

# Factores asociados a la disponibilidad del agua: el caso del municipio de Teocelo, Veracruz, México

Landa Guerrero Yair.

Travieso Bello Ana Cecilia.

## Resumen

*En México la disponibilidad de agua es uno de los problemas más serios que está afectando a la población y a sus actividades productivas. En el municipio de Teocelo se ha observado que la disponibilidad de agua ha ido disminuyendo en los últimos años. Por ello, este trabajo realiza un diagnóstico de los factores naturales y antropogénicos que afectan la disponibilidad de agua del municipio de Teocelo, Veracruz, México. Se elaboraron mapas de los factores naturales: disección vertical y horizontal del relieve, pendientes, clima, tipos de suelo, escurrimientos, uso del suelo y vegetación. Se identificaron y caracterizaron en campo las fuentes de abastecimiento de agua y la infraestructura asociada. Se realizaron entrevistas con los directores de Ecología y Agua Potable del Ayuntamiento de Teocelo, así como talleres participativos con la población y las autoridades para identificar su percepción sobre las causas de la disminución del agua y las acciones emprendidas. Los resultados obtenidos indicaron que los factores naturales no afectan en gran medida la disponibilidad de agua. Se encontró un crecimiento de la población y un aumento de la demanda de agua; aunque la mayor parte de la población cuenta con el servicio de agua entubada, no existen medidores del consumo de agua en las viviendas; parte de la población desperdicia el agua, la infraestructura de captación y distribución del agua es mínima y se encuentra deteriorada. Además, se registraron en la cuenca descargas de*

*agua residuales sin previo tratamiento y arrastre de contaminantes. Aunque recientemente se inició un programa de cultura del agua, coordinado por el ayuntamiento, este aún no incide de manera importante en la población. Se concluyó que los factores antropogénicos son los principales modificadores de la disponibilidad del agua, por lo que es urgente emprender acciones para la conservación de los recursos hídricos y la educación ambiental de la población.*

## Palabras clave

Percepción social del agua, factores naturales, factores antropogénicos, escasez, cultura del agua

## Introducción

La disponibilidad de agua es el resultado de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen actual comprometido aguas abajo (NOM-011). Dicha disponibilidad depende de las condiciones que presente el ciclo hidrológico y la velocidad con la que se extraen para el uso de las actividades humanas (Padrón y Cantú, 2009). Además, la distribución del agua precipitada y su volumen es variado en las regiones del mundo, por lo tanto, hay diferentes volúmenes disponibles en cada región (SEMARNAT, 2013). Con base en lo anterior, en muchas regiones del mundo, la calidad y

cantidad de agua disponible para las actividades humanas está limitado, por una ampliación de la demanda, como resultado del cambio climático y el constante aumento de consumo por una población que está en crecimiento incesante (Jackson, 2001).

La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1380-1400 millones de km<sup>3</sup>, de los cuales el 97.5% es agua salada y 2.5% es dulce, correspondiente a 35 millones de km<sup>3</sup>, disponiéndose solo de una pequeña cantidad (Conagua, 2011; WWAP, 2006a). México obtiene el volumen promedio de 1489 km<sup>3</sup> por año proveniente de diferentes fuentes, de manera que la disponibilidad media de México es de 460 km<sup>3</sup> al año (SEMARNAT, 2013).

El estado de Veracruz es favorecido por la diversidad de sus ecosistemas, cuerpos de agua, selvas, zonas costeras, humedales, etc., los cuales mantienen los servicios ecosistémicos, sin embargo, no está ajeno a la disminución de la disponibilidad de agua. Las 14 cuencas hidrológicas de la entidad veracruzana reciben 33% del escurrimiento nacional, representando el 12.5% del agua superficial del país. La precipitación anual del Estado es de 1484 mm, casi el doble de la media nacional que es 772 mm (GEV, 2011).

Hay factores naturales y antropogénicos que provocan un serio impacto sobre los recursos hídricos (SCDB, 2010) y que afectan la cantidad de recursos hídricos disponibles. Estos factores son el relieve,

las pendientes, los tipos de suelo, los escurrimientos, el clima, la vegetación, los usos del suelo, la población, el uso del agua, la infraestructura, la demanda de agua, las tarifas de pago y la cultura del agua.

## Área de estudio

El municipio de Teocelo se localiza en las estribaciones del Cofre de Perote, en la región central del Estado de Veracruz y entre las coordenadas 19°23'07''N y 96°58'18'' W, a una altitud de 1,160 msnm; tiene una superficie de 60.8 km<sup>2</sup>. Colinda al norte con Xico y Coatepec, al sur con Cosautlán de Carvajal, y Tlaltetela, al este con Coatepec y Tlaltetela y al oeste con Ayahualulco e Ixhuacán de los Reyes (Ilustración 1).

## Metodología

Se realizó una investigación bibliográfica y cartográfica. Se elaboraron los mapas de disección vertical y horizontal del relieve y ángulo de inclinación de las pendientes en el SIG, a partir de las cartas topográficas E14B36 y E14B37 a escala 1:50,000. También se obtuvieron los datos vectoriales de INEGI, correspondientes al área de trabajo y se elaboraron el mapa de clima a escala 1:1, 000,000, así como los mapas de

tipos de suelo y escurrimiento, ambos a escala 1: 250 000. Se elaboró el mapa de usos del suelo y vegetación mediante recorridos de reconocimiento en el área de estudio, a escala 1:70,000.

Se identificaron y caracterizaron las fuentes de abastecimiento de agua e infraestructura asociada, mediante observación directa en campo. Se analizó la dinámica de la población del municipio de Teocelo en el periodo 1970-2010. Se entrevistó a los directores de Ecología y Agua potable del Ayuntamiento de Teocelo. Se desarrollaron talleres participativos con la población y autoridades para identificar su percepción de las posibles causas de la disminución del agua y de las acciones emprendidas para contrarrestar el problema.

## Resultados

El municipio de Teocelo se encuentra ubicado en la cuenca del río la Antigua perteneciente a la región hídrica no. 28 denominada río Papaloapan, en particular en esta zona central donde se ubica esta cuenca del río la Antigua tiene la mayor demanda de agua, y un déficit de 21.11%, que se considera bajo. Mediante el sistema de información geográfica se determinó que el municipio se encuentra dentro de nueve

microcuencas y en ellas se ubican cuatro estaciones climatológicas del SMN.

Se registraron tres geoformas (planicies, lomeríos y montañas), siendo las más abundantes las planicies onduladas medianamente diseccionadas, las cuales se distribuyen hacia el norte, oeste y sur del municipio. La ciudad de Teocelo se encuentra rodeada por planicies acolinadas, lomeríos y montañas. Estas geoformas dan paso al escurrimiento de agua llevándola hacia la ciudad, por lo cual favorece la disponibilidad de agua para ser captada. De acuerdo a Ramírez (2013) las zonas húmedas se manifiestan con el aumento de la altura absoluta y viceversa. Por lo que en las montañas la captación de agua es mucho mayor que en las planicies; sin embargo, la altitud conjuntamente con la gravedad crea la presencia de escurrimientos que se dirigen hacia las zonas bajas (planicies). La disección horizontal da paso a la generación de causas formadas por la fuerza de la precipitación (Paré y Gerez, 2010), una disección fuerte facilita la ramificación de redes fluviales (Hernández et al., 2009). La disección horizontal del relieve predominante es la superficie ligeramente diseccionada, que se distribuye al norte. La ciudad de Teocelo se encuentra dentro de la disección muy suavemente diseccionada (<0.3 km/km<sup>2</sup>) y suavemente diseccionada (0.3 – 1 km/km<sup>2</sup>), observándose pocos cuerpos de agua, por tanto, una menor disponibilidad.

Se encontró también que las pendientes que dominan en el municipio de Teocelo son de ligeras a medianamente inclinadas (5-10°), distribuyéndose al oeste del municipio. En la ciudad de Teocelo abundan las pendientes menores a 15°. El ángulo de inclinación de la pendiente permite identificar la dirección del flujo del agua (Bocco, et al., 2005; Ramírez, 2010) por lo que en la ciudad éstas generan un escurrimiento menor de agua, permitiendo así la



Figura 1. Localización del Municipio de Teocelo, Veracruz.

filtración al subsuelo y la recarga de aguas subterráneas, que alimentan los manantiales, favoreciendo la captación y disponibilidad del agua.

El clima es otro factor importante, debido a que los cambios en el clima afectan la disponibilidad de agua (WWAP, 2006). En el municipio se encuentran tres tipos de climas: semicálido húmedo con lluvias todo el año (A) C (fm), semicálido húmedo con lluvias abundantes en verano (A) C (m) y cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw2 (w). La ciudad se encuentra en el clima (A) C (fm),

donde las lluvias se distribuyen durante todo el año, siendo más abundantes en la primavera y el verano (García, 1988). La precipitación en la zona oscila entre los 1800 y 2500 mm y su temperatura está entre los 18 y 22°C. Basado en las cuatro estaciones climatológicas se elaboraron climogramas para observar la dinámica de la precipitación, temperatura y evaporación. Se sabe que la disponibilidad del recurso hídrico está fuertemente ligada con la precipitación y la evaporación. Con el análisis de las variables antes mencionadas, se

identificó que en los meses de junio a septiembre se presentan lluvias con mayor intensidad, favoreciendo la disponibilidad, pero en los meses de octubre a mayo la lluvia es escasa, lo que dificulta el abasto de agua a la población (Tabla I). También se observó que el periodo de mayor evaporación coincide con el periodo de menor precipitación, lo cual provoca un déficit de agua (Tabla II), sin mencionar que el agua evaporada que pasa a la atmósfera, no recarga los mantos, ni los cuerpos de agua, disminuyendo su disponibilidad.

**Tabla 1: Periodos de precipitación de las estaciones climáticas. Fuente: SMN.**

Estación	Precipitación total anual (media) (mm)	Periodo de lluvias (%)	Periodo de secas (%)	Mes más lluvioso (mm)
30179 Teocelo	2,025.70	junio a septiembre (62.88)	octubre a abril (37.12)	septiembre (356.1)
30311 Cosautlán	1,998.50	junio a septiembre (62.30)	octubre a abril (37.70)	junio (381.1)
30015 Bella Esperanza (CFE)	1,379.40	junio a septiembre (66.98)	octubre a abril (33.02)	septiembre (274.5)
30010 Amatitla	1,954.90	junio a septiembre (67.65)	octubre a abril (32.35)	junio (381.5)

**Tabla 2: Evaporación y precipitación total anual de las estaciones climáticas. Fuente: SMN.**

Estación	Precipitación total anual (media) (mm)	Evaporación total anual (media) (mm)	Meses con E > P
30179 Teocelo	2,025.70	1,056.6 (52.16)	enero – abril
30311 Cosautlán	1,998.50	1,029.6 (51.52)	diciembre – abril
30015 Bella Esperanza (CFE)	1,379.40	956.6 (69.35)	enero – mayo
30010 Amatitla	1,954.90	1,161.7 (59.43)	enero – abril

**Tabla 3: Características físicas de los suelos del municipio de Teocelo. Fuente: FAO (2003), FAO (2009), Aguilera (1989), León (2003), FAO (2007).**

Tipos de suelo	Profundidad (cm)			Textura			Estructura			Permeabilidad			
	<30	30-50	50-125	Fina	Media	Gruesa	Granular	Blocosa	Rocosa	Sin estructura	Alta	Media	Baja
Acrisol		X			X			X					X
Andosol			X		X		X						X
Feozem			X		X		X						X
Litosol	X					X				X	X		
Vertisol		X		X					X				X

En el municipio se encuentran cinco tipos de suelo: Acrisol, Andosol, Feozem, Litosol y Vertisol y de acuerdo a sus características físicas los suelos Acrisol, Andosol y Feozem benefician a que la disponibilidad de agua sea buena, mientras que en los suelos Litosol y Vertisol comprenden una baja disponibilidad, la ciudad se encuentra en los Acrisoles.

En el análisis de escurrimiento de agua se encontró que en el municipio dominan los escurrimientos del orden de 5-10% el cual es considerado bajo, aunque también se presenta un escurrimiento de 20-30% (Alto) y cubriendo casi la mitad de la superficie del municipio.

Al relacionar las características físicas de pendiente, suelo y escurrimientos se encontró que la ciudad de Teocelo se ubica en el coeficiente de 20-30% (Tabla IV) con pendientes de 1 – 10° y localizado en los suelos Acrisoles, por lo tanto, esto indica que los cuerpos de agua son alimentados por la presencia de escurrimientos en los alrededores de la ciudad, y así la disponibilidad no se ve afectada.

**Tabla 4: Superficies por coeficiente de escurrimiento para el municipio de Teocelo. Fuente: INEGI, 1999.**

Coefficiente de Escurrimiento (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
05-10	3,169.12	52.42
10-20	147.21	2.43
20-30	2,729.51	45.15
Total	6,045.84	100

La agricultura y usos del suelo son un factor que afecta la disponibilidad, por lo cual se elaboró el mapa de uso de suelo y vegetación (Figura 2), y se identificaron cinco tipos, encontrando que el cultivo de café bajo sombra cubre el 31% de la superficie del municipio y el 42.11 % es vegetación natural, el resto de la superficie contiene otros usos (Cuadro V).

**Tabla 5: Superficie de usos del suelo y vegetación.**

Uso del suelo y vegetación	Superficies	
	(ha)	(%)
Bosque mesófilo de montaña	1285	21.25
Selva media subcaducifolia	1261.07	20.86
Caña de azúcar	730.08	12.08
Pastizal cultivado	585.07	9.68
Café bajo sombra	1912.8	31.64
Cultivo de bambú	44.69	0.74
Zonas urbanas	227.13	3.76
<b>Total</b>	<b>6045.84</b>	<b>100.00</b>

También se observó que el uso de suelo utilizado por la población ha alterado la vegetación primaria (Bosque mesófilo de montaña y Selva mediana subcaducifolia). El uso agrícola es el mayor consumidor de agua y para regar los cultivos en temporada seca los habitantes del municipio captan el agua de la lluvia, mediante estanques, el uso agrícola también provoca una contaminación a los cuerpos de agua, por la utilización de fertilizantes, pesticidas y otros productos.

El crecimiento poblacional del municipio y la ciudad durante el periodo

1970-2010, muestra un aumento de la población en el municipio y la ciudad (Figura 3). La tasa de crecimiento de la ciudad oscila entre 8.7 y 12.3%. Este crecimiento poblacional ocasiona una reducción en la disponibilidad del agua debido a que se requiere de más cantidad de agua para solventar sus necesidades básicas. Sin embargo, la proyección de CONAPO sugiere que la población disminuirá hacia el año 2030, por lo que, si el consumo se mantiene constante, no habrá un aumento de la demanda.

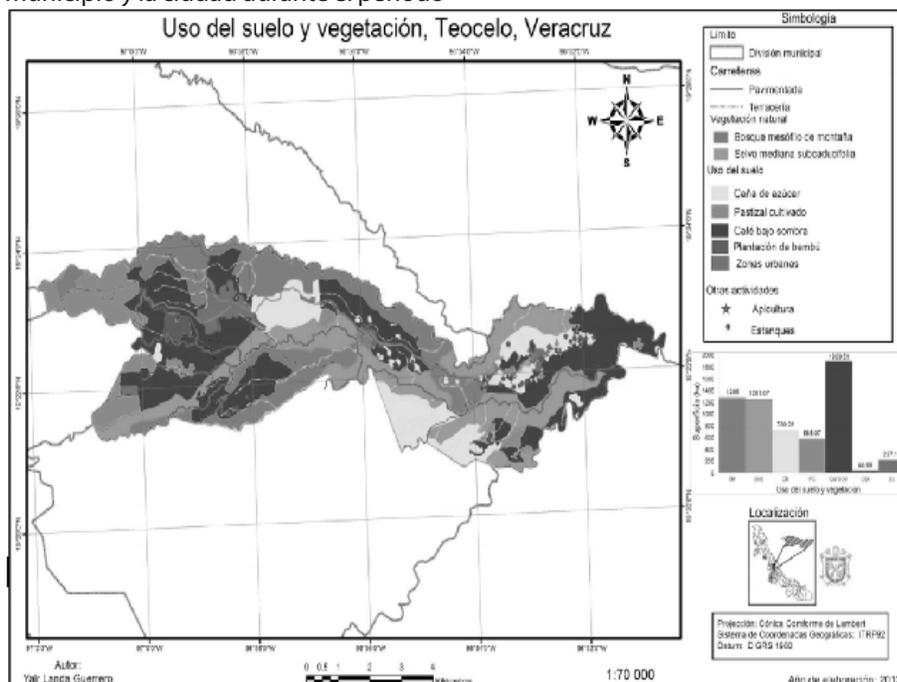


Figura 2. Usos del suelo y vegetación en el municipio de Teocelo, Veracruz.

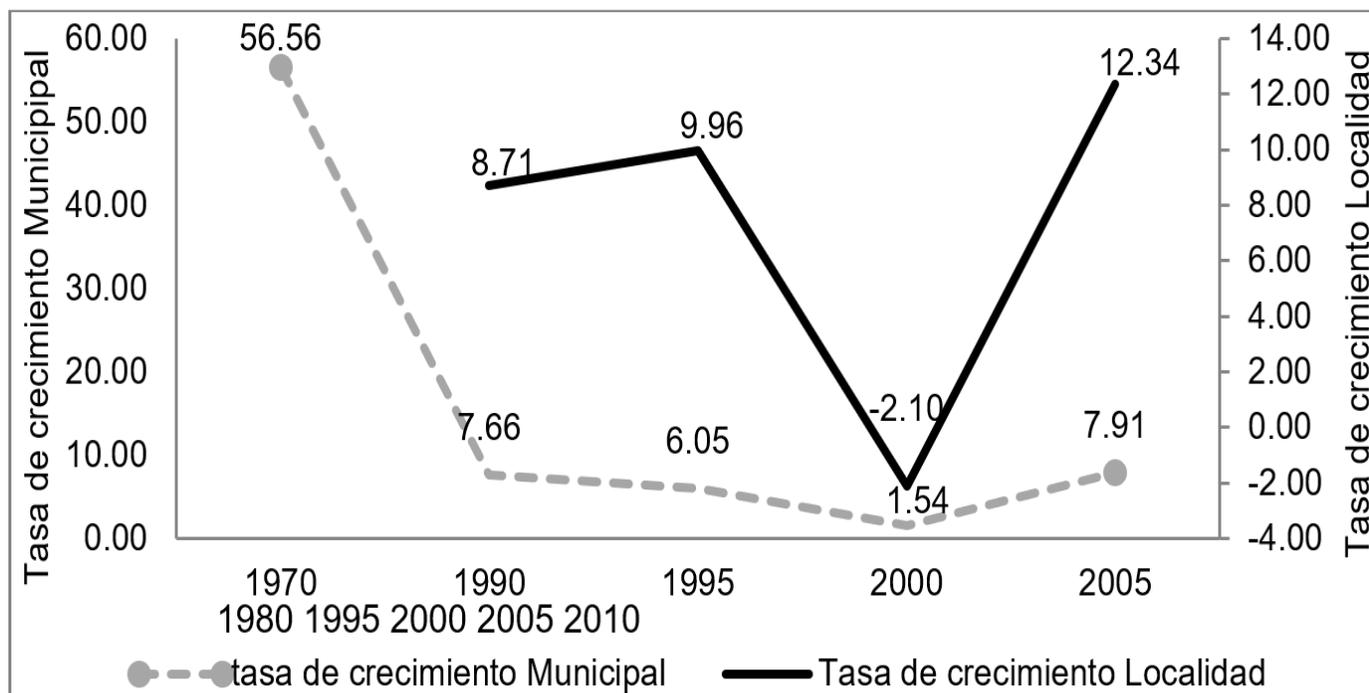


Figura 3. Tasa de crecimiento de la población en el municipio y de la ciudad de Teocelo. Fuente: elaboración propia con datos de INEGI (2012b)

Asimismo, se encontró un aumento de las viviendas y de los servicios. Según INEGI en el 2010 se registraron 2,521 viviendas que cuentan con el servicio de agua entubada. En el 2012 aumentó a 2,934 usuarios del servicio del agua, lo que indica que hay un crecimiento de infraestructura. Los servicios determinan las zonas de expansión del área urbana (Velázquez, 2009) y utilizan el agua para su funcionamiento y alteran la disponibilidad.

En cuanto a la contaminación, no hay estudios para la medición de la calidad del agua, esto es debido a que no se cuenta con el equipo necesario para realizar los análisis convenientes y tampoco con el personal técnico para elaborar el análisis y estudio. Sin embargo, el agua llega a las casas turbia y en ocasiones con un olor desagradable. La población percibe que existe contaminación del agua por arrastre de sustancias químicas como son: fertilizantes, plaguicidas, desparasitantes, pinturas de bambú (proveniente de las actividades artesanales) así como la descomposición de materia orgánica (fecales de ganado,

animales muertos, residuos del rastro y el lavado de granjas de pollo). También reportaron descargas de aguas residuales domésticas e industriales (beneficios de café) y el azolve de los cuerpos de agua.

La ciudad es abastecida por dos tanques de almacenamiento, estos tanques son alimentados por cuatro manantiales y dos ríos (Figura 4). Esta red de agua se encuentra deteriorada, por la escasa atención y mantenimiento que se le da a la infraestructura, los materiales con los que cuenta la red y los sistemas de captación son: Tubería de 8, 6, 4 y 3"; blocks; concreto; madera; lamina; válvulas oxidadas y piedra con cemento. Tampoco hay medidores de consumo en las viviendas y el cobro del servicio es anual y tienen tarifas muy bajas por lo que se desperdicia mucho el agua debido a que es fácil pagarla.

En el municipio no existen estrategias de ahorro, aunque si hay cierta captación para las actividades agrícolas y pecuarias. Por otra parte, el municipio de Teocelo ha implementado un

programa llamado "Cultura del Agua", donde se trata de generar conciencia a la población; en el 2011 se planteó otro programa llamado "Lunes Ambiental en tu Localidad" en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Plan Estatal de Educación Ambiental. También se han desarrollado concursos ambientales anuales, para fomentar el reciclaje de basura y así disminuir la contaminación.

## Conclusiones

Los factores socioeconómicos y culturales son los que en su mayoría disminuyen la disponibilidad del agua, debido a que la población ha aumentado y con ello, la demanda del recurso, unido a la existencia de infraestructura de abastecimiento deteriorada. Además, existen descargas de agua residuales domésticas e industriales sin previo tratamiento y arrastre de contaminantes que disminuyen la calidad del recurso existente. Por otra parte, no existe una cultura de ahorro y cuidado del agua.

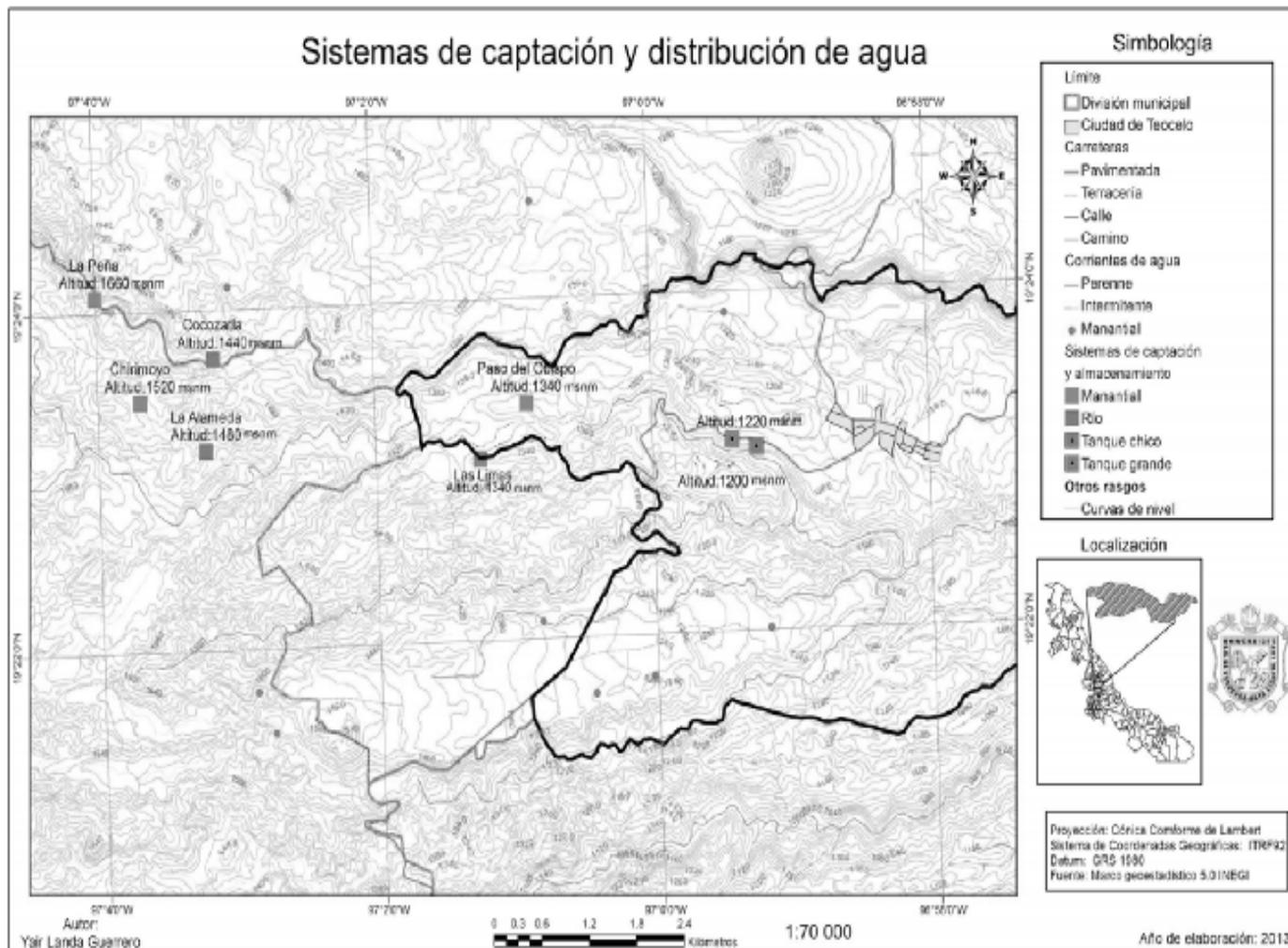


Figura 4. Localización de sistemas de captación y distribución de agua

## Bibliografía

Bocco, G., Priego A., Cotler H. (2005). La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. Experiencias en México. Gaceta Ecológica, Instituto Nacional de Ecología México, México. Julio-septiembre, número 076 pp. 23-34.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2011. Estadísticas del agua en México, edición 2011. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF. 181 p.

Gobierno del Estado de Veracruz (2011). Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016. Gobierno del Estado de Veracruz, México. 156 p.

World Water Assessment Programme (WWAP). (2006). Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (por sus siglas en inglés-WWAP). Recursos hídricos, resumen del 2° informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo. Greenfacts. 6 p.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (SCDB). (2010). Agua potable, diversidad

biológica y desarrollo: guía de prácticas recomendadas. Montreal. Canadá. 41+iii p.

Padrón C. A. C. y Cantú M. P. C. (2009). El recurso agua en el entorno de las ciudades sustentables. CULCyT // Sustentabilidad Marzo-Abril, 2009. Año 6, No 31, 11 p.

Jackson, B., Carpenter, R., Dahm, N., McKnight, M., Naiman, J., Postel, L. & Running, W. (2001). Water in a Changing World. Issues in Ecology. Number 9, Published by the Ecological Society of America, Washington. 18 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2013). Información de la situación actual del medio ambiente, compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental. Eds. 2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 382 p.

Velásquez, T. (2009). Estimación de la demanda de agua urbana residencial: Factores que la afectan, conservación del recurso y planteamiento metodológico desde el ordenamiento territorial y las medidas de conservación. Universidad Nacional

de Colombia. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Medellín. Colombia. 149 P.

Pare, L. y Gerez, P. (2012) Al filo del agua: congestión de la subcuenca del río Pixiquiac, Veracruz. Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. México, DF. 344 p.

Ley 21 de Aguas del Estado de Veracruz-Llave. (2011). Ley 21 de aguas del estado de Veracruz-Llave. Última reforma publicada en la gaceta oficial: 28 de enero de 2011. Estado de Veracruz. 46 P.

Ramírez, A; Sandoval, J; Hernández, I; Trujillo, O; Zentmeyer, E. y Martínez, B. (2010). Herramientas de planificación y su impacto en la conservación y restauración de ecosistemas, caso de Veracruz, México. SEDESMA. Austin, Texas. 121 P.

Hernández, J; Bollo, M; Méndez, A. y Figueroa, J. (2009). Formación y morfogénesis del relieve del extremo noroccidental del estado de Chiapas, México. Investigaciones geográficas. UNAM. pp. 25-40.