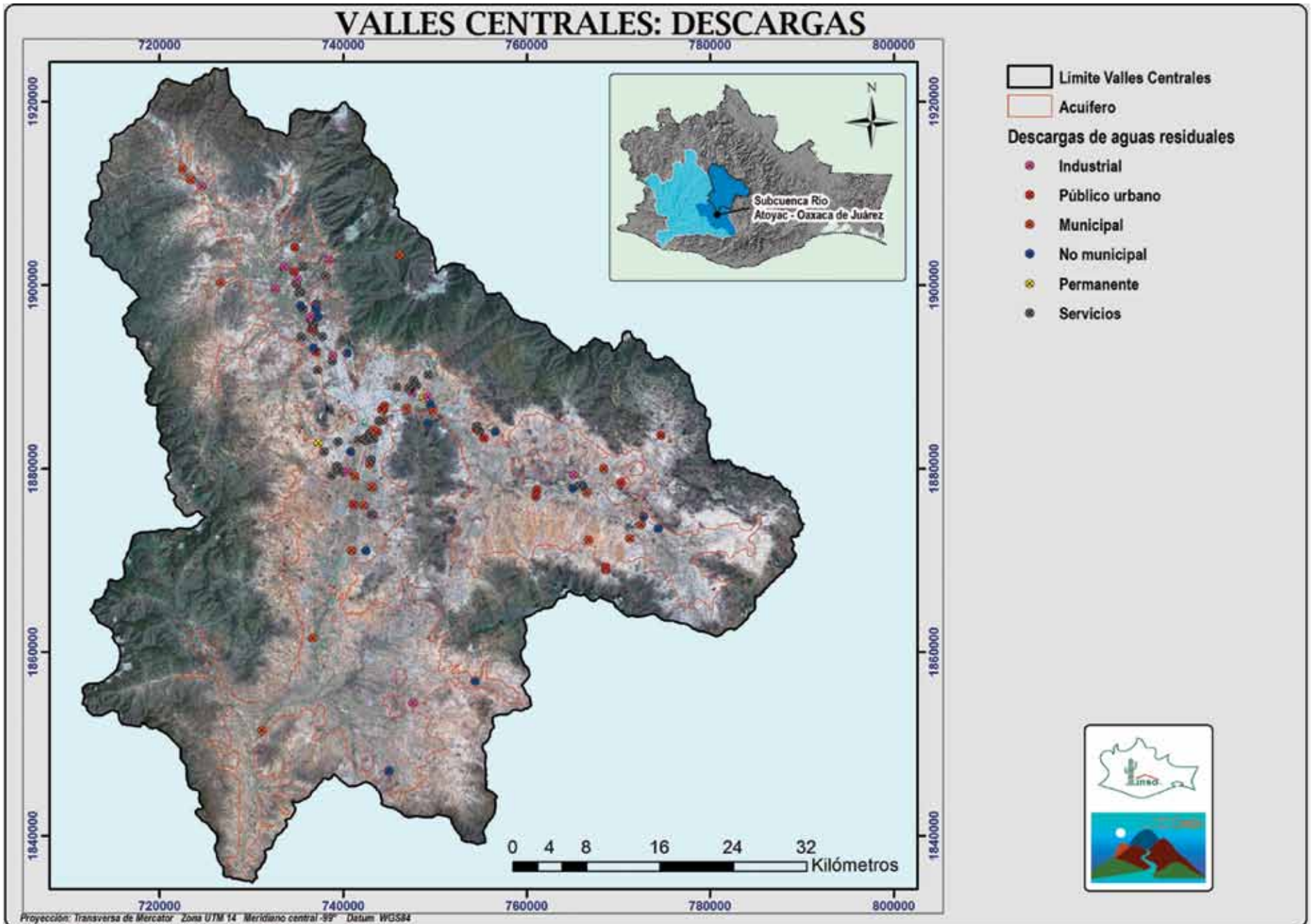
TABLA 15

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
<b>TOTAL</b>	<b>1,100</b>



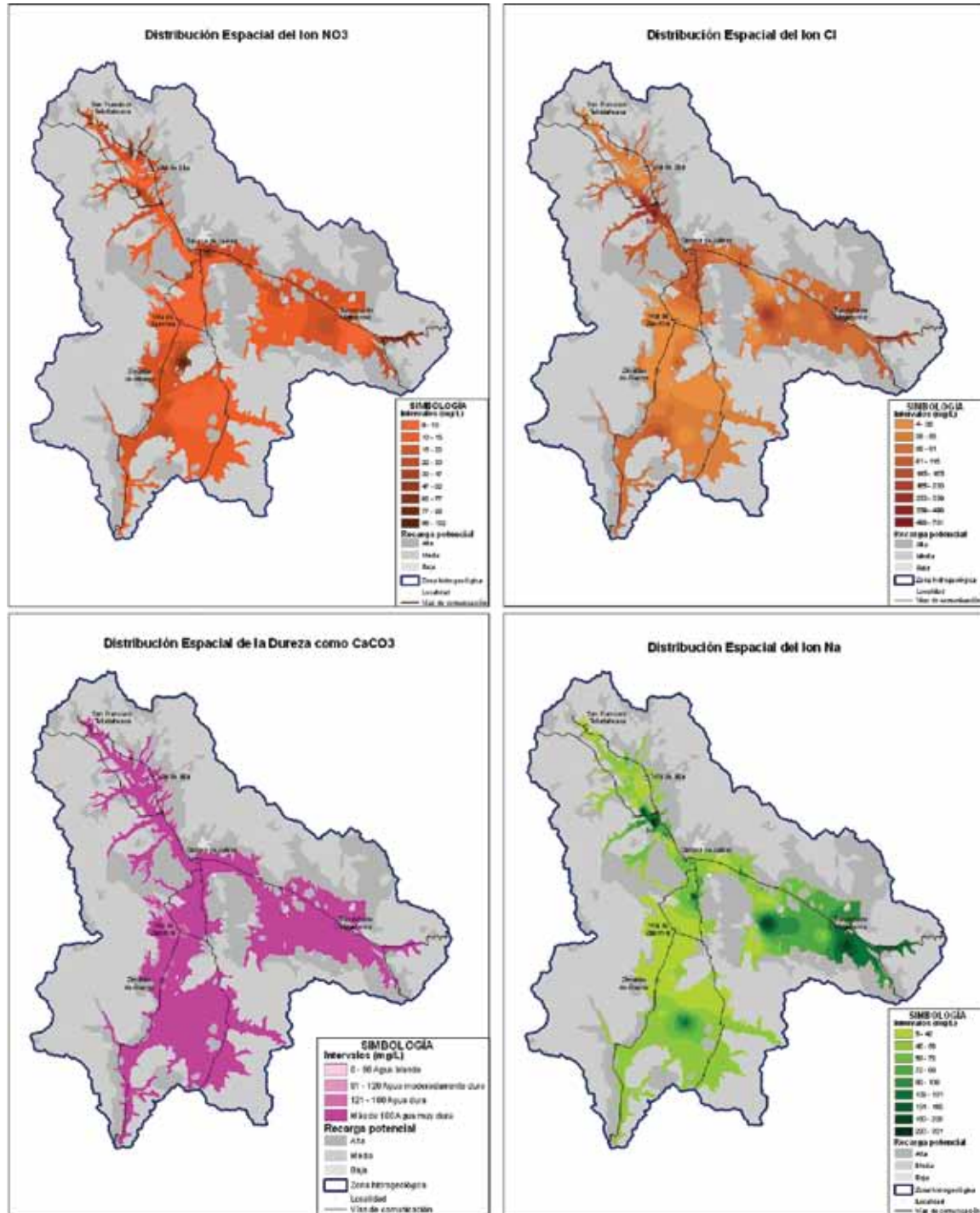
#### Calidad de agua

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

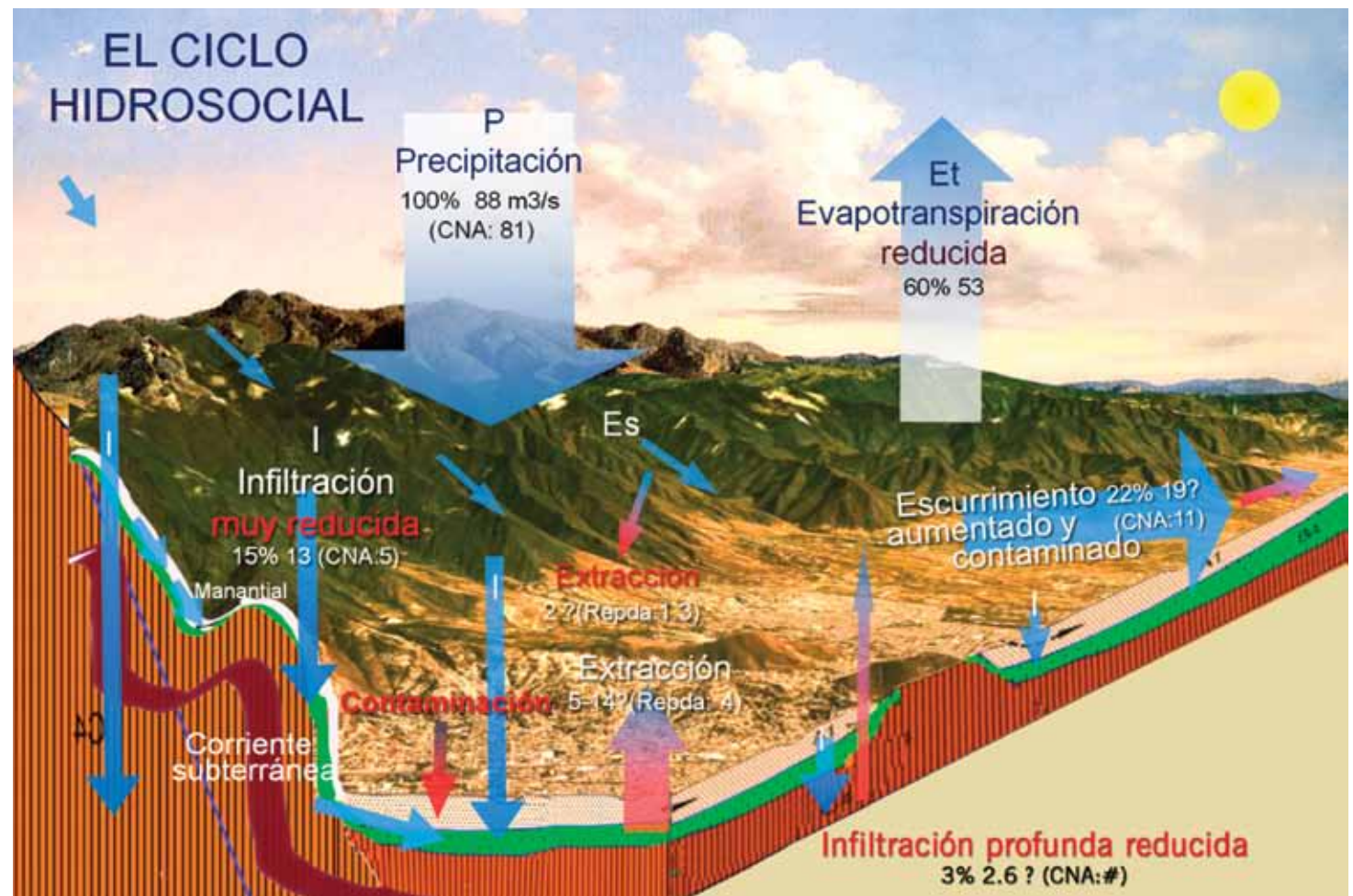
De la sección anterior podemos concluir no sólo que sabemos muy poco del ciclo hidrosocial en los Valles Centrales, sino que los modelos y datos que actualmente emplean las instituciones oficiales tienen tales limitaciones que los vuelven casi obsoletos como instrumentos sólidos de planeación y administración 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



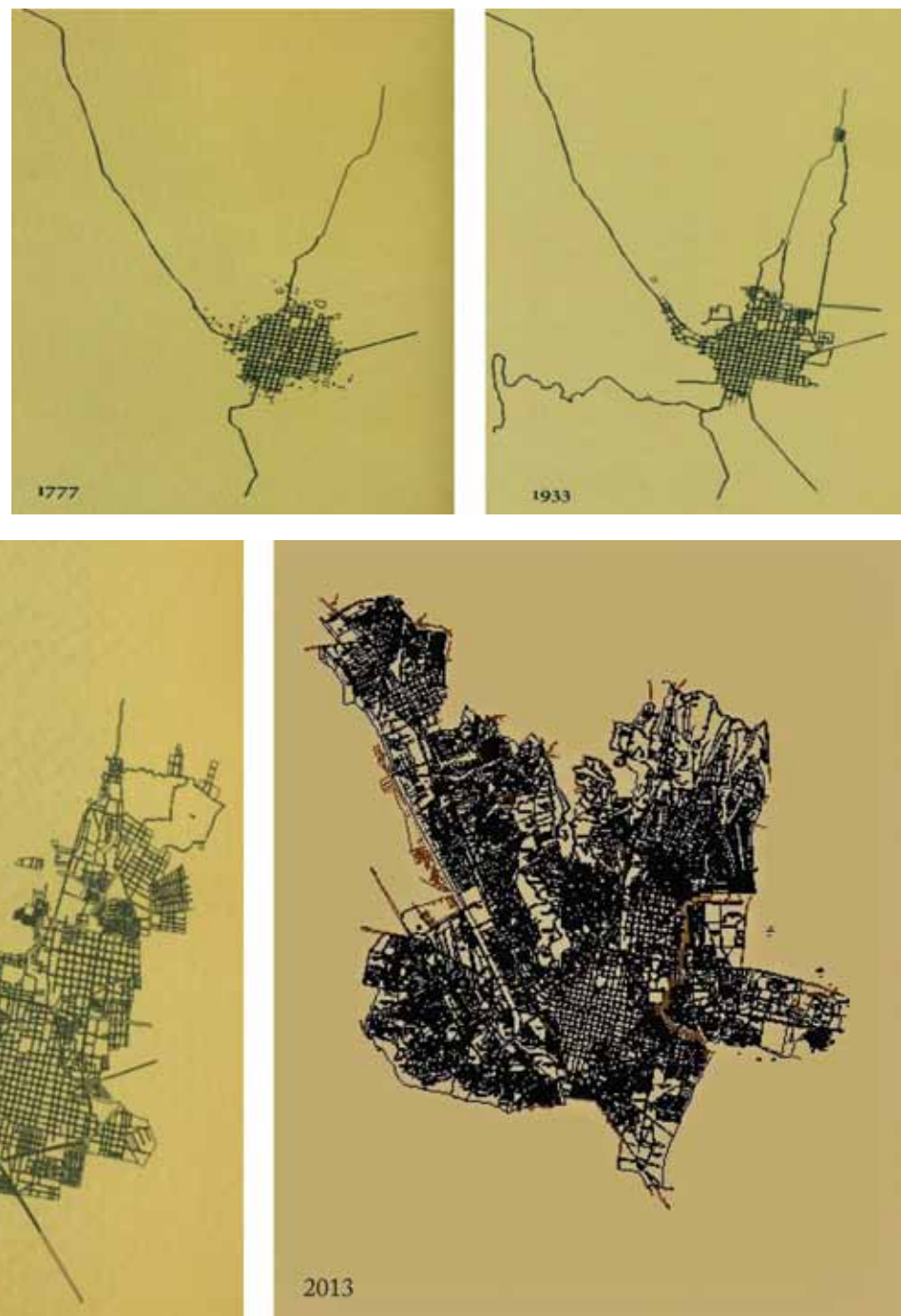
Es urgente y de obvia importancia y urgencia mejorar sustancialmente nuestro conocimiento del ciclo hidrosocial. Entre los temas prioritarios destacan la hidrología subterránea, el monitoreo permanente de cantidad y calidad de agua superficial y subterránea, los cambios estacionales de los flujos de 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.

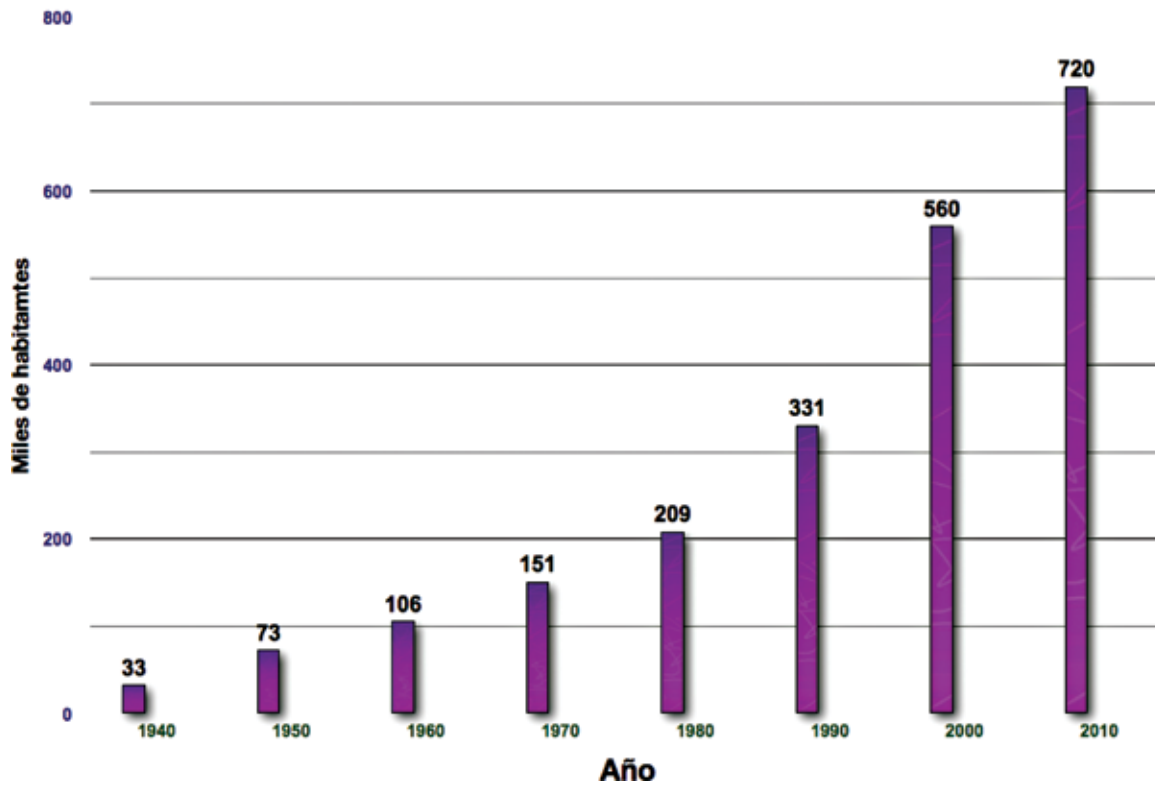
### *Factores de desequilibrio*

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

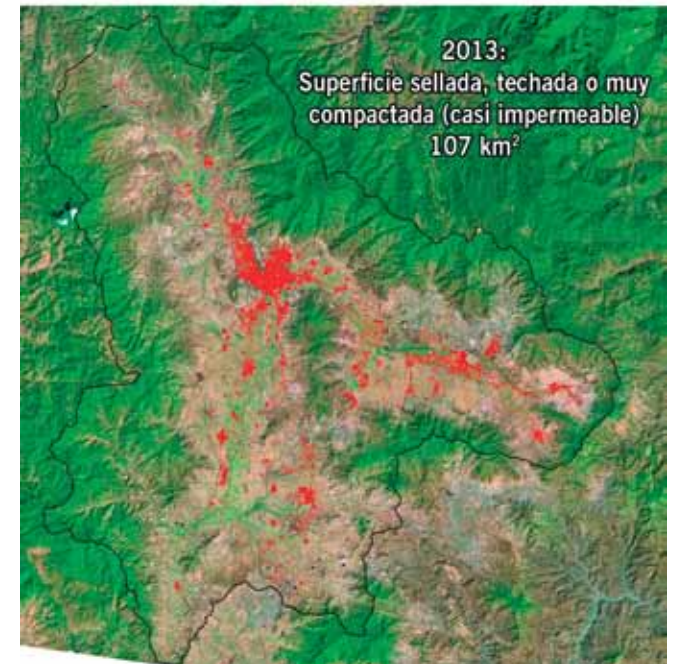
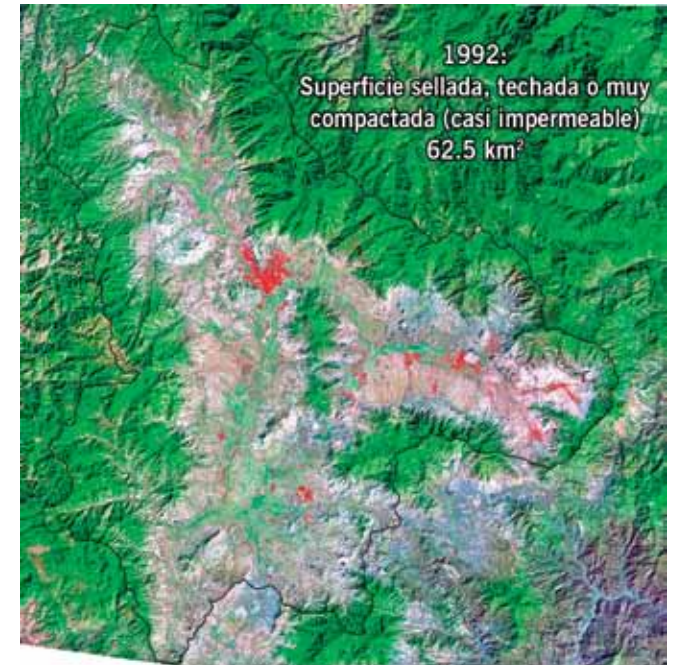


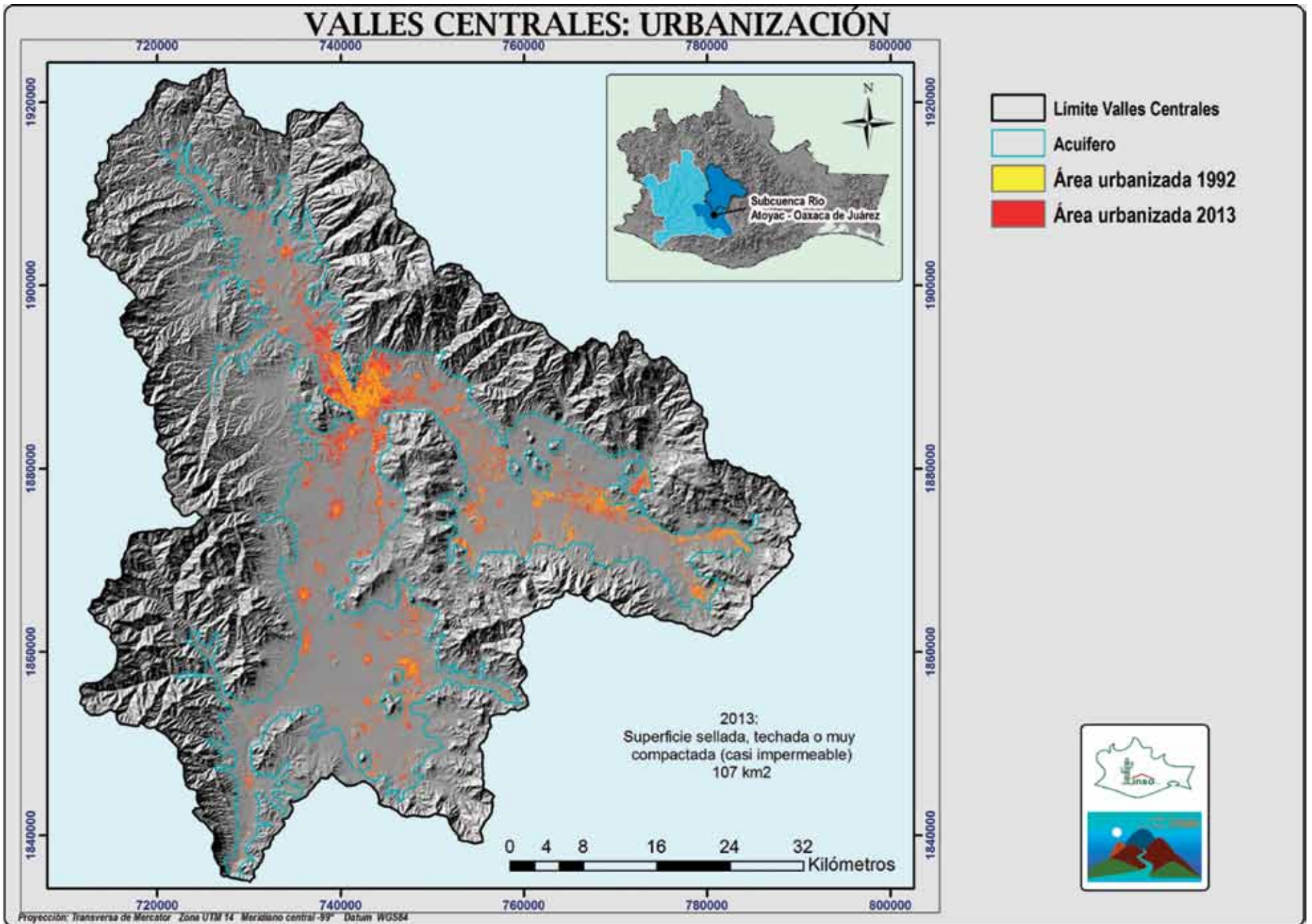
**Población en los Valles Centrales**



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.

