El Colegio de Tlaxcala A.C.
investigación · docencia · vinculación

Zahuapan:

río-región-contaminación

Raúl Jiménez Guillen
María de Lourdes Hernández Rodríguez
Coordinadores

El Colegio de Tlaxcala A.C.
investigación · docencia · vinculación

Zahuapan:

río-región-contaminación

Raúl Jiménez Guillen
María de Lourdes Hernández Rodríguez
Coordinadores

363.7394 Jiménez Guillén, Raúl; Hernández Rodríguez, María de Lourdes
Z19c Zahuapan: río-región-contaminación/Raúl Jiménez Guillén, María de Lourdes Hernández Rodríguez (coords.), Tlaxcala, México: El Colegio de Tlaxcala, A. C.; 2011.
471 p.: cuadros, mapas, fotografías, esquemas.

ISBN: 978-607-7673-27-9

1. Contaminación del agua-Tlaxcala
2. Contaminación en ríos-Tlaxcala-Zahuapan
3. Contaminación ambiental

Primera edición: 2011

© El Colegio de Tlaxcala, A.C.
Melchor Ocampo 28
C.P. 90600, San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala.
Tel: (01246) 46 4 58 74, 46 4 77 25, 46 4 77 26, ext. 202
Correo electrónico: el_colegio@coltlax.com.mx
http://www.coltlax.edu.mx

Diseño de portada: Alberto Saldaña Trujillo.

ISBN 978-607-7673-27-9

Impreso en México/*Printed in Mexico*

Índice

Introducción 9

CAPÍTULO 1. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN

Detección de mezclas complejas de substancias con efectos genotóxicos en el sistema hidrológico Atoyac-Zahuapan (SH-AZ) Tlaxcala
Rafael Villalobos-Pietrini, Ana Rosa Flores Márquez, Sandra Gómez Arroyo 23

Disponibilidad y contaminación de agua en la cuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México
Juan Suárez Sánchez, Miguel F. Carreón Coca, Silvia Chamizo Checa y Saturnino Orozco Flores 33

Concentraciones de metales y metaloides en sedimentos del río Zahuapan, Tlaxcala, México
Odeb Soto Cruz, Jaime Alejandro Carrillo-Chávez, Juan Suárez Sánchez 57

Evaluación de riesgos por exposición a contaminantes ambientales presentes en las aguas del sistema hidrológico Atoyac-Zahuapan
Rafael Valencia-Quintana, Stefan M. Waliszewski Kubiak, José Luis Gómez-Olivares, Juan Suárez Sánchez y Juana Sánchez Alarcón 79

CAPÍTULO 2. PAISAJE Y TIERRAS

La ruta de la industrialización en Tlaxcala: el Zahuapan y el Atoyac
Ricardo Nava Olivares 103

Nacimiento y ¿muerte? del Zahuapan, una percepción paisajista
Maura Pérez Jaramillo 129

Identificación de zonas de conflicto por análisis de perfiles del terreno en la región Atoyac-Zahuapan
Ramos Montalvo Vargas 163

Erosión de suelos e indicadores de bienestar en la región Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala
Vidal Guerra de la Cruz, Enrique Buendía Rodríguez, Juan Islas Gutiérrez 189

La cartografía y clasificación local de las tierras en el municipio de Nativitas, Tlaxcala
Enriqueta Tello García, David Pájaro Huertas y Patricio Sánchez Guzmán 207

CAPÍTULO 3. PARTICIPACIÓN SOCIAL

Conflictos por agua en la microcuenca Atoyac-Zahuapan
María de Lourdes Hernández Rodríguez 233

La cuenca del río Zahuapan: una región de riesgo
José Guillermo Basilio Aragón Loranca 253

La noción de escazes y el papel de mujer en la administración del agua para uso doméstico
María Elza Eugenia Carrasco Lozano 285

Capital social y educación para la participación en Analco, Nativitas
María Amelia García Reyes 307

La atracción migratoria reciente y acumulada y su contribución en el manejo de la cuenca del Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala
José Dionicio Vázquez Vázquez 335

CAPÍTULO 4. PROPUESTAS DE APROVECHAMIENTO

Lo que se pierde por la contaminación del río Zahuapan. Estrategias de evaluación
Américo Saldívar Valdés y Sazcha Marcelo Olivera Villarroel 363

Agricultura protegida, una alternativa de producción en el Atoyac-Zahuapan
Juan José Castellón Gómez 389

El modelo de participación dirigida en la conformación del Comité Técnico de Aguas Subterráneas Atoyac-Zahuapan
Sergio Vargas Velázquez y Denise Soares Moraes 413

Puerto interior Tlaxcala en Atlangatepec; motor del desarrollo de la región centro-este de México. Criterios para el manejo del agua
Francisco J. Guerra y Rullán y José Luis Medina Aguiar 433

Introducción

El agua ha sido considerada desde hace mucho tiempo como un elemento de vida, de fertilidad, de rituales. Bachelard le llama *leche inagotable, la leche de la naturaleza Madre*, agua a la que le imponen un carácter profundamente femenino, símbolo de pureza y dulzura, de transparencia según su ubicación; de reflejos según la hora y la estación del año, de tonalidades según su iluminación, de formas según el suelo que toca en su senda y de sonidos según su estado de bravura, pero principalmente los usos que de ella se derivan. Es por eso que ella con sus mil rostros es la protagonista principal de este libro, dividido en cuatro bloques que nos permiten analizar, reflexionar, apreciar, contemplar y valorar la vida del río, en su trayecto por el estado de Tlaxcala.

La eterna compañera del Zahuapan es agua, pero también de todos, porque son parte de ella; sin ella, no se sobreviviría física, social, cultural y emocionalmente; lo que ella procura como tal es invaluable. Sin embargo, la industria, el comercio, el crecimiento de las poblaciones, la agricultura y su mal manejo, han hecho del Río un depósito móvil para desagüe de desechos Se parte de la afirmación de que las diferentes disciplinas, como los diferentes usuarios en la región, participan de una multiplicidad de vías para la recuperación del agua del Zahuapan, como de la cuenca, para preservarla de su muerte. Cómo y cuándo, es lo que descubrirá en este libro, en el que cuatro bloques permiten analizar, reflexionar, apreciar, contemplar y valorar la vida del río, en su trayecto por el estado de Tlaxcala y de lo que a su paso va aconteciendo; de ese contacto entre tierra y agua con una intrusa llamada contaminación.

I

El primer bloque presenta el escenario actual del río, los discernimientos técnico-científicos concernientes al agua, es decir, los diversos análisis referentes a la calidad y contaminación del agua del río.

Villalobos-Pietrini *et al*, abordan al agua en un ámbito ya deteriorado donde observan la *Detección de mezclas complejas de sustancias con efectos genotóxicos en el sistema hidrológico Atoyac-Zahuapan*. La investigación toma como método rápido las puntas de la *Vicia faba*, como monitor para detectar mutágenos en el agua del Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan (SH-AZ). Colectando agua superficial y sedimentos de nueve sitios, observan alteraciones cromosómicas en células. Este registro proporciona datos adecuados para evaluar el daño a nivel genético producido por los contaminantes ambientales.

La investigación es una aproximación a los problemas de contaminación en los cuerpos de agua, en el cual se detecta la presencia de agentes genotóxicos en las mezclas complejas. Subrayando que para profundizar es necesario un equipo más sofisticado.

Juan Suárez Sánchez *et al*, también abordan al río en un proceso deteriorado, analizan la *Disponibilidad y contaminación de agua en la cuenca del río Zahuapan,* ahí se percibe una preocupación por la disminución del agua como una consecuencia del crecimiento de las poblaciones que la demandan para su uso doméstico, agrícola e industrial, aunado a su mal manejo y a los efectos que se derivan de ello en el estado de Tlaxcala. Rememoran un paisaje del río de hace algunos años, donde se percibía una gran diversidad de organismos vivos y hoy es un canal de aguas negras; por ello, se enfocan a un análisis de sistemas y simulación, del estado actual y escenarios futuros, apoyados en una herramienta computacional para la planificación integrada de recursos hídricos, evaluando la disponibilidad de agua y la contaminación del río por materia orgánica.

Los escenarios que revelan apuntan a que de no realizarse las acciones encaminadas a la restauración de la calidad del agua del río, a mediano plazo éste sobrepasará los límites de contaminantes básicos para la protección de la vida silvestre y su uso público, y sólo podrá utilizarse con fines de riego agrícola; y a largo plazo, ya no será viable.

Soto Cruz *et al*, distinguen el estado del agua y las *concentraciones de metales y metaloides en sedimentos del río Zahuapan*. Rememoran cómo a partir de la Revolución Industrial, la cantidad, calidad y distribución de los recursos naturales se han visto modificadas, cambiando las condiciones del medio ambiente. Perciben cómo la urbanización en los materiales de construcción de las tuberías y productos de limpieza, el drenaje pluvial de las ciudades, puede concentrar muchos metales, dependiendo del tipo de camino y material de construcción, la cantidad de tráfico, la quema de combustibles fósiles, principal fuente potencial de contaminación de cuerpos superficiales de agua, ríos y lagunas, además de fertilizantes y pesticidas usados en la agricultura. Enfatizan que el río es un componente de la cuenca, receptor de agua en el planeta tierra, captador "embudo" tanto en la superficie de la tierra como en el subsuelo, además de ser un recurso importante para la actividad humana, biológica y ambiental.

Diferencian metales benéficos para el crecimiento de las plantas, la salud y la nutrición humana de otros potencialmente tóxicos. Toxicidad que afecta a otros niveles superiores de la cadena alimenticia, tanto en la ingesta directa como por la transmisión. La distribución y concentración de metales y metaloides en sus sedimentos, son una herramienta muy importante para el conocimiento de las causas y los procesos de deterioro de la cuenca y del río, así como para desarrollar acciones de prevención, control y mitigación de los efectos negativos generados por las

actividades antrópicas sobre la cuenca y sus componentes. Así, describen algunos metales y metaloides y su distribución en los sedimentos del río Zahuapan. El estudio se destaca por ser el primero en su tipo, pero falta determinar con precisión la causa de las concentraciones encontradas en los sitios marcados. Los elementos potencialmente tóxicos resultaron bajos, aunque insuficientes para determinar si dichas concentraciones no repercuten negativamente sobre el ganado, ecosistemas y/o salud de las personas que habitan al margen del río.

Por su parte Valencia-Quintana *et al.*, comunican sus resultados sobre el río contemplando algunos antecedentes sobre la escasez de agua, a lo que se suman los de la contaminación ocasionada por la agricultura, la industria y las descargas de aguas residuales de los asentamientos humanos. Exponen la carencia de investigaciones referentes a los efectos de genotoxicidad causada por los contaminantes en aguas superficiales y citan algunos proyectos con algunos acercamientos.

Rememoran el cauce del río que alguna vez vieron correr limpio y hoy convertido en canal de desagüe, donde ya no es posible tocarlo. Y más bien corresponde tocar los problemas relativos a la calidad del agua, precisando el SH-AZ. Destacan su percepción en las aguas superficiales las cuales reciben grandes cantidades de efluentes industriales, agrícolas y domésticos y municipales. Aguas superficiales que teniendo compuestos desconocidos son usadas como fuente de agua potable, actividades agrícolas y recreativas. Sustancias con efectos que no pueden ser detectables de manera inmediata; manifestándose en daño genético en células somáticas y células germinales; acumulándose en el tiempo, por lo que requieren largos periodos antes de ser clínicamente visibles.

Demuestran que los efluentes industriales, domésticos y municipales pueden conducir efectos genotóxicos con diferentes organismos lo que ha llevado a realizar la investigación, haciendo un recorrido por los diversos ensayos a corto plazo en diferentes décadas, presentando evidencias sobre la genotoxicidad de las aguas superficiales, enfatizando que la información no es suficiente para identificar las propiedades fisicoquímicas de los agentes genotóxicos en afluentes domésticos y aguas superficiales. Ponderan la necesidad de una evaluación ya que los riesgos genotóxicos requieren información más detallada para implementar mecanismos de control y reducción de sustancias que representen un riesgo potencial para la salud.

II

El segundo bloque se refiere a las percepciones sobre el paisaje. Primero, se abordan una transición de las tierras que a su paso recorre el agua del Zahuapan, las formas que nos hablan de conflictos, pero también los colores que ayudan a discernir su calidad, significado y contenido.

Nava, considera los principales factores de localización industrial, siendo las instalaciones de empresas del sector manufacturero las que se encuentran en el Zahuapan y el Atoyac; ahí es donde el factor agua ha sido clave para definir los espacios físicos donde éstas se instalaron; dicha información le permite al autor trazar la ruta de la industrialización en Tlaxcala, dividiendo en tres partes su análisis, definiendo dos rutas para la una descripción del proceso de cada de ellas, su localización apoyada en cartografía, su origen y las industrias instaladas en ese momento; en la última parte afina la ruta de la industrialización. Comineza haciendo una revisión de la primera ruta de industrialización, a partir de la época prehispánica, que comprende también el virreinato en el Tlaxcala independiente, el Prosperato hasta la década de los años treinta del siglo XX. En una segunda parte presenta una segunda ruta que considera un periodo de análisis de mediados de los años treinta del siglo XX hasta la primera década del siglo XXI; que incluye el impulso al sector industrial por parte del gobierno estatal y el gobierno federal, incluidos los desvíos de la política industrial de ese momento. En la tercera parte recapitula la ruta de la industrialización, enfatizando que dicha ruta se ha mantenido por lo menos en los últimos cinco siglos aún con los cambios que ha sufrido en términos de calidad de agua disponible, a pesar de los procesos de urbanización que modificaron la morfología de su cauce.

Pérez Jaramillo, percibe el *nacimiento y ¿muerte? del Zahuapan*, desde una perspectiva *paisajista*. Nos da un panorama del espacio físico donde emerge el río Zahuapan en el municipio de Tlaxco, en la ciudad de Tlaxcala y su confluencia con el Atoyac en el municipio de Xicohtzinco. En esos recorridos narra tres paisajes disímiles, apoyada en percepciones y testimonios de una memoria colectiva representada por tres personajes que vivieron un antes y después relacionados con el río; así como en fotografías actuales; percepciones que contribuyen a encontrar pautas en la recuperación ambiental-paisajística de dichos elementos. Describe cómo ellos aprecian ese paisaje, de cómo el río ha sido un recurso relevante en las prácticas sociales, y posteriormente ya envenenado, lo llevamos al olvido y al abandono, conduciéndolo a un deterioro paulatino que lo arrastra hacia su ¿muerte? paisajística, junto con los elementos que lo acompañan en su recorrido.

La autora se apoya en la teoría de la percepción de M. Merleau-Ponty, en la poética de la ensoñación e infancia de G. Bachelard, y gran parte en la historia de las sensibilidades que trata Alain Corbin. En las tres entrevistas se observa que la percepción está influida por la mirada de la infancia, del valor y la significación, de cómo estar en contacto con el río, permite tener una mirada de afecto. Enfatiza que no se puede tener aprecio hacia algo con lo que no convivimos. De ahí gran parte de la decadencia en la contemplación y en la percepción del río y los elementos que le acompañan. La autora invita a retomar la vivencia de los

entrevistados, para poder entender y contemplar lo que ellos vivieron en su infancia y lo que ven y viven hoy día en el río, para poder *ver matiz a matiz la alegría de una flor de la niñez* y posteriormente, *despojarse hoja por hoja en la esperanza que desaparece por el dolor… el verdadero y único que está viviendo la lenta muerte del río*.

Montalvo Vargas, percibe el río desde la *identificación de zonas de conflicto* por medio de un *análisis de perfiles del terreno en la región Atoyac-Zahuapan* apoyado en los modelos de representación del territorio y sus diversas expresiones espaciales; para explicar su comportamiento enfatiza que es necesaria la regionalización y así detallar el análisis de la estructura física y las expresiones sociales: su lado natural y antrópico. Destaca que en la región Atoyac-Zahuapan como formación territorial construida en la base de la convergencia de elementos básicamente de tipo físico-natural, es relevante la altimetría y distribución de pendientes para delimitar una zona alta, una región media y una parte baja del AZ, que cruza casi todo el estado.

Explica que el análisis de perfiles en la región facilita la identificación de zonas de conflicto derivadas de la falta de prevención y consideración de las pendientes en el desarrollo de las actividades socioeconómicas en el territorio. El autor se sitúa en los lugares de conflicto resultante de perfiles y propicia una discusión sobre la pertinencia de la regionalización basada en la variable altimetría, considerando territorios reales que no sean sólo físico-naturales, sino aquellos espacios socialmente construidos. Utiliza el Modelo Digital del Terreno (MDT) que forma parte de la tecnología geoespacial; explica el proceso de este modelo y la metodología en sus dos fases: de orden conceptual y de aplicación en el análisis de perfiles del terreno en la región tlaxcalteca, de donde destaca la erosión, riesgo por inundación y la planificación territorial como ejemplos de afectación.

Guerra de la Cruz *et al*, describen el agua a través de la *erosión de los suelos e indicadores de bienestar en la región Atoyac-Zahuapan,* uno de los problemas ambientales de efectos inmediatos persistentes con frecuencia irreversible. Analizan la posible relación entre la ubicación, magnitud y severidad de la erosión de los suelos con algunos indicadores socioeconómicos de bienestar de esta región y aportan elementos de análisis que promuevan un enfoque más integral en los programas que buscan soluciones a este antiguo problema en la zona. La agricultura, ganadería, silvicultura y el desarrollo urbano, realizados en forma inadecuada originan que el suelo se degrade física, química y biológicamente lo que manifiesta en forma de erosión del suelo (93.7% del territorio).

Afirman que existe una relación inversa entre los grados de erosión del suelo, con los niveles de bienestar de la población: mayor erosión implica menor nivel de bienestar, que se expresa en los indicadores de marginación y pobreza. Enfatizan que es necesario desarrollar estudios

más profundos para establecer la exigencia de una relación real de causa y efecto entre los factores que analizan; destacan la importancia de promover una mejor vinculación y coordinación de los programas sociales y ambientales para lograr un impacto integral positivo en la solución de problemas históricos de degradación de suelos y pobreza.

Tello García *et al*, descubren un elemento muy cercano al río la tierra, que ha sido su acompañante durante su paso por esta vida; lo hacen a través de la *cartografía y clasificación local de las tierras en el municipio de Nativitas;* ahí aprecian diez clases de *tierra* -como la llaman los campesinos-. De sus características físicas más sobresalientes destacan el color, textura, drenaje, pedregosidad y contenido de humedad; enfatizan los criterios de clasificación y la capacidad productiva; dicha información determina el tipo de cultivo a establecer, el manejo que se debe dar, con el objetivo de mejorar su agregación y fertilidad, así como la tecnología a utilizar en las practicas agrícolas. De la misma forma, observan las limitantes de las tierras para la producción agrícola y su manejo actual.

El estudio rescata los indicadores que reflejan el manejo de las tierras a través del tiempo, basado en un método histórico y etnográfico. Disciernen que la tierra es un medio material sobre el cual se expresa el conocimiento local de los productores, las diferentes formas de apropiación, uso y mejoramiento de un recurso. La tierra es entendida más que un espacio físico, en ella hay un significado profundo donde confluyen varios intereses, pues es percibida como medio de dominación, de poder; en ella existe un significado de identidad cultural, a los productores les proporciona una alternativa de vida, donde pueden producir y buscar su seguridad alimentaria.

III

El tercer bloque se refiere a la participación social, a la importancia, poder y compromiso que tienen los usuarios, para tomar decisiones correctas en los diferentes momentos y alzar su voz.

Hernández Rodríguez, describe los diferentes *conflictos* que surgen *por el agua en la microcuenca Atoyac-Zahuapan*. Muestra un recorrido por autores que aluden a cómo surgen estos conflictos, distinguiendo aquellos donde existe la presencia de la administración pública, de los casos donde existen relaciones sociales cercanas, constantes y estrechas, como lo son las comunidades rurales o indígenas.

A partir de cinco principales usos del agua, los usuarios y la distribución de pozos, la autora realiza un estudio descriptivo-comparativo. Identifica siete fenómenos: contaminación, controversias intercomunitarias basadas en el acceso, distribución del agua potable, escasez, rescate de acuíferos, deudas y precios, describiendo las causas y origen de cada uno de ellos a través del territorio estatal.

Determina las actividades que fortalecen y debilitan a los actores involucrados y aquellos que se refieren a las amenazas y oportunidades que enfrentan. Destaca la importancia del papel que desempeña la autoridad local en la identificación, mediación y atención a los conflictos por agua fundamentales para su solución.

Aragón Loranca, percibe *la Cuenca del río,* como *una región de riesgo;* varios sucesos la muestran como tal, y por lo tanto afecta la disponibilidad del agua potable. Hace referencia a algunos incidentes ambientales ocurridos, proporcionando algunos datos de percepción del deterioro ambiental. El estudio retoma la teoría de Luhman quien considera una serie de elementos semánticos: el riesgo tomado como una valoración cuantitativa de la posibilidades de que en un futuro ocurran acontecimientos que impliquen daños o perjuicios a alguien o a algo; un segundo elemento es el decisional y un tercer elemento es el observador y su manera de percibir el riesgo. Enfatiza que éste no se localiza en la dimensión objetiva de las cosas, sino en la relaciones entre la dimensión temporal y la dimensión social.

Vulnerabilidad es otro concepto al que alude, puesto que se define en función del riesgo, el cual no se da por sí solo, sino que es construido como parte de las consecuencias del riesgo y del peligro. Toma el caso de la presa Las Cunetas y la posición de las diferentes instancias ante este incidente. Refiere que el riesgo en la Cuenca del Zahuapan se fue conformando desde tiempos remotos y que desafortunadamente la percepción del riesgo no es visible en las instituciones ni en los afectados.

Carrasco Lozano, discrepa sobre *la noción de escasez y el papel de la mujer en la administración de agua para uso domestico*, de las estrategias de gestión que implementan en sus hogares cuando esto sucede. La tradición dice que ellas son las principales usuarias y administradoras del agua en el hogar; la utilizan en actividades productivas y reproductivas, en la parcela, en actividades artesanales o maquila de productos.

Nos muestra la tipificación de 12 comunidades del municipio de Tlaxcala cuyo objetivo fue conocer la percepción sobre la escasez, así como proponer acciones de esta temática donde el sector femenino se pueda insertar. La autora hace un recorrido por las diferentes reuniones internacionales sobre la importante labor de las mujeres en el uso y el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales. Nos conduce a los usos diferenciados de los que ellas hacen, y sugiere la participación en diferentes manifestaciones, acciones y gestiones donde la mujer pueda incluirse, para adoptar una política hídrica donde se manifieste el papel que desempeñan en pro del recurso para las generaciones presentes y futuras.

García Reyes, analiza el *capital social y educación para la participación en Analco, Natìvitas* como indicador del estado que guardan los procesos de educación no escolarizada para la participación social. Ante

un desconocimiento de las capacidades reales de los habitantes de una comunidad y carencia de iniciativas con este propósito es que la autora lo aborda.

Hace un pequeño recorrido teórico para ver que la educación es esencial para la participación comunitaria —ésta que está influida por otros agentes externos a la escuela—, la importancia de la conformación de redes sociales, así como de su debilitamiento en las sociedades modernas.

Subraya que la participación ciudadana es reconocida como la principal estrategia para propiciar e impulsar el desarrollo local. Pondera que para valorar el capital social de una comunidad es necesario identificar las actividades comunitarias de todo tipo, la pertenencia a grupos locales, la asistencia continua a ellos, las reuniones entre amigos, la práctica de actividades de ocio, pertenecer a equipos deportivos, artísticos o de voluntariado social. Así la autora nos da un referente para abordar el estudio de las localidades y comprender los procesos que sustentan la participación ciudadana, en una comunidad de la región del Atoyac.

Vázquez Vázquez se enfoca a la *atracción migratoria reciente y acumulada y su contribución en el manejo de la cuenca Atoyac-Zahuapan*. Ahí resalta la importancia de la inmigración —reciente y acumulada— y su relación con el uso del agua. Presenta la localización de la afectación probable de la inmigración sobre el uso del agua, vinculados con la instalación de fábricas textiles y de ciudades, corredores y parques industriales como factores que han posibilitado la inmigración de población de otros estados y la demanda del recurso agua.

Presenta a la región de la cuenca A-Z justificando el análisis de los datos sobre la migración interna; comenta algunos antecedentes de la migración interna formando parte la reciente y acumulada; apoyándose en datos generales sobre los lugares de residencia y de nacimiento de la población de 1995 y 2000. Al final desmenuza el interior de la Región de la cuenca A-Z, mostrando los lugares donde se han asentado los residentes y los nacidos en otros estados, quienes actualmente viven en diferentes municipios del estado de Tlaxcala.

IV

El cuarto y último bloque representa las visiones que se tienen respecto a las posibilidades de aprovechamiento del río, del agua superficial y subterránea.

Saldívar y Olivera perciben el agua a través de su valor monetario, *lo que se pierde por la contaminación del río Zahuapan y sus estrategias de evaluación*; enfatizan que las fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río, son las poblaciones de los municipios que la conforman.

Basan su estudio en un análisis de Beneficio-Costo utilizando en la evaluación social y económica de un proyecto de inversión y desarrollo

con indicadores que permitan tomar la decisión de realizar o no dicho proyecto. Privilegian los beneficios económicos, sociales y ambientales, su metodología y criterios de evaluación de beneficios, se obtienen por el aumento en la calidad del agua del río, lo que implica cuantificar en el mismo marco conceptual tanto los beneficios con valor en el mercado como aquellos que no la tienen de manera explícita. Abordan métodos basados en la función de la producción: agricultura, pesca y turismo; del costo de desplazamiento y de los beneficios por concepto de conservación de la biodiversidad para lo que recurren a la metodología del Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México.

Así la investigación valora los beneficios monetarios derivados de una mejora en la calidad del agua del río Zahuapan y remarcan que aún y cuando no fuesen evidentes, la acción de no contaminar y el tratamiento de aguas residuales son imperativos éticos y morales, necesarios para una gestión social sustentable y legitima de la región.

Vargas Velásquez y Suarez Moraes, aprecian el *modelo de participación dirigida en la conformación del Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS)A-Z;* estas instancias de participación y negociación por el agua subterránea tienen por objeto establecer un reglamento de extracción de agua, implicando conformar una organización en donde generalmente se alinean fuertes intereses económicos, políticos y sociales, cada uno con el fin de posicionarse de la mejor manera, asumiendo diversas estrategias de aseguramiento de su acceso al agua. Mencionan las características socioambientales del agua subterránea y las formas de acceder a ella, puesto que no es visible como la superficial. Así también la facilidad de individualizarla y medirla. Diferencian los usuarios del agua superficial respecto a los del agua subterránea que se deben reconocer al momento de organizarlos en instancias como la COTAS.

Analizan el papel de las COTAS en la gestión de agua subterránea, indicando las condiciones bajo las cuales se encuentra en proceso de organización el COTAS Alto Atoyac, como su dinámica particular. Refieren la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) y los principios que contiene, como una alternativa a los grandes problemas del agua y su manejo. Se apoyan en un análisis de los distintos intereses en torno al acuífero, sus fortalezas y debilidades del propio COTAS para promover su manejo sustentable y las fuentes alternas de agua; finalmente plantean acciones específicas para la obtención de cada uno de los resultados esperados, con sus respectivos indicadores, fuentes de verificación y supuestos.

Castellón Gómez percibe el agua a través de *la agricultura protegida*, como *una alternativa de producción en el A-Z,* ya que las prácticas para la protección de cultivo, controlan las condiciones climatológicas que impiden el desarrollo de la agricultura, y cita algunos avances que se tienen en la agricultura. Analiza la situación de la agricultura en la cuenca A-Z así como la disponibilidad de recursos para la misma y propone un

esquema de agricultura protegida como una alternativa para el desarrollo económico de la región. Para ello refiere los usos de los materiales y el papel central que juegan en la agricultura protegida y el uso del agua en ésta, haciendo un análisis de la calidad de agua para riego en los diferentes lugares de Tlaxcala. Compara los sistemas de cultivo a través de ingresos, como los desafíos de la agricultura protegida, destacando que la producción mediante un sistema intensivo en agua e insumos, permite mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y mejorar la rentabilidad de la tierra, por medio de procesos de capacitación permanente a través de la vinculación productor-institución educativa.

Guerra y Rullán y Medina, ponen su mirada en al agua a través del *Puerto Interior Tlaxcala (PIT), en Atlangatepec; motor de desarrollo de la región centro-este de México,* y los *criterios para el manejo del agua*. Definen al PIT como una plataforma logística-productiva que aprovecha la infraestructura de Atlangatepec, de la importancia de su localización, dándonos una premisa de su instalación; describe los criterios de su diseño aplicados para el componente agua y su impacto en el proceso de planeación, refiere las limitaciones que enfrenta para desarrollar los trabajos de planeación regional-urbana y socioeconómica, en términos del perfil y la disponibilidad de información sobre cuestiones ambientales.

Un un factor del análisis de la disponibilidad del agua será su uso potencial en actividades del PIT y la demanda que generaría el crecimiento poblacional de la zona y microregiones circundantes. Detallan un análisis de los acuíferos describiendo sus características y la disponibilidad de agua para actividades agrícolas, urbanas e industriales. Ahí enfatizan los usos de aguas subterráneas y la ubicación de pozos en el territorio influenciable por el PIT.

Determinan que el manejo del agua en el PIT deberá hacerse de manera racional, con criterios de rentabilidad, buscando garantizar la recuperación de los niveles de los acuíferos y evitando su contaminación. Remarcan que las acciones del desarrollo regional no podrán ser efectivas en materia de agua si no se establecen parámetros reguladores que vinculen la disponibilidad de recursos hídricos con el perfil y dimensiones de las actividades que harían uso del agua, acotando balances y acciones en la operación para un desempeño sustentable.

Un recorrido por estos trabajos de investigación permitirá evidenciar cómo las diferentes disciplinas y los diferentes usuarios advierten la idea de recuperar el Zahuapan, no sólo el agua superficial sino la que no percibimos; el agua subterránea. El transcurso que hace, atravesando Tlaxcala, donde nace y crece, hasta su encuentro con el abatido Atoyac, es una invitación a reflexionar, analizar y apreciar su contenido, implícito todo lo que procura; a recuperar la capacidad de percepción, de los sentidos para poder respetarlo, leer sus significados, y nuevamente poder contemplarlo como parte del paisaje cultural tlaxcalteca. La participa-

ción de todos es esencial para no permitir más su lenta muerte, un hecho real y doliente, de lo contrario, si no procedemos, la madre naturaleza nos lo cobrará con creces.

Raúl Jiménez Guillén
María de Lourdes Hernández Rodríguez
Maura Pérez Jaramillo

Capítulo

1

Análisis de la contaminación del río

Detección de mezclas complejas de substancias con efectos genotóxicos en el sistema hidrológico Atoyac-Zahuapan (SH-AZ) Tlaxcala

Rafael Villalobos-Pietrini[1]
Ana Rosa Flores Márquez[2]
Sandra Gómez Arroyo[3]

Introducción

El incremento inmoderado de desechos en los arroyos y los ríos ha producido un aumento en la contaminación que se expresa como efectos genotóxicos en los organismos. Un ejemplo de este problema es el Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan (SH-AZ) de Tlaxcala que recibe efluentes domésticos e industriales. Al aplicar diseños experimentales, varios modelos biológicos han mostrado respuesta positiva a agentes químicos específicos, pero en el ambiente el problema es distinto porque pocas veces aparecen como sustancias únicas y más bien lo hacen como mezclas complejas. En los cuerpos de agua la presencia de éstas se puede detectar mediante un método rápido en el que se exponen las raíces del haba (*Vicia faba*) y se basa en el registro de las alteraciones cromosómicas inducidas en sus células meristemáticas que están en constante división. Este material biológico es muy útil, ya que ofrece un amplio rango de posibilidades de análisis citogenéticos, porque sus cromosomas son pocos y grandes (2n = 12), lo que facilita su estudio (Villalobos-Pietrini, *et al.*, 1978:135).

Esta planta ha sido comúnmente empleada para estudiar los efectos producidos por diversos contaminantes, teniendo a la frecuencia de aberraciones como un indicador efectivo de respuesta genotóxica. En esta

1 Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: rvp@atmosfera.unam.mx

2 Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: aflores@atmosfera.unam.mx

3 Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: slga@atmosfera.unam.mx

investigación las puntas de las raíces de *Vicia faba* fueron utilizadas como monitores para detectar mutágenos en el agua del SH-AZ.

1. Materiales y métodos

En el estado de Tlaxcala, el río Zahuapan tiene su origen en los desagües que corren hacia abajo de la vertiente divisoria de aguas en las montañas de Puebla, su curso inicial va desde el suroeste de Tlaxco hasta Atlangatepec, donde se construyó un vaso que sirve de reserva. En la entidad el flujo del Zahupan es irregular hasta su confluencia con el Atoyac, 10 km al norte de Puebla (INEGI, 1986:17). Las semillas de *Vicia faba* fueron puestas a germinar entre dos capas de algodón. Cuando las raíces primarias alcanzaron 4 cm de longitud se formaron grupos de 5 plántulas.

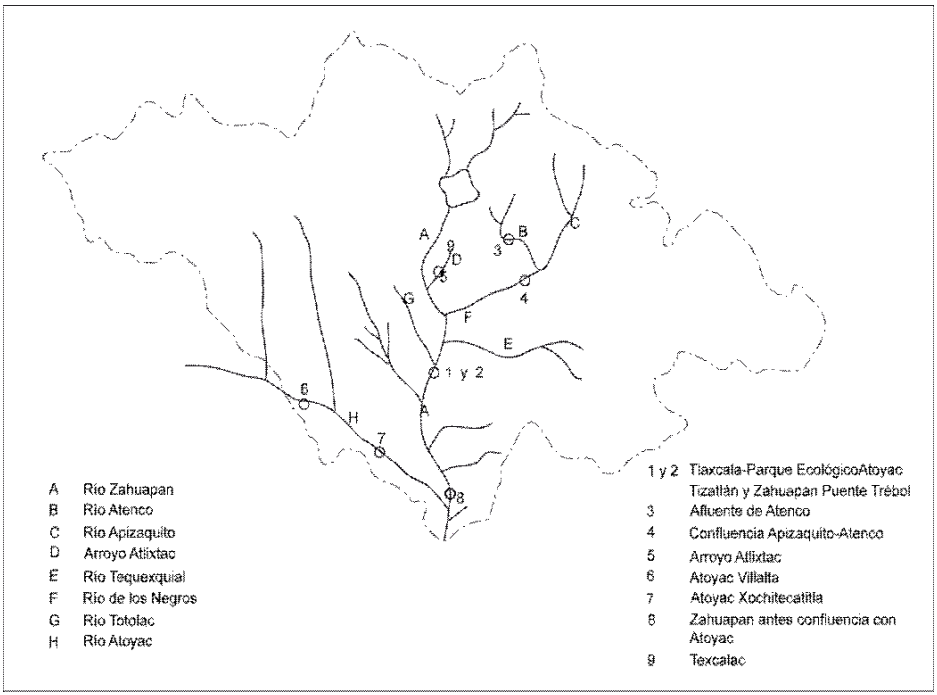
Por otro lado, se colectó agua superficial y sedimentos de 9 sitios del SH-AZ, se almacenaron toda la noche a 4 °C y se usaron al día siguiente. Las raíces de cada grupo de plántulas fueron introducidas en el agua colectada o en agua de la llave que fue utilizada como testigo. En el SH-AZ se muestrearon[4] los siguientes lugares (Fig. 1): Parque Ecológico Tizatlán (1s), Zahuapan Puente Trébol (2s), Afluente de Atenco (3 y 3s), Confluencia Apizaquito-Atenco (4), Arroyo Atlixtac (5), Atoyac-Villalta (6), Atoyac-Xochitecatitla (7), Zahuapan antes de la Confluencia con Atoyac (8) y Texcalac (9). Las muestras 1s, 2s y 3s fueron tomadas del agua superficial, mientras que las otras se obtuvieron de los sedimentos. En los sitios en los que se observó daño genético, el ensayo fue confirmado una vez más.

Después de cuatro horas de exposición, las plántulas se enjuagaron y transfirieron a un baño de agua corriente y aireación constante por seis horas. Las puntas de las raíces fueron fijadas y teñidas siguiendo la técnica de la acetorceína descrita por Villalobos-Pietrini (1965:178) con algunas modificaciones. Después del aplastamiento en monocapa del tejido vegetal, las preparaciones se hicieron permanentes con hielo seco, dos cambios de butanol y se montaron en bálsamo de Canadá.

Al observar las laminillas al microscopio, se hicieron los registros de las alteraciones cromosómicas en células en anafase como fragmentos, puentes, isocromosomas y cromosomas con el centrómero inactivado. Para comparar las frecuencias obtenidas en cada tratamiento con las halladas en sus respectivos testigos, se aplicó la prueba estadística de Diferencia de Proporciones (Spiegel, 1970:168).

4 La Delegación Estatal en Tlaxcala de la SEDESOL (Secretaría del Desarrollo Social, antes SEDUE) determinó las características físico-químicas de las muestras, colaboración que agradecemos.

Mapa 1. Sistema hidrológico Atoyac-Zahuapan en Tlaxcala (México) con los sitios muestreados



Fuente: elaboración propia.

2. Resultados y discusión

Del total de las muestras probadas sólo las de Afluente de Atenco (3), Confluencia Apizaquito-Atenco (4) y Arroyo Atlixtac (5), indujeron daño en los cromosomas; las muestras de agua superficial (1s, 2s y 3s) y de otros sedimentos (6, 7, 8 y 9) no produjeron efectos significativos al compararlos con sus testigos (Cuadro 1).

Las descargas de los desechos, donde la respuesta fue positiva, tienen diferentes orígenes. En el Afluente de Atenco, las industrias han sido involucradas en el reciclaje del papel y sus principales desechos son celulosa, minerales, grasas, aceites y colorantes. En la Confluencia Apizaquito-Atenco, fueron colorantes, hidróxido de sodio, grasas y aceites. En Arroyo Atlixtac, las industrias descargan celulosa y productos químicos como sales originadas de colorantes y ácido sulfónico.

Cuadro 1. Alteraciones cromosómicas producidas en las células de las puntas de las raíces de *Vicia faba* por el agua de los ríos de Tlaxcala, México

Sitio	Anafases anormales (%)	Aberraciones cromosómicas (%)	Alteraciones centroméricas (%)
1s	1.27 NS	0.93 NS	0.34 NS
2s	1.38 NS	1.32 NS	0.07 NS
3s	3.50 NS	2.51 NS	1.49 NS
3	12.54*	8.76*	10.12*
4	5.37*	5.04*	1.25 NS
5	6.41*	4.15*	3.40*
6	1.50 NS	1.34 NS	0.29 NS
7	3.99 NS	3.43 NS	1.25 NS
8	2.52 NS	2.00 NS	1.28 NS
9	3.15 NS	3.07 NS	1.79 NS
Testigo A	1.98	1.31	1.27
Testigo B	1.71	0.84	1.18
Testigo C	1.03	1.17	0.11

* Diferencia significativa

NS = Diferencia no significativa

Fuente: elaboración propia.

Se considera que el registro de las alteraciones cromosómicas en las células en anafase proporciona datos adecuados para evaluar el daño a nivel genético producido por los contaminantes ambientales, ya que en esta etapa de la mitosis, además de fragmentos y puentes cromosómicos es posible distinguir efectos a nivel centromérico como son cromosomas con el centrómero inactivado e isocromosomas, en donde el centrómero se divide transversalmente en lugar de longitudinalmente (Gómez-Arroyo y Villalobos-Pietrini, 1983:185; Gómez-Arroyo, *et al.*, 1985:7; Grant, *et al.*, 1992:270). La genotoxicidad de algunas de las muestras de agua del SH-AZ, determinada en este trabajo por la inducción de alteraciones cromosómicas en las raíces de *Vicia faba* (Cuadro 1), concuerda con las observaciones de Ravindran y Ravindran (1978:565), quienes reportaron anormalidades genéticas en células somáticas de *Allium cepa* (la cebolla) y en células meióticas de *Ornitogallum virens* (planta de la familia Liliaceae) producidas por aguas de río que contenían desechos de la industria textil.

Los efectos genotóxicos de los efluentes con pulpa de papel han sido observados en la bacteria *Salmonella por* mutaciones de sustitución de pares de bases (Douglas *et al.*, 1980:865; Lee *et al.*, 1981:1); en el mismo

microorganismo aumenta de manera significativa la mutagenicidad cuando se expone a extractos de tejidos de peces que habitan en un cuerpo de agua con efluentes similares (Blevins,1991:366). Asimismo, en células de ovario de criceto chino producen mutaciones, aberraciones cromosómicas e intercambios de cromátidas hermanas (Douglas *et al.,* 1980:865; Lee *et al.,* 1981:1; Rannung *et al.*, 1981:33; Langi y Priha, 1988:143); en levaduras inducen conversión de genes y recombinación mitótica (Douglas *et al.*, 1983:431); en eritrocitos de peces, micronúcleos (Das y Nanda, 1986:67) y en células mitóticas de cebolla, aberraciones cromosómicas (Shanthamurthy y Rangaswamy, 1979: 921; Mohapatra *et al.*, 1985: vol. 5).

Poblaciones de helechos (*Osmunda regalis*) que viven en lugares cercanos a los sitios de descarga de residuos de papel han mostrado frecuencias elevadas de mutaciones (Klekowsky y Levin, 1979: 49). Plántulas de *Vicia faba* y cortes de *Tradescantia* (yerba del pollo) expuestos *in situ* a un efluente con pulpa de papel, indujeron aberraciones en las puntas de las raíces y micronúcleos en las tétradas al final de la meiosis (Grant *et al.,* 1992: 53).

En los procesos que involucran la producción del papel y de la madera, la lignina es removida por digestión a temperaturas elevadas y se emplean sulfatos y sulfitos para facilitar la separación de las fibras (proceso Kraft) y a pesar de que algunos residuos y otros constituyentes orgánicos deben quitarse por blanqueamiento con reacciones de clorinación, extracción alcalina, hipoclorito y dióxido de cloro, solamente la etapa de clorinación ha influido significativamente en la actividad mutagénica de los efluentes (Houk 1992: 91). La descarga de las fábricas involucradas en este estudio no fueron del proceso de digestión y blanqueamiento, porque el procedimiento empezó con las fibras de celulosa comerciales (vírgenes o recicladas); por lo tanto, los efectos genotóxicos no dependieron de los compuestos mencionados arriba.

Por otro lado, el agua de desecho de las industrias que producen colorantes, representa una de las mayores fuentes de contaminación, donde muchos compuestos tóxicos, incluyendo a los metales pesados, se presentan en concentraciones elevadas. En las puntas de las raíces de la cebolla, aguas de estas industrias disminuyen el índice mitótico y producen anormalidades tales como rompimientos cromosómicos, C-mitosis (efecto similar al que produce la colchicina que afecta las fibras del huso), células binucleadas, así como células tri y tetrapolares (Somashekar *et al.,* 1985: 129), también en las células meióticas de *Chlorophytum amaniense* (Liliaceae tropical) ocasionan daño cromosómico (Somashekar, 1987: 647).

Los valores de las características fisicoquímicas de las muestras, incluidos en el Cuadro 2, indican baja contaminación debido a los componentes inorgánicos, siendo más altos los orgánicos, pero en general la

contaminación en los sitios muestreados no es crítica. Los valores de pH son casi neutros y muy similares a los del agua recomendada para la irrigación, lo mismo sucede para la alcalinidad, los cloruros y los sulfatos. La dureza total así como el calcio y el magnesio tienen valores bajos.

Los resultados de la conductividad eléctrica también lo fueron, siendo los menores en la muestra 4; posiblemente debido a la dilución de las aguas de desecho. El límite inferior del oxígeno disuelto (OD) depende de la temperatura del agua. Para la biota de agua templada, el límite del OD no debe ser menor de 5 mg/L, mientras que para la de agua fría no abajo de 6 mg/L (Stoker y Seager, 1881: 320). Como aparece en el Cuadro II, los niveles del OD en las tres muestras con respuesta positiva son menores de 5 mg/L, posiblemente debido al hecho de que los desechos industriales son principalmente compuestos orgánicos con una demanda de oxígeno muy elevada (Stoker y Seager, 1881:320).

Cuadro 2. Características fisicoquímicas de muestras de agua tomadas del SH-AZ que produjeron efectos sobre los cromosomas del haba

Características		Número de muestra		
		3	4	5
pH		7.42	7.00	7.70
Temperatura (ºC)		21		22
Coductividad (Mhos/cm)		699	470	772
Sólidos sedimentables (ml/L)		26.0	0.70	0.01
Flujo (L/seg)			484.4	1660.0
Alcalinidad (mg/L)		276.65**	231.0**	231.0**
Dureza (mg/L)	Calcio	166.94	74.77	85.47
	Magnesio	99.13	60.87	119.32
	Total	266.07	135.64	204.79
Cloruros (mg/L)		3.97	12.84	30.02
Sulfatos (mg/L)		53.30	16.82	91.51
Fosfatos (mg/L)	Orto	0.52	0.57	3.51
	Total	1.01	1.67	4.22
Sólidos fijos totales (mg/L)		484	292	160
Sólidos volátiles totales (mg/L)		436	148	448
Sólidos totales (mg/L)		920*	440	608
Sólidos fijos suspendidos (mg/L)		105*	33	58
Sólidos volátiles suspendidos (mg/L)		310*	22	27
Sólidos suspendidos totales (mg/L)		415*	55	85
Sólidos fijos disueltos (mg/L)			259	102
Sólidos volátiles disueltos (mg/L)			126	421
Sólidos totales disueltos (mg/L)			385	523
Oxígeno disuelto (mg/L)		0.56	3.64	0
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)		142.0	31.08	20.20
Demanda química de oxígeno (mg/L)		432.23**	79.55	252.0
Nitrógeno (mg/L)	Amonio	0	0	19.93
	Orgánico	6.00	0.44	9.63
	Total	6.00	0.44	29.56
Grasas y aceites (mg/L)		21.7	41.73	
Detergentes (mg/L)		0.62	0.24	3.62

CONCENTRACIÓN

Baja
Intermedia *
Elevada **

Fuente: elaboración propia.

La demanda química de oxígeno (DQO), que determina la cantidad de oxígeno requerida para oxidar compuestos orgánicos, en la muestra 3 mostró concentración elevada, mientras que la del sitio 5 es intermedia y la del 4 es baja (Cuadro II), pero no son lo suficientemente altas como para considerarse de contaminación intensa. Estos datos concuerdan en general con la escasez del OD. Se encontró gran variación de sólidos sedimentables en las tres muestras que coinciden con los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (Cuadro II). Las concentraciones de amonio, nitrógeno orgánico, nitrógeno total, fosfatos totales y ortofosfatos son bajas y no deben causar ningún problema a plantas y animales que utilizan esta agua.

Conclusiones

Es posible considerar que la primera aproximación a los problemas de contaminación en los cuerpos de agua es la respuesta de un ensayo sencillo que detecta la presencia de agentes genotóxicos en las mezclas complejas. Si se desea hacer un análisis más profundo se necesitan otros diseños experimentales, contar con equipo sofisticado de análisis químico y mayor presupuesto. *Vicia faba* demostró que es suficientemente sensible y un monitor efectivo para identificar sustancias presentes en los cuerpos de agua que dañan al ADN.

Bibliografía

Blevins, R. (1991). "2, 3, 7, 8-Tetrachlorodibenzodioxin in fish from the Pigeon River of Eastern Tennessee, USA: its toxicity and mutagenicity as revealed by the Ames *Salmonella* assays", en *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, 20, pp. 366-370.

Das, R.K. y N.K. Nanda (1986). "Induction of micronuclei in peripheral erythrocytes of fish *Heteropneustes fossilis* by mitomycin C and paper mill effluent", en *Mutat. Res.*, núm. 175, pp. 67-71.

Douglas, G.R.; E.R. Nestmann; A.B. Mckague; O.P. Kamra; E.G.-H. Lee; J.A. Ellenton; R. Bell; D. Kowbel; V. Liu y J. Pooley (1983). "Mutagenicity of pulp and paper mill efluent: a comprehensive study of complex mixtures", en M.D. Waters, S.S. Sandhu, J. Lewtas, L. Claxon, N. Chernoff y S. Nesnow, (eds.), *Short-Term Bioassay in the Analysis of Complex Environmental Mixtures* III Plenum Press, Nueva York, pp. 431-459.

Douglas, G.R.; E.R. Nestmann; J.L. Best; J.C. Mueller; E. G.-H. Lee; H.F. Stich; R.H.C. San; R.J.P. Brouzes; A.L.Chmelauskas; H.D. Paavila y C.C. Walden (1980). "Mutagenic activity in pulp mil1 effluents", en RL. Jolley, W.A. Brungs y R.B. Cummings (eds.),

Water Chlorination: Environmental Impact and Health Effects, Ann Arbor Science, Ann Arbor, MI, vol. 3, pp. 865-880.

Gómez-Arroyo, S. y R. Villalobos-Pietrini (1983). "Chromosomal alterations induced by some chromium salts", en *Cytologia* 48, pp. 185-195.

Gómez-Arroyo, S.; A.M. Baíza; G. López y R. Villalobos-Pietrini (1985). "A comparative study of the cytogenetic effects of the insecticides heptachlor, malathion and methyl parathion in *Vicia faba", en Contam. Ambient*. 1, pp. 7-16.

Grant, W.F.; E.G.-H. Lee; D.M. Logan y M.F. Salamone (1992). "The use of *Tradescantia* and *Vicia faba* bioassay for the *in situ* detection of mutagens in an aquatic environment", en *Mutat. Res*. 270, pp. 53-64.

Houk, V.S. (1992). "The genotoxicity of industrial wastes and effluents", en *Mutat. Res*. 277, pp. 91-138.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (1986). *Síntesis Geográfica de Tlaxcala,* México, pp. 17-18.

Klekowski, E. y D.E. Levin (1979). "Mutagens in a river heavily polluted with paper recycling wastes: results of field and laboratory mutagens assays", en *Environ. Mutagen*. 1, pp. 209-219.

Langi, A. y M. Priha (1988). "Mutagenicity in pulp and paper mill effluent and in recipient", en *Water Sci. Technol*. 20, pp. 143-152.

Lee, E.G.-H.; J.C. Mueller; C.C. Walden y H. Stich (1981). "Mutagenic properties of pulp mill effluents", en *Pulp. Pap. Can*. 82, pp. 1-6.

Mohapatra, K.; M. M. Guru y R.K. Das (1985). "Mitotic irregularities induced by paper mill effluents in the root tip cells of *Allium cepa", en* G.K. Manna y U. Sinha (eds.), *Perspectives in Cytology and Genetics* Hindasia Publishers, New Delhi, vol. 5.

Rannung, U.; D. Jenssen; C. Ramel; K.-E. Erikson y K. Kringtad (1981). "Mutagenic effects of effluents from chlorine bleaching of pulp. *J.", en Toxicol. Environ. Health* 7, pp. 33-47.

Ravindran, P.N. y S. Ravindran (1978). "Cytological irregularities induced by water polluted with factory effluents: a preliminary report", en *Cytologia* 43, pp. 565-568.

Shanthamurthy, K.B. y V. Rangaswamy (1979). "Cytological effects of pulp mill effluents on somatic cells of *Allium cepa*", en *Cytologia* 44, pp. 921-926.

Somashekar, R.K. (1987). "Meiotic abnormalities induced by dye industry waste water in *Chlorophytum amaniense* Engler", en *Cytologia* 52, pp. 647-652.

Somashekar, R.K.; M.R. Gurudev y S. Ramiah (1985). "Somatic cell abnormalities induced by dye manufacturing industry waste water", en *Cytologia*, 50, pp. 129-134.

Spiegel, M.R. (1970). "Estadística", *Serie de compendios Schaum,* McGraw-Hill, México, pp. 168-171.

Stoker, H.S. y S.L. Seager (1981). *Química Ambiental: Contaminación del Aire y del Agua,* Blume, Barcelona.

Villalobos-Pietrini, R. (1965). "Alteraciones inducidas por los rayos X en los cromosomas de las células meristemáticas de la raíz de *Vicia faba", en* Aspectos técnicos", en *Bol. Soc. Bot. México* 29, pp. 178-183.

Villalobos-Pietrini, R.; S. Gómez-Arroyo y R. Hernández (1978). "Algunas metodologías utilizadas para la identificación de los efectos genéticos producidos por las drogas de abuso", en *Cuadernos Científicos CEMESAM 8*, pp. 135-152.

Disponibilidad y contaminación de agua en la cuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México

Juan Suárez Sánchez[1]
Miguel F. Carreón Coca[2]
Silvia Chamizo Checa[3]
Saturnino Orozco Flores[4]

Introducción

En México como en muchos lugares del mundo, la disponibilidad de agua ha venido disminuyendo como consecuencia del crecimiento de las poblaciones que demandan agua para su uso doméstico, agrícola e industrial, aunado a un mal manejo de este recurso. El estado de Tlaxcala no es la excepción, ya que también presenta este comportamiento de aumento en la demanda de agua, y como consecuencia, descenso en su disponibilidad (Muñoz, 2007:1), además de un mal manejo del recurso hídrico asociado al deterioro ambiental. En la cuenca del río Zahuapan, esta situación se torna complicada, ya que es una de las cabeceras de la cuenca (parte más alta) del Balsas y como consecuencia, un agotamiento de este recurso sería fatal para su desarrollo, ya que esto significaría importar agua de las cuencas vecinas, lo que resulta incosteable. Si a este potencial problema le agregamos los posibles efectos negativos del Cambio Climático Global en la precipitación pluvial, el problema se complica aún más.

El río Zahuapan es el principal caudal del estado de Tlaxcala; hasta hace algunos años era posible disfrutar de su paisaje y agua limpia su adecuada para la recreación; en sus aguas se desarrollaban una gran diversidad de organismos, peces, crustáceos, anfibios, entre otros. El incremento de la industria, el mal manejo de las actividades agropecuarias y el crecimiento demográfico en el estado, han contribuido determinantemente a la contaminación de tan importante cauce. A tal grado que en

1Agrobiología-UAT. Correo electrónico:jsuarezs71@hotmail.com

2 Agrobiología-UAT. Correo electrónico: biococa@hotmail.com

3 Agrobiología-UAT. Correo electrónico: silchami@hotmail.com

4 C.I.C.B.-UAT. Correo electrónico: Orosat80@hotmail.com

la actualidad el río funciona como canal de desagüe, transportando gran cantidad de agua utilizada por la industria, los municipios y la agricultura. Esto lo ha llevado a un grado de contaminación que prácticamente impide el desarrollo de organismos, además de los riesgos a la salud humana que esto representa, ya que en la parte sur del estado, su agua es utilizada para la irrigación de cultivos, entre ellos las hortalizas.

El estudio de este tipo de problemas se debe realizar con un enfoque holístico; tal es el caso de la metodología de análisis de sistemas y simulación, la cual se propone para estudiar el estado actual y los escenarios futuros, de la disponibilidad de agua en la cuenca del Zahuapan y la contaminación por materia orgánica de su principal cauce. Esta metodología ha funcionado principalmente en el estudio de sistemas donde se tiene poca información y donde las metodologías tradicionales de optimización, no han tenido éxito (Ritter, 2004). La metodología consiste en realizar modelos de simulación del sistema, identificar los puntos palanca en el modelo, y manejar estos puntos en el sistema real para poder influir en su comportamiento (Carreón, 2008:3); una herramienta útil para lograrlo es la experimentación en los modelos para generar escenarios, ante la persistencia de las condiciones iniciales, variación en las condiciones ambientales, así como diferentes posibles acciones de solución.

A continuación se presenta una propuesta de estructura de modelo para la simulación del balance de agua de la cuenca del río Zahuapan, con el uso del software WEAP (Water Evaluation and Planning System). Con este modelo se evalúa el comportamiento de dos variables de interés: disponibilidad de agua y contaminación del río por materia orgánica, considerando tasas constantes de crecimiento de la población de la cuenca y cambios en los valores de precipitación por efecto del Cambio Climático Global. Esta propuesta, con las limitantes propias de su planteamiento y disponibilidad de información de la cuenca, podría utilizarse como una herramienta para evaluar más variables asociadas a la problemática de la cuenca y servir como un apoyo para los tomadores de decisiones.

1. Analisis de sistemas y simulación

Para contestar una pregunta, demostrar una teoría o para clasificar una parte del mundo real, todos coincidimos en que dependiendo de nuestros intereses, algunas de las posibles perspectivas a elaborar serán más adecuadas y útiles que otras; donde los sistemas de interés generalmente presentan dos propiedades de importancia primordial: primero, los sistemas pueden estar anidados, es decir que un individuo es parte de una población, una población es parte de una comunidad y así sucesivamente; segundo, a cualquier escala y a cualquier nivel de detalle, los sistemas naturales pueden ser estudiados usando el mismo conjunto de principios

y técnicas desarrolladas y conocidas por la teoría general de sistemas, donde debemos definir cuidadosamente los límites del sistema de interés de acuerdo con el problema que estamos estudiando (Ritter, 2004).

El análisis de sistemas, lo podemos definir como la aplicación del método científico a problemas relacionados con sistemas complejos de la naturaleza, es un conjunto de teorías, técnicas y metodologías que sirven para entender, describir y hacer predicciones acerca de dichos sistemas complejos; donde además frecuentemente se hace uso de la matemática avanzada, procedimientos estadísticos y uso de computadoras; la esencia del análisis de sistemas radica en una universalidad y flexibilidad de su enfoque (Grant *et al.,* 2002).

La elección entre un modelo analítico y un modelo de simulación, implica respectivamente, la pérdida del realismo del sistema para tener más potencia matemática, o la pérdida de potencia matemática para incluir más realismo del sistema. Si el nivel de detalle para lograr los objetivos nos permite el uso de modelos analíticos, debemos de usar estos modelos, sin embargo, si el nivel de detalle apropiado requiere un modelo demasiado complejo como para ser representado analíticamente, debemos cambiar y utilizar entonces un modelo de simulación. Esto es muy importante ya que en muchos problemas de manejo de recursos naturales, como el agua, es necesario representar el sistema de interés de una manera demasiado compleja, lo cual no se puede hacer de forma analítica (Ritter, 2004). En la modelación de la disponibilidad y contaminación del agua en la cuenca del río Zahuapan, lo consideramos ejemplificado como el último caso, por lo que nuestros estudios de diagnóstico, simulación y pronóstico, estarán apoyados exclusivamente en las metodologías de simulación, ya que si escogemos las variables apropiadas y representamos adecuadamente las reglas que gobiernan la dinámica y el proceso de cambio en el sistema de estudio, podremos predecir los cambios de dichos sistemas a través del tiempo, es decir, podríamos simular correctamente el comportamiento del sistema (Grant *et al.,* 2002).

Los modelos de simulación convencionales orientados a la oferta de agua, no son siempre adecuados para explorar la gama completa de las opciones de manejo de los recursos. A lo largo de la década de 1990, emergió un enfoque integrado del manejo del agua, que coloca los proyectos de abastecimiento de agua en un contexto de manejo de demanda, protección y preservación, de la calidad de agua y los ecosistemas (Carreón, 2008: 22).

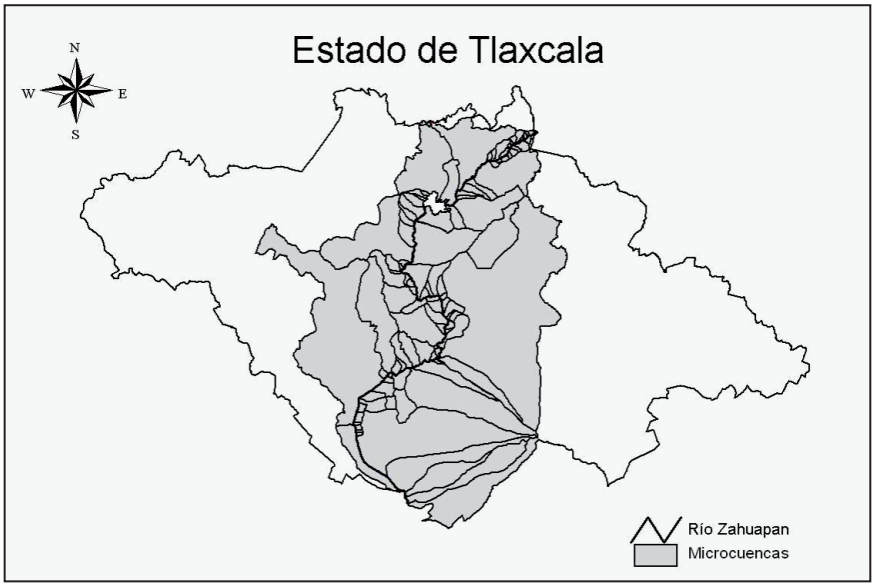
Water Evaluation and Planning System (WEAP), es una herramienta computacional para la planificación integrada de recursos hídricos; funciona usando el principio básico de balance de masa que puede ser utilizado para sistemas municipales y agrícolas, a una sola cuenca o complejos sistemas de cuencas transfronterizos; proporciona un marco comprensivo, flexible y de fácil uso para la planificación y análisis de políti-

cas; posiciona por un lado las condiciones de la demanda de agua, tales como patrones del uso del agua, eficiencias de equipos, estrategias de la reutilización, costos, y esquemas de asignación de agua en una misma categoría; y por otro lado las de la oferta de agua tales como caudal, recursos de agua subterránea, embalses, y transferencia de agua; presenta un enfoque integral al simular los componentes antrópicos y naturales, de los sistemas del agua (Stockholm Environment Institute-BostonTellus Institute, 2007).

2. La cuenca del río Zahuapan

El estado de Tlaxcala cuenta con cuatro subcuencas: Soltepec (RH-26 Pánuco), Cuenca Valle de México), E. Zapata (RH-27 Tuxpan-Nautla, Cuenca río Tecolutla), Huamantla (RH-18 Balsas, Cuenca endorreica Libres-Oriental) y Alto Balsas (RH-18 Balsas, Cuenca ríos Atoyac-Zahuapan). La cuenca del río Zahuapan (Mapa 1) es la más grande de éstas y se ubica en la parte central del estado; presenta un patrón de drenaje complejo y está dividida en 110 microcuencas de diferentes dimensiones (Suárez et al., 2008:26).

Mapa 1. Ubicación de la cuenca del río Zahuapan y sus 110 microcuencas en el estado de Tlaxcala



Fuente: elaboración propia de los autores.

El área de la cuenca del río Zahuapan es de 1725.524 km^2, que representa el 43.24 % de la superficie del estado de Tlaxcala. Esta cuenca es compartida por 51 municipios de los 60 que forman el territorio estatal; el municipio que tiene mayor participación en cuanto a superficie es Tlaxco con 250.4 km^2 (14.6 %) y Santa Isabel Xiloxoxtla es el municipio que tiene menor contribución con 5.7 km^2 (0.3 %).

En el año 2005 en la cuenca habitaban 637 577 personas, en 160 comunidades con más de 100 habitantes (INEGI, 2005). Había 15 centros urbanos con más de 10 000 habitantes, que en su conjunto albergaban a 360 372 personas (56.5 % del total de la cuenca). Destacando las ciudades de Tlaxcala, Apizaco, Chiautempan, Zacatelco y Contla de Juan Cuamatzi, con 73 213, 56 454, 44 561, 31 700 y 22 646 habitantes respectivamente.

El río Zahuapan cruza por la parte central de la cuenca de norte a sur, a 23.072 km del nacimiento del río se encuentra la presa de Atlangatepec. El segmento del río del vertedero de ésta presa al límite con el estado de Puebla tiene una longitud de 75.356 km. La altura sobre el nivel del mar en el nacimiento del río es de 3380 m y en el límite con el estado de Puebla es de 2175 m. La pendiente del cauce del río es de 1.18 %.

3. Modelo de simulación del balance de agua de la cuenca del río Zahuapan

Se elaboró en WEAP un modelo del balance de agua de la cuenca del río Zahuapan, para simular el comportamiento de la disponibilidad de este recurso en la cuenca y la contaminación del agua del río, bajo las siguientes consideraciones:

La cuenca del río Zahuapan está integrada por 110 microcuencas, para fines prácticos de reducción de complejidad espacial, se procedió a agruparlas en unidades de trabajo bajo los siguientes criterios:

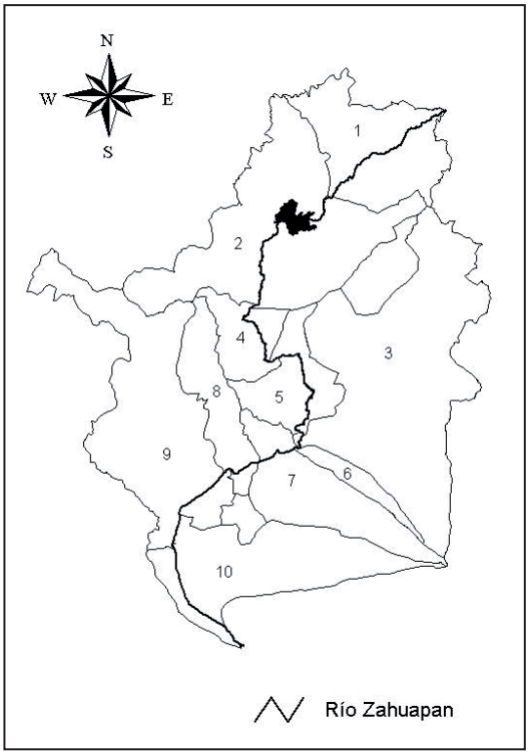
a. Su área no debe ser mayor a 217 Km^2, para tener representatividad con un sólo punto de muestreo de calidad del agua del río (SIMA, 2004:18).
b. Debe agrupar poblados o áreas económicas características de la zona.
c. En su nivel más bajo del río debe finalizar con el aporte de un tributario representativo de la zona.

Siguiendo este criterio se determinaron 10 unidades de trabajo (Mapa 2).

La estructura espacial del modelo para cada unidad de trabajo, se realizó representando un tramo de *río*; dos nodos, la población y la agricultura, que representan los *sitios de demanda* de agua. Generalmente en la cuenca la población utiliza agua subterránea para satisfacer sus demandas, y emplean agua del río para la agricultura de riego. El agua utilizada por los sitios de demanda y que finalmente va a parar al río,

se representó mediante un tramo de *flujo de retorno*. Los procesos de escurrimiento, evapotranspiración e infiltración, se representaron mediante un nodo de *área de captación*, y los cálculos para estos procesos se realizaron con el método de escurrimiento de la FAO (Stockholm Environment Institute-BostonTellus Institute, 2005). Finalmente, el agua subterránea se representó con otro nodo, *acuífero* (Mapa 2). Los tramos de *río* de cada unidad de trabajo, asociados a su estructura, se unieron para representar en su totalidad al río Zahuapan.

Mapa 2. Agrupación de las microcuencas de la cuenca del río Zahuapan, en unidades de trabajo. Tlaxco(1), Atlangatepec (2), Amaxac(3), Xaltocan(4), San Benito (5), Dos Arroyos (6), CGE (7), San Juan (8), Texoloc (9) y Zacatelco (10)



Fuente: elaboración propia.

Los trabajos de campo para la recopilación de información para el modelo, se realizaron en los años 2006 y 2007, y la información complementaria que se obtuvo de referencias bibliográficas, cubría en su mayor parte el año 2005, por esta razón se determinó como año base para ajustar el modelo.

En cada unidad de trabajo la actividad anual de la población se representó por el número de habitantes (Tabla 1); la tasa de uso de agua para la región en estudio fue de 109 $m^3/hab^{-1}/año^{-1}$, considerando una variación mensual tipo normal con su máximo en época de primavera-verano y una pérdida del sistema de 70%. La actividad anual agrícola de riego para el área en estudio, se representó por la superficie cultivada y una tasa de uso de agua igual a 193.25 m^3/Ha^{-1}, considerando una variación mensual tipo normal con su máximo en las épocas de otoño-invierno, con una pérdida del sistema igual al de la población (Suárez *et al.*, 2008:29). La contaminación del agua del río se representó por los valores promedio mensuales de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de los flujos de retorno, como indicador de la calidad del agua (Muñoz, 2007:43).

Tabla 1. Área, población y densidad, de las unidades de trabajo en la cuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México

Unidad de trabajo	Nombre	Área (km^2)	Población (habitantes)	Densidad (hab/km^2)
1	Tlaxco	142.335	17873	125.6
2	Atlangatepec	281.903	7115	25.2
3	Amaxac	358.614	88915	247.9
4	Xaltocan	53.593	8833	164.8
5	San Benito	74.886	82621	1103.3
6	Dos Arroyos	23.158	3420	147.7
7	CGE	117.159	108400	925.2
8	San Juan	73.540	72441	985.1
9	Texoloc	250.123	73125	292.3
10	Zacatelco	173.310	108241	624.5

Fuente: modificada de Suárez *et al.*, 2008:27.

Los usos de suelo en las unidades de trabajo se representaron por su área, de acuerdo a la información contenida en las cartas digitales escala 1:50 000 del INEGI para el año 2005 (Tabla 2). El coeficiente de cultivo (Kc) se obtuvo de las tablas publicadas por la FAO en 1990 (Tabla 3). Los datos mensuales promedio de la precipitación pluvial se obtuvieron de los registros de cuatro estaciones climatológicas de la red de la Conagua-Tlaxcala, distribuidas dentro de la cuenca (Estaciones Tlaxco, Atlangatepec, Apizaco y Tlaxcala). La evapotranspiración potencial se calculó por

el método de Thornwithe, utilizando la temperatura promedio mensual (Tabla 4).

Tabla 2. Uso de suelo y cubierta vegetal, para cada unidad de trabajo de la cuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México

Unidad de trabajo	Agricultura Temporal (Km^2)	Agricultura Riego (Km^2)	Erosión (Km^2)	Bosque (Km^2)	Pastizal (Km^2)	Pradera (Km^2)	Chaparral (Km^2)
1	65.142	0	14.7	53.874	0	0	0
2	190.828	34.364	25.519	8.799	21.766	0	0
3	254.647	14.081	24.439	33.745	18.239	0.0770	13.365
4	36.456	0	17.137	0	0	0	0
5	51.933	0.000016	20.501	0	0	0	2.452
6	19.576	0	1.847	1.735	0	0	0
7	75.871	0	9.805	21.874	1.647	0.7094	7.252
8	38.188	0	4.586	24.774	0	0	5.991
9	167.571	13.5	28.189	21.817	11.514	0	7.503
10	116.398	31.302	11.142	7.384	6.412	0.4920	0
Total	1016.610	93.247	157.865	174.002	59.578	1.2784	36.563

Fuente: tomado de Suárez *et al.*, 2008:28.

Tabla 3. Coeficiente del cultivo (Kc) para los diferentes usos de suelo de la cuenca del río Zahuapan

USO DE SUELO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PASTIZAL, CHAPARRAL Y PRADERA	0	0	0	0	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0	0	0
BOSQUE	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
AGRICOLA	0	0	0	0	0	1.2	1.2	0.6	0	0	0	0
EROSIONA-DO	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0

Fuente: tomada de Suárez *et al.*, 2009:51.

El valor de la precipitación efectiva para suelos erosionados y poblados fue de 5%, para área agrícola 15%, para pastizal, chaparral y pradera de 25%, y para bosque de 30% (Díaz, 2005). La producción potencial para los diferentes tipos de cubierta vegetal fue de 100 kg Ha^{-1} para suelo erosionado, 4300 Kg/Ha^{-1} para áreas agrícolas, 5555.55 Kg/Ha^{-1} para pradera, pastizal y chaparral, y 11 960 Kg/Ha^{-1} para bosque (Odum y Sarmiento, 1998).

Tabla 4. Evapotranspiración potencial (mm) para las unidades de trabajo de la subcuenca del río Zahuapan. Calculada por el método de Thornwithe

UNIDAD DE TRABAJO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	4.24	4.81	5.89	6.7	6.87	6.56	5.99	5.88	5.87	5.38	4.75	4.47
2	3.83	4.22	5.42	6.35	6.73	6.51	5.99	5.97	5.91	5.24	4.43	3.89
3, 4 Y 5	3.76	4.39	5.55	6.31	6.78	6.53	6.15	6.15	6.15	5.51	4.71	4.1
6, 7, 8 Y 9	3.94	4.56	5.81	6.82	7.55	7.37	6.81	6.87	6.68	6.19	5.05	4.27
10	3.94	4.56	5.81	6.82	7.55	7.37	6.81	6.87	6.68	6.19	5.05	4.27

Fuente: tomada de Suárez *et al.*, 2009:51.

Se consideró la existencia de un solo acuífero en toda la cuenca, con almacenamiento inicial desconocido, capacidad de almacenamiento y máxima extracción, ilimitadas.

4. Calidad del agua del río Zahuapan

Se determinaron 12 puntos para el muestreo de la calidad del agua a lo largo de los 98.43 Km del cauce del Río. Uno en la parte más baja de cada unidad de trabajo donde descargan los tributarios (10 en total), y dos más para tener referencias especiales, uno en el nacimiento del río y otro a la salida de la presa de Atlangatepec (Tabla 5).

Tabla 5. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de agua en el río Zahuapan, Tlaxcala

Nombre del Punto de muestreo	Número de muestras	UTM	
		x	Y
El Pardo	1	594864.5	2169843.94
Tlaxco	3	589370.46	2165265.03
Atlangatepec	1	582637.51	2160625.06
Muñoz	3	582029.17	2154492.91
Xaltocan	3	583017.82	2148183.94
San Benito	3	587107.82	2145649.01
Amaxac	3	586561.05	2139971.65
Dos Arroyos	3	586226.18	2139050.77
CGE	3	581900.32	2137573.13
San Juan	3	578851.15	2136883.34
Texoloc	3	573656.24	2131339.56
Zacatelco	3	578273.59	2120484.25
Total de muestras	32		

Fuente: elaboración propia.

El punto de muestreo El Pardo, se ubica a escasos 4 kilómetros de donde nace el río; en dicho sitio el agua es cristalina y de buena calidad, debido a que aún no se tiene la presencia de asentamientos humanos; en este lugar se toma una muestra de agua.

En el punto de muestreo Atlangatepec, se toma igualmente una muestra de agua; este punto se ubica a 1 Km. río abajo de la presa de Atlangatepec, la cual retiene el flujo del río y colecta los escurrimientos de las microcuencas río arriba; la presa tiene una superficie máxima de 1200 Ha. y una capacidad de almacenamiento de 54.5 millones de m^3 (Muñoz, 2005:43).

En los puntos de muestreo restantes (Tlaxco, Muñoz, Xaltocan, San Benito, Amaxac, Dos Arroyos, CGE, San Juan, Texoloc y Zacatelco), se tomaron tres muestras en cada uno de ellos, en la corriente de agua del río antes del tributario, después del tributario y en el tributario.

La toma de muestras se realizó de acuerdo a la NMX-AA-003-1980, cada 28 días entre septiembre de 2006 y septiembre de 2007, en un horario de 9:00 AM a 3:00 PM. Las determinaciones analíticas se realizaron de acuerdo a las normas mexicanas para el análisis de aguas, en el laboratorio de la Coordinación General de Ecología del Estado de Tlaxcala (CGEET), por personal de dicha dependencia.

Se analizaron los principales contaminantes básicos de acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996, sólidos totales, DBO5, Nitrógeno total y Fosfatos totales; además de las variables: turbiedad, Sulfatos, Oxígeno disuelto y DQO, para ubicar la calidad del agua del río en los valores de referencia para los diferentes posibles usos establecidos en la misma norma.

Para analizar la dinámica de la calidad del agua a lo largo del río, se describen los valores observados en los puntos de muestreo antes de los tributarios, valores que engloban el impacto de los procesos naturales en la recuperación de la calidad del agua y el de las descargas de agua comprendidas entre puntos de muestreo subsecuentes; posteriormente se describen los valores observados en los tributarios y finalmente se analiza el impacto de los tributarios en la calidad del agua del río, por medio de los valores observados en los puntos de muestreo después de cada tributario.

4.1 Turbiedad

La turbiedad del agua es producida por materiales en suspensión como arcilla, arena, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros microorganismos. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta (Eaton *et al.*, 2005).

En el nacimiento del río (El Pardo) se observa una turbiedad promedio de 200 NTU, la cual se incrementa en un 50% debido a las descargas del poblado de Tlaxco y sus localidades, para posteriormente disminuir hasta 24 NTU en promedio, a la salida de la presa de Atlangatepec, esta disminución se debe al efecto que tiene la presa por el almacenamiento del agua; a causa de las descargas de agua de las localidades y áreas de producción pecuaria ubicadas entre la salida de la presa y el poblado de Muñoz; la turbiedad se incrementa hasta 137 NTU en promedio; a partir de este punto se mantiene estable con un ligero descenso en Amaxac, para posteriormente duplicar su valor en Dos Arroyos; este incremento se debe a las descargas de agua de la unidad de trabajo Amaxac, que incluye parte del poblado de Apizaco, ciudad industrial Xicohténcatl y el poblado de San Andrés, entre otros; producto de las descargas de los poblados de San Pablo, Santa Ana y sus localidades, la turbiedad se incrementa para alcanzar sus máximos valores promedio (421 NTU) en el punto CGE, para disminuir durante su recorrido un 29% hasta el punto San Juan; a partir de este punto se incrementa de manera casi lineal hasta alcanzar el valor promedio de 370 NTU en el último punto de muestreo, Zacatelco.

De acuerdo a los valores promedio de turbiedad de los tributarios, se identifican tres categorías, la primera con turbiedad promedio >0 y ≤100 NTU, incluye a los puntos de muestreo Xaltocan, San Benito y Zacatelco, esta baja turbiedad se debe a que en Xaltocan son solamente descargas de la cabecera municipal, en San Benito son descargas de la Planta de Tratamiento B y el arroyo de San Benito, y en Zacatelco la descarga es de solamente una parte de la población; la segunda con turbiedad promedio >100 y ≤200 NTU, incluye a los puntos de muestreo Muñoz, Dos Arroyos, CGE y Texoloc, descargas que corresponden a zonas agropecuarias (Muñoz y Texoloc), con poca área de influencia (Dos Arroyos) y aguas urbanas (CGE); y la tercera con turbiedad promedio >200 NTU, que incluye a los puntos de muestreo Tlaxco, San Juan y Amaxac, los primeros dos son descargas de zonas que no contaban con plantas de tratamiento de aguas residuales durante el periodo de estudio, y el tercero, aunque incluye las descargas de dos plantas de tratamiento de aguas residuales (Apizaco A y Ciudad Industrial Xicohténcatl) recolecta las aguas residuales sin tratar de dos comunidades de Apizaco y el poblado de San Andrés, entre otras.

Los tributarios Tlaxco, Muñoz, Xaltocan, Dos Arroyos y San Juan, no tienen impacto en la turbidez del agua del río, ya que los valores antes y después del tributario no muestran diferencias notables; los tributarios San Benito, CGE, Texoloc y Zacatelco, presentan un impacto en la disminución de la turbiedad; y solamente el tributario Amaxac incrementa en un 125% la turbiedad del agua del río.

4.2 Sulfatos

Los sulfatos se distribuyen ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde unos pocos a varios miles de miligramos por litro (Eaton *et al.*, 2005).

En el punto El Pardo, el agua del río tiene un valor promedio de 66.3 mg/l de sulfatos, que disminuyen en cuatro unidades durante su trayecto por el poblado de Tlaxco; a la salida de la presa de Atlangatepec se observa una concentración promedio de 69.6 mg/l, la cual nuevamente disminuye durante su recorrido y toma el valor de 55.9 mg/l en el punto Muñoz; a su llegada al punto Xaltocan los sulfatos alcanzan una concentración promedio de 76.9 mg/l, disminuyendo en 16 unidades en el punto San Benito; producto de las descargas de la planta de tratamiento de aguas residuales Apizaco B y el arroyo de San Benito, la concentración de sulfatos se incrementa para mostrar un valor promedio de 72.3 mg/l, a partir de este punto la concentración aumenta para tomar su valor promedio más alto en el punto Dos Arroyos (103.9 mg/l); ya en el punto CGE la concentración de sulfatos desciende para mostrar 69 mg/l en promedio, a su llegada al punto San Juan la concentración de sulfatos manifiesta un incremento promedio de cuatro unidades, para descender y tomar un valor promedio de 65.5 mg/l en el punto Texoloc; al finalizar el trayecto del río Zahuapan se registran 68.9 mg/l de concentración promedio de sulfatos.

Los últimos cuatro tributarios del río (CGE, San Juan, Texoloc y Zacatelco), presentan valores promedio menores o iguales a 70 mg/l de sulfatos; los tributarios Muñoz, Xaltocan, Amaxac y Dos Arroyos muestran valores promedio >70 y ≤90 mg/l de sulfatos; y los tributarios Tlaxco y San Benito, reportan concentraciones promedio mayores a 90 mg/l de sulfatos.

La mitad de los tributarios analizados, tienen un impacto en la disminución de la concentración de sulfatos del río, que van de 5% en los puntos Xaltocan y Amaxac, 10% en los puntos CGE y Zacatelco, y 25% en el punto Dos Arroyos; los tributarios San Juan y Texoloc no tienen impacto en las concentraciones de sulfatos del río; y los tributarios Tlaxco, Muñoz y San Benito, tienen un impacto en el incremento de la concentración de sulfatos en el río, incrementos de 12.5, 18.5 y 43%, respectivamente.

4.3 Sólidos Totales

Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o su suministro de varias maneras. Los análisis de sólidos son importantes en el control de procesos de tratamiento biológico y físico de aguas residuales y para evaluar el cumplimiento de las limitaciones que regulan su vertido. Los sólidos totales, es la expresión que se aplica a los residuos de

material que se quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida (Eaton *et al.,* 2005).

La concentración promedio de sólidos totales en el río Zahuapan se distribuye entre 248 y 961.8 mg/l; el valor más bajo se observa a la salida de la presa de Atlangatepec que es inclusive menor que en el nacimiento del río donde se observaron 392.9 mg/l en promedio, esto debido al efecto que tiene el almacenamiento de agua de dicha presa; las descargas de agua del poblado de Tlaxco ocasionan un incremento del 53% en la concentración de sólidos totales del río; así también en el recorrido del río entre la presa de Atlangatepec y el poblado de Muñoz, recibe descargas de agua que dan como resultado un incremento del 80% en la concentración de sólidos totales; en el punto Xaltocan se observa una concentración promedio de 512 mg/l de sólidos totales, que disminuye en un 16% durante su trayecto hacia el punto San Benito, mismos que aumentan en el transcurso hacia el punto Amaxac; desde este punto hasta el punto San Juan la concentración de sólidos totales aumenta casi linealmente para alcanzar el valor promedio máximo de 961.8 mg/l; para posteriormente invertirse el comportamiento y disminuir de manera casi lineal hasta el final del río en el punto Zacatelco con un valor promedio de 906.7 mg/l de sólidos totales.

Los tributarios Muñoz, Xaltocan y CGE, presentan valores promedios de sólidos totales >500 y ≤600 mg/l; los tributarios Dos Arroyos y Zacatelco, valores promedios >600 y ≤700 mg/l; y el 50% de los tributarios, Tlaxco, San Benito, Amaxac, San Juan y Texoloc, reportaron valores promedio de sólidos totales mayores a los 700 mg/l, cabe destacar que los tributarios San Benito y Texoloc presentaron los valores promedio más altos de sólidos totales con 878.5 y 874.6 mg/l respectivamente.

Los tributarios Tlaxco, Xaltocan, Dos Arroyos CGE y Zacatelco, que representan el 50% del total analizado, no muestran impacto en la concentración de sólidos totales en el agua del río; los tributarios San Juan y Texoloc reportan un impacto en la disminución de la concentración de sólidos totales del 16 y 10%, respectivamente; los tributarios Muñoz, San Benito y Amaxac presentan un impacto en el incremento de la concentración promedio de sólidos totales en el río, de 6, 27 y 33 %, respectivamente.

4.4 Oxígeno Disuelto (OD)

La concentración de oxígeno disuelto en el agua se puede expresar como porcentaje de saturación respecto a una disolución saturada de oxígeno a la misma temperatura y presión atmosférica o bien como mg/l. En aguas superficiales, una concentración de oxígeno próxima a la saturación indica que no existen cantidades importantes de sustancias consumidoras de

oxígeno. En ocasiones la saturación puede ser superior al 100%, debido a que la vegetación acuática produce oxígeno por fotosíntesis. El análisis de OD es una prueba clave en la contaminación del agua y control del proceso de tratamiento de aguas residuales (Llorca, 2004:89).

La concentración de OD presenta su mayor valor promedio en el nacimiento del río (El Pardo), con 8 mg/l, a partir de este punto y hasta el punto Dos Arroyos la concentración de OD en el agua del río, disminuye casi linealmente hasta tomar el valor de 3 mg/l; en el punto CGE el valor promedio del OD es de 4.6 mg/l y se incrementa a 5.3 mg/l en el punto San Juan; en el punto Texoloc es donde la concentración de OD tiene su valor promedio más bajo con 2.8 mg/l, el cual se incrementa a 5.6 mg/l de OD en el punto Zacatelco.

Los tributarios Tlaxco, Dos Arroyos, Texoloc y Zacatelco, presentan los valores promedios más bajos de OD, los cuales son menores a 2 mg/l; los tributarios Xaltocan, Amaxac y CGE muestran concentraciones promedio de OD en el rango ≥2 y ≤3 mg/l; los tributarios Muñoz y San Juan son los que registran mayores concentraciones promedio de OD con 3.9 y 4.9 mg/l, respectivamente; cabe mencionar que el tributario Muñoz tiene un recorrido de 15 kilómetros desde su origen en la presa de San Fernando hasta su entronque con el río Zahuapan; y el Tributario San Juan es un río que recibe descargas de aguas residuales domésticas, pero desciende entre los cerros blancos, ubicados en el centro geográfico del estado, lo que le proporciona oxigenación por la caída del agua (pequeñas cascadas).

El 50% de los tributarios estudiados, Muñoz, Xaltocan, Dos Arroyos, San Juan y Texoloc, no muestran impacto en la concentración de OD del río; los cinco restantes impactan disminuyendo la concentración de OD, en un 89% el tributario Zacatelco, 65% el tributario Tlaxco, un 40% los tributarios San Benito y Amaxac, y un 8.7% el tributario CGE.

4.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para determinar los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas naturales y residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad del agua de los cuerpos receptores (Eaton *et al.*, 2005).

El agua del río en el punto El Pardo presenta 6 mg/l de DBO_5 en promedio, valor que se incrementa durante el recorrido del río por el poblado de Tlaxco para alcanzar un valor promedio de 27.6 mg/l de DBO_5 a su llegada a la presa de Atlangatepec; el almacenamiento del agua en la presa, tiene un impacto en la disminución de los valores de esta variable, registrando un valor promedio de 8.4 mg/l de DBO_5 a la salida de dicha

presa; en el punto Muñoz se registran 35 mg/l de DBO_5 debido a las descargas de aguas residuales de la actividad agropecuaria que se desarrolla en esta zona; de aquí hasta el punto Amaxac la DBO_5 disminuye casi linealmente hasta tomar un valor promedio de 22.1 mg/l; en el punto Dos Arroyos la concentración de DBO_5 no muestra cambios significativos, pero se incrementa casi linealmente hasta el punto San Juan donde alcanza su máximo valor promedio de 40.8 mg/l; desciende nuevamente la concentración promedio de esta variable a 22.8 mg/l en el punto Texoloc y se incrementa a 38 mg/l al final del río Zahuapan (Zacatelco).

Los tributarios Muñoz, Amaxac, San Juan y Texoloc, presentan valores promedio de DBO_5 ≥ 30 y ≤ 50 mg/l; los tributarios Tlaxco, San Benito y CGE reportan valores promedio de DBO_5 entre >50 y ≤ 70 mg/l; y los valores promedio de DBO_5 más altos los registran los puntos Xaltocan, Zacatelco y Dos Arroyos con 83.5, 106.2, y 132.9 mg/l, respectivamente.

El 40% de los tributarios estudiados no tiene impacto en la DBO del río; los tributarios Tlaxco, San Benito, Amaxac, C.G.E., Texoloc y Zacatelco impactan la calidad de agua del río incrementando los valores promedio de DBO en un 40% aproximadamente en los puntos de descarga, a excepción del punto CGE que lo hace con un 11%.

4.6 Demanda Química de Oxígeno DQO

La Demanda Química de Oxígeno (DQO), es una medida del equivalente en oxígeno del contenido de materia orgánica en una muestra que es oxidable, utilizando un oxidante fuerte. Es diferente a la DBO, pues ésta mide sólo la fracción orgánica oxidable biológicamente; es importante obtener una medida de la DQO en aguas residuales, ya que generalmente tiene contaminantes orgánicos no biodegradables (Eaton *et al*. 2005).

La DQO a lo largo del río Zahuapan toma valores promedios en el rango de 23 a 126 mg/l; al inicio del río en el punto El Pardo, se observa el valor promedio más bajo de DQO registrado a lo largo del río; el punto Tlaxco muestra un incremento del 295%, el cual disminuye a 27 mg/l en promedio a la salida de la presa de Atlangatepec; en el punto Muñoz vuelve a incrementarse su valor, para registrar 86 mg/l de DQO en promedio; desde este punto y hasta el punto Amaxac, la DQO disminuye casi linealmente y se registra un valor promedio de 54.3 mg/l en este último punto; en el punto Dos Arroyos se manifiesta un incremento del 40% de la DQO con respecto al punto anterior y en el punto CGE alcanza uno de sus máximos valores promedios con 114.2 mg/l, el cual se mantiene estable hasta el siguiente punto (San Juan); posteriormente desciende el valor promedio de la DQO en el punto Texoloc a 67.6 mg/l, para tomar su valor promedio más alto en el último punto del río (Zacatelco) con 126.5 mg/l.

Los tributarios Muñoz, Amaxac y Texoloc, presentan concentraciones promedio de DQO en el rango ≥70 y ≤100 mg/l; los tributarios San Benito, CGE y San Juan, muestran concentraciones promedio de DQO en el rango >100 y ≤130 mg/l; los tributarios Tlaxco, Xaltocan y Zacatelco, registran valores promedio de DQO en el rango ≥170 y ≤200 mg/l; y el tributario Dos Arroyos es el que mayor valor promedio reporta de DQO, 286.9 mg/l.

La mitad de los tributarios estudiados no presentan impacto en la concentración de la DQO del río, la otra mitad impacta incrementando sus valores; los tributarios Tlaxco y San Benito, con sus descargas incrementan aproximadamente en promedio un 55% la DQO del río, los tributarios Amaxac y Texoloc en un 70% aproximadamente, y el tributario Zacatelco en un 19%.

4.7 Nitrógeno Total

Las formas de nitrógeno de mayor interés en las aguas naturales y residuales son, por orden decreciente de su estado de oxidación: nitrato, nitrito, amoniaco y nitrógeno orgánico. Todas esas formas del nitrógeno lo mismo que el nitrógeno gaseoso, son interconvertibles bioquímicamente y forman parte del ciclo del nitrógeno (Eaton *et al.*, 2005).

La concentración promedio del Nitrógeno Total (NT) en los puntos monitoreados del río, se distribuye entre los valores de 2.1 a 15.7 mg/l; el punto con menor concentración promedio de NT es El Pardo y el de mayor es Zacatelco; las descargas del poblado de Tlaxco contribuyen a un incremento del 81% en la concentración promedio de NT registrado a la entrada de la Presa de Atlangatepec; el almacenamiento del agua en dicha presa, impacta disminuyendo la concentración de esta variable y se observa un promedio de 2.3 mg/l de NT a la salida de éste cuerpo de agua; en el punto Muñoz se vuelve a registrar un incremento en dicha variable, ahora del 104%, y disminuye a 3.7 mg/l en el punto Xaltocan; a partir de este punto se registra un incremento casi lineal del NT hasta el punto Dos Arroyos, donde alcanza el valor promedio de 9.1 mg/l; en el punto CGE la concentración de NT disminuye en promedio un 26% con respecto al punto anterior y vuelve a recuperar su valor promedio en el punto San Juan; en el punto Texoloc la concentración de NT toma el valor promedio de 7.4 mg/l y se incrementa para tomar su valor promedio máximo, registrado en el punto Zacatelco con 15.7 mg/l.

Los tributarios que muestran los menores valores promedio de NT, son San Benito, Amaxac, San Juan y Texoloc, en un rango ≥8 y ≤12 mg/l; los tributarios Tlaxco y Muñoz, registran valores promedio de NT en el rango >12 y ≤16 mg/l; y los tributarios que mayores valores promedio de NT tuvieron, en el rango >16 y ≤20 mg/l, son Xaltocan, Dos Arroyos, CGE y Zacatelco.

Los tributarios Muñoz, Dos Arroyos y San Juan, no presentan impacto en la concentración promedio del NT del río; los 7 tributarios restantes tienen un impacto en el incremento de dicha variable; de éstos, los que menor impacto tienen son los tributarios Zacatelco, Texoloc, CGE y Amaxac, con un 7%, 8%, 18% y 30%, respectivamente, de incremento en la concentración promedio de NT del río; los tributarios Xaltocan y San Benito, provocan un incremento del 81% y 96%, respectivamente, en la concentración promedio del NT del río; y el tributario Tlaxco es el que mayor impacto tiene en el incremento de la concentración promedio de NT del río, con un 220%.

4.8 Fosfatos totales

El fósforo se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, clasificados en ortofosfatos, fosfatos condensados piro, meta y otros polifosfatos, y los ligados orgánicamente. Se presentan en solución, partículas, o en los cuerpos de organismos acuáticos. Estas formas del fosfato surgen de una diversidad de fuentes (Eaton *et al.*, 2005).

La concentración de fosfatos en el cauce del río Zahuapan toma valores promedio entre 1 y 6.1 mg/l; en el punto El Pardo se registra un promedio de 5.1 mg/l de fosfatos, valor que disminuye en su recorrido hasta el punto Tlaxco en un 26%; la Presa de Atlangatepec tiene un efecto en la disminución de la concentración de los fosfatos y se registra en promedio 1 mg/l a la salida de este cuerpo de agua, valor más bajo registrado en la trayectoria del río; en el punto Muñoz se registra en promedio 5.8 mg/l de sulfatos; este valor se mantiene casi constante hasta el punto Dos Arroyos donde toma el valor promedio de 5.4 mg/l; en el punto CGE disminuye en un 46% la concentración de esta variable con respecto al punto anterior, pero en el punto San Juan, se vuelve a incrementar y toma el máximo valor promedio observado de 6.1 mg/l; a partir de este punto desciende casi linealmente la concentración de fosfatos hasta el último punto de monitoreo (Zacatelco), donde toma el valor promedio de 3.5 mg/l.

Las mayores concentración de fosfatos en los tributarios se observan en la parte alta del río, la región norte de la cuenca, que se caracteriza por ser predominantemente agropecuaria; así encontramos que los tributarios Tlaxco, Muñoz y Xaltocan, tienen concentraciones promedio >15 y ≤21 mg/l; y los tributarios de la región centro-sur de la cuenca (San Benito, Amaxac, CGE, San Juan y Texoloc), caracterizada por tener una alta densidad poblacional, presentaron los menores valores promedio en su concentración de fosfatos, en un rango ≥3 y ≤9 mg/l; Los tributarios Dos Arroyos y Zacatelco, registraron valores promedios en su concentración de sulfatos en un rango >9 y ≤15 mg/l.

El tributario Texoloc tiene un impacto del 45% en la disminución de la concentración de sulfatos del río; los tributarios Muñoz, San Benito y San Juan, no tienen impacto en la concentración de dicha variable en el río, y los 6 tributarios restantes impactan incrementando la concentración de sulfatos en el río; los tributarios Dos Arroyos, CGE y Amaxac, incrementan la concentración de sulfatos del río en un 7%, 27% y 49%, respectivamente; los tributarios Zacatelco y Xaltocan, incrementan la concentración de esta variable en un 80% y 98%, respectivamente; y el tributario que mayor impacto tiene en el incremento de la concentración de sulfatos en el río, es Tlaxco, con un 160%.

De acuerdo al análisis de la dinámica de las concentraciones promedio de los contaminantes básicos del agua del río, contrastados con los límites máximos permisibles de la NOM-001-ECOL-1996, podemos decir que los tramos de río comprendidos entre el Pardo y Tlaxco, Atlangatepec y San Benito, son adecuados para la protección de la vida acuática y su agua puede ser usada para fines público-urbano y riego agrícola. En el resto de los tramos del río, se rebasan los límites máximos permisibles para la protección de la vida acuática, y su agua solamente puede ser usada con fines público-urbano y riego agrícola. Con relación a los tributarios, Xaltocan y Dos Arroyos, sobrepasan los límites permisibles para protección de vida acuática y para uso público urbano, pero su agua puede ser utilizada para riego agrícola; los tributarios restantes rebasan los límites permisibles para protección de vida acuática, pero su agua puede ser usada para fines público-urbano y riego agrícola.

5. Escenarios futuros de la disponibilidad de agua en la cuenca del río Zahuapan y concentración de la DBO_5 en el río

Una vez elaborado el modelo de simulación del balance del agua, se generaron escenarios futuros a 10 años, tomando como referencia el año base (2005), de la disponibilidad de agua y la concentración de la DBO_5 en el río, comparando dos hipótesis:

a. No existen cambios en el ambiente y los patrones de uso del agua.
b. Existe modificación de los valores de precipitación por el Cambio Climático Global, y no existen cambios en los patrones de uso del agua.

Para ello se utilizaron los valores de las tasas de crecimiento de las localidades ubicadas en cada unidad de trabajo (Tabla 6), bajo el supuesto que permanecen constantes durante el periodo de simulación. Así también, se generaron proyecciones de la precipitación pluvial mensual por unidad de trabajo, para el periodo de los diez años de la simulación,

utilizando el Modelo Climático Regional HadRCM (PRECIS, 2008). Para generar estas proyecciones, el modelo considera dos periodos de tiempos, el primero de datos registrados (control) y el segundo calculado (salidas perturbadas) con base en el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero (SRES A2); este modelo genera imágenes de isoyetas mensuales para el área de estudio, y mediante un método gráfico se identificaron los valores para cada unidad de trabajo.

Tabla 6. Tasa de crecimiento de las poblaciones de cada unidad de trabajo de la cuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, para el año 2005

UNIDAD DE TRABAJO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TASA DE CRECIMIENTO	1.3	0.1	4.6	1.4	2.3	2.0	1.7	2.4	2.9	1.6

Fuente: tomada de Suárez *et al.*, 2009:48.

De las simulaciones con el modelo WEAP de la cuenca del río Zahuapan, se infiere que en la cuenca se precipitaron en promedio 779.6 millones de m^3 de agua de lluvia durante el año base, con un gradiente de variación de norte a sur en su distribución espacial de 700 mm. a 1000 mm. Los escurrimientos promedio en el norte de la cuenca (350 000 m^3/Km^{-2}), unidades del 1 al 6, son mayores que en el sur (300 000 m^3/Km^2); esto debido a que en la zona norte de la cuenca la topografía está conformada principalmente por lomeríos, contrario a la zona sur donde predominan planicies.

Las actividades humanas en la cuenca demandaron 40.2 millones de m^3 en el año base (uso doméstico y agricultura de riego). La mayor demanda de agua se ubicó en la zona sur de la cuenca (88% del total), en las unidades de trabajo 5, 7, 8, 9 y 10, que corresponden a la zona con mayor densidad de población (Tabla 1) y donde se practica la agricultura intensiva. Por el contrario, en la zona norte, la demanda de agua fue menor, debido a la baja densidad de la población y a la práctica de la agricultura de temporal.

El escenario a diez años, considerando los mismos patrones de consumo de agua, las mismas tasas de crecimiento de la población por unidad de trabajo, y el impacto del Cambio Climático Global en la precipitación pluvial de la cuenca, muestra que la precipitación pluvial disminuirá en un orden del 6% con respecto al año base, lo cual representa una disminución en la captación de la cuenca de 44.5 millones de $m^3/año^{-1}$ aproximadamente; por otro lado la demanda de agua, por efecto del crecimiento de la población, se incrementará en un orden del 25% con respecto al año base, equivalente a 10.2 millones de $m^3/año^{-1}$ de agua. El efecto combinado del incremento en la demanda de agua (extracción de agua del acuífero) y la disminución de la precipitación pluvial, reducirán

el almacenamiento en el acuífero en un orden del 14% con respecto al año base, lo cual representa 44.4 millones de $m^3/año^{-1}$ aproximadamente. El valor de la disponibilidad de agua per cápita pasará de 1 165.34 a 873.77 $m^3/hab^{-1}/año^{-1}$, lo que representa una disminución del 25% con respecto al año base.

Las simulaciones de la concentración de materia orgánica en los tributarios del río, medidas como DBO_5, para cada unidad de trabajo, muestran en el año base que la zona centro sur (unidades 7, 8, 9 y 10) es la que presenta mayores descargas (82% del total de la cuenca), lo que representa 14 600 $ton/año^{-1}$ de DBO_5, esto debido a que en esta zona se encuentra la mayor parte de la población de la cuenca. En el escenario a 10 años se observa un incremento del 60% en la DBO_5 de los tributarios del río, equivalente a 10 600 $ton/año^{-1}$.

El análisis de la dinámica de la calidad del agua del río, aunado a las simulaciones del modelo de balance de agua y dinámica de la DBO5, nos permite plantear varias hipótesis, susceptibles de ser probadas con el mismo modelo. De no realizar acciones encaminadas a la restauración de la calidad del agua del río, se espera que a mediano plazo, el agua del río sobrepasará los límites de contaminantes básicos para la protección de la vida silvestre y uso público, y solamente podrá utilizarse con fines de riego agrícola; a largo plazo eso ya no será posible. Con relación a los tributarios, a mediano plazo su agua ya no podrá utilizarse para riego agrícola. Las acciones de restauración de la calidad del agua del río requerirán menor esfuerzo en la parte norte, ya que tratando adecuadamente el agua residual de los poblados de la unidad de trabajo 1, y aprovechando el magnífico servicio ambiental que presta la presa de Atlangatepec para la recuperación de la calidad del agua, se tendría más de una tercera parte del río en condiciones aceptables para la conservación de la vida acuática y otros usos de menor exigencia. Los tributarios con prioridad para el tratamiento de su agua son Xaltocan, Dos arroyos y Zacatelco.

Una ventaja que tienen los modelos de simulación, como el presentado en este trabajo, es que se pueden construir y alimentar con la información existente al momento y ser ejecutables, y a medida que se avanza en la maduración del modelo y la estimación de sus parámetros, se puede ir complementando la información de sus componentes, e inclusive si es necesario generar nuevas variables (Carreón, 2008:33). Por lo que el modelo aquí presentado, con las limitaciones dadas por los supuestos mismos de su planteamiento y disponibilidad de información, se puede considerar como una herramienta útil para la toma de decisiones en el manejo integral del recurso agua en la cuenca del río Zahuapan.

6. Limitaciones y alcances del modelo de simulación del balance de agua de la cuenca del río Zahuapan

Las ventajas del modelo WEAP elaborado para la simulación del balance de agua de la cuenca del río Zahuapan, son su estructura espacial y relacional. Se logró definir 10 unidades de trabajo, cada una con características homogéneas, relacionadas de manera lógica a lo largo del río a través de los tramos del mismo. Esta estructura espacial permitirá realizar otro tipo de investigaciones utilizando el mismo modelo, e ir enriqueciendo los componentes del mismo. Con los avances que se tienen hasta este momento, el modelo resulta ser una herramienta útil para la toma de decisiones en cuanto al manejo del recurso agua, así como para acciones específicas, por ejemplo la restauración del río Zahuapan.

Las desventajas del modelo están relacionadas principalmente a la información requerida para su calibración, ya que para algunos parámetros no existe información de la cuenca, la que existe es poca, o no se tiene la confiabilidad para su uso, por lo cual se utiliza información generada para otras cuencas o inferencias de algunos parámetros no incluidos en el modelo (ejemplo temperatura para estimar evapotranspiración). Sin embargo, aún con estas desventajas es posible utilizar el modelo para la toma de decisiones, ya que la mayoría de las veces se requiere conocer el comportamiento del sistema, más que los valores exactos que tomarán sus variables de estado.

En resumen, el modelo elaborado es mejorable en estructura, pero principalmente en valores de sus parámetros; un trabajo de continuidad para este modelo deberá de consistir en un análisis de sensibilidad de sus parámetros y determinar qué parámetros requieren ser medidos en el sistema y con qué exactitud. Esto ayudaría a tener mayor certeza de los valores que toman las variables de estado del modelo, para la determinación de las magnitudes de acciones que impacten al sistema con fines de manejo, del recurso agua o de restauración de la cuenca, entre otras.

Bibliografía

Carreón Coca, Miguel Francisco (2008). *Evaluación y planeación del recurso agua en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala*, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales, México.

Diaz Fernández, Esperanza (2005). *Interceptación pluvial por plantaciones de Pinus michoacana, encinar y pastizal en zona baja de la Cuenca*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Tesis de Maestría en Ciencias en Limnología y Acuicultura, México.

Eaton, Andrew; Clesceri, Leonore; Rice, Eugene and Arnold Greenberg (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,* Port City Press, United States of America.

Grant, William; Marín S. L. y E. K. Pedersen (2001). *Ecología y manejo de recursos naturales: análisis de sistemas y simulación*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Costa Rica.

INEGI (2005). *Censo población*, México, http://www.inegi.gob.mx/ consultado el 1 de septiembre de 2007.

Llorca, Rafael e Inmaculada Bautista (2004). *Prácticas de Atmósfera, suelo y agua*, Alfaomega, México.

Muñoz Castañeda, Ma. de Lourdes (2007). *Simulación de la disponibilidad de agua y su contaminación por materia orgánica en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala,* Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tesis de Licenciatura en Biología, México.

Muñoz Martínez, María Eneida (2005). *Estudio de la dinámica productiva del agua en el sistema Atlangatepec, Tlaxcala*, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tesis de Maestría en Análisis Regional, México.

NMX-AA-003-1980 (1980). Aguas residuales.- Muestreo, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas, http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Normas%20Mexicanas%20vigentes/NMX-AA-003-1980.pdf, consultado el 2 de septiembre de 2005.

Odum, E. P. y F. O. Sarmiento (1998). *Ecología. El puente entre ciencia y sociedad*, McGraw-Hill Interamericana, México.

PRECIS (2008). *Modelo climático regional HadRCM*. U. K, http://precis.insmet.cu/Precis-Caribe.htm, consultado el 1 de septiembre de 2008.

Ritter Ortiz, Walter (2004). "Impacto Ambiental de la Construcción del Proyecto Hidroeléctrico en la Parota, Guerrero, México", en *Primer informe técnico*, UNAM, México.

SIMA (2004). *Metodología Estadística para la medición de la calidad de los recursos hídricos en los países de la Comunidad Andina*, Sistema de información del medio ambiente de Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, Perú, http://secgen.cunidadandina.org/sima/public.asp, consultado el 10 de Septiembre de 2006.

Stockholm Environment Institute-BostonTellus Institute (2005). *Water evaluation and planning system*, http://www.weap21.org/, U.S.A., consultado el 1 de diciembre de 2005.

Suárez Sánchez, Juan; Muñoz Nava, Hipólito; Orozco Flores, Saturnino; Sánchez Torres Esqueda, Gerardo; Ritter Ortiz, Walter; Carreón Coca, Miguel Francisco; Muñoz Castañeda, Ma. de Lourdes

y Treviño Trujillo Juana (2008). "Impacto del cambio climático global en la disponibilidad de agua en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México", en *Avances en Recursos Hidráulicos*, núm. 17, Colombia, pp 25-31.

Suárez Sánchez, Juan; Muñoz Nava, Hipólito; Ritter Ortiz, Walter; Orozco Flores, Saturnino; Jiménez López, José; Corona Vargas, Ma. del Carmen; Sánchez Torres Esqueda, Gerardo; Van der Wal, Johannes Cornelis y Treviño Trujillo Juana (2009). *Manejo integrado de cuencas hidrológicas: delimitación de cuencas y modelos de simulación de balance de agua*, Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.

Concentraciones de metales y metaloides en sedimentos del río Zahuapan, Tlaxcala, México

Obed Soto Cruz[1]
Jaime Alejandro Carrillo-Chávez[2]
Juan Suárez Sánchez[3]

Introducción

Las actividades industriales a nivel mundial han contribuido a la emisión de compuestos potencialmente tóxicos que, bajo ciertas condiciones y concentraciones, pueden tener efectos nocivos a la salud de la población y afectaciones al equilibrio ecológico y al ambiente. (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004). A partir de la revolución industrial, la cantidad, calidad y distribución de los recursos naturales se han visto modificados considerablemente; con ello las condiciones del medio ambiente han cambiado, por ejemplo: algunas industrias pueden generar residuos con altas concentraciones de metales por las características de sus procesos; de igual forma la urbanización juega un papel muy importante en el aporte de metales y metaloides al ambiente, específicamente al río y sus sedimentos, ya que los metales desechados por el metabolismo, lixiviados de los materiales de construcción de las tuberías y productos de limpieza aportan elementos como: Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Bo y As. El drenaje pluvial de las ciudades puede contener muchos metales, dependiendo del tipo de camino y material de construcción de los mismos (asfalto, por ejemplo), de la cantidad de tráfico, por la quema de combustibles fósiles, ya que es la principal fuente de metales hacia la atmósfera y fuente potencial de contaminación de cuerpos superficiales de agua, como ríos y lagunas (Volke *et al.*, 2005); además, algunos fertilizantes y pesticidas que son utilizados en la agricultura contienen metales en sus fórmulas, estas actividades del hombre han alterado los ciclos naturales de los me-

1 Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Correo electrónico: abi17_o22@hotmail.com

2 Centro de Geociencias, UNAM. Correo electrónico: ambiente@geociencias.unam.mx

3 Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala. Correo electrónico: jsuarezs71@hotmail.com

tales y metaloides en la biósfera. Una herramienta de vital importancia para evaluar el posible impacto de los contaminantes en el medio ambiente, es el conocimiento químico-ambiental detallado del medio físico (Calzada y Carrillo, 2007).

Para entender la relación de la actividad humana y sus efectos en el ambiente, específicamente en las regiones fluviales (ríos y los sedimentos de las planicies de inundación), es necesario entender que el río es un componente de las cuencas, éstas pueden extenderse desde algunos kilómetros cuadrados hasta por cientos o miles. Las cuencas son los receptores de agua en el planeta tierra, captadores, algo así como embudos, tanto en la superficie de la tierra como en el subsuelo. Por otra parte, los ríos son un recurso muy importante para la actividad humana, biológica y ambiental; éstos se ven afectados directamente por las cuencas, ya que los sedimentos y contaminantes arrastrados hasta el río, provienen precisamente de la cuenca.

En este mismo orden de ideas, los metales, tienden a depositarse en los sedimentos del río; se reconoce que algunos elementos traza son esenciales (Cu, Co, Mo y Zn) o benéficos (V, Cr, Ni, Se y B) para el crecimiento de las plantas, la salud y nutrición humana, pero otros son potencialmente tóxicos, entre ellos, Cd, Hg y Pb. A veces, estos elementos pueden constituirse como sustancias con efectos tóxicos incluso en bajas concentraciones, ya que por ejemplo, un metal no esencial como el cadmio puede sustituir a uno esencial como el zinc por su similitud química en una ruta metabólica y conseguir bloquearla (Rainbow, 1985).

Es sabido que los metales ligados a los sedimentos, en determinadas concentraciones, ejercen efectos adversos sobre la biota residente (Birge *et al.,* 1987; Burgess y Scott, 1992). Algunos metales pesados pueden ser absorbidos en altas concentraciones por la vegetación. El mercurio, cobre, níquel, plomo, cobalto, cadmio, entre otros, son los metales que se muestran como los más tóxicos en concentraciones excesivas para las plantas superiores (Alloway, 1995), así como para otros organismos. Esta toxicidad también puede afectar a otros niveles superiores de la cadena alimenticia, tanto por la ingesta directa, como por la transmisión potencial a través de la red trófica (Luque *et al.,* 1996); de hecho, todos los metales en concentraciones elevadas suelen ser tóxicos. Por lo tanto, solo se podrá evaluar el riesgo de exposición si se cuenta con información sobre las concentraciones presentes de estos elementos en los sedimentos del río.

Por lo antes expuesto y por el hecho de que no existen investigaciones de la presencia de metales y metaloides en sedimentos del río Zahuapan, la elaboración de dicho estudio, que muestre la distribución y concentración de los metales y metaloides en sus sedimentos, es una herramienta muy importante para el conocimiento de las causas y los procesos de deterioro de la cuenca y del río, así como para desarrollar acciones

de prevención, control y mitigación de los efectos negativos generados por la actividad antrópica sobre la cuenca y sus componentes. En este trabajo se presenta una descripción de algunos metales y metaloides, y su distribución en los sedimentos del río Zahuapan.

Cabe mencionar que no hay antecedentes de estudios de metales y metaloides en sedimentos del río Zahuapan, sin embargo, en el año 2007 se llevó a cabo un proyecto donde se determinaron las concentraciones de Plomo (Pb) y Arsénico (As) en agua superficial del Sistema Hidrológico Zahuapan-Atoyac. Las muestras de agua superficial en 16 sitios de mayor importancia, de acuerdo a la fuente de contaminación, distancia del sitio de muestreo con respecto a la población más cercana y el probable uso que se le da al agua (Calva *et al.*, 2007). Las muestras se analizaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA); para la digestión de las muestras se utilizó ácido nítrico (HNO_3) y ácido perclórico ($HClO_4$) a 80 °C, mismas que variaron de 0.017 a 0.069 µ/ml para Pb y de 0.003 a 0.082 µ/ml para As. Las concentraciones halladas en esta investigación se compararon con normas de la EPA (Agencia de Protección del Ambiente, siglas en inglés), sólo los sitios Xicohtzingo y Barranca Sambrano exceden la misma.

También en el año 2007 se elaboró un Atlas Geoquímico, como parte del proyecto de investigación: "Mapas de Valores Geoquímicos de Fondo de Metales Pesados y su Mutagenicidad en el Estado de Tlaxcala: Implicaciones en la Calidad de Agua Superficial y Subterránea" (Carrillo *et al.*, 2007). En el cual se elaboraron 12 mapas geoquímicos: As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Tl, V y Zn en suelos y 7 mapas geoquímicos de distribución de elementos en agua subterránea (As, Cr, Cu, Ni, Pb, V y Zn). Los mapas se generaron con el método de Interpolación Distancia Inversa Ponderada (IDW por sus siglas en inglés), y la determinación de las concentraciones de los elementos se realizó a través de Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS), para lo cual se llevó a cabo la digestión de las muestras con: HNO_3 para una digestión parcial y $HF/HClO_4$ para digestión total.

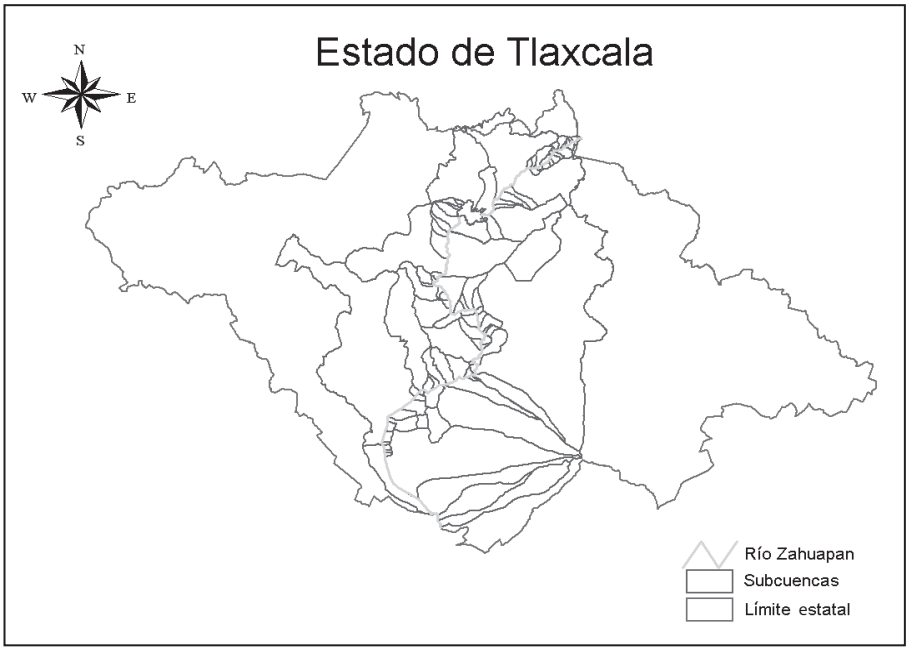
El área de estudio es el río Zahuapan, específicamente sus sedimentos, pero debido a que toda la cuenca influye directamente en el río (éste sólo es un componente de la cuenca), se describen algunos componentes que la integran.

El estado de Tlaxcala se localiza en la parte centro-oriente de la República Mexicana; se encuentra sobre el eje neovolcánico transversal, entre los paralelos 19º 05´432 y 19º 44´072 de latitud norte y entre los 97º 37´072 y 98º 42' 512 de longitud oeste del meridiano de Greenwich (Gob. del Estado de Tlaxcala, 1987). El estado limita al sur, oriente y noroeste con el estado de Puebla; al norte con el estado de Hidalgo y al oeste con el estado de México. El estado de Tlaxcala cuenta con una

superficie de 4,060.923 Km^2, cifra que representa el 0.2% del territorio nacional (INEGI, 2005).

La mayor parte del estado de Tlaxcala (3 051,370 Km^2) está ubicado dentro de la región hidrológica "Rió Balsas" (RH-18 BALSAS). El rió Balsas, conocido también como Atoyac, Mezcala o Zacatula, es uno de los mas importantes en la República Mexicana; se ubica entre los paralelos 17º 00´ y 20º 00´ de latitud norte y los meridianos 97º 27´y 103º 15' de longitud oeste. En el estado de Tlaxcala, este río tiene sus orígenes en los escurrimientos que descienden de la vertiente sur del accidente orográfico conocido como Sierra de Puebla; al norte del estado de Tlaxcala (municipio de Tlaxco), antes de la población de Atlangatepec se construyó un vaso de almacenamiento llamado Presa de San José Atlangatepec. Dentro del estado de Tlaxcala, el curso del rió Zahuapan es irregular hasta que confluye con el rió Atoyac a unos 10 km al norte de la ciudad de Puebla (Suarez *et al.*, 2006).

Mapa 1. Ubicación de la cuenca RH-18, las microcuencas que la componen y la trayectoria del río Zahuapan, Tlaxcala



Fuente: Suarez *et al.*, 2006.

Según la investigación de Suarez *et al.*, (2006), en el estado de Tlaxcala existen cuatro subcuencas: Soltepec (RH-26 Panuco, Cuenca Valle de México), E. Zapata (RH-27 Tuxpan-Nautla, Cuenca Río Tecolutla), Hua-

mantla (RH-18 BALSAS, Cuenca endorreica Libres-Oriental) y Alto Balsas (BALSAS, Cuenca ríos Atoyac-Zahuapan). La subcuenca del Río Zahuapan es la más grande de éstas, con una extensión de 1,725.524 km^2, que representa el 43.24 % de la superficie total del Estado, ubicada en la parte central del mismo y presenta un patrón de drenaje complejo. Ésta se divide en 110 microcuencas, de diferentes tamaños. El río Zahuapan, que le da el nombre, cruza por la parte central de la misma de norte a sur (Mapa 1). Esta subcuenca es compartida por 51 de los 60 municipios que forman el territorio estatal; el municipio que tiene mayor participación en cuanto a superficie es Tlaxco con 250.4 km^2 (14.6 %) y Santa Isabel Xiloxoxtla es el municipio que tiene menor contribución con 5.7 km^2 (0.3 %). En esta subcuenca habitan 637,577 personas en 160 comunidades con más de 100 habitantes (INEGI, 2005). Hay 15 centros urbanos con más de 10,000 habitantes, en los que residen 360,372 (56.5% del total de la subcuenca).

Destacan por su tamaño poblacional, las Ciudades de Tlaxcala, Apizaco, Chiautempan, Zacatelco y Contla de Juan Cuamatzi, con 73,213; 56,454; 44,561; 31,700 y 22,646 habitantes respectivamente (Suárez, 2006a).

Según datos del censo nacional de población realizado por INEGI en 2005, el estado de Tlaxcala es de los más densamente poblados, su densidad oscila entre 53.9 y 1606.8 hab/km^2, a pesar de ser uno de los más pequeños de la República Mexicana. En el Mapa 2 se observa que los municipios que conforman la zona centro-sur de la subcuenca del Río Zahuapan son los más densamente poblados, alcanzando valores mayores que 1500 hab/km^2, contrastando con los municipios del norte los cuales presentan menor densidad cuyos valores son alrededor de 60 hab/km^2.

1. Cubierta vegetal

La vegetación del Estado de Tlaxcala se encuentra conformada por diferentes tipos de cubierta (INEGI, 2005), que comprende vegetación natural e inducida; predominando las áreas de cultivo de temporal, con un 66.15 %; seguido de las diferentes asociaciones de bosques, que dan un 14.5 %; el pastizal inducido ocupa un 4.14 %; mientras que el chaparral y sus asociaciones dan un total 2.62 %; el izotal y la pradera alta de montaña suman 1.06 %, finalmente la erosión abarca el 7.14 % del territorio estatal (Mapa 3).

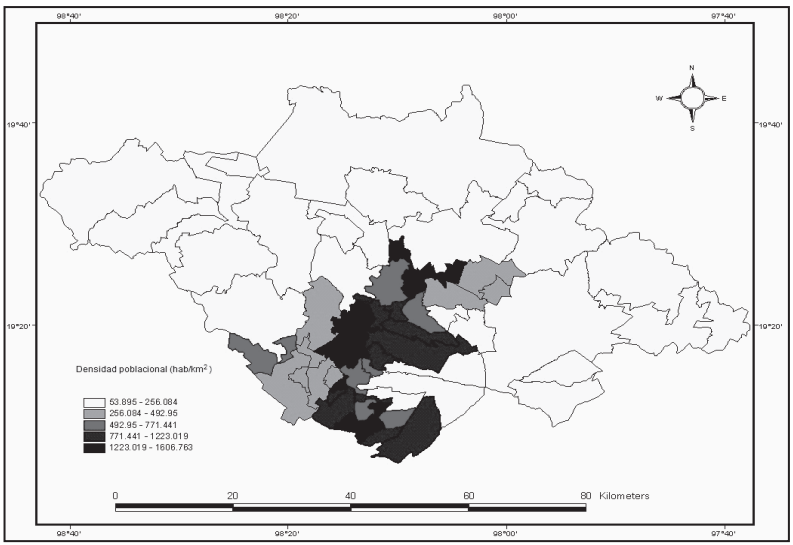
El Objetivo básico de este trabajo fue el de determinar las concentraciones de metales y metaloides, en sedimentos del río Zahuapan, Tlaxcala, México. Mediante esto se logró:

• Identificar los metales y metaloides que se encuentran en los sedimentos.

• Relacionar la concentración de metales y metaloides *vs.* profundidad del núcleo.

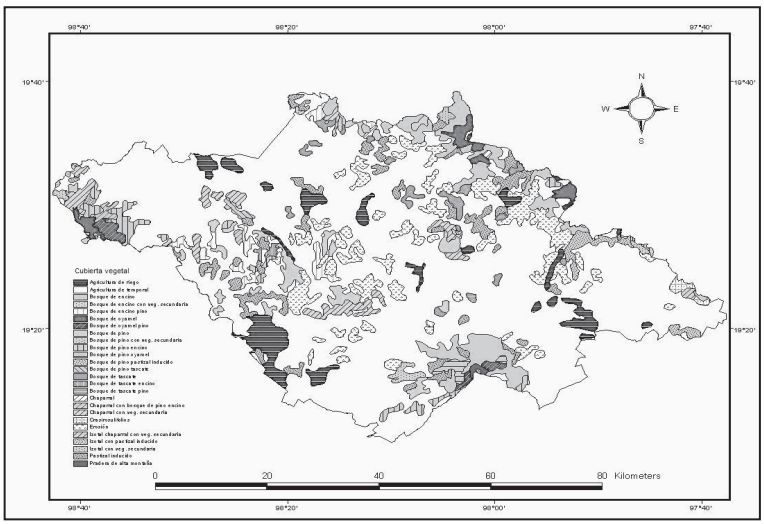
- Identificar la relación metales y metaloides-tamaño de partícula.
- Identificar la relación metales y metaloides-actividades antropogénicas.

Mapa 2. Densidad poblacional del estado de Tlaxcala



Fuente: INEGI, 2005.

Mapa 3. Cubierta vegetal del estado de Tlaxcala



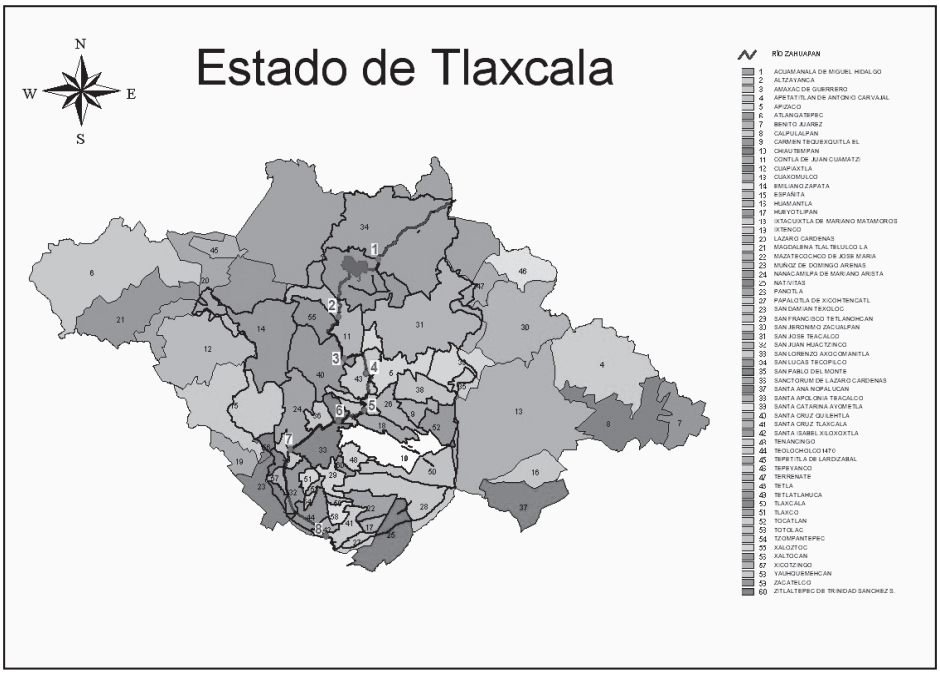
Fuente INEGI, 2005.

2. Metodología

Se llevaron a cabo las siguientes actividades: muestreo, preparación de las muestras, análisis cuantitativo y análisis estadístico para interpretar los datos obtenidos. El objetivo del diseño del muestreo es asegurar información relevante de acuerdo con los objetivos de la investigación. En la presente tesis los criterios que se eligieron para el muestreo fueron:

• La ruta de muestreo fue la trayectoria del cauce del río.
• Se tomaron las muestras del material que se encontraba en los sedimentos del cauce del río, ya que los metales suelen sedimentarse.
• Se analizaron los tributarios del río Zahuapan y se seleccionaron los 8 más importantes, tomando en cuenta su caudal, área de influencia y descargas de contaminantes por las poblaciones e industrias, para la realización de los muestreos en este río (Mapa 4).
• Las muestras se tomaron introduciendo en el sedimento del río con un martillo de caucho, tubos de PVC de 2 in, de 60 cm de longitud y se sellaron con cinta adhesiva de ambos lados del tubo.

Mapa 4. Puntos de muestreo en el río Zahuapan con municipios que integran la cuenca



Fuente: Modificado de Suárez *et al.*, 2009.

Cada punto de muestreo se geoposicionó con un GPS marca Garmin Vista. La extracción de núcleos de sedimento se realizó el día 19 de octubre de 2007 en horario de 8:00 a 16:00 hrs., en el orden de la numeración (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación y nombre de los puntos de muestreo

Número	Punto de muestreo	Margen del río	Distancia del río (m)	X_utm	Y_utm
1	Tlaxco	Izquierda	1.00	589370.46	2165265.03
2	Muñoz	Izquierda	2.80	582029.17	2154492.91
3	Xaltocan	Izquierda	0.80	583017.82	2148183.94
4	San Benito	Derecha	0.80	587107.82	2145649.01
5	Amaxac	Izquierda	1.00	586561.05	2139971.65
6	Jardín botánico	Derecha	0.80	581900.32	2137573.13
7	Texoloc	Izquierda	0.80	573656.24	2131339.56
8	Zacatelco	Derecha	0.80	578273.59	2120484.25

Fuente: elaboración propia.

3. Preparación de las muestras

Como primer paso antes de la digestión de las muestras, se retiraron las cintas adhesivas, que servían de tapón al núcleo, para extraer los sedimentos del tubo de PVC mediante un efecto émbolo y los que no salieron de esta forma se cortaron longitudinalmente, posteriormente se retiró la materia orgánica como las hojas y los tallos, después de lo cual, se secaron y se disgregaron. El secado de las muestras puede llevarse a cabo a temperatura ambiente, pero para agilizar el secado se decidió hacerlo en un horno a temperatura de 40° C, durante un período entre 6 y 8 hrs., y se usó un mortero de cerámica para el disgregado. Posteriormente se tamizó, el tamaño de partícula que se eligió para el estudio fue la malla 200 (< 74 μm), ya que ésta es la fracción donde se puede hallar mayor concentración de metales pesados, elementos de estudio de este trabajo, por su relación con el material arcilloso (Peh and Miko, 2001).

4. Digestión de las muestras

Para la digestión (fue utilizado un CEM MARS) se empleó ácido nítrico (HNO3). Para ésta se pesó 0.5 g de muestra en vasos de PFA de 50 ml, luego se adicionó 10 ml de HNO_3, para tener un control sobre la posible contaminación entre las muestras, se efectuó la digestión de un blanco reactivo el cual lleva el mismo tratamiento que las muestras. Por cada 10 muestras se realizó un duplicado y una digestión de un material de referencia certificado (SW846-3051 – Sludge, Soil, Sediment, or Oil Environmental and Regulatory Methods) según procedimiento establecido en el Laboratorio ICP-MS del Instituto de Geofísica, con la finalidad de verificar la calidad de preparación de muestra y análisis.

5. Análisis cuantitativo por ICP-MS

El análisis se llevó a cabo en el Laboratorio ICP-MS del Instituto de Geofísica, UMAM, Campus Juriquilla, a cargo de la Dra. Ofelia Mortón Bermea y la M. en C. Carolina Muñoz Torres. Los análisis de los metales pesados fueron realizados en un ICP-MS (marca VG Elemental modelo PlasmaQuad3®) el cual tiene por características una alta sensibilidad y bajos límites de detección, además se encuentra libre de interferencias en comparación con otras técnicas analíticas (Hernández *et al.*, 2004). Los elementos que se analizaron fueron: Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Sb Se, Ti, Tl, V y Zn.

Las condiciones de optimización se establecieron con el control de los parámetros instrumentales (flujo de gas acarreador, flujo de gas enfriador, velocidad de introducción, posición de la antorcha, voltajes de los lentes, detector y cuadrupolo).

6. Resultados y discusiones

En esta sección se presentan los resultados sobre el estudio de las concentraciones de los elementos: Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, Ni, P, Pb, Sb, Ti, Tl, V y Zn, en sedimentos del río Zahuapan, Tlaxcala, México. Para este estudio se consideraron 43 muestras, las cuales se dividieron en ocho núcleos de sedimento de acuerdo al tipo de textura, a la vista y al tacto, (arcillas, limo y arenas).

De igual forma resulta muy interesante comparar las concentraciones de los elementos resultantes de esta investigación con otras realizadas en el mundo y en México. Por ejemplo, las concentraciones obtenidas de As (0.16 –1.78 mg/kg) son muy inferiores a las reportadas por Monroy *et al.*, (2002), en Matehuala, SLP, México, que van de 20 a 28600 mg/kg. Como también resultaron inferiores los valores de Cd (0.01 – 0.72 mg/kg)

comparados con los reportados en Francia (4.9 mg/kg) por Radakovitch *et al.* (2007).

Las concentraciones observadas en este estudio, de Co y Cr (6.28 – 59.85 y 42.18 – 98.89 mg/kg), de los sedimentos del río Zahupan, se encuentran relativamente más elevadas que las reportadas por Rosales *et al.*, (2003) en el estuario del río Coatzacoalcos (2 – 28 y 6 – 73 mg/kg respectivamente), pero más bajas que las encontradas en sedimentos de la desembocadura de ríos en el Golfo de León (Francia), por Radakovitch *et al.*, (2007) que fueron de 112 mg/kg para Co y 761 mg/kg para Cr. También fueron mayores las concentraciones encontradas para Co en sedimentos de las Marismas del Odiel (España), que van de 0 a 198 mg/kg, reportadas por Luque *et al.*, (1996).

Comparando las concentraciones de Cu obtenidas en los sedimentos del río Zahuapan (8.94 – 98.89 mg/kg), con las publicadas por Monroy *et al.*, (2002), en Matehuala, SLP; las encontradas en el estuario del río Coatzacoalcos (3 – 125 mg/kg), reportadas por Rosales *et al.*, (2003); las que reportó Caplat et al., (2005) en la Bahía de Seine, Francia, (300 mg/kg); las encontradas por Luque *et al.*, (1996) en sedimentos de las Marismas del Odiel (España), que van de 30 – 3605 mg/kg y con las que halló Radakovitch *et al.*, (2007) que fueron de 377 mg/kg, en sedimentos de la desembocadura de ríos en el Golfo de León (Francia), resultaron inferiores a las mismas, pero muy parecidas a las que reporta Feng, *et. al.*, (2004) en los sedimentos del estuario del río Yangtze (36 mg/kg).

También podemos observar que las concentraciones de esta investigación reportadas para Fe, (19944 – 42331 mg/kg), en comparación con las que fueron encontradas en sedimentos de las Marismas del Odiel (España), que van de 16240 – 199000 mg/kg, por Luque *et al.*, (1996), resultan estas últimas superiores. En relación al Mn (208 – 1713 mg/kg), las concentraciones de las Marismas del Odiel (340 – 6094 mg/kg), resultan mayores, pero las encontradas en sedimentos de la bahía de Seine (415 mg/kg), son inferiores a las de este estudio.

Los niveles de Plomo en sedimentos del estuario del río Coatzacoalcos, del estuario del río Yangtze, (China) y los del río Zahuapan (3 – 40, 20 y 10.14 – 32.65 mg/kg respectivamente), resultan muy similares, y si comparamos los resultados de este estudio, con los de Matehuala, SLP; los de la Bahía de Seine, Francia (166 mg/kg); los de las Marismas del Odiel en España (94 –2136 mg/kg) y con los encontrados en sedimentos de la desembocadura de ríos en el Golfo de León, Francia (392 mg/kg), soy muy inferiores.

Por otro lado, el contenido de Vanadio que se reporta en esta tesis (60 – 169 mg/kg), resulta más elevado que el hallado en Matehuala, SLP (9 – 80 mg/kg), publicadas por Monroy *et al.*, (2002). Con respecto a los intervalos de concentración reportados para Zn, tienen el siguiente orden de abundancia: Matehuala, SLP (110 – 5940 mg/kg), Golfo de León,

Francia (1396 mg/kg), estuario del río Coatzacoalcos (7 – 405 mg/kg), la bahía de Seine (354 mg/kg), río Zahuapan, Tlaxcala, México (38 – 168 mg/kg) y por último río Yangtze en China (76 mg/kg).

Las concentraciones de Ag, Be, Li, Sb, Ti y Tl, no se compararon con otros estudios, ya que no fueron reportados en las investigaciones consultadas.

Cabe mencionar que las concentraciones halladas en este estudio, solo fueron mayores que las reportadas en el río Yangtze en China, (Cu, Pb y Zn), y en el caso del Co, Cr y V, correspondientes al estuario del río Coatzacoalcos. Además, si puede haber cierta similitud en las concentraciones con otro estudio, es precisamente con el del estuario del río Coatzacoalcos.

Tabla 2. Resumen estadístico de metales pesados en núcleos sedimentos del río Zahuapan*

Núcleos de sedimento					
Elemento	**Media**	**Mediana**	**Mínimo**	**Máximo**	**NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004**
	mg/kg				
Plata (Ag)	0.35	0.27	0.16	1.78	390
Arsénico (As)	1.88	1.60	0.59	8.41	22
Berilio (Be)	1.11	1.17	0.87	1.37	150
Cadmio (Cd)	0.09	0.07	0.01	0.72	37
Cobalto (Co)	13.38	11.63	6.28	59.85	N/A
Cromo (Cr)	63.12	59.75	42.18	98.89	280
Cobre (Cu)	17.28	16.41	8.94	38.90	N/A
Hierro (Fe)	30173.49	29176.95	19944.94	42331.45	N/A
Litio (Li)	23.10	21.70	11.78	41.81	N/A
Manganeso (Mn)	576.36	513.33	208.40	1713.65	N/A
Niquel (Ni)	27.56	27.38	17.11	52.15	1600
Fósforo (P)	466.09	388.53	161.89	1848.74	N/A
Plomo (Pb)	14.20	12.87	10.14	32.65	400
Antimonio (Sb)	0.58	0.51	0.36	1.67	N/A*
Selenio (Se)	LD#	--	--	--	390
Titanio (Ti)	6725.37	5614.47	4270.87	15885.29	N/A
Talio (Tl)	1.50	1.50	1.35	1.87	5.2
Vanadio (V)	86.31	78.08	60.52	169.02	78
Zinc (Zn)	67.83	59.94	38.56	168.63	N/A

Nota: *Tamaño de partícula: malla 200 (< 74 µm), Técnica analítica: ICP-MS. N/A*: No Aplica. LD#: debajo del Límite de Detección.

La Tabla 2 nos permite comparar las concentraciones de los elementos analizados en esta investigación con respecto a la NOM-147- SEMARNAT/ SSA1-2004; destaca el hecho de que sólo el vanadio se encuentra por encima de la misma.

7. Relación concentración de metales y metaloides *vs*. profundidad del núcleo

En 5 puntos de muestreo (Tlaxco, Muñoz, San Benito, Amaxac y Jardín Botánico), más del 75% de los datos del total de concentraciones de esos puntos de muestreo, alcanzan sus valores máximos en los primeros 10 cm. de profundidad (Tabla 3); este hecho da pie a algunas hipótesis: el aumento de concentraciones en la parte superficial del núcleo se debe a la acumulación de metales con el tiempo, o a un aumento de metales por descargas, en el ultimo arrastre de sedimentos. En Xaltocan y Texoloc las concentraciones más elevadas se encontraron entre 25 y 35 cm de profundidad y en Zacatelco mostraron una distribución uniforme en todo el núcleo, y en total más del 55% de los valores máximos se encuentran en los primeros 10 cm.

Tabla 3. Muestra la profundidad en la que se obtuvieron los valores máximos de concentraciones de los metales

Profundidad (cm)	Tlaxco	Muñoz	Xaltocan	San Benito	Amaxac	Jardín B.	Texoloc	Zacatelco	Total
5	7*	12	2	7	14	9	2	5	58
10	7	2	1	2	2	6		4	24
15	3	2	1						6
20		1	1				2		4
25					2	1	6	2	11
30	1			5			8		14
35			13	1		2		7	23
40		1		3					4

*Concentraciones máximas.
Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los resultados detallados elemento por elemento; además se discute el comportamiento de las concentraciones con respecto a la profundidad de núcleo y su relación con las actividades antropogénicas.

Plata (Ag)

Se obtuvieron concentraciones de Ag con valores desde 0.16 mg/kg hasta 1.78 mg/kg. El valor más bajo se obtuvo en Amaxac, y el más elevado en Tlaxco, esto puede deberse a que en este municipio se fabrican artesanías con este metal, le siguen Amaxac y Zacatelco. Aproximadamente el 72 % de las concentraciones está entre 0.2 y 0.4 mg/kg.

Dado que el 100% de los datos obtenidos presentaron una concentración menor a 1.8 mg/kg, y la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, tiene como un máximo permisible 390 mg/kg; se puede establecer que en general el río Zahuapan presenta condiciones aceptables en las concentraciones de Ag en sus sedimentos.

Arsénico (As)

La concentración de As se mantiene baja y constante con una tendencia a crecer al sur del estado (río abajo). Se obtuvieron concentraciones entre 0.59 y 8.41 mg/kg. Las concentraciones más bajas fueron registradas en Muñoz (0.59 - 1.27 mg/kg). En Xaltocan, Amaxac y Zacatelco se observa una mayor dispersión, siendo este último el que alcanza la mayor dispersión y los valores más elevados (1.07 - 8.41 mg/kg). Las concentraciones entre 1 y 2 mg/kg son las de mayor abundancia (alrededor del 70 %) seguidas del intervalo entre 2 y 4 mg/kg y las concentraciones de menor frecuencia están de 0 a 1 y de 8 a 9 mg/kg registrando un solo valor cada una.

La NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 tiene como máximo permisible 22 mg/kg, y el 100% de los datos estuvieron por debajo de 8.5 mg/kg, esto deja ver que el río presenta bajas concentraciones de As y también que se encuentra a un 38%, aproximadamente, de lo permitido por esta norma.

Berilio (Be)

Para el Be se obtuvieron valores que van de 0.87 a 1.37 mg/kg. Todos los puntos tienen una dispersión muy simétrica a excepción de San Benito que es el que muestra la mayor dispersión y concentración de Be. Tendencialmente disminuyen las concentraciones desde la parte Norte en Tlaxco, pasando y disminuyendo en Muños, en Xaltocan, en San Benito, en Amaxac, y en Jardín Botánico, vuelve a aumentar en Texoloc y disminuye en Zacatelco. Sus valores más bajos se encuentran en Amaxac. El 77% de las concentraciones son menores a 1.2 mg/kg.

Por otro lado, debido a que las concentraciones en su totalidad están por debajo de 1.4 mg/kg y la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 tiene como

máximo permisible 150 mg/kg, esto indica que el río, contiene muy bajas concentraciones de Berilio en sus sedimentos.

Cadmio (Cd)

El intervalo de concentración observado para este elemento va de 0.01 a 0.72 mg/kg. En todos los puntos de muestreo prevalece una concentración entre 0.01 y 0.21 mg/kg, excepto en Amaxac que alcanza el valor más elevado (0.72 mg/kg) y la mayor dispersión. El 84% de los datos obtenidos para Cd, presentaron una concentración menor a 0.1 mg/kg.

El total de las concentraciones no llega a 1 mg/kg y la NOM-147 SEMARNAT/SSA1-2004 tiene como máximo permisible 37 mg/kg, se puede establecer que los sedimentos del río Zahuapan presentan bajas concentraciones de este elemento.

Cobalto (Co)

El cobalto mostró concentraciones entre 6.28 y 59.85 mg/kg. La mayor dispersión de Co la podemos ver en Xaltocan, en este punto también se encuentra la concentración más elevada (59.85 mg/kg), en el resto de los puntos podemos observar concentraciones y dispersiones bajas, en Muñoz es donde hallamos la concentración más baja, 6.28 mg/kg.

42 de las 43 lecturas presentaron concentraciones menores a 25 mg/kg y aproximadamente el 75 % menores a 15 mg/kg.

Cromo (Cr)

El intervalo de concentración que se obtuvo para Cr, va de 42.18 a 98.89 mg/kg. Existen fluctuaciones en el comportamiento del Cr, destacando que en San Benito todos sus valores (72.17 – 98.88 mg/kg) están por encima de los demás puntos de muestreo, tiene la mayor dispersión y concentración (98.89 mg/kg), la concentración más baja se encuentra en Amaxac (42.18 mg/kg); este metal se encuentra menos disperso en Texoloc.

Cerca del 75 % de las concentraciones son menores a 65 mg/kg y 23 de los 43 datos están entre 55 y 65 mg/kg. Además, teniendo en cuenta que la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 tiene como máximo permisible 280 mg/kg y el 100% de los datos estuvieron por debajo de 99 mg/kg, esto deja ver que el Río, presenta concentraciones aceptables de Cromo en sus sedimentos, de acuerdo a esta norma.

Cobre (Cu)

El Cobre mostró concentraciones que variaron entre 8.94 y 38.90 mg/kg. Amaxac y Zacatelco tienen las mayores dispersiones y concentraciones respectivamente; en Muñoz es donde menos dispersas estuvieron las concentraciones. La concentración más baja y alta se encuentran en Amaxac. Más del 83% de las muestras presentaron concentraciones menores a 20 mg/kg.

Hierro (Fe)

El intervalo de concentración para este metal se localizan entre 19944.94 y 42331.45 mg/kg; el valor más alto se localizó en San Benito, caso contrario, el valor más bajo se encuentra en Muñoz. La menor y mayor dispersión se localizan en Texoloc y San Benito respectivamente y también podemos ver que al Sur del estado (Jardín Botánico, Texoloc y Zacatelco) presentan concentraciones entre 2600 y 3400 mg/kg, mientras que en Xaltocan y en San Benito se alcanzan las concentraciones máximas. En el río Zahuapan predominan concentraciones entre 2600 y 3000 mg/kg.

Las concentraciones tan elevadas, pueden ser por el hecho de que es uno de los elementos más abundantes en la corteza (ocupa el cuarto lugar en abundancia).

Litio (Li)

Las concentraciones para Litio oscilan entre 11.78 y 41.81 mg/kg. En Tlaxco, en Muñoz y en Xaltocan tienen concentraciones entre 16 y 23 mg/kg, se alcanzan los valores más bajos en Amaxac, y los más elevados en Texoloc. Jardín Botánico, es el punto que tiene los valores mayormente dispersos. Más del 75% de los datos tiene concentraciones menores a 20 mg/kg.

Manganeso (Mn)

El río mostró concentraciones de Mn entre 208.40 y 1713.65 mg/kg, con una media de 576.36 y una mediana de 513.33 mg/kg. Xaltocan es el punto de mayor dispersión, en el Jardín Botánico las concentraciones son las menos dispersas (Figura 11a). El 53 % de los datos tiene concentraciones entre 400 y 600 mg/kg.

Níquel (Ni)

Los núcleos de sedimento muestreados en el río Zahuapan, muestran concentraciones de Ni que varían de 17.11 a 52.15 mg/kg. Las concen-

traciones de mayor frecuencia son entre 25 a 30 mg/kg, seguidas del intervalo entre 20 y 25 mg/kg. En Xaltocan es donde se hallan los valores más elevados y la mayor dispersión; además se observan fluctuaciones en el comportamiento de este metal, la concentración más baja la podemos localizar en Amaxac.

La NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 tiene como máximo permisible 1600 mg/kg y la totalidad de los datos estuvieron por debajo de 53 mg/kg, esto deja ver que el río Zahuapan presenta bajas concentraciones de Níquel en sus sedimentos.

Fósforo (P)

El intervalo de concentraciones para Fósforo varía entre 161.89 y 1848.74 mg/kg, tiene una media de 466.09 y una mediana 388.53 mg/kg. Las concentraciones y dispersiones son muy simétricas, a excepción de Amaxac y Zacatelco que tienen las mayores concentraciones y dispersiones respectivamente. El intervalo de concentraciones con mayor frecuencia es de 200 a 400 mg/kg (42%) seguido del de 400 a 600 mg/kg.

Plomo (Pb)

El Plomo presentó un intervalo de concentración entre lecturas de 10.14 a 32.65 mg/kg. Las concentraciones más elevadas se encuentran en Amaxac seguidas de San Benito, y las más bajas en Muñoz y en Texoloc (menores a 14.2 mg/kg).

El 72% de las lecturas fueron menores a 14 mg/kg; teniendo en cuenta lo anterior, y el hecho que todas fueron menores a 33 mg/kg y que la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 tiene como máximo permisible 400 mg/kg, podemos decir que el río presenta condiciones aceptables de este metal pesado en sus sedimentos, de acuerdo a dicha norma.

Antimonio (Sb)

Respecto a la distribución espacial de las concentraciones, el intervalo de concentración que prevalece es de 0.36 a 1.67 mg/kg. Los puntos de muestreo que resultaron con concentraciones mayores de Sb fueron Amaxac y Zacatelco. Los demás puntos de muestreo registraron concentraciones menores a 0.8 mg/kg, mientras que la concentración más baja se puede ver en Muñoz. 32 de los 43 datos estuvieron por debajo de 0.6 mg/kg.

Selenio (Se)

Todos los valores del Selenio estuvieron por debajo del límite de detección, por lo que no se pudo tratar estadísticamente. Para evaluar adecuadamente este elemento, es necesario llevar a cabo un muestreo a mayor detalle de la zona de estudio.

Titanio (Ti)

Lo referente a la distribución espacial en el área de estudio, se ve que en San Benito se encuentran las mayores concentraciones 7918.21 a 15885.29 mg/kg, mientras que en los otros puntos de muestreo están entre 4000 y 7000 mg/kg. Entonces, el intervalo de concentraciones para Titanio se ubica entre 4270.87 y 15885.29 mg/kg. Más del 65% de los datos tiene concentraciones menores a 6000 mg/kg.

Este elemento, al igual que el Fe, es muy abundante en la corteza, ocupa el décimo lugar, por lo que es probable, las altas concentraciones halladas.

Talio (Tl)

El Tl mostró concentraciones entre 1.35 y 1.87, ocurriendo la más alta en Xaltocan y el menor valor en el Jardín Botánico. Sólo Tlaxco y Xaltocan tuvieron valores arriba de 1.6 mg/kg todos los otros puntos de muestreo fueron menores a esa concentración.

El intervalo de mayor frecuencia es el de 1.4 a 1.5 seguido del de 1.5 a 1.6 mg/kg, juntos representan más del 76% de los datos. La NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 tiene como máximo permisible 5.2 mg/kg; teniendo en cuenta que todos los datos son menores a 1.9 mg/kg, se puede decir que el río Zahuapan tiene bajas concentraciones de Talio en sus sedimentos.

Vanadio (V)

En los resultados para Vanadio se observa un intervalo de concentración entre 60.52 y 169.02 mg/kg, en Muñoz, en Amaxac y en Texoloc predominan concentraciones menores a las permitidas por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que permite como máximo concentraciones menores a 78 mg/kg, mientras que en Tlaxco, en Jardín Botánico y en Zacatelco tienen concentraciones por abajo y arriba de la norma (70 a 100 mg/kg), en Xaltocan entre 60 y 120 mg/kg y en San Benito todas las lecturas fueron mayores a las permitidas por la norma (90.72 a 169.02 mg/kg).

Aproximadamente el 50% de las concentraciones estuvieron arriba de lo permitido por la norma, por lo que podemos concluir que el río presenta elevadas concentraciones de V en sus sedimentos.

Zinc (Zn)

En la Tabla 1 se muestra que el rango de concentraciones para Zinc fluctúa entre 38.56 y 168.63 mg/kg, la mayor concentración se ubicó en Amaxac y la más baja en Muñoz. En Tlaxco, en Muñoz, en San Benito, en Jardín Botánico y en Texoloc predominan concentraciones entre 38 y 80 mg/kg, mientras que Amaxac, Zacatelco y Xaltocan presentan las mayores concentraciones respectivamente.

El 84% de las concentraciones de este metal, son menores a 80 mg/kg.

8. Relación de los metales y metaloides con actividades antropogénicas (industrias, urbanización y agricultura)

Es inconcebible imaginar la sociedad actual, sin desarrollo industrial, sin las grandes ciudades, sin autos, sin la tecnificación y sin desarrollo agrícola; todo esto ha traído comodidad, desarrollo, e indudablemente problemas ambientales. Más específicamente, en este apartado discutiremos, *grosso modo*, la posible relación que tienen las actividades antropogénicas, antes mencionadas, con las concentraciones de metales y metaloides en los sedimentos del río Zahuapan.

Industria: actualmente en México, existe normatividad que regula las descargas de industrias; sin embargo, ciertas industrias pueden generar residuos con concentraciones mayores de metales por las características de sus procesos (Volke *et al*., 2005). En esta misma línea, Calva *et al*., (2007), realizaron un listado de las posibles fuentes industriales de contaminación en la subcuenca del Zahuapan, reportando que una gran diversidad de compuestos químicos son utilizados como materia prima en las diversas industrias del estado de Tlaxcala, entre las que se encuentran: el arsénico, plomo, anilina, plaguicidas y organofosforados, entre otros, mismos que son elementos potencialmente tóxicos, y aunque no encontraron evidencia de que sean descargados directamente al Zahuapan o sus afluentes, existe la posibilidad de que estos elementos sean transportados hacia la cuenca y, finalmente al río Zahuapan. También, dividieron el área de estudio en 5 zonas: Norte, Este, Centro, Oeste y Sureste, reportaron que en la zona Este hay un mayor número de fuentes de contaminación química, que el resto de las zonas, lo interesante aquí es que esa zona, es la microcuenca de influencia para el punto de muestreo Amaxac, que fue donde hubo un mayor número de concentraciones máximas de los elementos analizados en esta investigación.

Urbanización (descargas domésticas): los metales desechados por el metabolismo, lixiviados de los materiales de construcción de las tuberías y productos de limpieza (Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, Mn, Cr, Ni, Co, Bo y As). Los tratamientos convencionales para aguas residuales, remueven hasta 50% de los metales contenidos, dejando una carga considerable de metales en el agua tratada, además de concentrar los metales removidos en los lodos de tratamiento (Volke *et al.,* 2005). Ahora bien, un porcentaje, el cual desconocemos, pero puede ser considerable, de aguas residuales domésticas no son tratadas y son descargadas directamente al río, esto evidentemente puede ser una fuente de metales y metaloides al río. Además, si consideramos que las concentraciones más elevadas las encontramos en la zona centro del recorrido del río (Amaxac y San Benito); en el Mapa 2, podemos observar que en la zona centro sur del estado se concentra la mayor densidad poblacional, y según lo reportado por Suárez *et al.*, (2009), en el área de estudio 3, que corresponde a el zona de influencia para el punto de muestreo Amaxac, reporta la mayor densidad poblacional (1103 hab/km^2) de toda la subcuenca, esto puede significar una relación en el aumento de las concentraciones de metales y metaloides en esta zona.

Otro factor que influye son las ciudades, más específicamente el *drenaje pluvial:* en muchas ocasiones el drenaje pluvial de las ciudades puede contener muchos metales, dependiendo del tipo de camino y material de construcción de los mismos (asfalto, por ejemplo), de la cantidad de tráfico, específicamente por la *quema de combustibles fósiles;* es la principal fuente de metales hacia la atmósfera y fuente potencial de contaminación de cuerpos superficiales de agua (Volke *et al.*, 2005), planeación urbanística y uso de suelo; al respecto, en la zona de influencia del río donde se encontraron las concentraciones máximas, se encuentran ubicados 15 centros urbanos con más de 10 000 habitantes, lo que representa el 56.5% del total de la subcuenca (Suárez *et al.,* 2009). Este puede ser otro factor que influya en el aumento de las concentraciones de metales y metaloides en la zona centro del río.

Agricultura: algunos fertilizantes y pesticidas utilizados en la agricultura pueden tener metales dentro de sus componentes, al respecto Calzada y Carrillo, (2007), realizaron un estudio de metales y metaloides en suelos (agrícolas y no agrícolas) del estado de Tlaxcala, y aunque no se encontraron en la mayoría de concentraciones en suelos agrícolas, los elementos que resultaron con las mayores concentraciones en zonas agrícolas son potencialmente tóxicos (Cr, Cu, Mo, Pb y V); si además, analizamos el hecho que el 64% (Suárez *et al.*, 2009) de la subcuenca es dedicada a la agricultura, y que dentro de la subcuenca, la zona de influencia para los puntos de muestreo donde se reportaron los valores máximos, ocupa el 32% del total de la subcuenca dedicada a la agricultura, y dentro de los metales que alcanzaron sus valores máximos en estos

puntos de muestreo están el Cr, Cu, Pb y V, que son los mismos elementos que sus concentraciones fueron mayores en suelos agrícolas según el estudio de Carrillo *et al*. (2007).

Aunque no podemos determinar con total certeza la relación de la actividad humana descrita anteriormente, con las concentraciones halladas (ya que es necesario realizar otros y más minuciosos estudios), si hay suficiente evidencia para atreverse a decir que, estas actividades humanas, influyen directamente en las concentraciones de metales y metaloides en el río.

Conclusiones

El presente estudio, es el primero en su tipo, realizado en sedimentos del río Zahuapan. De las determinaciones realizadas en los sitios de muestreo se encontró que:

Los metales y metaloides analizados en este trabajo, tienen la siguiente secuencia por orden de abundancia: Fe, Ti, Mn, P, V, Zn, Cr, Ni, Li, Cu, Pb, Co, As, Tl, Be, Sb, Ag, Cd y Se.

En Tlaxco, en Muñoz, en San Benito, en Amaxac y en Jardín Botánico, más del 75% de los datos del total de concentraciones, alcanzan sus valores máximos en los primeros 10 cm. de profundidad.

Las concentraciones de Ag, As, Be, Cd, Cr, Ni, Pb y Tl, son menores a las concentraciones de referencia totales establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, aproximadamente el 50% de los resultados de V son mayores a los que permite esta Norma, el Co, Cu, P, Fe, Li, Mn, Sb, Se, Ti y Zn, no están establecidos en la misma.

Las concentraciones más elevadas se localizaron en la parte centro del recorrido del río. En Amaxac seis elementos (Cd, Cu, P, Pb, Sb y Zn), en San Benito cinco (Be, Cr, Fe, Ti y V), en Xaltocan tres (Mn, Ni, y Tl), en Tlaxco la Ag, en Jardín Botánico el Co, en Texoloc Li y en Zacatelco As, en Muñoz no se registró ninguna concentración máxima.

De los sitios evaluados, los más cercanos a la actividad industrial y urbanización (centro del recorrido del río) resultaron con las concentraciones más elevadas, esto podría indicar que son fuentes importantes de contaminación de metales pesados y metaloides en el río. Sin embargo falta determinar con mayor certidumbre a qué se deben las mayores concentraciones encontradas en estos sitios.

Aunque la mayoría de los elementos potencialmente tóxicos resultaron bajos, no es suficiente para concluir que las concentraciones encontradas tengan o no un impacto adverso sobre el ganado, los ecosistemas y/o en la salud de las personas que habitan cerca de los márgenes del río.

Por otro lado, la información obtenida en esta investigación puede servir de base para futuras investigaciones, la toma de decisiones en el

sector público y privado en temas como planeación urbana o protección ambiental y para un uso adecuado de los recursos.

Bibliografía

Alloway, B.J. (1995). *Heavy metals in soils*. B.J. Alloway (ed.), 2ª ed. Blackie Academic & Professional.

Birge, W.J.; Black, J.A. y Westerman, A.G. y Francis, P.C. (1987). "Toxicity of sediments-associated metals to freshwater organisms: Biomonitoring procedures", en K.L. Dickson, A.W. Maki y W.A. Brungs (eds.), *Fate and effects of sediemnt-bound chemicals in aquatic systems,* Pergamon Press, New York, pp. 199-219.

Burgess, R.M. y Scott, K.J. (1992). "The significance of inplace contaminated marine sediments on the water column: Process and effects", en G.A. Burton (ed.), *Sediment Toxicity Assesment*, Lewis Publishers, Chelsea, MI, pp. 129-165.

Calva, M. L.; Valencia, P. R.; García, E. (2007). *Inspección del sistema hidrológico Zahuapan-Atoyac y determinación de Plomo y Arsénico en agua*, tesis de licenciatura.

Calzada, J. M. y Carrillo-Chávez, J. A. (2007). *Mapas geoquímicos de metales pesados de metales pesados de suelos del estado de Tlaxcala, México,* tesis de maestría.

Caplat, C.; Texier, H.; Barrillier, D.; Lelievre, C. (2005). "Heavy metals mobility in harbour contaminated sediments: The case of Port-en-Bessin", en *Marine Pollution Bulletin 50*, pp. 504–511.

Carrillo, C.; A. Calzada M.; J., Morton B.; O., Álvarez H.; E., Delgado; A., Ortiz; R., Soto; E., Navarro de León (2007). *Mapas de Valores Geoquímicos de Fondo de Metales Pesados y su Mutagenicidad en el estado de Tlaxcala: Implicaciones en la Calidad de Agua Superficial y Subterránea.*

Feng, H.; Han, X.; Zhang, W.; Yu, L. (2004). *A preliminary study of heavy metal contamination in Yangtze River intertidal zone due to urbanization*.

Gobierno del Estado de Tlaxcala (1987). disponible en http://www.tlaxcala.gob.mx/geografia.html, consultado en febrero de 2010.

He, Z.; Yang, X.; Staffella, P. (2005). *Trace elements, in agroecosystems and impacts on the environment*, Trace Elem Med Biol.

Hernández-Álvarez, E.; González-Hernández, G.; y Morton-Bermea, O.; (2004). *Manual de preparación de muestras para análisis por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS)*, México, D.F., Instituto de Geofísica.

Luque, C. J.; Castellanos, E. M.; Castillo, J. M.; González, M.; González Vilches, M. C.; Figueroa, M. E. (1996). *Distribución de metales*

pesados en sedimentos en las marismas del odiel (Huelva, So. España).

Monroy, M.; Díaz-Barriga, F.; Razo, I. y Carrizales, L. (2002). *Evaluación de la Contaminación por Arsénico y Metales Pesados (Pb,Cu, Zn) y Análisis de Riesgo en Salud en Villa de la Paz-Matehuala, S.L.P.*

NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, disponible en www.semarnat.gob.mx/.../NOM_147_SEMARNAT_SSA1_2004.pdf

Radakovitch, O.; Roussiez, V.; Ollivier, P.; Ludwig, W.; Grenz, C.; Probst, J. (2007). *Input of particulate heavy metals from rivers and associated sedimentary deposits on the Gulf of Lion continental shelf,* doi:10.1016/j.ecss.2009.09.028

Rainbow, P.S. (1985). *The biology of heavy metals in the sea. Intern. J., Environmental Studies, 25: 195-211,* Gordon and Breach Science Publishers, Inc and OPA Ltd. U.K.

Rosales-Hoz, L.; Cundyb, A.B.; Bahena-Manjarreza, J.L. (2003). *Heavy metals in sediment cores from a tropical estuary affected by anthropogenic discharges: Coatzacoalcos estuary, Mexico*.

Suárez, S. J.; Muñoz, N. H.; Ritter, O. W.; Orozco, F. S.; Jiménez, L. J.; Corona, V. M. C.; Sánchez, T. E. G.; Van Der Wal, J. C.; Treviño, T. J. M. (2009). *Manejo integrado de cuencas hidrológicas: delimitación de cuencas y modelos de simulación de balance de agua*, Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.

Evaluación de riesgos por exposición a contaminantes ambientales presentes en las aguas del Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan

Rafael Valencia-Quintana[1]
Stefan M. Waliszewski Kubiak[2]
José Luis Gómez-Olivares[3]
Juan Suárez Sánchez[4]
Juana Sánchez Alarcón[5]

Introducción

Al problema de la escasez de agua, tenemos que sumar los de la contaminación ocasionada por la agricultura, la industria y los asentamientos humanos; es decir, el aumento de descargas de aguas residuales.

El río Zahuapan es la principal corriente hidrológica en el estado de Tlaxcala. El desarrollo y crecimiento de la entidad han causado problemas de contaminación en este cuerpo receptor de los desechos de las diferentes actividades. Sin embargo, se carece de indicadores biológicos que permitan estimar las consecuencias de esta contaminación sobre los organismos expuestos, incluyendo al hombre.

En el estado de Tlaxcala, son escasas las investigaciones referentes a los efectos de genotoxicidad causada por los contaminantes en aguas superficiales. No obstante, en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, se han estado llevando a cabo algunos estudios para determinar este tipo de efectos originados por plaguicidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos

1 Universidad Autónoma de Tlaxcala. Correo electrónico: prvq2004@yahoo.com.mx

2 Instituto de Medicina Forense, Universidad Veracruzana. Correo electrónico:swal@uv.mx

3 UAM-Iztapalapa. Correo electrónico: gomez_olivares_jose_luis@hotmail.com

4 Universidad Autónoma de Tlaxcala. Correo electrónico: jsuarezs71@hotmail.com

5 Universidad Autónoma de Tlaxcala. Correo electrónico: xcaretchava@hotmail.com

(HAPs) y más recientemente por matrices ambientales como los sedimentos y el agua del Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan.

Uno de los últimos proyectos se denominó: "Diagnóstico de la problemática ambiental generada por la exposición a contaminantes ambientales presentes en aguas superficiales, con énfasis en sus impactos en la salud", el cual fue financiado por los Fondos Mixtos CONACyT-Gobierno del estado de Tlaxcala con clave TLAX-2004-C01-21 y cuyos resultados serán publicados a corto plazo en revistas especializadas.

1. Problemas ambientales. Contaminación de aguas superficiales

Cuando se habla de desarrollo se tienen que discutir sobre los impactos ambientales derivados. Los patrones de producción y de consumo, así como las presiones demográficas, han provocado una grave sobreexplotación y contaminación de los recursos naturales que atentan contra el patrimonio ecológico de las generaciones actuales y futuras.

México no es ajeno a esta problemática, y particularmente en el estado de Tlaxcala el Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan, ha sido y sigue siendo impactado por las diversas actividades antropogénicas.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (Magaña, 2005: 10), esa situación se debe a la poca conciencia de los usuarios sobre la importancia del vital líquido, lo cual ha impactado profundamente en el nivel de desperdicio y contaminación.

Existen claros ejemplos de ríos y lagos con problemas de contaminación en todo el mundo. El río Amarillo en China, el Ganges en la India y el Amur Daria en Asia Central. En México, también existen casos de los que uno no se puede sentir nada orgulloso. Se deben recordar, los ríos que alguna vez corrieron por el Valle de México y ahora están convertidos en canales de desagüe, y a los cuales ni en sueños, en la actualidad, nos atreveríamos a meter a nadar o bañar. Los ríos Lerma y Santiago en el centro del país, el Pánuco, el Balsas y el Río Tijuana son algunos ejemplos de los ríos y lagos mexicanos que presentan serios problemas con la calidad de sus aguas, y en el caso particular para el estado de Tlaxcala, el Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan.

Los desechos producidos por las diversas industrias, son factores importantes que afectan la calidad del agua. Otra fuente de contaminación muy importante son los desechos que se originan por las actividades agropecuarias, principalmente los agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), que son arrastrados por el agua hacia los ríos y lagos; las aguas que se desechan de las granjas donde se cultivan peces, aves y mamíferos (Flores y Rodríguez, 2007: 103), así como los efluentes domésticos.

2. Mutágenos en aguas superficiales

El agua es un disolvente conveniente y versatil que regularmente es utilizado para transportar los productos de desecho lejos del sitio de producción y descarga. Desafortunadamente, éstos son frecuentemente tóxicos y su presencia puede degradar seriamente el hábitat de los ríos, lagos y arroyos receptores (White y Rasmussen, 1998: 224).

Las aguas superficiales reciben grandes cantidades de efluentes industriales, agricolas y domésticos, incluso de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. Estas aguas superficiales que contienen muchos compuestos desconocidos, son usadas como fuentes de agua potable, así como para actividades agricolas y recreativas alrededor del mundo (Ohe *et al.*, 2004: 110).

En muchos casos estas sustancias pueden no ocasionar efectos agudos detectables de manera inmediata en los organismos expuestos, pero pueden reducir su sobrevivencia vía efectos crónicos. Tales efectos, pueden iniciarse en dosis que son mucho más bajas que aquéllas requeridas para generar los efectos agudos, se pueden manifestar como daño excesivo en tejidos o daño genético en células somáticas y células germinales, acumulación persistente de contaminantes y desórdenes que requieren periodos largos de latencia antes de llegar a ser clínicamente visibles, como el cáncer (Varanasi *et al.*, 1989: 1171; Black y Baumann, 1991: 27; Gardner *et al.*, 1991: 53; di Giulio *et al.*, 1992: 1; Rodríguez-Ariza *et al.*, 1992: 112; Dey *et al.*, 1993: 1897; Myers *et al.*, 1994: 200; Baumann y Harshbarger, 1995: 16; Nacci *et al.*, 1996: 197).

Las exposiciones humanas (ocupacionales o no), a los residuos industriales producen efectos en la salud que van desde dolores de cabeza, irritaciones en la piel, así como en pulmones, y náuseas, o hasta daños serios en las funciones neuronales y en el hígado (Houk, 1992: 92). Evidencias de efectos genotóxicos a la salud tales como cáncer, defectos en el desarrollo y anomalías reproductivas, se han determinado en poblaciones cercanas a lugares con residuos peligrosos. (Goldman *et al.*, 1985: 209; Paigen y Goldman 1987: 177; Griffith *et al.*, 1989: 69). Las exposiciones a residuos genotóxicos pueden disparar el inicio de algunas enfermedades mortales.

Consecuentemente, la contaminación del agua puede ser un problema serio para la salud pública y para los ecosistemas acuáticos (Houk,1992: 91; White *et al.*, 1996a: 116, 1996b: 140; Claxton *et al.*, 1998: 237; White y Côté 1998: 607; White y Rasmussen, 1998: 223), debido a que de manera rutinaria, grandes cantidades de materiales tóxicos son liberados de manera directa o indirecta en las aguas superficiales. Más del 50 % de las descargas anuales provienen de las industrias química, fundidoras, procesadoras de metales y refinerías de petróleo (Ohe *et al.*, 2004: 109). Algunos de los compuestos presentes en éstas descargas

son carcinógenos clasificados en las categorías 1, 2A o 2B en el sistema de la IARC (Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer, por sus siglas en Inglés), y que presentan actividades mutagénicas y/o clastogénicas (Waters *et al.*, 1991: 41, 1999: 21; Industry Report 2008: 1; IARC 2010: 1).

Compuestos mutagénicos/genotóxicos, incluyendo carcinogénicos, conocidos o desconocidos llegan a ser componentes de las complejas mezclas ambientales que pueden tener efectos adversos en humanos y biota nativa (Dearfild *et al.*, 2002: 121).

3. Bioensayos de genotoxicidad

La demostración de que los efluentes industriales, domésticos y municipales pueden inducir efectos genotóxicos en diversos organismos, ha estimulado la investigación en esta área.

El progreso en este campo se debe, en gran parte, al desarrollo y amplio uso de bioensayos genéticos de corto plazo. Entre las características sobresalientes de éstos están: simplicidad y sensibilidad al daño genético, relativa rapidez, bajo costo de experimentación, requieren de una pequeña cantidad de muestras ambientales para los análisis. Por lo anterior, han permitido florecer la investigación en toxicología genética.

Los resultados de bioensayos genéticos son relevantes para la salud humana, porque el blanco toxicológico es el ADN, el cual existe en todas las formas de vida celular. Así, se puede inferir que compuestos capaces de reaccionar con el ADN de alguna especie tiene el potencial de generar efectos similares en otras especies. De forma general, las perturvaciones en el material genético son deletéreas para el organismo y pueden producir efectos severos e irreversibles en la salud. Como ya fue citado, los efectos sobre la salud humana comunmente asociados con la exposición a compuestos genotóxicos incluyen: cáncer, defectos al nacimiento y enfermedades del corazón (Houk, 1992: 93).

El daño genético es más adecuadamente definido en términos de las lesiones específicas que ocurren a lo largo de la molécula de ADN. Tres principales clasificaciones de daño pueden ser consideradas. La mutagénesis, que se refiere a mutaciones genéticas (o puntuales), que implican cambios en la secuencia del ADN dentro de un gene. La clastogénesis, donde se consideran los cambios en la estructura cromosómica, que usualmente resulta en una ganancia, pérdida o rearreglos de los cromosomas; y la aneuploidía, que se refiere a la ganancia o pérdida de cromosomas intactos (Houk, 1992: 96).

Más de 200 pruebas de corto plazo, utilizando microorganismos, insectos, plantas y animales, se han implementado para ayudar a la identificación de agentes que representan un riesgo genotóxico para los humanos (Waters *et al.*, 1988: 295). Las pruebas pueden ser separadas en grupos

principales con base en el sistema biológico empleado y el marcador genético detectado. En el caso de los bioensayos procariónticos (V.gr., prueba de Ames con *Salmonella*), detectan agentes que inducen mutaciones genéticas y daño primario al ADN. Mientras que los ensayos eucarionticos (pruebas con hongos, plantas y cultivo de tejidos, entre otros), detectan un amplio rango de daños genéticos, que incluyen mutaciones génicas, daño y reparación del ADN, alteraciones cromosómicas y aneuploidía (Valencia-Quintana *et al.*, 1993: 65, 1998: 49, 2005: 63; Calderón-Segura *et al.*, 2007: 1143) .

La selección de un ensayo apropiado para un estudio depende de las características de la muestra a evaluar, la validación del sistema de prueba, la información conocida, la utilidad del ensayo para muestras ambientales complejas, el propósito para el cual los datos obtenidos se requieren, el costo y simplicidad relativos. Diferentes sistemas de prueba pueden ser incluidos en un estudio.

Aunque, como se mencionó anteriormente, están disponibles más de 200 bioensayos genéticos de corto plazo para ayudar a la identificación de agentes que poseen un riesgo genético para los humanos, sólo unos cuantos se han usado ampliamente para analizar los efluentes y residuos industriales, domésticos y municipales.

En los 70, el uso de bioensayos de corto plazo, que detectaban un rango amplio de agentes químicos capaces de producir daño genético, permitió la cuantificación del riesgo mutagénico de los contaminantes de las aguas superficiales (Ames *et al.*, 1975: 347; Parry *et al.*, 1976: 538; Pelon *et al.*, 1977: 619; Prein *et al.*, 1978: 287; Alink *et al.*, 1980: 369).

A partir de 1980, se incorpora el uso de métodos analíticos como complemento de los ensayos de mutagenicidad/genotoxicidad. Sin embargo, al igual que en los 70, colectivamente, las evaluaciones proveen información sobre el peligro potencial en la ausencia de un conocimiento previo del compuesto implicado o de sus propiedades físico-químicas. En particular, el ensayo de mutagenicidad con *Salmonella* se ha utilizado ampliamente para detectar la actividad mutagénica en mezclas ambientales complejas, especialmente las aguas de los ríos (Ohe *et al.*, 2004: 113).

Al principio de los 90, Stahl (1991: 94), De Flora *et al*. (1991: 285) y Houk (1992: 91), revisaron los riesgos de genotoxicidad y/o carcinogenicidad de las aguas superficiales, los efluentes y residuos industriales. Demostraron que compuestos orgánicos que poseen capacidad genotóxica pueden entrar a éstas desde una amplio rango de fuentes industriales, domésticas y municipales. También resaltan la importancia de los bioensayos para detectar la mutagenicidad/genotoxicidad originada por los xenobióticos en el ambiente y la necesidad de la identificación de las fuentes de contaminación.

Existe una fuerte relación entre la actividad humana y la genotoxicidad de las aguas superficiales. Los trabajos citados anteriormente invo-

lucran a diversas industrias en la liberación de mezclas complejas con capacidad mutagénica, para las cuales la identidad de los mutágenos implicados es desconocida. Por otro lado, algunos investigadores han informado que los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales no remueven de manera eficaz muchos contaminantes químicos y los tratamientos pueden incrementar la mutagenicidad/genotoxicidad de las aguas residuales (Rappaport *et al.*, 1979: 957; Jolley 1981: 874; Meier y Bishop, 1985: 999; Matsui, 1988: 173). Otros estudios presentan un aumento en la mutagenicidad/genotoxicidad de muestras de agua colectadas en sitios debajo de plantas de tratamiento de aguas residuales (Sakamoto y Hayatsu, 1990: 521; Ohe *et al.*, 1999: 701).

Por otra parte, la revisión realizada por White y Rasmussen (1998: 223), presenta evidencia sobre la notable genotoxicidad de los efluentes domésticos, los cuales constituyen un riesgo aún mayor para los sistemas acuáticos y los organismos expuestos que los industriales. Resultados presentados indican que casi un 85 % de los agentes genotóxicos que entran en los ríos son de origen no industrial. Aunque, esto se ve influenciado por las características de las áreas metropolitanas y las características de las ciudades industriales.

A pesar de la escueta información sobre las probables propiedades fisicoquímicas de los agentes genotóxicos en efluentes domésticos y aguas superficiales, su identidad y origen preciso sigue siendo un misterio.

Debido a que los efluentes domésticos, industriales y municipales pueden contener un amplio rango de sustancias provenientes de una variedad de fuentes, está claro que un análisis más detallado de las fuentes de los agentes genotóxicos es necesario, previo a una evaluación completa del riesgo. De igual manera, tiene que ser analizada la eficacia, de los procesos de tratamiento de las aguas residuales, para la remoción y/o generación de sustancias genotóxicas. Como ya se mencionó anteriormente, la genotoxicidad puede no ser removida e incluso aún puede verse aumentada por los procesos convencionales de tratamiento, tales como aclaramiento, tratamientos biológicos y desinfección (Rappaport *et al.*, 1979: 957; Jolley, 1981: 874; Meier y Bishop, 1985: 999; Matsui, 1988: 173).

Una evaluación de los riesgos genotóxicos perjuduciales requerirá de información físicoquímica detallada que pueda ser utilizada para determinar las rutas post-emisión y exposición. La información actual, indica que el aislamiento e identificación de genotoxinas en efluentes domésticos y aguas superficiales constituirá un cambio substancial en los procesos analíticos (White y Rasmussen, 1998: 223).

Consecuentemente, el uso más frecuente de aguas superficiales contaminadas representa un problema serio para la salud y bienestar de los seres humanos. Por ello, los bioensayos apropiados son necesarios para

evaluar el riesgo potencial de éstas para los humanos y los ecosistemas acuáticos.

Los ensayos de mutagenicidad, en los cuales se emplean organismos tales como bacterias, levaduras, hongos, plantas, insectos, mamíferos (ratas, ratones) y cultivo de tejidos de mamíferos, para detectar el potencial mutagénico de un compuesto, se han utilizado ampliamente para evaluar residuos industriales domésticos y municipales, entre los que se encuentran:

Ensayos bacterianos: como la prueba de mutagenicidad con *Salmonella*, la prueba SOS Chromotest y la prueba *umu* con *Salmonella*. También han sido empleados *Escherichia coli* WP2, la prueba REC en *Bacillus subtilis* para reparación del ADN y otros microorganismos tales como el hongo *Aspergilus nidulans* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Ensayos con organismos acuáticos, plantas e insectos, en donde se puede evaluar la formación de aductos, la prueba de micronúcleos, el ensayo cometa, los ensayos de mutagenicidad, las aberraciones cromosómicas e intercambios de cromátidas hermanas en plantas como *Arabidopsis*, *Vicia faba* y *Allium cepa* y en insectos como *Drosophila melanogaster*, entre otros.

Células de mamífero en cultivo y organismos completos como células de ovario de hámster chino, linfocitos humanos, células de mucosa oral, en donde se pueden analizar: aberraciones cromosómicas, intercambios de cromátidas hermanas, linfoma de ratón, transformaciones celulares, micronúcleos y el ensayo cometa, entre otros.

4. Mutágenos sospechosos o identificados en aguas superficiales

Numerosos compuestos son liberados directamente en las aguas superficiales desde fuentes industriales, domésticas y municipales o después de tratamientos. Éstos xenobióticos están generalmente presentes en mezclas complejas y muchos agentes genotóxicos se han detectado, dentro de los cuales se pueden citar: metales pesados tales como; arsénico, cadmio, cromo, níquel y plomo (Codina *et al.*, 1994: 145; Sánchez-Galán *et al.*, 2001: 139); hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) (Tokiwa y Onishi, 1986: 23; Ohe y Nukaya, 1996: 7; Kira *et al.*, 1999: 279; Nagai *et al.*, 2002: 232,); aminas heterociclicas (Mohri *et al.*, 1996: 847; Ono *et al.*, 1996: 569; Sakamoto *et al.*, 1996: 79; Ohe 1997: 73; White y Rasmussen, 1998: 223; Kataoka *et al.*, 2000: 27; Tsukatani *et al.*, 2003: 133); y plaguicidas (Waters *et al.*, 1980: 867; Moriya *et al.*, 1983: 185; Yamaguchi *et al.*, 1991: 56; Kuroda *et al.*, 1992: 13; Vijayaraghavan y Nagarajan, 1994: 103; Rehana *et al.*, 1995: 137, 1996: 187; Canna-Michaelidoun y Nicolaou, 1996: 27; Lyons *et al.*, 1997: 263).

Sin embargo, cada compuesto está usualmente presente a niveles que son difíciles de determinar. Por ello, una variedad de bioensayos sensi-

bles a los genotóxicos se han usado como una herramienta integral en la evaluación del riesgo de las aguas superficiales como mezclas complejas y están disponibles para ayudar a la identificación de compuestos que poseen un riesgo genético para la salud humana y de los organismos acuáticos (Depledge, 1996: 57, 1998: 109; Gollapudi y Krishna, 2000: 21; Jha *et al*., 2000: 213; MacGregor, 2000: 3).

Muchos compuestos mutagénicos/carcinogénicos son aún incorporados en las aguas superficiales como consecuencia de las prácticas inadecuadas de manejo y disposición residuos peligrosos (Ohe *et al*., 2004: 140).

El potencial genotóxico ha sido determinado empleando como marcadores de daño el ensayo cometa (White *et al*., 1996c: 51; Karakoc *et al*., 1997: 303; Lyons *et al*., 1997: 263; Devaux *et al*., 1998: 257; Mitchelmore y Chipman, 1998: 135; Schnurstein y Braunbeck, 2001: 187) y la inducción de micronúcleos (Al-Sabti y Metcalfe 1995: 121, Hayashi *et al*. 1998: 125, Sánchez-Galán *et al*. 2001: 139, Klobucar *et al*. 2003: 15). Los intercambios de cromátidas hermanas (ICH), las aberraciones cromosómicas y la prueba de mutaciones en pelos estaminales de *Tradescantia*, también han sido utilizados (Ohe *et al*., 1993: 293; Eckl, 1995: 81; Zhong, 2001: 217).

5. Problemática del agua en el estado de Tlaxcala

Entre los principales problemas ambientales que presenta el territorio tlaxcalteca, está la degradación en la calidad del agua de su principal recurso hídrico, el Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan, considerado de primer orden por recibir descargas urbanas e industriales (Valencia *et al*., 2007: 35).

El río Zahuapan, principal corriente en el estado, junto con el río Atoyac forman la cuenca alta del río Balsas, que cubre un área (aproximada) del 78% del territorio tlaxcalteca.

La cuenca del río Balsas empieza su curso en el estado de Tlaxcala y lleva por nombre río Zahuapan. Ésta es la corriente principal en el estado, tiene una longitud de 82.7 Km y un área de cuenca de 1,493.9 Km^2. Se origina en los escurrimientos que descienden de la vertiente sur de la Sierra de Tlaxco, en la zona limítrofe al estado de Puebla, desciende desde una altitud de 3,418 msnm, 20 Km. Aguas abajo, escurre inicialmente al suroeste, hasta la población de Atlangatepec en donde aguas arriba se construyó la presa de San José Atlangatepec, hasta confluir con el río Atoyac en el municipio de Xicohtzinco, Tlaxcala (INEGI, 1986: 8).

En su recorrido, este río y sus afluentes sirven para irrigar más de 15,000 hectáreas de diferentes cultivos y como cuerpos receptores de aguas residuales, domésticas, municipales e industriales, así como medio de disposición de desechos sólidos, principalmente en las zonas de

Chiautempan, Tlaxcala, Zacatelco, Teolocholco, Xicohtzinco y Panzacola (CGE, 2003: 12).

El río Atoyac, desde San Martín Texmelucan, Puebla y hasta la confluencia con el río Zahuapan, se clasifica como un río muy contaminado. Teniendo en cuenta que conduce agua residual tanto de origen municipal, como industrial, esta problemática ocasiona que este río presente (en función de la concentración de agentes químicos y biológicos) un índice de calidad del agua con promedio de 30, siendo aceptable su uso sólo en riego agrícola (forrajes), excepto hortalizas, quedando restringido en piscicultura, recreación con contacto primario y preservación de la vida acuática (CGE, 2003: 12).

En el estado de Tlaxcala se encuentran asentadas diversas empresas, las cuales generan aproximadamente un caudal de 3,030.80 m ^{3}/ día de agua residual que se descarga a la cuenca de los ríos Atoyac-Zahuapan (Valencia-Quintana *et al*., 2007: 35).

La industria manufacturera es la de mayor importancia, siendo las ramas textil y de confección las que concentran el 53.8% del número de establecimientos, siguen en importancia la industria de alimentos, bebidas y tabacos con el 6.4%; la química 5.9%; la de hule y plásticos 3.9%; la metal-mecánica 3.1%; la de papel y celulosa 1.7%; la de minerales no metálicos 5.6%; la metal básica 4.8%; la de productos eléctricos 3.9%; la de madera 1.7%; la de farmacéuticos 0.3%; y otras 8.9% (SECOFI, 1992: 24).

La situación del agua de las principales fuentes hídricas del estado es preocupante, sobre todo, porque no se sabe el impacto que en la salud y en el ambiente pueden producir, producen, o están produciendo los contaminantes que traen arrastrando los principales ríos, ya que su utilidad para el riego agrícola no está restringido y no se sabe si representan un riesgo a mediano o largo plazo, porque no se han realizado estudios detallados de los diferentes efectos celulares, moleculares y fisiológicos que pueden ocasionar.

6. Un estudio en el Atoyac

Un ejemplo de los pocos estudios realizados en el Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan ha sido documentado por la organización de derechos humanos Centro Fray Julián Garcés. De acuerdo con esta denuncia, cuando el río llega al estado de Tlaxcala, ya viene contaminado con altos índices de cloruros, cloroformos y otros productos como plaguicidas y vertidos cancerígenos (Informe DESCA, 2007: 80).

La zona de Tlaxcala-Puebla se ha caracterizado por el desarrollo industrial en diversas ramas como el área de textiles, refrescos, metalurgia, automotriz, productos médicos y alimentos. Esta transformación econó-

mica coexiste con la actividad agrícola expansiva, caracterizada por el uso extensivo y generalizado de plaguicidas y fertilizantes químicos.

Esta situación ha generado una creciente contaminación, tanto en cantidad como en la variedad de los vertidos agropecuarios, industriales y domésticos en los cuerpos de agua superficiales, a tal grado, que las aguas del río Atoyac no se consideran aptas para recreación, pesca, vida acuática ni consumo humano (CVIA, 2010: 2).

En las inmediaciones de las descargas industriales y drenajes municipales, se encontró que la contaminación por grasas y aceites, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables y Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO) rebasó los parámetros ambientales establecidos en la norma mexicana, mientras que compuestos como fluoruros, cloruros de metileno y tolueno y cloroformo, muestran concentraciones elevadas. Estos últimos compuestos no están debidamente normados en la legislación ambiental mexicana (CVIA, 2010: 2).

Se han presentado cuadros patológicos que incluyen irritación, lagrimeo y dolores de cabeza. Desde 1997, también se registran casos de anemia, leucemia y púrpura trombocitopénica. Es probable que estas patologías estén asociadas a la contaminación de las aguas (Tragua, 2006: 2).

Existe una intensa actividad industrial a lo largo de la cuenca del río Atoyac, la cual está produciendo una elevada contaminación con presencia de sustancias químicas nocivas para la vida del río y la de las personas que hacen uso de sus aguas con diversos fines.

7. Otros estudios en el Atoyac-Zahuapan

Villalobos-Pietrini *et al*. (1994: 83), exponiendo células meristemáticas de la raíz de *Vicia faba* a mezclas complejas de muesras de agua y sedimentos del Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan, encontraron que algunos puntos evaluados producen efectos cromosómicos a niveles significativos ($p < 0.001$). Las descargas de residuos acumuladas en los sedimentos provienen de diferentes fuentes, algunas han sido involucradas en el reciclaje de papel y sus residuos principales son celulosa, minerales, grasas, aceites y colorantes entre otros.

Montero *et al*. (2006: 335), detectaron una situación compleja de exposición a sustancias químicas en una zona del estado de Tlaxcala. En donde se observa una transición de las actividades rurales hacia la industrialización intensa, donde han aumentado las demandas sobre el uso de agua y deterioro de los recursos debido a la contaminación química que puede implicar un peligro para la salud de las diferentes comunidades expuestas. Cloroformo, cloruro de metileno, índigo, anilina y tolueno (Navarro *et al*., 2004: 27) son algunos de los contaminantes que se encuentran en los ríos Atoyac y Xochiac, mezclados con otros contaminan-

tes tales como aceites y grasas, además de materia orgánica procedente de hogares.

Una de las principales preocupaciones de la presencia de estos contaminantes en los ríos es que entren en el aire, alcanzando las áreas habitadas cerca del río o a través de las cloacas, de los sistemas de aguas residuales. Las quejas acerca de olores irritantes que afectan a ojos y garganta y causan dolores de cabeza, son una constante entre las personas que viven en éstas comunidades. Emanaciones intensivas e irritantes son producidas en lugares donde los vertidos industriales llegan a los ríos y entran en contacto con el aire en varios puntos a lo largo de los ríos Atoyac y Xochiac (Montero *et al.*, 2006: 335).

Simultáneamente, las mismas personas que viven en estas localidades, trabajan en las industrias de la zona, incluyendo una planta petroquímica y numerosas fábricas de mezclilla azul. Las condiciones de trabajo podrían contribuir también a los riesgos para la salud, particularmente en la industria textil, donde los trabajadores están expuestos a polvo de algodón, calor y los vapores de numerosos agentes tóxicos, no contando con los equipos de protección y/o ventilación adecuados; están en contacto con blanqueadores a base de cloro, hidróxido de sodio, añil y anilina (Montero *et al.*, 2006: 335). Algunos de éstos se ha establecido que son clastogénicos. Mientras, que la anilina ha estado relacionada con anemia hemolítica (Jongen, 1982: 1321; Rannug *et al.*, 1992: 219; ATSDR 2002: 1; ATSDR-MMG 2005: 5; Bornhard y Herbold, 2005: 783)

Por otra parte, empleando como sistema de prueba las células meristemáticas de la raíz de *Vicia faba* y como marcador de daño las alteraciones cromosómicas en anafase, así como los efectos sobre el índice mitótico (IM), se realizaron estudios con los sedimentos y agua del Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan. Los resultados mostraron que todos los puntos analizados indujeron alteraciones cromosómicas, de igual manera las muestras analizadas fueron capaces de alterar el IM de las células meristemáticas de la raíz de *Vicia faba* (Romano-Galicia, 1999: 1).

De igual manera, se realizó un monitoreo de las aguas del río Zahuapan en Xicohtzinco (Meneses, 1999: 1) y en Panotla (Maldonado, 1999: 1), durante cuatro meses de 1997 (marzo-abril correspondientes a la época de secas; así como mayo-junio, representando la época de lluvias), para evaluar el riesgo genético potencial de éstas, mediante el análisis de la frecuencia de ICH y la evaluación de sus efectos sobre la CPC, empleando como sistema de prueba a los linfocitos humanos en cultivo. Los resultados obtenidos mostraron que los volúmenes probados, fueron incapaces de inducir efectos estadísticamente significativos sobre ambos marcadores.

Por otra parte, Zamora y Vázquez (2000: 1), analizaron muestras de aguas residuales de una industria textil a diferentes volúmenes, utilizando el mismo sistema de prueba y el mismo marcador de los estudios anterio-

res. Los resultados obtenidos demostraron la incapacidad de estos efluentes para inducir ICH, pero fueron capaces de afectar la CPC y el IM.

A diferencia del estudio anterior, Sánchez-Alarcón (2005: 1), realizó un análisis de la proliferación celular y de la frecuencia de intercambio de cromátidas hermanas en linfocitos humanos en cultivos expuestos a los efluentes industriales que se descargan en el Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan y, en términos generales, los resultados obtenidos mostraron una capacidad genotóxica y citotóxica.

En otro estudio similar, Juárez (2005: 1), determinó el efecto de los mismos efluentes sobre los cromosomas de las células meristemáticas de la raíz de *Vicia faba*. En general, los resultados encontrados señalaron que las muestras analizadas contenían sustancias con propiedades genotóxicas y citotóxicas, debido a que fueron capaces de incrementar la frecuencia de ICH y causar un retraso en el ciclo celular evidenciado por una disminución en el IM.

Como se mencionó anteriormente, el análisis de los resultados obtenidos en estos trabajos se está preparando para su publicación en revistas especializadas y, en algunos casos, se está complementando la información con análisis químicos, que permitan identificar el agente o los agentes causantes de las respuestas positivas.

Conclusiones

Son pocos los estudios realizados hasta el momento a lo largo del Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan, al igual que aquellos enfocados a efluentes industriales en particular, como en el caso de la industria textil (Zamora y Vázquez, 2000: 1) o realizados en corredores industriales (Juárez, 2005: 1; Sánchez Alarcón, 2005: 1)

Aunque en algunos casos los datos obtenidos son contradictorios, los resultados positivos son evidencia de la presencia de agentes con potencial genotóxico. Sin embargo, será importante complementar estos estudios con análisis químicos de las muestras ambientales que permitan identificar el o los agentes potencialmente genotóxicos.

Por ello, es indispensable hacer un monitoreo exhaustivo de todas las industrias que descargan sus efluentes en el principal sistema hidrológico en el estado, para poder identificar aquéllos que tengan potencial genotóxico y en su caso identificar al agente causante, lo que permitirá implementar mecanismos de control y reducción de aquellas sustancias que representen un riesgo potencial para la salud y el ambiente.

Debido a la ubicuidad de los compuestos genotóxicos en el ambiente, es importante identificar las fuentes de contaminación con el propósito de que sean implementados procesos de minimización y control.

Los efectos genotóxicos se han observado en plantas, animales y poblaciones humanas que están expuestas a efluentes y residuos industria-

les, domésticos y municipales (Houk, 1992: 92; White *et al*., 1996a: 116; Claxton *et al*., 1998: 237). Aunque la identificación no ha sido posible del todo, estos estudios son importantes porque demuestran el riesgo potencial que representan para el material genético las aguas superficiales contaminadas.

Por otra parte, el conocer el o los posibles agentes genotóxicos, no proporciona información de los posibles cambios en la toxicidad que pueden producir dentro de una mezcla debido a interacciones químicas (antagonismos, sinergismos, etcétera), o la producción de metabolitos tóxicos como resultado de diferentes vías de degradación tanto químicas como biológicas. Tal vez, lo más importante, es que los efectos biológicos no pueden ser confiablemente predecibles a partir sólo de un conocimiento de la composición química, especialmente cuando la exposición a las combinaciones de productos químicos debe ser considerada. Lo que de valor a los trabajos realizados hasta el momento y que no obstante deben ser complementados con los análisis químicos.

Es importante continuar con investigaciones similares para poder complementar las bases de datos que proveerán las plataformas científicas para actualizar la normatividad ambiental que permitirá:

• Disminuir la cantidad de agua residual que se produce y la concentración de contaminantes que tienen estas aguas.
• Reducir los contaminantes que llevan las aguas antes de ser vertidas a los ríos, lagos y mares a través de un tratamiento que retenga o elimine los contaminantes.

Para reducir el riesgo, la liberación de compuestos genotóxicos al ambiente vía residuos y efluentes industriales, domésticos y/o municipales, debe ser controlada más rasonablemente. Para alcanzar este propósito, se deben implementar procesos de mitigación y remediación. A su vez, la selección y priorización de éstos, se basará en la disponibilidad de información sobre la magnitud y la diversidad de sus efectos tóxicos, de las tasas de emisión, de sus rutas ambientales y su biodisponibilidad.

Para ello, la investigación futura deberá ser dirigida hacia ciertas áreas tales como:

1. Efluentes para los cuales la información sobre su genotoxicidad esté incompleta o no exista; de forma tal que se amplíe la base de datos y puedan irse llenando los huecos en la información.
2. Aquellos efluentes que generen las mayores cantidades de residuos genotóxicos (basados en niveles de actividad o volúmenes producidos). Éstos deben ser monitoreados y deben establecerse procesos que lleven a la reducción de emisiones por modificación de procesos, sustitución

de materia primas o pre-tratamiento de los residuos antes de su disposición.

3. El impacto relativo de los efluentes en la calidad de los cuerpos de agua receptores y la magnitud en que estas aguas son usadas para propósitos humanos (recreación, agricultura, agua potable).

4. Las aguas de ingreso y efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales para evaluar su capacidad para remover y destruir los genotóxicos.

5. Concientizar y coadyuvar a los poderes legislativo, judicial y ejecutivo estatales con base en los resultados de investigaciones formales para favorecer una actualización de las normas ambientales vigentes.

Bibliografía

Alink, G.M.; Frederix-Wolters, E.M.H.; Van der Gaag M.A.; Van der Kerkhoff, J.F.F. y Poels; C.L.M. (1980). "Induction of sister chromatid exchanges in fish exposed to Rhine water", en *Mutat. Res. 78*, pp. 369-374.

Al-Sabti, K. y Metcalfe, C.D. (1995). "Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water", en *Mutat. Res. 343*, pp. 121-135.

Ames, B.N.; McCann, J. y Yamasaki, E. (1975). "Methods for detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella/mammalian microsome mutagenicity test", en *Mutat. Res. 31*, pp. 347-364.

ATSDR-MMG (2005). *Medical Management Guidelines*, Aniline.

ATSDR-ToxFAQs (2002). *Aniline*.

Baumann, P.C. y Harshbarger, J.C. (1995). "Decline in liver neoplasms in wild Brown Bullhead catfish after cooking plant closes and environmental PAHs plummet", en *Environ. Health Pespect. 103*, pp. 168–170.

Black, J.J. y Baumann, P.C. (1991). "Carcinogens and cancers in freshwater fishes", en *Environ. Health Perspect. 90*, pp. 27-33.

Bornhard, E.M. y Herbold, B.A. (2005). "Genotoxic activities of aniline and its metabolites and their relationship to the carcinogenicity of aniline in the spleen of rats", en *Crit. Rev. Toxicol. 35*, pp. 783-835.

Calderón-Segura, M.E.; Gómez-Arroyo, S.; Molina-Álvarez, B.; Villalobos-Pietrini, R.; Calderón-Ezquerro, C.; Cortés-Eslava, J.; Valencia-Quintana, R.; López-González, L.; Zúñiga-Reyes, R. y Sánchez-Rincón J. (2007). "Metabolic activation of herbicide products by Vicia faba detected in human peripheral lymphocytes using alkaline single cell gel electrophoresis", en *Toxicol In Vitro. 21*, pp. 1143-54.

Canna-Michaelidou, S. y Nicolaou, A. (1996). "Evaluation of the genotoxicity potential (by MutatoxTM test) of ten pesticides found as pollutants in Cyprus", en *Sci. Total Environ. 193*, pp. 27-35.

CGE (Coordinación General de Ecología. Gobierno del Estado de Tlaxcala) (2003). *Propuesta de saneamiento del río Atoyac en la zona limítrofe de los estados de Tlaxcala y Puebla*.

Claxton, L.D.; Houk, V.S. y Hughes, T.J. (1998). "Genotoxicity of industrial waste and effluents", en *Mutat. Res. 410*, pp. 237-243.

Codina, J.C.; Perez-García, A. y de Vicente, A. (1994). "Detection of heavy metal toxicity and genotoxicity in wastewaters by microbial assay", en *Water Sci. Technol. 30*, pp. 145-151.

CVIA (2010). *MÉXICO-Contaminación industrial en los ríos Atoyac y Xochiac. Caso: Contaminación industrial en los ríos Atoyac y Xochiac. Estados de Tlaxcala y Puebla, República Mexicana*, Centro de información virtual del agua, http://www.agua.org.mx/images/stories/BibliotecaT/TRIBUNALAGUA/caso%20atoyac.pdf, consultado el 9 de agosto de 2010.

De Flora, S.; Bagnasco, M. y Zanacchi, P. (1991). "Genotoxic, carcinogenic, and teratogenic hazards in the marine environment, with special reference to the Mediterranean Sea", en *Mutat. Res. 258*, pp. 285-320.

Dearfield, K.L.; Cimino, M.C.; McCarroll, N.E.; Mauer, I. y Valcovic, L.R. (2002). "Genotoxicity risk assessment: a proposed classification strategy", en *Mutat. Res. 521*, pp. 121-135.

Depledge, M.H. (1996). "Genetic ecotoxicology: an overview", en *J. Exp. Marine Biol. Ecol. 200*, pp. 57-66.

_____(1998). "The ecotoxicological significance of genotoxicity in marine invertebrates", en *Mutat. Res. 399*, pp. 109-122.

Devaux, A., Flammarion, P.; Bernardon, V.; Garric, J. y Monod, G. (1998). "Monitoring of the chemical pollution of the River Rhone through measurement of DNA damage and cytochrome P4501A induction in chub (Leuciscus cephalus)", en *Mar. Environ. Res. 46*, pp. 257-262.

Dey, W.P.; Peck, T.H.; Smith, C.E. y Kreamer, G-L (1993). "Epizoology of hepatic neoplasia in Atlantic Tomcod Microgadus tomcod from the Hudson river estuary", en *Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50*, pp. 1897–1907.

Di Giulio, R.T.; Habig, C. y Gallagher, E.P. (1992). "Effects of Black Rock Harbor sediments on indices of biotransformation, oxidative stress, and DNA integrity in channel catfish", en *Aquatic Toxicol. 26*, pp. 1-22.

Eckl, P.M. (1995). "Aquatic genotoxicity testing with rat hepatocytes in primary culture. II. Induction of micronuclei and chromosomal aberrations", en *Sci. Total Environ. 159*, pp. 81-89.

Flores, A. y Rodríguez, C. (2007). *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y el mundo*, SEMARNAT, México.

Gardner, G.R.; Yevich, P.P.; Harshbarger, J.C. y Malcolm, A.R. (1991). "Carcinogenicity of Black Rock Harbor sediment to the Eastern Oyster and trophic transfer of Black Rock Harbor carcinogens from the Blue Mussel to the Winter Flounder", en *Environ. Health Perspect. 90*: 53-66.

Goldman, L.R.; Paigen, B.; Magnant, M.M. y Highland, J.H. (1985). "Low birth weight, prematurity, and birth defects in children living near the hazardous waste site, Love Canal", en *Haz. Waste Haz. Mat. 2*, pp. 209-223.

Gollapudi, B.B. y Krishna, G. (2000). "Practical aspects of mutagenicity testing strategy: an industrial perspective", en *Mutat. Res. 455*, pp. 21-28.

Griffith, J.; Duncan, R.C.; Riggan, W.B. y Pellom, A.C. (1989). "Cancer mortality in U.S. counties with hazardous waste sites and ground water pollution", en *Arch. Environ. Health. 44*, pp. 69-74.

Hayashi, M.; Ueda, T.; Uyeno, K.; Wada, K.; Kinae, N.; Saotome, K.; Tanaka, N.; Takai, A.; Sasaki, Y.F.; Asano, N.; Sofuni, T. y Ojima, Y. (1998). "Development of genotoxicity assay systems that use aquatic organisms", en *Mutat. Res. 399*, pp. 125-133.

Houk, V.S. (1992). "The genotoxicity of industrial wastes and effluents-a review", en *Mutat. Res. 277*, pp. 91-138.

IARC (2010). http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php, consultado el 9 de agosto de 2010.

Indusry Report (2008). http://www.epa.gov/triexplorer/industry.htm, consultado el 9 de agosto de 2010.

INEGI (1986). *Síntesis Geográfica de Tlaxcala*.

Informe DESCA (2007). *Informe Anual sobre la Situación de los Derechos Económicos, Sociales, Culturales y Ambientales en México 2006*.

Jha, A.N.; Cheung, V.V.; Foulkes, M.E.; Hill, S.J. y Depledge, M.H. (2000). "Detection of genotoxins in the marine environment: adoption and evaluation of an integrated approach using the embryo-larval stage of the marine mussel, Mitilus edulis", en *Mutat. Res. 464*, pp. 213-228.

Jolley, R.L. (1981). "Concentrating organics in water for biological testing", en *Environ. Sci. Technol. 15*, pp. 874-880.

Jongen, W.M. (1982). "Metabolic activation of promutagenic factors in synthetic indigo by mammalian microsomes", en *Carcinogenesis, 3*, pp. 1321-1323.

Juárez, J. (2005). *Efecto citogenético de efluentes industriales sobre los cromosomas de las células meristemáticas de la raíz de Vicia faba*, Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Karakoc, F.T.; Hewer, A.; Phillips, D.H.; Gaines, A.F. y Yuregir, G. (1997). "Biomarkers of marine pollution observed in species of mullet living in two eastern Mediterraean harbours", en *Biomarkers 2*, pp. 303-309.

Kataoka, H.; Hayatsu, T.; Hietsch, G.; Steinkellner, H.; Nishioka, S.; Narimatsu, S.; Knasmuller, S. y Hayatsu, H.(2000). "Identification of mutagenic heterocyclic amines (IQ, Trp-P-1 and AaC) in the water of the Danube River", en *Mutat. Res. 466*, pp. 27-35.

Kira, S.; Nogami, Y.; Ito, T. y Hayatsu, H. (1999). "Detection of benzo(a)pyrene and mutagenicity in water of Lake Baikal (Russia) and rivers in Okayama (Japan) using the blue rayon method: a simplified handling and transportation of samples from remote sites", en *Environ. Toxicol. 14*, pp. 279-284.

Klobucar, G.I.V.; Pavlica, M.; Erben, R. y Papes, D. (2003). "Application of the micronucleus and comet assays to mussel Dreissena polymorpha haemocytes for genotoxicity monitoring of freshwater environments", en *Aquat. Toxicol. 64*, pp. 15-23.

Kuroda, K.; Yamaguchi, Y. y Endo, G. (1992). "Mitotic toxicity, sister chromatid exchange, and Rec assay of pesticides", en A*rch. Environ. Contam. Toxicol. 23*, pp. 13-18.

Lyons, B.P.; Harvey, J.S. y Parry ,J.M. (1997). "An initial assessment of the genotoxic impact of the Sea Empress oil spill by the measurement of DNA adduct levels in the intertidal teleost Lipophrys pholis", en *Mutat. Res. 390*, pp. 263-268.

MacGregor, J.T., Casciano, D. y Müller, L. (2000). "Strategies and testing methods for identifying mutagnic risks", en *Mutat. Res. 455*, pp. 3-20.

Magaña, V.O. (2005). *Informe de avance de trabajo, Análisis de Vulnerabilidad Actual. Proyecto: "Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba"*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Fondo Global del Ambiente.

Maldonado, M. I. (1999). *Efectos citogenéticos en linfocitos humanos en cultivo inducidos por las aguas del río Zahuapan en Panotla, Tlaxcala*,Tesis Licenciatura, Departamento de Agrobiología, Licenciatura en Biología Agropecuaria, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

Matsui, S. (1988). "The Bacillus subtilus/Microsome Rec-assay for the detection of DNA-damaging substances in waters of a night soil treatment plant", en *Toxic. Assess. 3*, pp. 173-193.

Meier, J.R. y Bishop, D.F. (1985). "Evaluation of conventional treatment processes for removal of mutagenic activity from municipal wastewaters", en *J.Water Pollut. Cont. Fed. 57*, pp. 999-1005.

Meneses, M. (1999). *Monitoreo de la capacidad genotóxica del agua del río Zahuapan en Xicohtzinco, Tlaxcala*, Tesis Licenciatura, Departamento de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Mitchelmore, C.L. y Chipman, J.K. (1998). "DNA strand breakage in aquatic organisms and the potential value of the comet assay in environmental monitoring", en *Mutat. Res. 399*, pp. 135-147.

Mohri, S.; Somiya, I. y Ono, Y. (1996). "Risk assessment of genotoxic substances related to human diet in the water environment", en *J. Jpn. Soc. Water Environ. 11*, pp. 847-854

Montero, R.; Serrano, L.; Araujo, A.; Dávila, V.; Ponce, J.; Camacho, R.; Morales, E. y Méndez, A. (2006). "Increased cytogenetic damage in a zone in transition from agricultural to industrial use: comprehensive analysis of the micronucleus test in perioheral blood lymphocytes", en *Mutagenesis 21*, pp. 335-342.

Moriya, M.; Ohta, T.; Watanabe, K.; Miyazawa, T.; Kato, K. y Shirasu, Y.(1983). "Further mutagenicity studies on pesticides in bacterial reversion systems", en *Mutat. Res. 116*, pp. 185-216.

Myers, M.S.; Stehr, C.M.; Olson, O.P.; Johnson, L.L.; McCain, B.B.; Chan, S.-L. y Varanasi, U. (1994). "Relationships between toxicopathic hepatic lesions and exposure to chemical contaminants in English Sole Pleuronectes letulus., Starry Flounder Patichthys stellatus., and White Croaker Genyonemus lineatus. from selected marine sites on the Pacific coast, USA", en *Environ. Health Perspect. 102*, pp. 200-215.

Nacci, D.E.; Cayula, S. y Jackim, E. (1996). "Detection of DNA damage in individual cells from marine organisms using the single cell gel assay", en A*quatic Toxicol. 35*, pp. 197-210.

Nagai, A.; Kano, Y.; Funasaka, R. y Nakamuro (2002). "Mutagenic characteristics and ontrbution of polycyclic aromatic hydrocarbons to mutagenicity of concentrates from municipal river water by blue chitin column", en *J. Health Sci. 48*, pp. 232-241.

Navarro, I.; Flores, E. y Valladares, R. (2004). "Estudio Ambiental. Informe", en Morales Eduardo (Ed.), *Ambiente y Derechos Humanos*, Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C., Tlaxcala, Tlax.

Ohe, T. (1997). "Quantification of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines, MeIQx, Trp-P-1, Trp-P-2 and PhIP, contributing highly to genotoxicity of river water", en *Mutat. Res. 393*: pp. 73-79.

Ohe, T.; Ito, H. y Kawabuti, M. (1993). "Genotoxicity of blue rayon extracts from river waters using sister chromatid exchange in cultured mammalian cells", en *Arch. Environ. Contam. Toxicol. 25*: pp. 293-297.

Ohe, T. y Nukaya, H. (1996). "Genotoxic activity of 1-nitropyrene in water from the Yodo River, Japan", en *Sci. Tot. Environ. 181*: 7-12.

Ohe, T.; Watanabe, T. y Wakabayashi, K. (2004). "Mutagens in surface waters: a review", en *Mutat. Res. 567*: pp.109-149.

Ohe, T.; Takeuchi, N.; Watanabe, T.; Tada, A.; Nukaya, H.; Terao, Y.; Sawanishi, H.; Hirayama, T.; Sugimura, T. y Wakabayashi, K. (1999). "Quantification of two aromatic amine mutagens, PBTA-1 and PBTA-2, in the Yodo River system", en *Environ. Health Perspect. 107*: pp. 701-704.

Ono, Y.; Somiya, I. y Kawaguchi, T. (1996). "Genotoxicity of substances in the nightsoil and its biologically treated water", en *Water Res. 30: pp.* 569-577.

Paigen, B. y Goldman, L.R. (1987). "Lessons from Love Canal: The role of the public and the use of birth weight, growth, and indigenous wildlife to evaluate health risk", en J.B. Andelman and D.W. Underhill (eds.), *Health Effects from Hazardous Waste Sites*, Lewis Publishers, Chelsea, MI, pp. 177-192.

Parry, J.M.; Tweats, D.J. y Al-Mossawi, M.A.J. (1976). "Monitoring the marine environment for mutagens", en *Nature 264*: pp. 538-540.

Pelon, W.; Whitman, B.F. y Beasley, T.W. (1977). "Reversion of histidine-dependent mutant strains of Salmonella typhimurium by Mississippi River water samples", en *Environ. Sci. Technol. 11*: pp. 619-623.

Prein, A.E.; Thie, G.M.; Alink, G.M.; Poels, C.L.M. y Koeman, J.H. (1978). "Cytogenetic changes in fish exposed to water of the river Rhine. Sci", en *Total Environ. 9*: pp. 287-291.

Rannug, U.; Bramstedt, H. y Nilsson, U. (1992). "The presence of geotoxic and bioactive components in indigo dyed fabrics-a possible health risk?", en *Mutat. Res., 282*, 219-225.

Rappaport, S.M.; Richard, M.G.; Hollstein, M.C. y Talcott, R.E. (1979). "Mutagenic activity in organic wastewater concentrates. Environ", en *Sci. Technol. 13*: pp. 957-961.

Rehana, Z.; Malik, A. y Ahmad, M. (1995). "Mutagenic activity of the ganges water with special reference to the pesticide pollution in the river between Kachla to Kannauj (U.P.), India", *Mutat. Res. 343*: pp. 137-144

Rehana, Z.; Malik, A. y Ahmad, M. (1996). "Genotoxicity of the Ganges water at Narora (U.P.), India", en *Mutat. Res. 367*: pp. 187-193.

Rodríguez-Ariza, A.; Abril, N.; Navas, J.I.; Dorado, D.; López-Barea, J. y Pueyo, C. (1992). "Metal, mutagenicity, and biochemical studies on bivalve molluscs from Spanish coasts", en *Environ. Mol. Mutagen. 19*: pp. 112-124.

Romano-Galicia, F. (1999). *Genotoxicidad de los sedimentos y agua del Sistema Hidrológico Atoyac-Zahuapan en las células meristemáticas de Vicia faba*, Tesis Licenciatura, Departamento de Agrobiología, Escuela de Biología Agropecuaria, Universidad Autónoma de Tlaxcala, México.

Sakamoto, H. y Hayatsu, H. (1990). "A simple method for monitoring mutagenicity of river water. Mutagens in Yodo River System Kyoto-Osaka, Japan. Bull", en *Environ. Contam. Toxicol. 44*: pp. 521-528.

Sakamoto, H.; Ohe, T.; Hayatsu, T. y Hayatsu, H. (1996). "Evaluation of blue-chitin column, blue-rayon hanging, and XAD-resin column techniques for concentrating mutagens from two Japanese rivers", en *Mutat. Res. 371*: pp. 79-85.

Sánchez-Alarcón, J. (2005). *Análisis de la proliferación celular y frecuencia de intercambio de cromátidas hermanas en linfocitos humanos en cultivo expuestos a efluentes industriales*, Tesis Maestría, División de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Sánchez-Galán, S.; Linde, A.R.; Ayllon, F. y Garcia-Vazquez, E. (2001). "Induction of micronuclei in eel (Anguilla anguilla L.) by heavy metals, Ecotoxicol", en *Environ. Saf. 49*: pp. 139-143.

Schnurstein, A. y Braunbeck, T. (2001). "Tail moment versus tail length-application of an in vitro version of the comet assay in biomonitoring for genotoxicity in native surface waters using primary hepatocytes and gill cells from zebrafish (Danio rerio). Ecotoxicol", en *Environ. Saf. 49*: pp. 187-196.

SECOFI (1992). Dotación de Recursos Naturales del Estado de Tlaxcala, Ed. Nacional Financiera.

Stahl, R.G. Jr. (1991). "The genetic toxicology of organic compounds in natural waters and wastewaters. Ecotoxicol", en *Environ. Saf. 22*: pp. 94-125.

Tokiwa, H. y Onishi, Y. (1986). "Mutagenicity and carcinogenicity of nitroarenes and their sources in the environment.", en *CRC Crit. Rev. Toxicol. 17*: pp. 23-60.

Tragua (2006). *Veredictos de la Audiencia Pública Regional, México. Tribumal Latinoaméricano del Agua. Caso: Contaminación industrial en los ríos Atoyac y Xochiac. Estados de Tlaxcala y Puebla, República Mexicana*, marzo.

Tsukatani, H.; Tanaka, Y.; Sera, N.; Shimizu, N.; Kitamori, S. y Inoue, N. (2003). "Validity of mutagenic activity as an indicator of river

water pollution", en *Environ Health Prev. Med. 8*: pp. 133-138.

Valencia-Quintana, R.; Gómez-Arroyo, S. y Villalobos-Pietrini, R. (1993)."Cytological effects of some carbamate insecticides. 1. Methomyl and oxamyl in Vicia faba", en *Rev. Int. Contam. Ambient. 9*: pp. 65-69.

Valencia-Quintana, R.; Juárez-Santacruz, L.; Delgado-Rodríguez, A. y Sánchez-Alarcón, J. (1998). "Cytological effects of some carbamate insecticides.II. Induction of sister chromatid exchanges by Vydate L-24 and Lannate-90", en *Rev. Int. Contam. Ambient. 14*: pp. 49-53

Valencia-Quintana, R.; Sánchez-Alarcón, J.; Gómez-Olivares, J.L.; Juárez-Santacruz, L.; García-Gallegos, E.; Montiel González, J.M.R.; García-Nieto, E. y Waliszewski, S.M. (2005). "Vydate l-24, un plaguicida carbámico que induce aberraciones Cromosómicas en células meristemáticas de Vicia faba", en *Rev. Int. Contam. Ambient. 21 (Supl. 1)*: pp. 63-70.

Valencia-Quintana, R.; Sánchez-Alarcón, J.; Ortiz, E. y Gómez-Olivares, J.L. (2007). "La contaminación de los ríos, otro punto de vista. Primera parte", en *Ciencia en la Frontera V*: pp. 35-49.

Varanasi, U.; Reichert, W.L. y Stein, J.E (1989). "P postlabelling analysis of DNA adducts in liver of wild English Sole Parophrys Íetulus. and Winter Flounder Pseudo pleuronectes americanus", en *Cancer Res. 49:* pp. 1171-1177.

Vijayaraghavan, M. y Nagarajan, B. (1994). "Mutagenic potential of acute exposure to organophosporus and organochlorine compounds", en *Mutat. Res. 321*: pp. 103-111.

Villalobos-Pietrini, R.; Flores-Márquez, A.R. y Gómez-Arroyo, S. (1994). "Cytogenetic effects in Vicia faba of the polluted water from rivers of the Tlaxcala hydrological system, Mexico", en *Rev. Int. Contam.Ambient. 10*: pp. 83-88.

Waters, M.D.; Simmon, V.F.; Mitchell, A.D.; Jorgenson, T.A. y Valencia, R. (1980). "An overview of short term tests for the mutagenic potential of pesticides", en *Environ. Sci. Health. 15*: pp. 867-906.

Waters, M.D.; Stack, H.F.; Garrett, N.E. y Jackson, M.A. (1991). "The genetic activity profile database", en *Environ. Health Perspect. 96*: pp. 41-45.

Waters, M.D.; Stack, H.F. y Jackson, M.A. (1999). "Genetic toxicology data in the evaluation of potential human environmental carcinogens", en *Mutat. Res. 437*: pp. 21-49.

Waters, M.D.; Stack, H.F.; Brady, A.L.; Lohman, P.H.M.; Haroun, L.y Vainio, H. (1988). "Use of computerized data listings and activity

profiles of genetic and related effects in the review of 195 compounds", en *Mutation Res. 205*: pp. 295-312.

White, P.A. y Côté, C. (1998). "Investigating the sources and fate of genotoxic substances in aquatic ecosystems with the SOS Chromotest", en P.G. Wells, K. Lee, C. Blaise (eds.), *Microscale Testing in Aquatic Toxicology*, CRC Press, Boca Raton, Boston, London, New York, Washington, DC, pp. 607-630.

White, P.A. y Rasmussen, J.B. (1998). "The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters", en *Mutat. Res. 410*: pp. 223-236.

White, P.A.; Rasmussen, J.B. y Blaise, C. (1996a). "Comparing the presence, potency, and potential hazard of genotoxins extracted from a broad range of industrial effluents", en *Environ. Mol. Mutagen. 27*: pp. 116-139.

White, P.A.; Rasmussen, J.B. y Blaise, C. (1996b). "Sorption of organic genotoxins to particulate matter in industrial effluents. Environ", en *Mol. Mutag. 27*: pp. 140-151.

White, P.A.; Rasmussen, J.B. y Blaise, C. (1996c). "A semi-automated, microplate version of the SOS Chromotest for the analysis of complex environmental extracts", en *Mutat. Res. 360*: pp. 51-74.

Yamaguchi, Y.; Fukushima, M., Fujita, T. y Yamada, A. (1991). "Distribution and seasonal variation of pesticides in Yodo River basin", en *Environ. Chem. 1*: pp. 56-63.

Zamora, C.E. y Vázquez, C.O. (2000). *Evaluación del potencial genotóxico de aguas residuales, el caso de la industria textil de Santa Ana Chiautempan, Tlaxcala,* Tesis de Licenciatura, Departamento de Agrobiologia, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Zhong, Y.; Feng, S.L.; Luo, Y.; Zhang, G.D. y Kong, Z.M. (2001). "Evaluating the genotoxicity of surface water of Yangzhong city using the Vicia faba micronucleus test and the comet assay", en *Bull. Environ. Contam. Toxicol. 67*, pp. 217-224.

Capítulo

2

Paisaje y tierras

La ruta de la industrialización en Tlaxcala: el Zahuapan y el Atoyac

Ricardo Nava Olivares[1]

Introducción

El presente artículo pretende demostrar que entre los principales factores de localización industrial, que históricamente se han considerado para la instalación de empresas del sector manufacturero, están precisamente los ríos Zahuapan y Atoyac. Esta información permite trazar la ruta de industrialización en Tlaxcala, México.

Desde la época colonial hasta nuestro días, el factor agua ha sido clave para definir los espacios físicos donde se ha instalado la industria, esto queda demostrado al realizar una revisión de fuentes de segunda mano que verifican que los gobiernos han orientado, a través de políticas de fomento industrial, la localización espacial de las industrias siguiendo los causes naturales del agua. Así, la expansión física que se refleja en la presencia de industria en los municipios, se asocia a ese factor. Por ende, se adelanta que en términos de planeación industrial, en el caso de Tlaxcala, se aprovecharon las cuencas hidrológicas, pese a las limitantes en términos de cantidad disponible de agua del subsuelo y fue un elemento que recurrentemente fue utilizado para direccionar el desarrollo espacial de la industria, con efectos directos en la concentración poblacional y urbana que ha tenido la entidad desde su fundación.

El artículo está dividido en tres partes: la primera presenta una revisión de la primera ruta de industrialización a partir de la época prehispánica que comprende además el Virreinato, el Tlaxcala independiente, el Prosperato hasta la década los años treinta del siglo XX; si bien las fuentes consultadas presentan inconsistencia en fechas y lugares precisos, esto no impidió establecer una primera ruta a partir de la obtención de datos, pues las imprecisiones no contravienen el proceso espacial que, por lo general, siguió la industrialización, pues los autores revisados coinciden plenamente en que los primeros obrajes y las primeras industrias estuvieron ligadas al Zahuapan, más tarde conocido como la cuenca Zahua-

1 El Colegio de Tlaxcala, A.C. y Universidad Autónoma de Tlaxcala.Correo electrónico: ricardonavaolivares@yahoo.com.mx

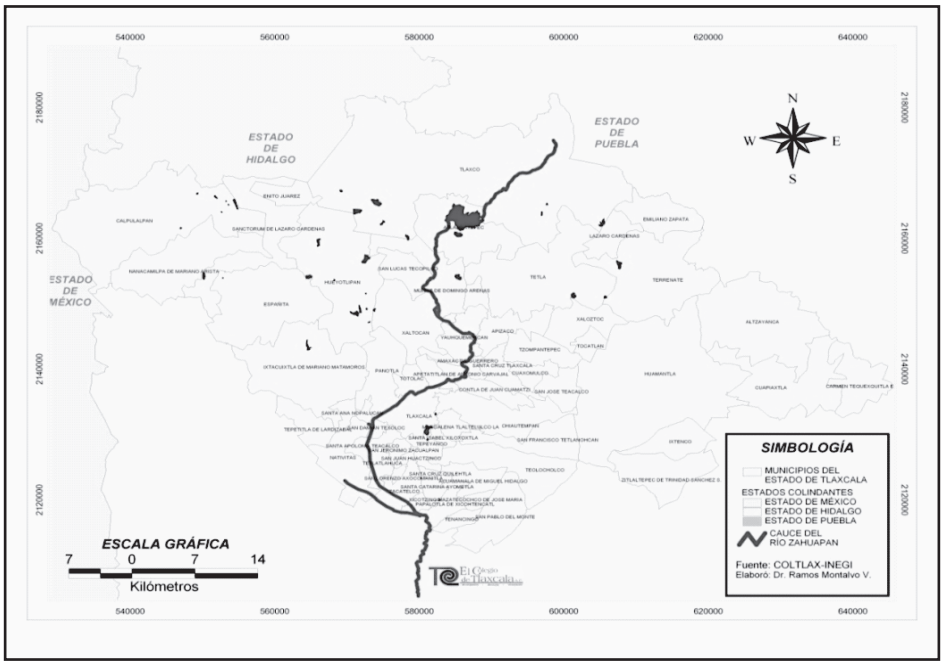
pan-Atoyac; también coinciden en que la instalación de estas industrias obedeció al trazado realizado por los indígenas que ocupaban en épocas prehispánicas el territorio que tiempo después sería el estado de Tlaxcala, tomando como punto de centro espacial lo que hoy es el centro histórico de la ciudad capital. Es importante señalar que en términos de corte espacial sobre la ruta, se considera básicamente al río Zahuapan, más que el Atoyac, siguiendo la propuesta de Dony (1954), quien al presentar la ruta de Cabeza de Vaca, prefirió ocuparse más de los caminos que recorrieron los exploradores del lado de México que del lado de los Estados Unidos; pasa lo mismo con esta ruta, pues es el río Zahuapan cruza por más de 20 municipios, ocupando la actual división política administrativa que data del año de 1995, mientras que el Atoyac sólo atraviesa a cuatro de ellos. De hecho a largo del artículo se hará énfasis en el lado de Tlaxcala. Esa primera ruta se ubica en la parte media y baja del Zahuapan, en el centro sur de la ahora entidad federativa.

En la segunda parte, se presenta otra ruta que considera un periodo de análisis de mediados de los años treinta del siglo XX hasta la primera década del siglo XXI, que incluye el impulso al sector industrial por parte del gobierno estatal y el gobierno federal, así como los virajes de política industrial que se presentaron en esos años hasta el abandono de la misma en el año de 2005. Como se mostrará, la instalación de las industrias estuvo ligada al río Zahuapan a lo largo de cinco décadas; así para el año 2009, se tienen registradas según el directorio industrial (SEDECO, 2009) 367 empresas instaladas, de las cuales 142 están ubicadas en municipios que cruzan el río, lo que representa el 38 por ciento de total de industrias del estado; cabe mencionar que para este trabajo no se consideraron los más de cien afluentes que van a parar al Zahuapan, y que de haberlos considerado hubiera aumentado de manera importante el porcentaje de industrias ligados al mismo. Un dato sumamente interesante es, que aunque las condiciones del río se han deteriorado en gran medida por el crecimiento del sector manufacturero, así como de las descargas de los sistemas de drenaje, producto del crecimiento poblacional, aun con lo anterior se siguen instalando empresas al margen de lo que queda del Zahuapan, tal como se mostrará en los mapas construidos *ex profeso* para este artículo. Llama la atención que todavía entre los años de 2000 a 2009, de las 65 empresas que se instalaron, 25 de ellas se localizan en al menos nueve municipios donde cruza el río, lo anterior pudiera explicarse por el factor de atracción-concentración industrial que ha mantenido un patrón histórico de centro-sur, pues aunque hoy en día un mayor número de municipios cuentan con industria, lo cierto es que se sigue manteniendo un alto nivel de concentración. Finalmente se presentan algunas conclusiones sobre la ruta de la industrialización.

1. Ubicación geográfica

Aludiendo a la actual división político-administrativa, el río Zahuapan nace en el cerro de Huilacapitzo, pertenece al municipio del Tlaxco, ubicado en el punto más alto, ahí donde nace el Balsas; otra característica es que está ubicado en lo que se conoce como parteaguas continental, donde el escurrimiento corre hacia el pacífico (punto del techo). Para algunos especialistas (Rábago, 2010), el Zahuapan se divide entres partes: alta hasta la Laguna de Atlangatepec; media de la salida de la Laguna de Atlangatepec hasta Atlihuetzía y baja (plana hasta encontrarse con en río Atoyac) (ver Mapa 1).

Mapa 1. Trazo actual de río Zahuapan y río Atoyac, 2010



Fuente: elaborado con base de datos del Sistema de Información Geográfica del Coltlax, Ramos Moltalvo, 2010.

Con la actual división municipal, que data del año de 1995 (política-administrativo), el río Zahuapan, cruza todo el estado de Tlaxcala de norte a sur; prácticamente divide a la entidad en dos partes, toca al menos a 20 de los 60 municipios, es decir, atraviesa al 33.3 por ciento del total —en algunos caso sólo toca los límites—, éstos son: Tlaxco, Atlagantepec, Muñoz de Domingo Arenas, Xaltocan, Yauhquemecan, Apizaco, Amaxac,

Santa Cruz Tlaxcala, Contla de Juan Cuamantzi, San Pablo Apetatitlán, Totolac, Tlaxcala, San Damian Texoloc, Santa Apolonia Teacalco, Tetlatlahuca, San Lorenzo Axocomanitla, Zacatelco, Papalotla y Tenancigo. Mientras que el Atoyac cruza a Nativitas, Zacatelco, Papalotla y Tenancingo. La subcuenca del Río Zahuapan cuenta con 110 microcuencas.

En un estudio (Suárez, 2009) se destaca que:

> En estado de Tlaxcala existen cuatro subcuencas: Soltepec (RH-Pánuco, Cuenca Valle de México, E. Zapata (RH-27 Tuxpan-Nautla, Cuenca endorréica Libres-Oriental) y Alto Balsas (RH-18 Balsas, Cuenca Ríos Atoyac-Zahuapan). La subcuenca del Río Zahuapan es la más grande de éstas, con una extensión de 1,725.524 kms. ubicada en la parte central del Estado, la cual presenta un patrón de drenaje complejo. Éste se subdivide el 110 microcuencas, de diferentes tamaños. El Río Zahuapan, que le da el nombre, cruza por la parte central de la misma de norte a sur (Suárez, 2009:45). En esta subcuenca, habitan 637, 577 personas en 160 comunidades con más de 100 habitantes (INEGI, 2005). Hay 15 centros urbanos con más de 10,000 habitantes, en los que residen 630,372 (56.5% de total de la subcuenca). Destacan por su tamaño poblacional, las ciudades de Tlaxcala, Apizaco, Chiautempan, Zacatelco y Contla de Juan Cuamatzi, con 73,213; 56,454; 44,561; 37,700 y 22,646 habitantes respectivamente (Suárez, 2006)… los municipios que conforman la zona centro-sur de la subcuenca del río Zahuapan son los más densamente poblados, alcanzando valores mayores que 1500 hab./km^2, contrastando con los municipios del norte cuyos valores de densidad son alrededor de 60 han/km^2 (Suárez, 2009:45-46).

2. El origen de la primera ruta de industrialización

Aunque no hay evidencia documental de las exploraciones que seguramente hicieron los indígenas que habitaban este territorio en épocas prehispánicas, es indudable que conocieron el punto geográfico donde nace el rio Zahuapan, por ende es posible suponer que estos grupos humanos tenían algunos conceptos básicos de geografía y éstos fueron guías imprescindibles para los conquistadores; eso se puede confirmar por los establecimientos de los obrajes en el siglo XVI y en las industrias textiles del siglo XIX, tal afirmación se puede obtener de los distintos estudios (Dony,1954) que se realizaron sobre la ruta de Cabeza de Vaca, que permite establecer que las exploraciones fueron una práctica común tanto de los indios como de los españoles, mismas que les permitieron ubicar puntos estratégicos para los posteriores asentamientos humanos, además de confirmar que el factor agua fue primordial para el desarrollo de las actividades económicas:

> Cuando los cuatro náufragos, barbudos y desnudos, tomaron la gran decisión de explorar al país en lugar de continuar hacia el Pánuco y su seguridad, deben haber tenido un concepto definido de cómo llegar al otro océano. Quizá calcularon mal la distancia, quizá la adivinaron bastante bien, pero se vieron forzados a hacer largos rodeos para encontrar comida y guías y para evitar las cordilleras. Nunca hemos apreciado el conocimiento que los guías indios tenían de tales cosas, De Vaca sinceramente admite que no podrían haber viajado sin ellos (Dony, 1945:8).

Tal como lo demuestra el investigador Alemán Korad Tyrakowsky (1991), en la época prehispánica se pueden encontrar visos de una planeación espacial por parte de los indígenas que habitaban este territorio, en ese estudio realizado se demuestra que:

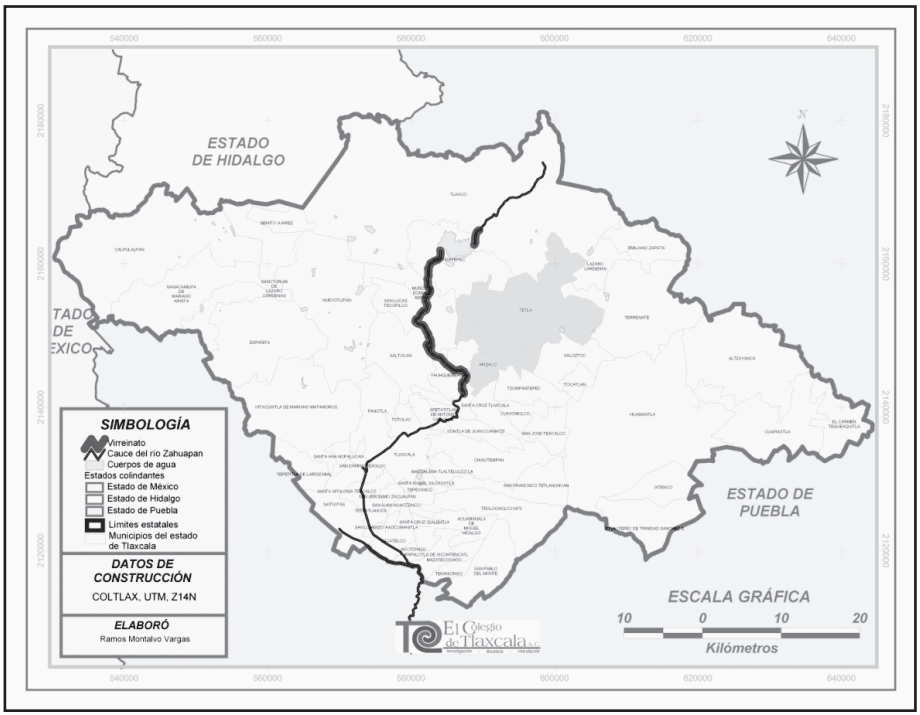
> Hay una planeación intencionada del espacio geográfico por el hombre prehispánico en grandes áreas de las llanuras entre los ríos Atoyac y Zahuapan, que condujo a los sistemas de poblaciones, centros religiosos y campos de cultivo en una manera conscientemente proyectada, aprovechando el ámbito físico y geográfico… de ellas resultará padrones esquemáticos y reglamentados en la geografía humana. Estos padrones son autóctonos, no son foráneos (Tyrakowsky,1991:31).

Uno de los hallazgos más sobresalientes de esa investigación es que antes de la llegada de los españoles, los indígenas que habitan el ahora estado de Tlaxcala, tenían nociones geográficas muy avanzadas que les permitieron ubicar espacios geográficos para el desarrollo de los primeros asentamientos humanos; desde luego que el factor agua fue pieza angular de este nivel de desarrollo, tanto para la edificación de sus centros ceremoniales, como para las actividades agrícolas, tal como sucedió con el papel que jugó el río Nilo en Egipto, que permitió el florecimiento de una de las civilizaciones más desarrolladas de esos tiempo remotos. En sí Korad Tyrakowsky afirma que el conocimiento de medio físico y natural fue utilizado para el trazado de la ciudad, y que a la llegada de los españoles prevaleció ese mismo patrón espacial, es decir la aportación de los indígenas sirvió de base para instaurar la provincia de Tlaxcala. De hecho los ríos han acompañado gran parte del desarrollo de las sociedades, y sus múltiples usos han permitido edificar ciudades, consolidar actividades agrícolas y más recientemente en el siglo XVIII y principios del XIX el desarrollo de la manufactura, producto de la revolución industrial, misma que tuvo su despegue con la mecanización de la industria textil, que requería del poder del agua para el funcionamiento de las máquinas; a ellos se suma el avance en la rutas de transporte y un poco más adelante el uso del ferrocarril; éste último fue también un factor clave para la instalación de las industrias en esta región, pues como es sabido

no se puede entender el desarrollo industrial de Tlaxcala sin considerar el papel protagónico del sector textil.

Para el caso de Tlaxcala en la época prehispánica, según Guillermo Aragón (2008), la amplia disponibilidad de agua de la cuenca fue un factor de atracción para los primero pobladores de la región que desarrollaron la agricultura; una vez que llegaron los españoles se agregaron dos procesos económicos hasta antes desconocidos: la ganadería intensiva y los obrajes; al respecto González Jácome (2008), a partir de los trabajo de Trautmann (1981), identifica que el primer obraje que se instala en el Virreinato fue en el año de 1560 en el poblado de San Luis Apizaquito (Tetla-Apizaco); cabe mencionar que los obrajes requerían de agua para el lavado de las telas. Con la instalación de este primer obraje se inicia la ruta de la industrialización, pues el obraje fue la base de la industria textil no sólo en la provincia de Tlaxcala, sino en Inglaterra, Europa y la Nueva España (ver Mapa 2).

Mapa 2. Localización del primer obraje en el Virreinato, 1560, San Luis Apizaquito



Fuente: datos de González Jácome (2008) y elaborado por Ramos Montalvo, investigador del Coltlax, 2010.

Como se puede observar en el mapa 2, la primera ruta de industrialización se ubica en la parte media del río Zahuapan, de centro a sur, para el año de 1604 se tiene el registro de 16 obrajes más, aunque la revisión de documentos no ofrece precisiones espaciales sobre los lugares donde se instalaron, así González afirma que :

> En el Virreinato, las telas se comenzaron a producir en los obrajes textiles, en Tlaxcala se ubicaron en las márgenes del río Tequixquiatl —afluente del Zahuapan— para luego seguir por el curso del mismo río Zahuapan, pasando por la ciudad capital y tomando dirección hacia el sur hasta reunir sus aguas con las del río Atoyac y entrar en la ciudad de Puebla de los Ángeles. Los obrajes requerían de agua para el lavado de las telas, que se desgrasaban utilizando jabón —hecho con grasa de cerdo— y agua en abundancia. El primer y más antiguo obraje se instaló en el año de 1560, en San Luis Apizaquito y era propiedad de López Arrones, que poseía una estancia de ovejas, un molino de trigo y el obraje (Trautmann, 1981). Para 1604 Tlaxcala contaba con trece obrajes textiles, siete de paño, cuatro de sayales y dos trapiches de sayales menores (Nava, 1973; Urquiola 1986:92)… Sin embargo, a finales de la época novohispana Tomás Díaz Varela estableció un obraje en Chiautempan, que tenía 28 telares y producía textiles de excelente calidad, que rivalizaba con los del Bajío (González, 2008:11-12).

Es importante mencionar que existen pocas fuentes que muestren el comportamiento espacial de la industria en los siglos XVI y XVII; así para la época del México independiente, en Tlaxcala, según González (2008), se tienen registros que muestran que para el año de 1832, se había instalado la Fundición de Fierro y Bronce de Panzacola; seis años más tarde en 1842, se instala la fábrica textil El Valor en la misma zona, y para fines de la primera mitad del siglo XIX se habían instalado al menos 72 fábricas, destacando que en el año de 1849 se instala el Esfuerzo que se ubica en el antiguo Molino de trigo de Atlihuetzía; así la primera ruta empieza a moverse, pues ahora su ubicación inicial es de la parte baja del río Zahuapan y su punto de encuentro con el Atoyac; es decir en el sur del ahora estado de Tlaxcala, sin embargo, se empieza a presentar un patrón de concentración de las industrias en la zona centro-sur, mismo que prevalecerá aún en el siglo XXI, pues a partir de 1870 se construyen nuevas industrias en los municipios de Panzacola, Santo Toribio Xicotzinco, Santa Cruz Tlaxcala, Amaxac de Guerrero, Santa Ana Chiautempan y Tetla-Apizaco; para González Jácome (2008), se crea entonces el primero corredor industrial que va de Tlaxcala a Puebla al margen del Zahuapan y Atoyac, (ver Tabla 1). En el caso particular de El Valor, Polvo (2008) sostiene que:

> Fundada en 1877, aproximadamente, por Ciriaco Marrón y Carballo, la fábrica El Valor se estableció en el poblado de Panzacola, municipio de Xicohténcatl, distrito de Zaragoza y se dedicaba a la elaboración de hilados, tejidos y estampado. Con la instalación de esta fábrica se inicia el proceso de industrialización en Tlaxcala; para su funcionamiento se construyeron dos presas ubicadas en los ríos Zahuapan y Tlalpitzac, el agua de los ríos se conducía directamente a un acueducto de la fábrica y este a un mecanismo que generaba el movimiento hidráulico, con el que funcionaba la maquinaria (Polvo, 2008: 39).

Tabla 1. Fábricas textiles de Tlaxcala en la segunda mitad del siglo XIX y los inicios del XX

Año	Nombre	Población
1877	El Valor	Santo Toribio Xicohtzingo o Panzacola
1877	San Manuel	San Miguel Contla
1880	La Trinidad	Santa Cruz Tlaxcala
1885	La Josefina	Santo Toribio Xicohtzinco
1885	La Alsacia	Santo Toribio Xicohtzinco
1885	La Tlaxcalteca	Santo Toribio Xicohtzinco
1890	La Estrella	Amaxac -Chiautempan
1894	La Xicohténcatl	Chiautempan
1900	Santa Elena	Amaxac de Guerrero
1901	San Luis Apizaquito	Tetla, Apizaco
1901	La Providencia	Chiautempan

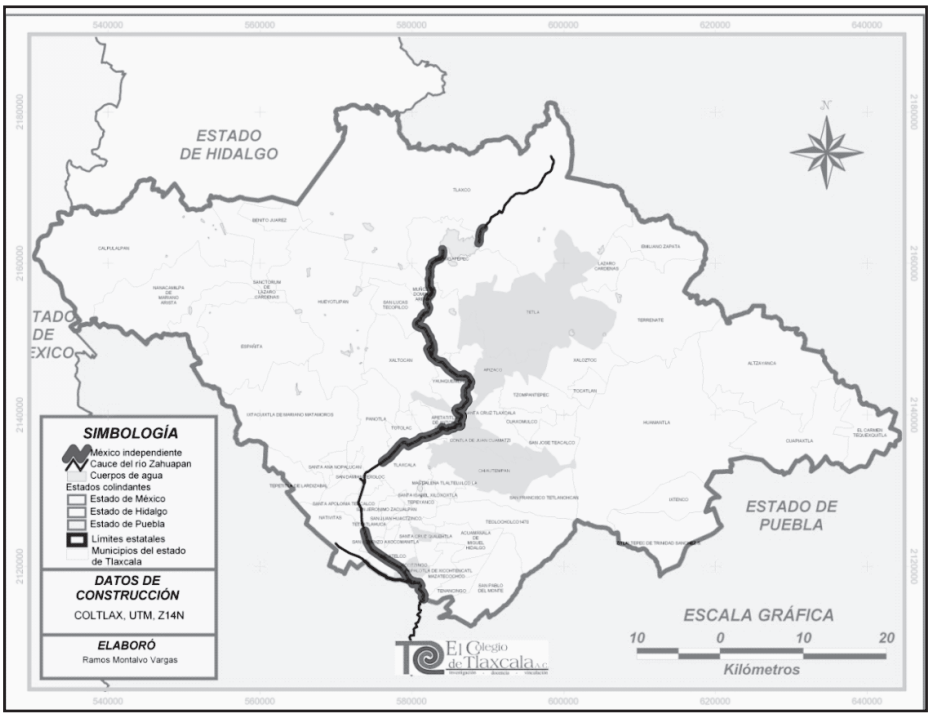
Fuente: tomado de Alba González Jácome, integrado con base en distintas fuentes, 2008: 21.

Así la primera ruta de industrialización se consolida en todo el siglo XIX, pues incluso en el Prosperato (1885-1911), se aprecia la concentración de la industria en la zona centro sur de la entidad. Es importante destacar que existen inconsistencias en la fechas de instalación, así en el caso de la fábrica de Hilados y Tejido San Luis, ubicada en Apizaquito, según Bojalil (2008), ésta inicia operaciones en al año de 1931, mucho tiempo después de lo registrado por González (2008), aún con esas imprecisiones la ruta no cambia, pues mantiene el patrón que se había señalado; así Bojalil sostiene que:

> la fábrica de hilados y tejidos San Luis, fundada por don Ángel Solana, construcción hermosa, realizada con tabique y adobe, con aplanado blanco y cubierta catalana que originalmente era un molino de trigo, propiedad del señor Simón Steffani de origen francés, quien trabajaba

con una turbina de 20 pulgadas de grosor que funcionaba con el agua de la laguna… Así Don Ángel Solana remodela en forma exquisita esta propiedad y el 1931 empiezan los trabajos con diez telares, hasta completar 400, proporcionando fuentes de trabajo y progreso a San Luis Apizaco…esta gran factoría contaba con luz eléctrica propia, al comprar la familia Solana, la hacienda de San Diego Atlapahuaya donde se extendían el agua y se aprovechaba la cascada, instaló una gran planta de energía que proporcionaba electricidad a la fábrica (Bojalil, 2008:47-49).

Mapa 3. Ruta de las industrias en el Tlaxcala Independiente



Fuente: elaborado por Ramos Montalvo, investigador del Coltlax, con datos de González Jácome (2008).

En gran medida, la primera ruta se ubica en el centro sur de la entidad por varias razones que Ricardo Rendón (2005) destaca muy bien al referirse a que esta región sur, aunque representa la menor superficie del total, reúne mejores condiciones para el desarrollo de las actividades agrícolas, y en su momento para la industria, así como por su cercanía con Puebla de los Ángeles, pues la influencia de esta ciudad marcará de manera profunda las relaciones de intercambio económico de la Provin-

cia, en la región centro sur se concentró la mayor parte de la población y se ubica el trazado de la primer ruta.

3. La segunda ruta de industrialización, 1930-2010

En la segunda ruta de industrialización, el papel del gobierno fue fundamental, pues la política industrial adquirió un papel protagónico no sólo para modificar sustantivamente el tipo de actividades económicas que habían predominado hasta entonces, sino que impactó en la planeación del espacio físico; así, el impulso al sector industrial fue orientado por una parte aprovechando el patrimonio histórico desde la época prehispánica hasta finales del Prosperato (1911). Es decir mantuvo la ruta del Zahuapan; así, en el año de 1937 durante el gobierno de Isidro Candia se emite la primera Ley de Fomento Industrial, que pretende una transformación de una Tlaxcala agrícola y rural en una urbana e industrial. Ricardo Rendón señala que:

> Gobernadores de estirpe hacendaria como Ávila Bretón (1945-1951) y Felipe Masarraza (1951-1957), se dieron cuenta de que Tlaxcala no podía seguir en el camino de la economía agraria tradicional, por lo que promovieron el establecimiento de corredores industriales, aprovechando la favorable ubicación geográfica de la entidad, sus buenas comunicaciones y sus abundantes recursos humanos. A su vez los gobernadores Joaquín Cisneros (1957-1963) y Anselmo Cervantes (1963-1969) (crearon leyes para impulsar a la industria mediante la exención del pago de impuestos estatales, municipales y prediales, una política que el gobernador Próspero Cahuantzi (1885-1911) ya había puesto en práctica para atraer industrias a Tlaxcala en la década de 1880 (Rendón, 2005:138).

El primer corredor industrial de la Tlaxcala contemporánea fue el de Tlaxcala-Puebla, sobre la base del primer corredor que ya había sido registrado por González Jácome (2008) en el siglo XIX, específicamente en 1870, si bien se diferencia por el tipo de industrias instaladas pues las ramas habían cambiado de textil y ahora se localizaban las primeras fábricas de parte automotrices, maquinaria y productos químicos, alimentos y artículos de consumo diversos; según González (2008) le siguieron otros corredores como el de San Martín Texmelucan-Tlaxcala.

Por lo general, se considera que la etapa de despegue de la industria en Tlaxcala se dio en la década de los años setenta del siglo XX; sin embargo, los datos encontrados muestran que la plataforma se construyó a mitad de los sesenta, se dinamiza en la primera mitad de los años setenta y tiene un auge en la segunda mitad de esa década hasta finalizar la misma (Nava, 2010).

> Durante una gira por el estado de Tlaxcala en 1964, el presidente Díaz Ordaz plateaba, ante la apremiante necesidad de crear nuevas fuentes de empleo, que la solución era transformar a Tlaxcala en una zona preferentemente industrial fuera de los límites del Valle de México (Ramos, 1998:151).

La anterior afirmación coincidía con la estrategia del gobierno de ese entonces en la entidad; ahí aparece la figura del visionario Emilio Sánchez Piedras, quien sería gobernador una década después (1975). Lo interesante es que ya para esos años, el marco institucional estaba construido en función de la promoción de la industria; entre las ventajas que se ofrecían a los posibles inversionistas destacan: 1. Su cercanía a importantes centros de abastecimiento y consumo. 2. Un sistema de vías de comunicación terrestre y ferroviarias que conecta al estado con los mercados internos y externos. 3. Disponibilidad de agua abundante en la parte sur. 4. Un gaseoducto que cruza el estado con importantes ramales a la zona industrial de Panzacola y a las ciudades de Zacatelco, Tlaxcala, Apizaco y Huamantla. 5. Terrenos disponibles y 6. Una abundante mano de obra barata (Ramos, 1998:151).

Para el año de 1965, el gobernador Anselmo Cervantes, expidió una nueva Ley para el Fomento Industrial del Estado de Tlaxcala:

> El artículo 1° exime del pago de impuestos estatales y municipales, hasta por un plazo de 20 años, a las industrias nuevas, a las que se amplíen o perfeccionen, especialmente las típicas de lana, algodón, madera tallada, alfarería y canastería, sujetas al mercado libre. El artículo 2° también exime, hasta por 25 años, a los inmuebles destinados a la instalación de las nuevas industrias y las aplicaciones. En el artículo 3° se exime del pago de derechos de registro a la constitución de nuevas sociedades, ampliaciones de capital y compra-venta de terrenos, y del impuesto sobre el producto de capitales. Se ofrecen las mismas facilidades para las industrias ganaderas y lecheras, y para la construcción de obras públicas… En 1965 esta idea no sólo era un proyecto, sino tarea en proceso de realización. Por ejemplo, solamente en el eje Xicotzinco, Papalotla y Panzacola se habían instalado o estaba en proceso de construcción quince empresas industriales con una inversión de 220 millones de pesos (Ramos, 1998:153 y 175).

Para el año de 1966, "sembrar fábricas a lo largo de la carretera que une a las poblaciones" era, a decir de Sánchez Piedras, una de las principales estrategias que se tenía que echar a andar. Para ese momento los factores de localización se centraban por una parte a partir los propios antecedentes históricos de los obrajes del virreinato, el río Atoyac y el río Zahuapan, los puntos cardinales que estaban unidos por los nodos

carreteros y por la abundante mano de obra. Es de destacar que el trazo industrial no varió en el tiempo, pues como sabemos actualmente la industria se encuentra parcialmente concentrada en la zona centro sur de la entidad (Carrillo, 2005); su trazo fue producto de una visión de largo plazo, la planeación industrial fue una característica muy particular de la plataforma de despegue (Nava, 2010).

> En 1966 la Comisión de Desarrollo Industrial del Estado, cuyo vocal ejecutivo era el licenciado Emilio Sánchez Piedras, consideraba que en este eje deberían ubicarse las nuevas empresas industriales. 'Sembrar de fábricas a lo largo de la carreta que une las poblaciones […] constituye la tarea promocional del Gobierno del Estado'. Pero no se trataba únicamente de ubicar empresas en los terrenos aledaños a la carretera troncal, sino de hacer localizaciones industriales entre las poblaciones mencionadas o dentro de ellas mismas, pero sujetas a una planeación adecuada, que permita conjuntos fabriles dentro de un marco de servicios comunes, así como que se prevea la formación de las zonas habitacionales y de centros comerciales que se deriven de su crecimiento y la rehabilitación urbanística de las poblaciones existentes con miras a un desarrollo futuro… (Ramos, 1998:175).

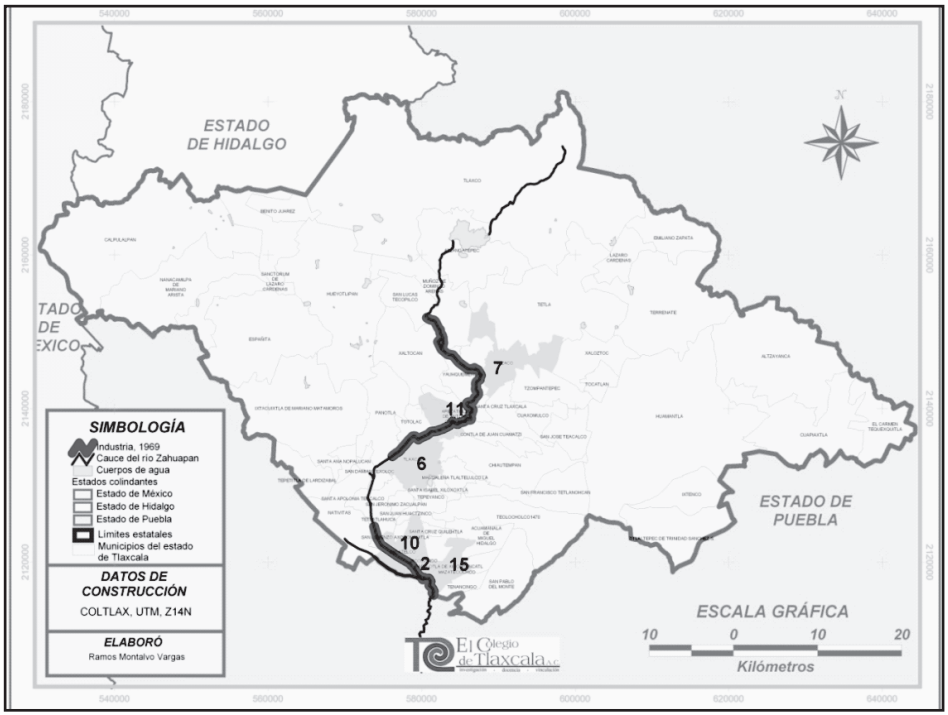
Según Ángeles Nava (2004), en 1969 un año antes de iniciarse el proceso de industrialización, la industria se había diversificado (había un mayor número de ramas industriales), y se localizaba en un número mayor de municipios, catorce del total (en el 31% de los municipios, de los todavía 44 en total), siete más que el año anterior; éstos eran: Apizaco, San Pablo Apetatitlán, Santa Ana Chiautempan, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, Contla de Juan Cuamatzi, Xicohtzinco, Zacatelco, Papalotla de Xicohténcatl, Tenancinco, Yauhquemecan, Huamantla, Calpulalpan y Nanacamilpa. Sin embargo, a pesar de que la industria se establece en un número mayor de municipios, ésta se sigue concentrando, principalmente, en la región centro-sur del estado. Por su parte Sergio Ramos (1998), registra que:

> En un informe dirigido a la Secretaría de Gobierno en 1969 se menciona que en la entidad existen 96 industrias, de las cuales 37 se localizan en Chiautempan, 15 en el municipio de Xicohténcatl y 10 en Zacatelco, entre otros lugares (Ramos, 1998:175).

Al revisar los datos tanto de 1945 y de 1969, se observa que en ambos casos la presencia de industria sigue el patrón de localización ya establecido en la primera ruta, pues la mayoría de los municipios donde se instala están al margen de la cuenca Zahuapan-Atoyac, ubicándose de la parte media a baja del cauce del río Zahuapan.

De las 96 empresas industriales registradas en el año de 1969 (Ramos, 1998), 51 están instaladas al margen del río Zahuapan, lo que representa el 53.13 por ciento del total; se concentran básicamente en Apetatitlán (11), Apizaco (7), Tlaxcala (6), Papalotla (15) y Zacatelco (10), es decir de centro a sur, respondiendo y ubicándose en la parte media y baja del cause del río Zahuapan; es importante destacar que si se consideran los afluentes el porcentaje crece pues al considerar Santa Chiautempan (37), el total de empresas aumenta a 88 que significa 91.67 por ciento; esto viene a confirmar que el factor agua fue base fundamental en la localización de las industrias; desde luego debe considerarse que las vías carreteras y las vías de ferrocarril también jugaron un papel primordial (ver Mapa 4).

Mapa 4. Municipios con industria al margen del Zahuapan, 1969



Fuente: elaborado con datos del Archivo del Estado de Tlaxcala, en Sergio Ramos, (1998, *Tlaxcala: 1960-1980, Monografía histórica*).

Por otra parte según los datos obtenidos del Director Industrial de Sedeco (2003) que registra el año de instalación de empresas, para fines de la década de los sesenta del siglo XX habían registradas 32 industrias, ubicadas en 10 municipios, de las cuales 18 estaban instaladas en 6 mu-

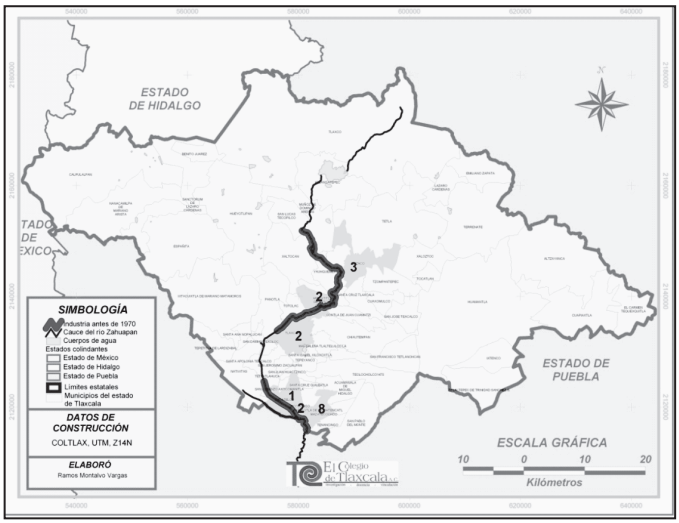
nicipios que están al margen de río Zahuapan, que representan el 56.25 por ciento del total, concentrándose básicamente en la región centro-sur, particularmente en Papalotla; así al comparar los datos de Ramos (1998) con los del Directorio Industrial (2003), se aprecia que si bien hay diferencias sustantivas en términos del total de número de industrias establecidas, existen semejanza en términos de porcentajes, pues en ambos casos rebasan el 50 por ciento de municipios que estás al margen de dicho río, y también coinciden en que Papalotla concentra el mayor número de empresas (ver Tabla 2 y Mapa 5).

Tabla 2. Industrias instaladas que cruzaban por el Zahuapan, antes de 1970

	Municipios	Antes de 1970
1	Apetatitlán	2
2	Apizaco	3
3	Papalotla	8
4	Tlaxcala	2
5	Xicohtzinco	2
6	Zacatelco	1
	Total de municipios que están ligados al Zahuapan y Atoyac	6
	Total de industrias	18

Fuente: *Directorio industrial*, SEDECO (2003), gobierno del estado de Tlaxcala.

Mapa 5. Industrias instaladas al margen del Zahuapan antes de 1970



Fuente: *Directorio industrial*, SEDECO (2003 y 2009), elaboró Ramos Montalvo, investigador Coltlax, 2010.

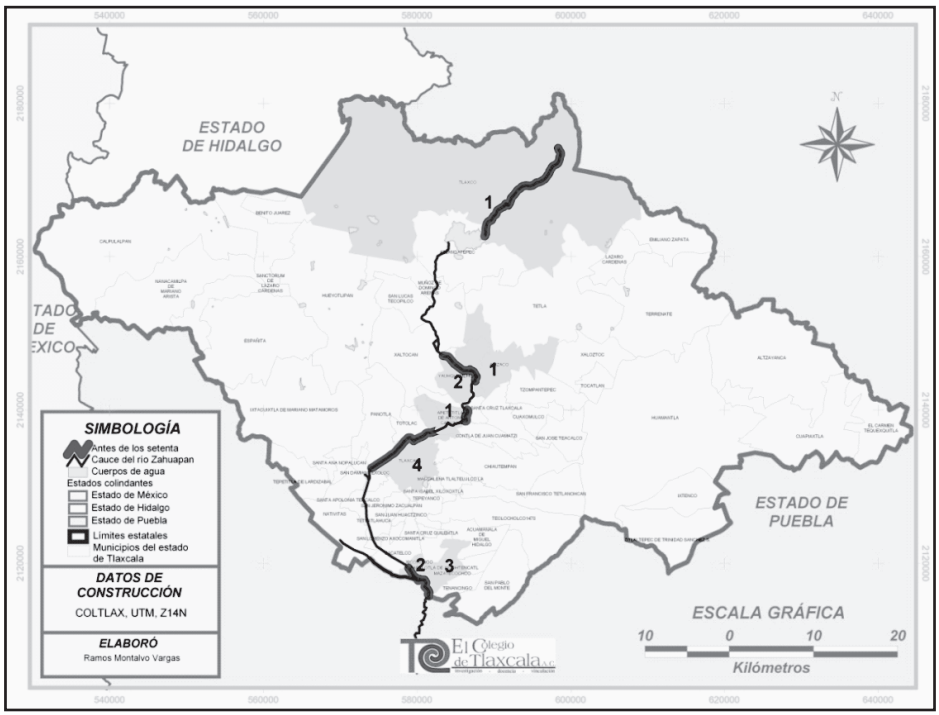
Si el antecedente de la plataforma se construyó en los años sesenta del siglo XX, a mitad de los setenta se cristalizó con la llegada al poder ejecutivo de Emilio Sánchez Piedras (1975-1981), quien desde el inicio de su gestión priorizó la industrialización de la entidad. Si bien ya había visos desde principios de esa década de que inminentemente la descentralización del sector tendría repercusiones positivas para las entidades federativas, el proceso tuvo ritmos diferenciados; así a cinco años de anunciado el decreto y la puesta en marcha del Plan de Desarrollo Regional, la llegada de empresas fue a cuenta gotas.

> En ese año, las políticas de fomento industrial lograron atraer a una generación de empresarios con nuevos enfoques y proyecciones que apoyaron los planes de diversificación industrial, por lo que en 1975 la nueva planta industrial contaba con 119 empresas que proporcionaban empleo a más de 20 mil trabajadores. Estas empresas se localizaban en los corredores industriales de Tlaxcala-Panzacola, Tlaxcala-Ixtacuixtla y Apizaco-Xalostoc-Huamantla, así como en las ciudades de Santa Ana Chiautempan, Calpulalpan y Nanacamilpa. En ese mismo año, por cierto, la hacienda de Piedras Negras que adquirió el gobierno fue rehabilitada para construir la Ciudad Industrial Xicohtencatl. La Secretaría de Obras Públicas hizo una carretera en la zona e introdujo agua potable, energía eléctrica, drenaje, pavimentación y guarniciones. También cuenta con ferrocarril (Ramos, 1998:178).

Los resultados de la política industrial fueron notables, y sin duda modificaron sustantivamente las estructuras económica, urbana y social. Tlaxcala había entrado a la modernización; los informes de Sánchez Piedras muestran el dinamismo industrial de ese periodo, pero sobre todo manifiestan una expresión de bonanza. Al concluir el sexenio podría decirse que la política industrial fue dirigida por el gobierno con base en un proyecto de planeación a largo plazo, que pasó por diferentes pasos: el primero consistió en hacer llegar empresas a la entidad, aprovechar la descentralización territorial de la industria instalada en los municipios, pues el tipo y número de empresas no sólo generaron cambios en la estructura productiva tradicional, sino que la diversificación conllevo la producción de productos intermedios y finales, pues para el año de 1980 existían 33 ramas industriales y para 1998 aumentaron a 55 (Carrillo, 2005:62); en segundo lugar, la expansión industrial espacialmente hablando modificó la concentración del sector en la región centro sur, aunque no logró consolidarse en toda la entidad, sin embargo, el trazo estaba definido, se buscó la dispersión del sector conservando la importancia de la región centro-sur.

Derivado del impulso del desarrollo industrial, y según los datos obtenidos del directorio Industrial de Sedeco (2003), para fines de la década de los setenta habían registrada otras 39 industrias, ubicadas en 14 municipios, de las cuales 14 estaban instaladas en 7 municipios que están al margen de río Zahuapan, que representan el 35.90 por ciento del total; en este periodo la ruta incorpora a la parte alta del río al instalarse una industria en Tlaxco; en la parte media se localizan una en Apizaco (1), mientras que la parte baja incluye a doce industrias, distribuidas en cinco municipios: Apetatitlán (1), Apizaco (1), Papalotla (3), Tlaxcala 4, Santo Toribio Xicohtzinco (2) y Yauhquemecan (2), se mantiene el patrón de concentración en la década de los setenta del siglo XX (ver Mapa 6).

Mapa 6. Industrias instaladas al margen del Zahuapan en la década de 1970

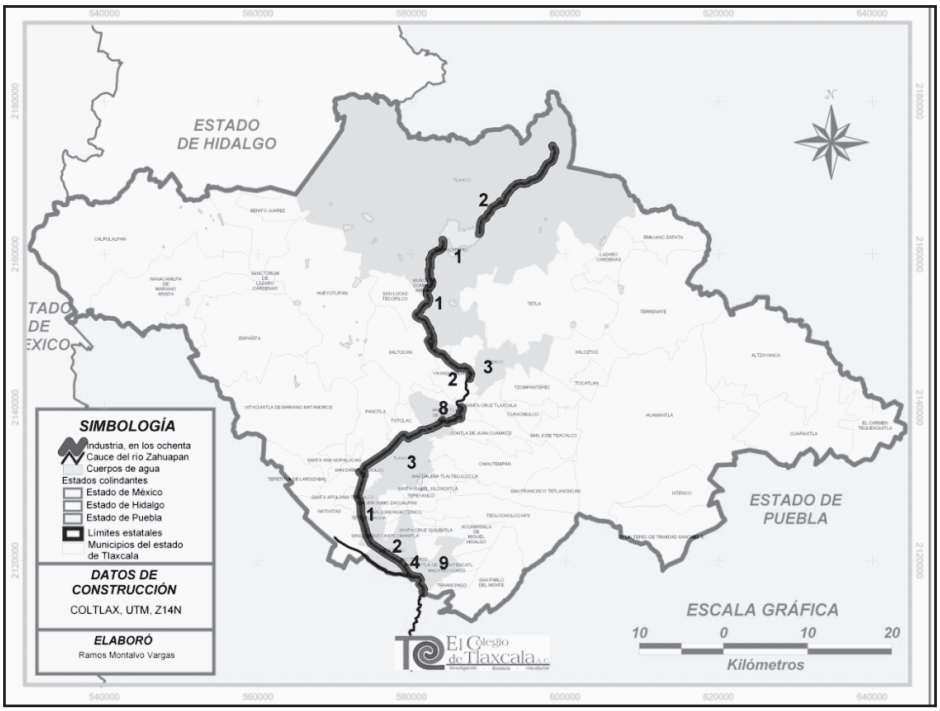


Fuente: *Directorio industrial*, SEDECO (2003 y 2009), elaboró Ramos Montalvo, investigador Coltlax, 2010.

Así, al final de la década de los años ochenta los efectos de la política industrial continua; en ese periodo se instalan en la entidad 86 industrias (Sedeco, 2003) que se localizan en 27 municipios, de las cuales 32 estaban instaladas en 10 municipios al margen de río Zahuapan, que representan el 37.27 por ciento del total. En este periodo se mantiene

la ruta y se mantiene la presencia de industrias en la parte alta del río al instalarse dos industria en Tlaxco y una más en Atlagantepec, en la parte media destaca Apizaco (3) y Muñoz de Domingo Arenas (1), mientras que la parte baja incluye a dieciocho industrias, distribuidas en cinco municipios: Apetatitlán (8), Papalotla (9), Tetlatlahuca (1), Tlaxcala (3), Santo Toribio Xicohtzinco (4). Se mantiene el patrón de concentración en la década de 1970, aunque el número de municipios aumenta al pasar de siete a diez, es decir para esa década el factor agua sigue siendo base de la planeación industrial (ver Mapa 7).

Mapa 7. Industrias instaladas al margen del Zahuapan, en la década de 1980

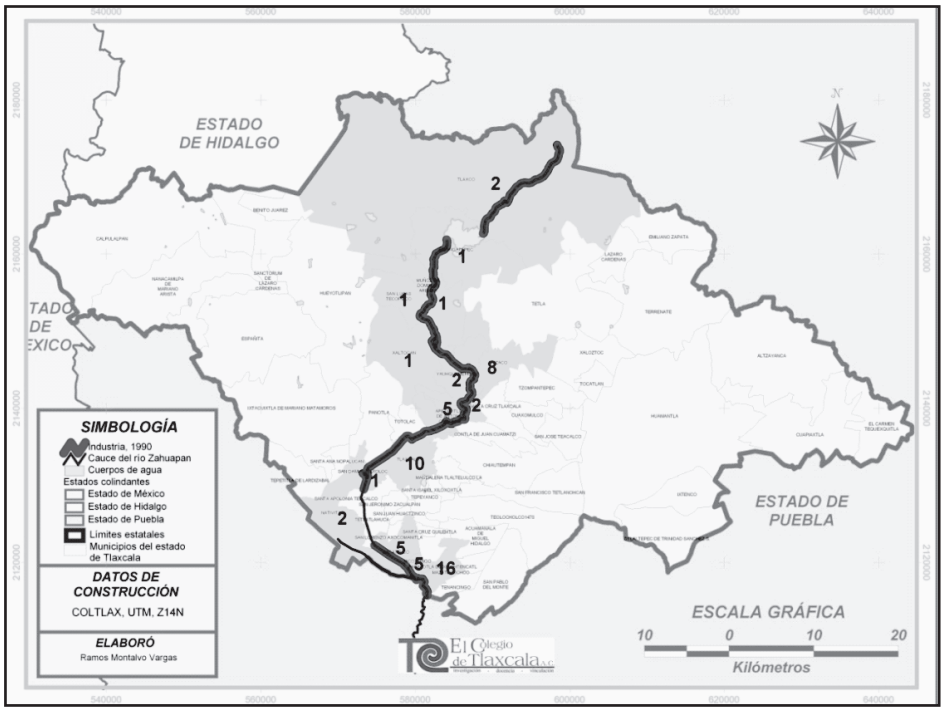


Fuente: *Directorio industrial*, SEDECO (2003 y 2009), elaboró Ramos Montalvo, investigador Coltlax, 2010.

Al final de la década de los noventas del siglo XX, según los datos de Sedeco (2003), se da el mayor crecimiento en número absolutos de industrias instaladas en la entidad —aunque es posible que este crecimiento se deba principalmente al papel que empezará a jugar la microindustria— , pues según sus cifras se registran un total de 145 que se localizan en 34 municipios, de las cuales 62 estaban instaladas en 15 municipios que están al margen de río Zahuapan, que representan el 42.76 por ciento del

total; en este periodo se mantiene la ruta y se mantiene la presencia de industrias en la parte alta del río; al instalarse dos industria en Tlaxco y una más en Atlagantepec, en la parte media destaca Apizaco (8), Muñoz de Domingo Arenas (1), se agrega San Lucas Tecopilco (1), Xaltocan (1) y Yauhquemecan (2); mientras que la parte baja incluye a cuarenta y seis industrias, distribuidas en ocho municipios: Amaxac (2), Apetatitlán (5), Nativitas–Atoyac- (2), San Damián Texoloc (1), Tlaxcala (10), Papalotla (16), Santo Toribio Xicohtzinco (5) y Zacatelco (5). Se mantiene el patrón de concentración de la década de 1980, aunque el número de municipios aumenta al pasar de diez a quince, es decir para esa década el factor agua sigue siendo base de la planeación industrial, aunque es posible que los problemas ambientales provocados por este sector como la contaminación de los ríos paradójicamente se convierta en un factor que disminuya la instalación de grandes empresas (ver Mapa 7).

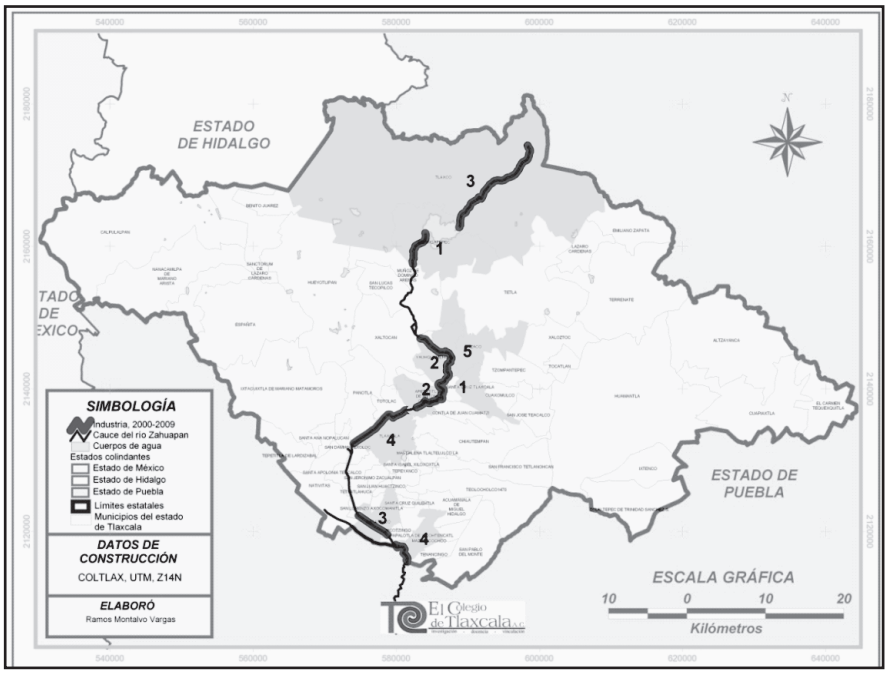
Mapa 8. Industrias instaladas al margen del Zahuapan, en la década de 1990



Fuente: *Directorio industrial*, SEDECO (2003 y 2009), elaboró Ramos Montalvo, investigador Coltlax, 2010.

Al finalizar la primera década del siglo XXI, y según los datos de Sedeco (2009), se presenta una caída en el número de empresas instaladas rompiendo el crecimiento de la década de los años ochenta y noventa del siglo XX, pues según las cifras en el periodo 2000-2009 se instalan un total de 65, localizándose en 27 municipios, de las cuales 25 estaban instaladas en 9 municipios que están al margen de río Zahuapan, lo que representa el 38.46 por ciento del total; en este periodo se mantiene la ruta y se continúa con la presencia de industrias en la parte alta del río, al instalarse tres industrias en Tlaxco y una más en Atlagantepec; en la parte media destaca Apizaco (5) y Yauhquemecan (2), mientras que la parte baja incluye a catorce industrias, distribuidas en ocho municipios: Santa Cruz Tlaxcala (1), Apetatitlán (2), Tlaxcala (4), Papalotla (4) y Zacatelco (3). Se mantiene el patrón de concentración en la década de los noventa del siglo XX, aunque el número de municipios disminuye al pasar de quince a nueve, es decir, el lento crecimiento industrial permite establecer que tiene un efector en la ubicación espacial de la ruta, hay menos presencia (ver Mapa 9).

Mapa 9. Industrias instaladas al margen del Zahuapan en la primera década del siglo XXI



Fuente: *Directorio industrial*, SEDECO (2003 y 2009), elaboró Ramos Montalvo, investigador Coltlax, 2010.

Finalmente, al realizar un análisis de este periodo que comprende de 1960 al 2009 y según los datos de Sedeco (2009), en el periodo se instalan un total de 376 industria que se localizan en 39 de los municipios, de las cuales 152 estaban instaladas en en 17 municipios que están al margen de río Zahuapan, y representan el 40.43 por ciento del total. En términos de la división del río en Alta, Media y Baja —plana—, la distribución queda de la siguiente forma: 11 industrias se instalan en la zona alta; 31 en la zona media y 112 industrias se localizan en la parte baja del río (ver tabla 3).

Tabla 3. Industrias instaladas y municipios que cruzan el río Zahuapan, 1960-2009

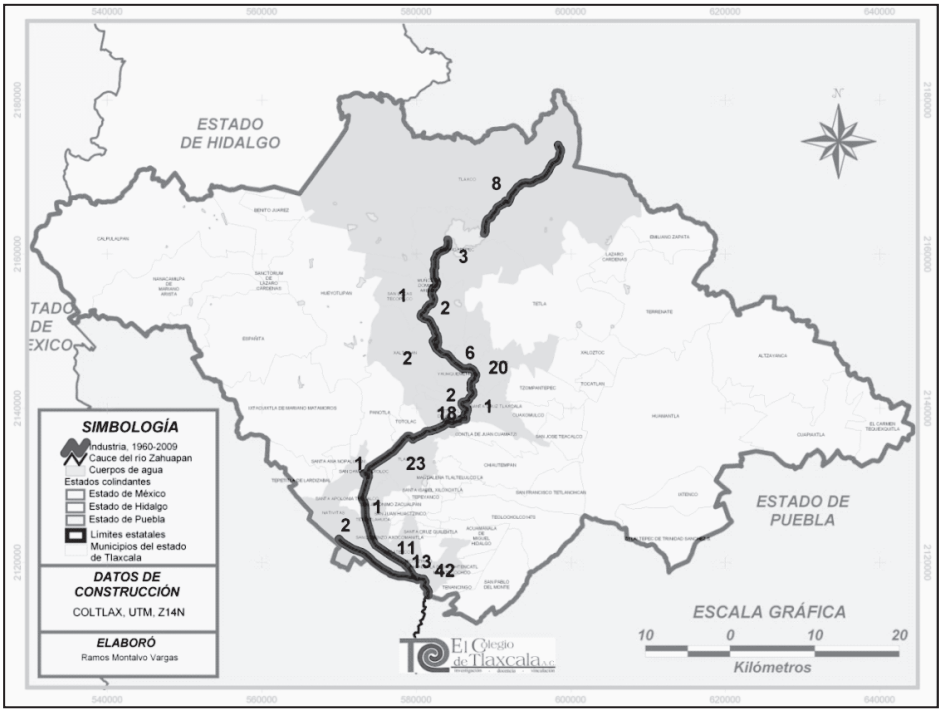
		Total	Parte del Zahuapana
1	Amaxac	2	Baja
2	Apetatitlán	18	Baja
3	Apizaco	20	Media
4	Atlangatepec	3	Alta
5	Muñoz de D. Arenas	2	Media
6	Nativitas	2	Atoyac-Baja
7	Papalotla	42	Baja
8	San Damián Texoloc	1	Baja
9	San Lucas Tecopilco	1	Media
10	Santa Cruz Tlaxcala	1	Baja
11	Tetlatlahuca	1	Baja
12	Tlaxcala	23	Baja
13	Tlaxco	8	Alta
14	Xaltocan	2	Media
15	Santo Tororibio Xicohtzinco	13	Baja
16	Yauhquemecan	6	Media
17	Zacatelco	11	Baja
	Total de industrias	154	
	Total de municipios que están ligados al Zahuapan y Atoyac	17	

Fuente: elaboración propia con datos de los directorios industriales de la Secretaría de Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2003 y 2009.

Un dato sobresaliente es la presencia constante del río Zahuapan a lo largo del proceso de industrialización desde la década de sesenta del siglo XX; los registros obtenidos muestran que: en los años sesenta de las 32 industrias instaladas 18 de ellas se instalan al margen de Zahuapan, representando el 562.5 por ciento de total; en la década de los setentas de las 39 industrias instaladas 14 de ellas se instalan la margen del río representando el 38.46 por ciento del total; en la década de los ochenta de las 86 industrias instaladas 32 de ellas se instalan a lado del río representando el 37.21 por ciento; para la década de los noventa de las 145 industrias instaladas 62 de ellas se instalan siguiendo los cauces del río

representando el 42.76 por ciento del total y finalmente para fines de la primera década del siglo XXI, de las 62 industrias, 25 de ellas se instalan en lo que queda del Zahuapan representando el 38.46 por ciento del total, lo anterior vuelve a confirmar la importancia de esta cuenca para el desarrollo de la industrialización. La ruta está trazada (ver Mapa 9).

Mapa 9. Industrias instaladas en municipios al margen del Zahuapan, 1960-2009



Fuente: *Directorio industrial*, SEDECO (2003 y 2009), elaboró Ramos Montalvo, investigador Coltlax, 2010.

De hecho se comprueban cuatro cuestiones, a saber: la primera es que pese a los esfuerzos por diversificar espacialmente la industria, ésta se concentra en la parte centro sur de la entidad; en segundo lugar, a pesar de que el nacimiento de Zahuapan encuentra su punto más alto ubicado en Tlaxco, éste no ha tenido un desarrollo industrial; en tercer lugar la influencia de Puebla y su relación económica con Tlaxcala se suma al factor agua para determinar la ubicación de las industrias, y en cuarto lugar durante ese periodo de tiempo la ruta de industrialización prácticamente pasa por todos los municipios donde cruza el río Zahuapan (ver Mapa 9).

Conclusiones

La ruta de industrialización ha seguido los cauces del río Zahuapan; la revisión de bibliografía proveniente de diversas fuentes nos muestra que el río fue y es un referente para explicar tanto la localización de las industrias en Tlaxcala en sus distintas épocas, así como la concentración poblacional; por consecuencia también explica el grado de desigualdad regional que prevalece en la entidad, pues la concentración de actividades industriales evitó que otras áreas tuvieran el mismo impacto, aun con sendos intentos por sembrar fábricas en cada municipio; más bien ocurrió lo que Sánchez Piedras propuso en los sesentas del siglo XX, se sembraron fábricas a lo largo del Zahuapan, así como en los punto de encuentro con el Atoyac. La ruta de industrialización inició desde épocas prehispánicas, se mantuvo en el Virreinato, en el México Independiente, en el Prospérato y en la Tlaxcala contemporánea.

Generalmente se cree que una ruta está determinada por una constante lineal, es decir, es un camino que se orienta bajo los mismos patrones geográficos, y que, por ende, mantiene a través del tiempo los mismos trazos; al respecto para el caso que nos ocupa, se logró demostrar que si bien la ruta estuvo siempre ligada a la cuenca Zahuapan-Atoyac, ésta no siempre avanzó en la misma dirección, en otras palabras, si seguía el cauce del río, la ruta más predecible debió avanzar de norte a sur en todas las épocas pasando de los niveles alto, medio y bajo, pues la fuerza del agua pudo advertir mayores ventajas para la instalación de los obrajes y luego de las industrias desde los puntos más altos, sin embargo, por lo encontrado se puede deducir que la relación norte-sur no siempre se mantuvo y que por el contrario se observa un discontinuo histórico-espacial, este discontinuo pudo obedecer a los más de cien afluentes que llegan al Zahuapan; en ese sentido, los abastecimientos o recargas pudieron ser factores que ofrecieran más ventajas para instalar una industria en algún lugar y no en otro; esto significó que en algunas épocas la instalación de empresas se diera de sur a centro, de centro a sur y de centro a norte.

Como se observó en la cartografía elaborada *ex profeso* para este artículo, se pueden mostrar los discontinuos señalados; cabe mencionar que la unidad de análisis ocupada fue el municipio, pues si bien se pudieron ocupar los parques, ciudades, zonas industriales el ancla político-administrativo es la que mejor permite ubicar la ruta. Para este artículo se ocupó la actual división municipal que incluye a los 60 municipios de Tlaxcala.

Finalmente, como mencionados en su momento, la ruta inicia con los indios que habitaban este territorio, esa ruta se ha mantenido por los menos en los últimos cinco siglos, aún con los cambios en términos de cantidad de agua disponible, a pesar de los procesos de urbanización que

en su momento generaron modificaciones en los cauces, o bien por los excesos de agua en algunas partes de la entidad, más recientemente con los embates de la contaminación del río. Con todo lo anterior sobra decir que si Tlaxcala no se explica sin la Matlalcuéyetl, tampoco sería posible entenderlo sin el Zahuapan.

Bibliografía

Aragón, Guillermo (2008). "Tlaxcala Presa Las Cunetas, modelo de vulnerabilidad para armar", en *Matria Suplemento de La Jornada de Oriente*, núm. 13, febrero, 2008.

Bonjalil, Mario (2008). "Fábrica de hilados, tejidos y estampados San Luis", en *Tlahcuilo 4*, vol. 2, núm. 4, Nueva Época, enero-marzo, Boletín del Archivo Histórico de Tlaxcala, pp. 47-49.

Dony, Alex (1993). *Un nuevo estudio de la ruta seguida por Cabeza de Vaca a través de norteamerica*, Biblioteca Mexicana Editores, 1ed. 1954 en español.

González Jácome, Alba (1991). *La economía desgastada: historia de la producción textil en Tlaxcala*, UAT-UIA, México.

_____(2008). "De las manos tejedoras a las fábricas textiles: el nacimiento de una industria en Tlaxcala", en *Tlahcuilo 4*, vol. 2, núm. 4, Nueva Época, enero-marzo, Boletín del Archivo Histórico de Tlaxcala, pp. 9-24.

Nava, Luis (1996). *Historia de Apizaco*, Ed. Municipal, Serie Testimonios, Apizaco, Tlaxcala.

Nava, Ricardo (2010). *Las estructuras sociales de acumulación y las privaciones de la libertad para el estado de Tlaxcala, 1960-2010*, Tesis de Doctorado en Desarrollo Regional, Coltlax.

Ornelas, Jaime; Castillo, Dídimo y Jiménez, Raúl (1995). *Tlaxcala, ¿ilusión o desencato? Un análisis sobre los cambios recientes y la situación de la educación superior*, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.

Polvo, Virgina (2008). "El valor, una aproximación para el estudio de la fábrica más antigua de Tlaxcala", en *Tlahcuilo 4*, vol. 2, núm. 4, Nueva Época, enero-marzo, Boletín del Archivo Histórico de Tlaxcala, pp. 39-42.

Ramos, Sergio (1998). *Tlaxcala: 1960-1980. Monografía histórica,* Master Print, México.

Rendón, Ricardo (2005). *Breve Historia de Tlaxcala*, 2da. reimpr., FCE-COLMEX-FHA, México.

Rosales, Rocío (2003). "Tlaxcala, ¿un desarrollo industrial?", en *Rev. Sociológica*, año 18, enero-abril 2003, Ed. UAM-X, México, pp 131-163.

Suárez Sánchez (2009). *Manejo integrado de cuencas hidrológicas: delimitación de cuencas y modelos de simulación de balance del agua*, 1 ed., UAT.

Tyrakowsky, Konrad (1991). "Autóctonas redes regulares de asentamientos prehispánicos en el altiplano mexicano. Una contribución a la investigación de la cosmovisión de los antiguos pobladores entre Tlaxcala y Puebla", en *Historia y sociedad en Tlaxcala*, Memoria de 4to. y 5to. Simposium Internacional de Investigaciones Sociohistóricas sobre Tlaxcala, 1 ed., 1991, Gobierno del Estado de Tlaxcala-ITC-UAT-UIA.

Valerdi, Aurea (2008). Asentamientos industriales en Tlaxcala: una explicación desde la teoría de la regulación, en Bajo el Volcán, vol. 7, núm. 13, Puebla, BUAP, México, pp. 177-196.

Documentos

SEDECO (2003). *Directorio industrial*, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

SEDECO (2009). *Directorio Industrial*, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

Anexo 1.

Tabla 1. Número de empresas instaladas en Tlaxcala, antes de 1970 al 2009

	Municipios	Antes de 1970	Déc. 1970	Déc. 1980	Déc. 1990	Déc. 2000-2009	No. Esp.	Total
1	Acuamanala			2	2	1		5
2	Altzayanca					1		1
3	Amaxac				2			2
4	Apetatitlán	2	1	8	5	2		18
5	Apizaco	3	1	3	8	5		20
6	Atlangatepec			1	1	1		3
7	Calpulalapan		2	5	4	3	1	15
8	Chiautempan	11	9	16	9	2	1	48
9	Contla			2	3	1	1	7
10	Cuapiaxtla				1	1		2
11	Carmen Tequexquitla				2	4		6
12	Huamantla	1	1	2	7	4	1	16
13	Hueyotlipan	1			1			2
14	Ixtacuixtla		5	1	3	3		12
15	Magadalena Tlatelulco			2	1	2		5
16	Mazatecochco			2	1	1		4
17	Muñoz de D. Arenas			1	1			2
18	Nanacamilpa			1	2	2		5
19	Nativitas				2			2
20	Panotla		1			1		2
21	Papalotla	8	3	9	16	4	2	42
22	San Damián Texoloc				1			1
23	San Lucas Tecopilco				1			1
24	San Pablo del Monte			2	2	1		5
25	Santa Cruz Tlaxcala					1		1
26	Santa Isabel Xiloxoxtla			3	14	3		20
27	Teolocholco	1	1	3	2			7
28	Tepetitla de Lardizabal			1	2	1		4
29	Tetla de la Solidaridad			8	23	8	2	41
28	Tetlatlahuca			1				1
30	Tlaxcala	2	4	3	10	4		23
31	Tlaxco		1	2	2	3		8
32	Totolac			1				1
33	Tzompatepec					1		1
34	Xalostoc		6	1	3			10
35	Xaltocan				1		1	2
36	Xicohtzinco	2	2	4	5			13
37	Yauhquemecan		2		2	2		6
38	Zacatelco	1		2	5	3		11
39	Zitlaltepec de Trinidad				1			1
	Total de industrias	32	39	86	145	65	9	376
	Total de municipios que tienen industria	10	14	27	34	27	8	
	Total de municipios que están ligados al Zahuapan y Atoyac	6	7	10	15	9	2	

Fuente: elaboración propia con datos del *Directorio Industrial*, SEDECO (2003 y 2009).

Nacimiento y ¿muerte? del Zahuapan, una percepción paisajista

Maura Pérez Jaramillo [1]

Las aguas del Zahuapan, que bañan su ribera
sembrada con sauces de mágico verdor,
en su lecho de arena corriente tan ligera
rizadas conchas forma que juguetean doquiera
y todos sus cristales un río murmurador.
Sóstenes T. Lira

Introducción

Bajo el efecto de las revoluciones agronómicas y de la urbanización, los paisajes tradicionales desaparecen o se transforman. Para controlar esos cambios, en Tlaxcala como en otros estados, se carece de una filosofía y de una estética del paisaje: tanto el ideal que nos anima es exigente luego que denunciamos la degradación del paisaje, como la idea misma que hacemos, queda por aclararse. El paisaje, dice Michel Collot (1997), es un cruce donde se reencuentran los elementos venidos de la naturaleza y de la cultura, de la geografía y de la historia, del interior y del exterior, de lo individual y de lo colectivo, de lo real y de lo simbólico. Es la razón por la cual los pensadores han motivado la confrontación de puntos de vista de especialistas: historiadores, esteticistas, sociólogos… nostálgicos y modernistas han cruzado la muralla en un debate que está lejos de ser cerrado, con el fin de profundizar en una reflexión que les concierna a todos. Bien lo expresa M. Ponty (2006), el mundo de la percepción ha sido en gran medida ignorado por nosotros, en nuestra actitud permanente práctica y materialista, hizo falta mucho tiempo, esfuerzo y cultura para ponerlo al desnudo; asimismo, uno de los méritos del arte y del pensamiento modernos es hacer redescubrir este mundo donde vivimos pero siempre estamos tentados a olvidar… sin importar cuánto nos estamos destruyendo.

El estudio se acerca al espacio físico donde emerge el río Zahuapan —como nodo paisajista— en el municipio de Tlaxco al norte del estado,

1El Colegio de Tlaxcala, A.C. Correo electrónico:mapeja777@hotmail.com

deteniéndose en su trayecto en la ciudad de Tlaxcala, y como punto final su confluencia con el Atoyac, en el municipio de Xicohtzinco, al sur del estado, cerca de los límites con el estado de Puebla. En esos recorridos marcados se tiene una aproximación a la evolución del río, con la diferenciación de tres paisajes disímiles. Apoyados en percepciones y fotografías actuales, se puede apreciar el paisaje, cómo él ha sido un recurso relevante en las prácticas sociales y posteriormente ya envenenado, lo llevamos al olvido y al abandono, conduciéndolo a un deterioro paulatino que lo arrastra hacia su ¿muerte? paisajista, junto con los elementos que lo acompañan en su recorrido.

El estudio intenta vislumbrar qué consecuencias concretas podemos observar en estas décadas con respecto a la mirada sobre la naturaleza del río, de su paisaje… si es un uso distraído, o un uso de contemplación estética. Partimos del supuesto de que los testimonios de una memoria colectiva representada por 3 personajes que vivieron un antes y después relacionado con el río, pueden contribuir a encontrar pautas en la recuperación ambiental-paisajística de dichos elementos.

El trabajo se apoya en la teoría de la percepción de M. Merleau-Ponty (2006), en *La poética de la ensoñación* e infancia de G. Bachelard (1997), y gran parte en la historia de las sensibilidades que trata Alain Corbin (2001) enfocada a la percepción del paisaje, sus usos y prácticas sociales. Mirando al paisaje no sólo como un espectáculo, sino como una apropiación del espacio dado por los sentidos, que contribuyen a construir las emociones que éste nos procura. De las prácticas sociales, entrevistas importantes en los tres puntos físicos citados, que contienen un breve recorrido en la memoria de la infancia, del tejido de nuestros pasos, con los ojos puestos en el río con aguas cristalinas, los usos de un ayer… posteriormente, después de algunas décadas… las prácticas sociales que se han modificado y cuales han permanecido en el río… si hoy lo encontramos herido, triste y lleno de reproches… ¿hacia nosotros?… o hacia aquellos que ya no le visitan, saludan o entrevistan más, pero que sin embargo lo hostigan con su desprecio… por una decadencia provocada por ellos mismos… Del ¿odio? por su destino de viajar siempre, antes transparente y cristalino, hoy sombrío… y adormecido… ¿Qué nos queda…? ¿Qué sonidos, qué ruidos? ¿Qué colores, qué sabores? ¿Qué olores, qué aromas? … ¿qué luces?, ¿qué claridades?, ¿qué reflejos?, ¿qué frescuras?, ¿qué ritmos? o ¿qué palabras de su fino oleaje?… Hoy, solo quedan matices del ayer… una luz tamizada entre los árboles… qua acalla ese mundo que lo interioriza. Aquellos valles, caminos y árboles susurrantes que le acompañan, hoy saben de su dolor…pues son testigos de su sufrimiento…

1. Sobre el paisaje y la percepción

Según A. Firenze (2003:10), para introducir al problema de la percepción, primero es preciso diferenciar entre percepción y sensación. Percepción se distingue de la sensación en cuanto revela un proceso cognoscitivo de unificación de una multiplicidad de sensaciones, concebidas como datos elementales e inmediatos del conocimiento sensible. Esta unificación perceptiva nos permite diferenciar un objeto *perceptum*[2] (lo percibido), tanto del sujeto *percipiens* (lo percibiente), como de los demás objetos.

Aclarado esto, podemos introducirnos al universo de Maurice Merleau Ponty (2006:205): él menciona que la percepción no puede ser una toma de posesión de las cosas que se encuentran en su propio lugar, es necesario que ella sea un evento interior al cuerpo y que resulte de su acción sobre el mismo.

Señala que si el mundo se despliega, sería un mundo real, de tal manera que él, permanezca fuera de su cuerpo, el mundo tal cual es por él, numéricamente distinto del primero. Será necesario separar la causa exterior de la percepción y el objeto interior que él contempla. El cuerpo propio se vuelve una masa material y correlativamente el sujeto se retira para contemplar en él mismo sus representaciones. De esta manera, nos encontramos en presencia de tres órdenes de eventos exteriores los unos de los otros: los eventos de la naturaleza, los eventos orgánicos y aquéllos del pensamiento que se explicaran los unos a los otros. La percepción deducirá la acción de una cosa[3] sobre el cuerpo y del cuerpo sobre el alma. Es en primer lugar lo sensible, lo percibido, el mismo que uno coloca en las funciones de cosa extra-mental, y el problema es entonces de comprender cómo un doble o una imitación de lo real es suscitada en el cuerpo, después en el pensamiento.

La cosa exterior y la impresión corporal no actúan más como causas ejemplares, ellas son las causas ocasionales de los sentimientos del alma. Pero todas las dificultades no son llevadas si las impresiones cerebrales no son las causas ocasionales de la percepción, todavía es necesario que exista una correspondencia arreglada entre ciertas impresiones cerebrales y ciertas percepciones. Una cosa no es meramente dada por la per-

2 Los términos *perceptum y percipiens* tienen su origen en la Escolástica, a partir de la cual se consideró al primero lo percibido, pasivo, producto, y al segundo lo percibiente activo y agente.

3 Merleau-Ponty se interroga precisamente sobre el estatuto de la cosa u objeto real. Lo hace planteando el problema de la constitución de su unidad, más allá de una concepción de la cosa como sistema de calidades ofrecidas a los diferentes sentidos y reunidas por un acto de síntesis intelectual, según la postura tradicional compartida tanto por el empirismo -asociacionista (Hume) como por el idealismo-trascendental (Kant).

cepción, si no es retomada intrínsecamente por nosotros, reconstituida y vivida por nosotros, ya que está ligada a un mundo del que llevamos en nosotros mismos las estructuras fundamentales y del cual la cosa es una de sus posibles concreciones y manifestaciones (Firenze, 2003:16).

La unidad de la cosa (Ponty, 2008:30) no está detrás de cada una de sus cualidades: es reafirmar por cada una de ellas, cada una de ellas es la cosa entera. Por tanto, las cosas no son simples *objetos neutros* que contemplamos; cada una de ellas simboliza para nosotros cierta conducta, nos la evoca, la provoca por nuestras reacciones favorables o desfavorables, y por eso los gustos de un hombre, su carácter, la actitud que adoptó respecto al mundo y del ser exterior, se leen en los objetos que él escogió para rodearse, en los colores que prefiere, en los paseos que hace.

M. M. Ponty, expresa que toda teoría de la percepción busca superar una contradicción, ella es entonces un evento "interior" dependiendo de ciertos eventos exteriores; por otra parte, esos eventos exteriores ellos mismos nos son conocidos que por la conciencia.

Si entendemos por percepción al acto que nos hace conocer la existencia, todos los problemas a los que atañe, llevan también al problema de la percepción. Ello reside en la dualidad de las nociones de estructura y significación. Una "forma" tal que por ejemplo, la estructura "figura de fondo" es un conjunto que tiene un sentido y que ofrece luego al análisis intelectual un punto de apoyo.

El mundo percibido no es solamente el conjunto de las cosas naturales; lo son también los cuadros, la música, los libros, todo cuanto los alemanes llaman un "mundo cultural". Al enclavarnos en el mundo percibido, lejos estamos de haber empequeñecido nuestro horizonte, hemos recuperado el medio de contemplar, en su autonomía y en su riqueza original, las obras del arte, de la palabra y de la cultura (Ponty, 2008: 68).

En ese conjunto de las cosas naturales del que Ponty habla, para percibirlo e integrarlo, nos apoyamos en Alain Corbin (2001:9): él argumenta que el paisaje no se reduce a un espectáculo. Tocarlo, olerlo, escucharlo sobre todo, es influenciado también por la apropiación del espacio. Todos los sentidos contribuyen a construir las emociones que él procura.

El paisaje es una manera de leer y analizar el espacio, de representarlo, al necesitarlo fuera de la influencia sensorial, de esquematizarlo a fin de ofrecer una apreciación estética, de cargarla de significaciones y de emociones. Para Corbin el paisaje es una lectura indisociable de la persona que contempla el espacio considerado. Menciona que la apreciación individual puede referirse a una lectura colectiva. Toda sociedad necesita adaptarse al mundo que le rodea, para lograrlo es necesario continuamente fabricar representaciones del medio en el seno en que vive. Esas representaciones colectivas permiten manejar el medio am-

biente, ordenarlo, poblarlo de símbolos de uno mismo, de hacer el lugar el de su felicidad, de su prosperidad y de su seguridad.

La infinidad de recursos son necesarios en toda historia del paisaje. La manera de apreciar el espacio evoluciona, por lo que Corbin(2001) sugiere que quién desee elaborar una historia del paisaje, está obligado a practicar la inmersión sucesiva[4]. De ahí intentar encontrar el sistema de apreciación que se imponga en esa época, frente a un mismo espacio, independientemente de las modificaciones aportadas a su aspecto.

Los paisajes no son construidos y analizados de la misma manera; no se trata solamente de una apreciación del espacio por la vista, sino por los cinco sentidos de mirar por el conjunto del cuerpo. Comenta que los hombres del pasado no tenían medios retóricos para expresar sus emociones y su manera de apreciar el paisaje, limitándose a trazas pictóricas o escritas.

Uno puede ser persuadido por un paisaje natural inspirando emociones que devienen sensibles a una forma de belleza, aunque se trate solo de un panorama.

Por otra parte, hace mucho tiempo atrás, la apreciación del paisaje había sido polisensorial. Pero uno aprende que cada sociedad establece su propia jerarquía y sobre todo su balance entre los sentidos.

La apreciación del panorama constituye la esencia, pero el contacto por ejemplo con la arena bajo el pie desnudo, la incursión en el río, el casamiento del cuerpo y el agua en plena naturaleza, la experiencia nueva de la fusión con el elemento líquido, del enfrentamiento con el oleaje, al mismo tiempo que la exaltación de la transparencia; todo ello ha hecho que el paisaje sea rápidamente encontrado asociado a esta cenestésica donde uno detecta entonces la emergencia en el discurso como un tipo de sexto sentido, lo que será una esencia interna.

La evolución de la manera de escuchar su cuerpo en la naturaleza ha sido objeto de numerosos trabajos. Las nociones de forma y de exaltación, que emergen durante la segunda mitad del siglo XIX, han determinado nuevas maneras de apreciar el espacio.

Sin embargo, en tiempos modernos el paisaje es abandonado a la sola estética de la contemplación, ello implica un distanciamiento.

Hay quienes deciden enfocarse sólo al desarrollo de un sentido como Robert Morray-Schaffer quien en el transcurso de los años 1970, pone en marcha la noción de *paisaje sonoro* (*soundscape*) diferente del visual por cuatro razones: al paisaje sonoro concierne toda vez el espacio y

4 Algunas experiencias como la de François Ellenberger, con sus estudiantes, consisten en observar el mismo paisaje en diferentes momentos del día, según los códigos que corresponde a diferentes siglos

el tiempo. Ninguna configuración sonora es durable. Aparte de algunos ruidos continuos él no es verdaderamente un fondo sonoro. Por el contrario, luego de contemplar un espacio, puede que éste sea animado por movimientos. El paisaje sonoro es multifuncional, es hecho de un grupo aislado; penetra en el cuerpo propio, absorbe, exorbita, posee…. Uno puede cerrar la comunicación visual, pero no la auditiva. De ahí nuestra vulnerabilidad a su mirada (Corbin, 2001:29-30); de la misma manera, el medio ambiente sonoro está muy ligado a lo expresivo y al "*Pathos*[5]" (Las referencias a los ruidos de la ciudad, a las campanas, a los gritos de los oficios, hace revivir el pasado y permite al lector inscribirse al interior del paisaje desaparecido, referido sólo por un silencio insistente). Dejarse penetrar por el viento, por el sonido de las aves, del campo y sus olores, por los ruidos del agua, permite vibrar con el cosmos. Esta puesta implica la polisensorialidad y permite captar las energías de la naturaleza.

Por otra parte, Corbin (2001) comenta que es difícil hablar de *paisaje olfativo* sea cual sea el interés llevado hoy a los olores. Uno puede reconstituir e imaginar el medio ambiente olfativo de antaño; este ambiente implica de hecho un vocabulario, una taxonomía y ciertas competencias, porque lo hemos prácticamente abandonado. Así, para definir los olores utilizamos términos metafísicos. Uno hace alusión a los poderes de evocación del mensaje olfativo; el recuerdo olfativo provoca la abolición de la distancia temporal, eso que no es la misma cosa.

Cada uno constituye una geografía sentimental de lo que ve; enseguida, engendra recorridos personales. Nuestra manera de apreciar los paisajes está ligada a la conmemoración. Según lo leído, lo admirado…, cada uno de nosotros se construye y lleva en uno, una geografía.

Según Corbin (2001:50), a la sensibilidad de la piel concierne al pie así como a los meteoros y a la calidad del aire. Con el pie analizamos el suelo gracias a toda una serie de mensajes emitidos notablemente por la fundación planetaria. Sentir la calidad del suelo participa en la apreciación del espacio, y por lo tanto en la construcción del paisaje: el viento, la lluvia, el granizo, la nieve, que vienen a flagelar las partes desnudas del cuerpo.

Los individuos que viven en el mismo momento, prueban el espacio según los sistemas de apreciación diferentes. Múltiples lógicas deter-

5 Según Aristóteles, el hombre no es sólo un ser racional, sino que obedece también a las emociones. Y para poder persuadir, un discurso debe apelar a tres dimensiones distintas de audiencia: el *logos*, el *ethos* y el *pathos*. Un argumento nos convence cuando sus premisas nos parecen racionales y convenientes (logos); cuando quien nos lo dice nos merece confianza (*ethos*) y cuando el argumento apela a nuestras emociones (*pathos*). La emoción que ponemos en el discurso a través del tono de voz y lenguaje no verbal.

minan la manera de apreciar el espacio. Las creencias, las esperas, las modalidades de las ansiedades, las referencias culturales, el diseño de lugares imaginarios, así como las expectativas económicas pesan sobre la elaboración de códigos estéticos y los sistemas de emociones que condicionan la admiración o la repugnancia. Así la historia del paisaje implica entonces un análisis de todo eso que influye sobre la manera de cambiar el espacio de significaciones, de símbolos y de deseos. El paisaje es un quehacer de aprendizaje de los sentidos, pero es también construcción según el conjunto de creencias, de convicciones científicas y de códigos estéticos.

En ese aprendizaje de los sentidos acudimos a la poética de la ensoñación de nuestra infancia y es en la soledad que madura. Para Gaston Bachelard (1997:4), el poema puede acumular ensoñaciones, sueños y recuerdos. La ensoñación cósmica, es un fenómeno de soledad, un fenómeno que tiene su raíz en el alma del soñador; le basta un pretexto —y no una causa— para ponerse "en situación de soledad". Estas ensoñaciones cósmicas nos sitúan en un mundo y no en una sociedad; ayudan a escapar del tiempo, es un estado del alma. La ensoñación en su estado más simple pertenece al ánima, la cual nos lleva de nuevo a nuestra infancia, a los recuerdos de nuestra infancia feliz, los cuales están dichos con una sinceridad de poeta. Goethe dice que es evidente que el ojo está educado por las cosas que ha visto desde su niñez.

La vida está sensibilizada por la ensoñación poética, por una ensoñación que sabe el precio de la soledad. El niño en la soledad puede distender sus penas, él se siente hijo del cosmos cuando el mundo de los hombres lo deja en paz, en esa soledad es señor de su emociones, ahí conoce la dicha de soñar que será más tarde la dicha de los poetas.

Bachelard (1997:153), defiende la permanencia del alma humana, en un núcleo de la infancia, de una infancia inmóvil pero siempre viva. Refiere un poema de Charles Plisnier:

> ¡Ah! Siempre que yo lo admita
> aquí estás infancia mía
> tan viva, tan presente.
> Firmamento de vidrio azul
> árbol de hoja y nieve
> río que corre, ¿Dónde voy?

Alude al verso para recordar el cielo azul por encima de su río en los veranos del siglo pasado. Y señala que, el ser del río traspasa sin envejecer todas las edades del hombre, de la infancia a la vejez. Y por ello, experimentamos como una especie de duplicación de ensoñación cuando, ya tarde en la vida, intentamos revivir nuestras ensoñaciones de infancia.

Nuestros recuerdos nos vuelven a dar en un simple río que refleja un cielo apoyado en las colinas…lo pequeño se vuelve grande, así el mundo de la ensoñación de la infancia es también grande… de este modo, la infancia está en los orígenes de los mayores paisajes. De tal forma, la ensoñación hacia la infancia nos entrega a la belleza de las imágenes primeras. "El alma y el mundo, juntos, están, así, abiertos a lo inmemorial". De este modo Bachelard (1997: 157), manifiesta que la infancia existe en nosotros, como un fuego olvidado; siempre una infancia puede volver a despertar. El fuego de antes y el fuego de hoy se tocan, y cita un poema de Vicente Huidobro:

> En mi infancia nace una infancia ardiente como un alcohol
> Me sentaba en los caminos de la noche
> A escuchar la elocuencia de las estrellas
> Y la oratoria del árbol
> Ahora indiferencia nieva en la tarde de mi alma.

Bachelard (1997:158-159) menciona, que sólo cuando el alma y el espíritu se encuentran unidos en una ensoñación por ella nos beneficiamos de la unión de la imaginación y de la memoria, ya que sólo dentro de tal unión podemos decir que revivimos nuestro pasado, que éste se imagina que revive. El pasado recordado no es simplemente un pasado de la percepción. Desde el origen, la imaginación colorea los cuadros que querrá volver a ver y para ir a los archivos de la memoria, es necesario encontrar valores más allá de los hechos. Y para revivir los valores del pasado hay que soñar, y aceptar esta gran ensoñación, en la paz de un gran reposo. Es así como se pretende conducir esta investigación, a estimular el ejercicio de la percepción evocando nuestra infancia, evocando recuerdos que nos hagan valorar ese paisaje fluvial, sobre nuestra percepción y nuestra cultura misma, de cómo estamos conduciendo nuestros sentimientos… y no olvidar que nosotros mismos pertenecemos a ese paisaje.

> El agua, el río y los sentidos
> …y el cuerpo se vuelve una central de escucha de sensaciones…

El agua siempre ha sido y será un elemento importante en el paisaje, natural o artificial. Además de ser un elemento de inspiración para los artistas, recurso natural para la agricultura… supervivencia y alimento del hombre, alimento que precisa el cuerpo, la mente y el espíritu (alma) de estos tres está compuesto el ser humano.

Al cuerpo corresponde en la naturaleza del río, la estimulación de los sentidos: agua, árboles, flores, viento, cielo, lluvia…Así, el agua encuentra en su juego la animación de la vida, en su inmovilidad, el alivio; en su transparencia, la pureza (original y esencial). Pureza-simplicidad-do-

cilidad, están prefigurando en el agua. El baño como —purificación interior— tiene como soporte simbólico la purificación exterior (Routaboule, 1998:4).

El oído. A él le corresponden los sonidos o ruidos; es a través de ellos que penetramos a su vida, conduciéndonos a percibir aspectos invisibles en esos espacios naturales. El escuchar los sonidos del agua, sus estremecimientos, sus cantos, sus suspiros o lamentos, su correr a veces acompañado por el roce de las rocas, a veces de las piedras, a veces de la arena… Y sus cómplices del camino: los sonidos de las aves, de los árboles agitados por el viento o del propio viento. El paisaje suena, pero somos nosotros los que tenemos que escuchar; al escucharlo podremos disfrutarlo y preservar su sonido o mejorarlo.

> Escucharé el rumor del día en su gran descubrimiento
> Escucharé las hojas caer en un silbido errante… (Aridjis, 2006).

El olfato. Los olores y aromas nos transmiten imágenes cuya intensidad y profundidad nos permiten descubrir su vida. Aromas como la tierra mojada, a fresco, a frío… Son los olores, primer testimonio de nuestra fusión con el mundo (Bachelard, 1960:209); son ellos los que nos permiten descubrir los brotes de una estación…el olor en la infancia es, en la vida, si puede decirse así, un detalle inmenso.

> Mi infancia es un ramo de olores (Chadourne, 1995).

El tacto. Nos liga con la configuración de los componentes de la rivera. Lo suave, lo sutil, lo áspero, lo duro, lo dúctil, lo rugoso. Tocar la brisa arrulladora, la frescura, y el masaje concedido por la rugosidad de las piedras y la arena, cobijados por ondas de frescura y de paz.

> Mis manos son la sombra taciturna de mi tacto,
> Toco con ellas el tiempo, voy surcando con sus yemas un destino.
> Voy sintiendo que son alas para nombrar la armonía de todo el cuerpo.
> El equilibrio siente lo suave, lo húmedo, que mide el paisaje de lo que ha vivido… (Aridjis, 2006).

El gusto. Sentir disolverse en la boca suculentas frutas salvajes o pétalos de flores, es recibir revelaciones indescriptibles sobre el río. Saborear la frescura del agua junto a las frutas y las flores, son experiencias que sólo conciernen al gusto.

> … y la boca que descifra los matices en una lengua que abre el alfabeto para formar raíces ávidas… (Aridjis, 2006).

La vista. Es la más estimulante de los sentidos humanos; está ligada al pensamiento. A través de ella apreciamos el mundo que nos rodea, juzgamos lo que es interesante o no, lo que nos gusta o no, en relación a nuestra cultura.

Podemos ver y apreciar lo cristalino, la transparencia, la belleza del río independiente de la existencia de la gente; es decir, con o sin gente el lugar guarda su belleza excepcional. Aún si lo distinguimos como una fuente —elemento de paisaje— símbolo del nacimiento, principio, u origen del agua-, podríamos recurrir al simbolismo de Louis Kahn, quien comenta a Luis Barragán (1994: 77). Cuando se diseña una fuente: "ésta debe ser tan bella con agua, como sin ella".

> Que sólo nos importe continuar el camino.
> Volver al centro incomprensible de la mano extrañada.
> Visiones y palabras en el fino oleaje de un río (Aridjis, 2006).

2. Nacimiento y recorrido del Zahuapan

Si partimos de nuestra relación viva con el agua, sabemos que desde que nacemos hasta que morimos, nuestro cuerpo está integrado primordialmente por agua (bebé 85%-95 y adulto 75% a 60% si no consume agua); tal vez sea una causa por la que tenemos ese amor o simpatía por el vital líquido; indistintamente de un uso distraído o estético, somos parte de ella y ella de nosotros. Tal vez por ello hacemos poemas para el agua, pintamos el agua en todas sus formas y usos… ya que es una la liga que nos ata, una alianza que no podremos romper jamás puesto que bebemos de ella y vivimos gracias a ella[6]. En ese recorrido por nuestra vida, él nos ve nacer y morir; luego entonces, nosotros somos parte de su recorrido.

El objetivo de mostrar el recorrido físico del Zahuapan, es principalmente para ubicar los tres puntos elegidos en el estudio. Para visualizar los nodos paisajistas que lo conforman y localizar la industria (sin abordarla a profundidad), a la que le debe el impacto ambiental.

El río Zahuapan emerge en la sierra de Tlaxco, al norte del estado de Tlaxcala a una altura de 3, 350 m.s.n.m., con un recorrido sinuoso justo hasta el sur. En ese recorrido lo acompañan, panoramas conformados por escurrimientos superficiales como del Peñón del Rosario, de numerosos ríos y barrancas (González, 2008:33).

6 Comentario hecho por Alfonso Pérez Sánchez, investigador-docente de El Colegio de Tlaxcala, A.C., luego de una conversación sostenida por la autora con él, en El Coltlax el 13 de julio de 2010.

Un espectáculo natural lo representa la presa de San José Atlanga que se desempeña como depósito de sus aguas, con dos canales que se aprovechan para riego. En Apizaco recibe los escurrimientos del río Apizaco, y así atraviesa el paisaje lleno de elementos artificiales[7] como lo es la ciudad de Tlaxcala. Posteriormente hacia el norte de la antigua ciénega de Tlaxcala, el Zahuapan se inserta en las llanuras o planicies de Panotla, Tecuexcomac y Nativitas, donde recibe las aguas del río Totolac y del río Jilotepec[8]. González J. destaca que ahí se puede observar los impactos generados por la acción humana.

El curso del río Zahuapan es circundado por una galería de árboles como sauces (*Salix bonplandiana)*; ailes (*Agnus acuminata),* fresnos (*Fraxinus uhdei)*, álamos (*Populus alba)*, y chopos (*Pupulus deltoides),* bien adaptados al agua; dicha trayectoria se ve alterada primero por una canalización que lo enderezó, luego por una red de canales y zanjas que fueron construidos en 1947. Según, González J. la modificación del paisaje lacustre es más antigua que la sufrida en el siglo XX, y se refiere a los hacendados[9] y gente de los pueblos asentados en ella; argumenta que éste es uno de los paisajes que han sido profundadamente perturbados por la acción humana.

En su camino sobre la línea norte-sur, hasta reunir sus aguas con el Atoyac, encontramos lo que fueron las fábricas textiles más antiguas en la cuenca de los ríos Zahuapan y Atoyac, convirtiéndose éstos en una fuente importante de energía, para alimentar las turbinas de esta industria textil[10] (Pérez, 1997:15). La Constancia Mexicana, fundada por Esteban de Antuñano en 1835, y El Valor, creada por A. Dasqui, y G. Rodríguez en 1842 (Bazan, 1962: 31). Este desarrollo industrial en Tlaxcala provocó serios problemas de contaminación: tanto del río que fungía (é) como receptor, como del aire. Las aguas subterráneas fueron[11] su principal fuente de abastecimiento para todo tipo de uso, pues la única corriente de importancia, lo fue el río Zahuapan (Pérez, 1997:16).

7 Alejandro Cabeza, define como elementos artificiales aquéllos que han sido construidos por el hombre, desde la habitación hasta la urbanización, que incluye la construcción de vialidades, instalaciones y mobiliario urbano.

8 El río Jilotepec, nace en Apizaco con escurrimientos del cerro de San Lorenzo desde San Idelfonso, Hueyotlipan hasta San Felipe, Ixtacuixtla confluyendo con el Zahuapan en San Nicolás, Panotla, alcanza 30 km.

9 Es un tema que a nuestro parecer debería tratarse de manera particular lo mismo para la industria textil, existen investigaciones sobre el primero (haciendas) pero no particularmente sobre su impacto en el Zahuapan.

10 En 1842 se inicia la construcción de fábricas textiles en Tlaxcala.

11 Lo siguen siendo para las fábricas existentes.

Así también, en el trayecto del río Apizaco con una longitud de 20 km justo hasta su confluencia con el Zahuapan, encontramos varias fábricas textiles: San Luis Apizaquito en Tetla —cerca del actual Apizaco— fundada en 1901; San Manuel en San Miguel Contla, fundada en 1877; La Trinidad en Santa Cruz Tlaxcala, creada en 1880; la Estrella (primera fundación) en Santa Cruz Tlaxcala, construida en 1890; Santa Elena, en la población Amaxac de Guerrero (González, 2008:34-35).

Retomando el recorrido del Zahuapan por el centro del estado encontramos el escurrimiento del río Totolac con 20 km de longitud partiendo de su nacimiento en San Felipe Hueyotlipan, hasta su confluencia con el río Zahuapan, con una altitud de 2300 m.s.n.m., de uso agrícola.

El río San Juan o Barranca de Briones conduce los escurrimientos superficiales de una zona de las laderas de occidentales del volcán la Malinche, con un recorrido de 19 Km hasta su confluencia con el Zahuapan. En su trayecto se une con el río San Juan —a su vez se une a la barranca Azozolo— llegando a Xicohtzinco, lugar donde confluyen los dos ríos Atoyac-Zahuapan ahí es donde éste aparentemente deja de correr.

El río Atoyac, nace en la sierra Nevada, producto de los deshielos del flanco norte del volcán Iztaccíhuatl y entra a Tlaxcala hacia el suroeste, por Tepetitla de Lardizábal, continuando por Nativitas, pausa donde acoge el agua de numerosos arroyos hasta su confluencia con el Zahuapan en Xicohtzingo (ver Fig. 1y 2, Hidrografía del estado de Tlaxcala).

3. Elementos del paisaje en el Zahuapan ayer y hoy

Los elementos del paisaje del ayer y que persisten hoy, mayoritariamente en medios rurales, son aquéllos que custodian al río. El río como elemento agua y como punto central en la investigación es el principal elemento de paisaje.

Antiguamente el agua tenía una función práctica y simbólica, lo que generaba la vida así como el placer estético. Se obtenían de ella otras cosas como apagar su sed, transportarse y para purificarse. El agua era como una deidad a la que había que mantener contenta para calmar su furia y obtener sus beneficios. Ella representaba la vida, la mujer; tenía significado religioso para conmemorar a sus habitantes mitológicos, para transformar el espíritu; todo ello representaba para las diferentes culturas (Pérez, 1996:1).

Los efectos causados, por la misma en reposo o en movimiento, son sensuales, dinámicos, relajantes y vigorosos. El agua ofrece una armonía similar de movimiento y quietud; en contraste ofrece como resultado juegos de movimiento, luz, sombra y reflejos.

Así, los componentes que acompañan en su recorrido al río son la flora y fauna —terrestre y acuática—; los suelos: arenoso y pedregoso en su interior mismo; cerros y lomeríos, sembradíos, bordes naturales o artificia-

les… puentes… como los mismos habitantes en sus diferentes actividades agrícolas y cotidianas.

Un elemento paisajista por excelencia que custodia al río Zahuapan, en algunos sitios, sin duda lo es el volcán la Malintzi[12], además de ser el elemento dominante en el paisaje tlaxcalteca. Ofrecen a la conformación de este paisaje las estaciones del año, sus matices… donde intervienen tanto los factores ambientales: lluvia, sol, viento, —que de por sí solos son espectáculos únicos—. La lluvia se funde a diferentes ritmos según cae sobre el agua del río o las rocas, creando efectos imprevisibles. Al atardecer la bruma refleja los últimos resplandores del día y mantiene como una masa matizada mucho antes que la oscuridad la envuelva. El viento canta según la intensidad y la dirección que le conduce.

Los cultivos mismos por sus formas y trazas, sus aromas, colores y sabores, como sonidos —emitidos por sus hojas, verdes o secas— estimulados por los factores ambientales. En este paisaje, el primer plano es la naturaleza del río y sus fuerzas, como valor último, como esencia, un paisaje del ayer donde se congregaban los sentidos.

El *color* del agua puede ser transparente, matizado de un verde otorgado por las piedras, por la vegetación, o por la tonalidad de la arena, o la gama del cielo. A su vez podemos advertir los reflejos del cielo, de los árboles y de los movimientos otorgados por la gente que lo visita, lo contempla o lo surca.

Los elementos que se reúnen en forma circular, esa disposición de las rocas como un cuadro geométrico estricto, hace referencia al deseo de hacer comprensibles y racionales las composiciones de la naturaleza. Esta realidad tangible de las rocas parece puesta en tela de juicio por los diferentes aspectos que adopta el agua, según la estación, la temperatura, la hora del día o de la noche. En invierno la bruma y el vapor tiende a desmaterializarlas "como si el centro oscuro y misterioso de la composición buscara recordarnos los limites del poder de comprensión del hombre" (Routaboule, 1998).

Este espacio natural que es la ribera, se expresa con gran soltura y evolución, desarrollando una profunda comprensión del orden de la vida, con respeto y utilización plástica y simbólica.

Donde los reflejos de las rocas en el agua les hacen definir su propia estructura; imágenes de la flora y la fauna contempladas en ese espejo natural, le otorgan una gama atrayente… las hojas verdes, amarillas y ocres, por su aspecto nos muestran su evolución en el transcurso por

12 Indudablemente el paisaje que conforma la Malintzi está lleno de varios elementos relevantes, pero no profundizaremos en ellos, por enfocarnos al paisaje del río Zahuapan y sus elementos.

esta vida, pero aún en ese estado no van solas, van acompañadas de los arrumacos, caricias y cantos, que ese recorrido por el agua les aporta. En su oleaje podemos percibir diferentes ritmos: con las rocas es sinuoso, sensual, otorgando a la arena movimiento, que puede ser surcado, ondulado o geométrico, ya que dependen de la fuerza del viento, de su propia estructura, como de los elementos que le acompañan: madera, hojas, flores, insectos, troncos…esta fuerza del viento puede determinar ese ritmo, así como la propia anchura del río, ya que en la medida que avanza y se le unen otros escurrimientos y pequeños ríos, aumenta su anchura y velocidad. Los ritmos, palabras que de su fino oleaje se puede leer y definir como suaves y a veces fuertes. Justamente, en su nacimiento es suave y natural, pero a medida que penetra a las zonas urbanas el sonido puede ser perceptible o no, ya que lo interrumpen los propios ruidos provocados por la actividad urbana.

El río traza sus senderos fluctuando a su gusto efectos plásticos brindados por la misma vegetación, según las estaciones y los años como ya lo señalamos. Paisajes en movimiento que pueden cambiar de fisonomía, de formas y colores en el interior mismo de una estación.

Asimismo, existe un antes y un después en ese paisaje; él, el río, nos despierta disímiles sensaciones; él, testimonia sobre nuestras reflexiones y conocimientos sobre el mundo, de su representación, así como sobre su naturaleza y perfección. En su naturaleza podemos apreciar y contemplar, ella incita a la humanidad a meditar y cuestionar sobre su finalidad.

Un antes: es decir en el ayer, él mismo crea elementos de sorpresa, fantasías, ilusiones…sugestiones; es como una musa, posiblemente donde él nace, todavía así lo sea.

Un después: Ya contaminado nos crea desilusiones, desencantos, tristezas, indiferencias, distracciones… esperanzas… al ver aún los rayos de luz que penetran en su interior, que aún con todas esas nuestras “distracciones” puede compartirnos lo que subsiste de él.

4. El río y los usos del ayer

De las prácticas sociales a las que refiere Corbin, sobre la percepción del paisaje, se realizaron tres entrevistas con un contenido breve y un recorrido por la memoria de la infancia como lo sugiere Bachelard, donde al penetrar en ese “estado del alma”, los entrevistados pueden expresar el tejido de sus pasos, con los ojos puestos en el río con aguas cristalinas, los usos de un ayer…de la apropiación y representación de estos paisajes y los sentidos puestos en esa percepción interior; aquello que plantea M. Ponty en su teoría. Así, estas tres concepciones están en el interior de las entrevistas realizadas a las personas de los tres sitios: Rosario, ama de casa con gran sabiduría sobre su entorno natural (gran observadora

del comportamiento de la flora y la fauna), siempre ha vivido cercana al lugar de nacimiento del Zahuapan. Tohuac, artista plástico ha pasado su vida en la ciudad de Tlaxcala matizando de colores sus espacios. José, ingeniero agrónomo ha residido y trabajado las tierras de Xicohtzingo y algunas aledañas. Ellos nos permitieron entrar en su mundo perceptivo de infancia así como del presente, dirigido al Zahuapan. A esas realidades paisajistas que se descubren a medida que frecuentamos los lugares, se añade el rencuentro de los actores quienes nos hacen descubrir eso que ellos viven (Poullaouec-Gonedic, 2002:4), y que el resultado de esta experiencia, es una excelente escuela por todas las enseñanzas que podemos obtener de ella.

Los usos armónicos que algunos pobladores le daban al río en un ayer (hace cincuenta años, más-menos edad promedio de los entrevistados), eran conforme a un recreo cotidiano: jugar, nadar, clavados, caminar surcándolo o descansando a su costado mientras se cuidaban los animales. Formaba parte de las prácticas para su alimentación: la pesca por temporada y el uso agropecuario. Para quehaceres domésticos, como lavar la ropa, y bañarse… avanzando en su camino, los usos eran similares; en ocasiones utilizaban material como la piedra, grava y arena en la construcción. Y en un menor porcentaje de población, pero mayor cantidad de agua utilizada, lo era para la industria textil y las haciendas.

Así, en un breve recorrido por la memoria de infancia de Rosario, tejiendo sus pasos por los campos y ahí donde el río emerge, nos comparte su apreciación. Ella vivió muy cerca del nacimiento del río (primer paisaje, pleno de elementos naturales), en el Peñón del Rosario, municipio de Tlaxco. Ahí, durante su infancia cuidó borregos, lo que le permitió observar de cerca la flora y fauna en el entorno de la ribera. Ahora permanece no lejos del nacimiento, junto a su familia[13].

Narra que siendo niña se bañaba y jugaba en él, al igual que otros niños, personas adultas que vivían cerca de él también disfrutaban de ese paisaje. El río era visitado por los dueños de las viviendas cercanas y que a su vez ellos llevaban a otras personas —amigos y familiares— para saludarlo.

Las señoras lavaban ahí la ropa con jabón “TECO” y todavía tiempo atrás su mamá lavaba con raíz de “Amol” planta que desafortunadamen-

13 Ella posee un gran conocimiento sobre la flora y fauna, gastronomía local y herbolaria, así como de fábulas que desafortunadamente no pudimos incluir. Su sabiduría sobre la naturaleza es extraordinaria; es capaz de hablar del comportamiento de las aves, o del más pequeño de los animales —insectos— cercanos al río, de cada uno de los aromas de las flores y de los reflejos de cada uno de ellos sobre el río…

te se extinguió en la zona[14]. Los productos utilizados en sus actividades cotidianas no contaminaban como los actuales; era notable una armonía con la naturalaza del río y su entorno. Ella remarcó, que cada espacio del río estaba definido para cada uno de los usos, es decir, había un área destinada para consumo y para quehaceres domésticos, así también, los animales tenían su sección para tomar agua, la cual no se mezclaba con la zona de lavado; gozaban de una buena organización indiscutiblemente.

El río representa mucho para ella "—cosas bonitas— otorgadas por la naturaleza; los árboles existen y gracias a ellos, el río. Sin bosque no hay río, y sin ellos no hay vida", enfatizó.

Simbólicamente el río es suyo, junto con los elementos que lo rodean; es suyo porque ahí vivió gran parte de su vida. Se apropió de él porque es parte de ella ya que él la acogió en su infancia, la que recuerda con gran alegría.

Las emociones que le procura el río son diversas, pues cada sonido, aroma, reflejo, textura, sabor… le proporcionan una emoción. Cada elemento de su entorno: una flor, un árbol, el pasto… le brindan paz, alegría; si hay sol le proporciona paz y le despeja la mente, así como el viento despeja los pensamientos. Caminar sobre el pasto y humedecer los pies en los bordos del río, le concedían una gran frescura.

Rosario percibía al río y al paisaje que le rodeaba como algo grandioso: los árboles, las flores, el pasto…las tonalidades del agua según la luz; la hora, como la estación eran determinantes… así, el agua tomaba una tonalidad azulada por la mañana "a la salida del sol" los rayos otorgados provocaban su condensación, haciendo que el vapor emergiera; así, esta serie luz-agua-vapor brindaba un espectáculo para sus sentidos.

El color de las piedras y la luz natural podían definir el tono del agua, ya que ésta al "robarles" su tonalidad, reflejaba su color. Las diferentes tonalidades como el azul, que era otorgado por las piedras negras, el color miel por las piedras amarillas… así al río poseía claridades y reflejos variados… sin duda Rosario es una gran observadora de la naturaleza, se sumerge en ella y se impregna de ella.

El agua podía tomar diferentes matices: "cuando llueve, ella se presenta de color —café con leche— (chocolatada/ turbia), sin embargo sin la presencia de la lluvia, ella se muestra cristalina".

El *curso* del río toma diferentes formas: "curvas suaves, lineales y sesgadas, que a su vez le añaden sensualidad, misterio, claridad, limpieza, movimiento. Puede tener pendientes finas y delgadas". Sinuosidad provocada por los cantos rodados y piedras que lo alojan.

14 Aunque existe en otras partes del país.

Los sonidos que emite el río son varios, y que ella identifica dependiendo del recorrido: "a partir de su nacimiento él es fluido, con un ritmo silencioso, apenas perceptible, brindándonos una gran tranquilidad. En su recorrido, cuando las rocas y cantos rodados van a su encuentro, de esas coincidencias surgen sonidos armoniosos, nos conceden diferentes sensaciones, que alimentan al espíritu".

Prosigue: "cuando en su trayecto acaricia arena, continúa con un canto suave y silencioso, sin fuerza, transmitiendo muchas cosas en ese silencio. Cuando desciende resultan resonancias de la cascada, pero en forma brusca su sonido es fuerte alterándolo en su correr, y en su propia fuerza, que a su paso arrastra palos, piedras y lo que se interponga en su camino, como un mar embravecido".

Narra que el sabor del agua era dulce, fresco, invitándo a una perpetua degustación. En el agua, se podía percibir aromas que podían ser tomados de los lugares que recorría, de la estación del año, como de la hora. Así, en primavera el olor es a tierra del monte y del árbol que le acompañe en su camino. "Si en sus bordes y entornos le acompañan el mirto o la tierra mojada del monte, el agua se apropia los aromas; si a ellos se une el cardo-santo (flor olorosa, espinosa, comestible, color rosa), los olores se unen hasta el infinito, tomando fragancias agradables trasportándonos a otras dimensiones, como bálsamos para el alma y la mente…" ella que nos puede arrastrar más allá del infinito. De tal forma que, para poder apreciar esos olores se debía hacer a horas muy tempranas. De esta forma el río va tomando los perfumes de las flores, campos, sembradíos, bosques, valles y frutos...

Rosario, argumenta que las frescuras que éste nos proporciona son más grandes que las del mar, porque la ventaja que el río tiene es su contacto con los árboles y la tierra, atrayéndolos hacia él.

Ella percibe en el recorrido del río un orden con variados paisajes emblemáticos y representativos. Uno, llano cubierto de flores y pasto. Aquel lleno de árboles, oscuro y misterioso por la sombra que los mismos le proveen. Terrenos de labor, de papa, donde el río era claro —transparente— pues "la ausencia de la sombra de los árboles la dejan libre", para así, despojar el aroma del haba y de la papa, aromas mezclados que se impregnaban en el agua.

Expresa que parte del paisaje se torna heterogéneo por la tarde, cuando el sol penetra entre los árboles, arbustos y flores, va tamizándolos con su luz. Las palomas de colores también participan en esa puesta en escena, con su subir y bajar sobre el río. Auque Rosario se centró en los sonidos del río, tiene un gran conocimiento de los cantos de las aves, que no pudimos narrar aquí, y que son parte del paisaje sonoro.

Para Tohuac, quien ha vivido en la Ciudad de Tlaxcala —el **segundo paisaje** lleno de elementos artificiales—[15]; los recuerdos de su infancia giran en torno a amigos con quien jugaba en el río; con ellos lo exploraba, se bañaba y nadaban felices. Dentro de los usos cotidianos rememora cómo lavaban la ropa golpeándola contra las rocas a orilla del río. La gente que saludaba el río, era aquélla que vivía en la ribereña, además de sus amigos. El río representaba para él una aventura, explorar más allá de la casa; le inspiraba libertad. Ir contra corriente hacia lo desconocido; para ello caminaba a la orilla del río, puesto que justo ahí tenía seguridad en su ir y venir. Él sentía suyo el río, las emociones que le inspiraba era el descubrir los "brazos" del río, siendo el bordo su guía, ir descubriendo los paisajes vistos siempre desde el bordo.

El paisaje que le rodeaba era con explanadas plenas de pasto y bellos arbolados. En un puente —a nivel de lo que hoy es un hotel cercano a la fuente de los bergantines— eran su referencia; esas zonas rocosas donde el río pasaba, le invitaban a observar su recorrido, ese paso de piedra en piedra.

Dentro de los colores que distinguía en el río, eran de turbio a color natural (tierra) causado por la lluvia; en su entorno los matorrales que crecían a la orilla, una combinación entre verdes del borde y del propio río.

De los sonidos que emitía, recuerda más bien el efecto que tenía sobre él: estar cerca del río le hacía sentirse a salvo, pues el explorarlo y alejarse, le causaba inseguridad; el sonido de éste le brindaba seguridad en su recorrido, para no sentirse perdido, ese sonido era algo sagrado para él. Su juego con el río era golpetear las rocas. Argumenta que los ríos tienen sonidos diferentes; por ejemplo, él considera que el sonido del Zahuapan no ha cambiado a través de los años, es característico.

Las luces que poseía el río, las claridades y reflejos, dependían de la hora del día: entre ocho y once de la mañana; el ruido lo mantenía alegre…para él el gris metálico refleja el azul cielo, culpa a las piedras por ese gris metálico[16], al azul por el cielo, al blanco por las nubes y al gris por el reflejo de las nubes cargadas de lluvia.

El no bebía agua donde estaba turbia, pero sí lo hacía en lugares donde había fauna, normalmente eran "brazos" o venas del río, —donde había ranas para él, era seguro— había agua limpia. Los olores y sabores eran a arena, a mineral. Considera "pesada" el agua, "era rica, al tomar-

15 Nos enfocaremos solamente a los elementos naturales.

16 Lo llama metálico porque en él ve los metales cristalinos de las piedras.

la, se sentía el sabor de los minerales, muy diferente del agua de llave. Por ejemplo en Apulco, Puebla, se percibe el sabor del agua a madera".

La frescura que el río le proporciona es sobre todo revitalizante, el sabor le hacia identificar plantas y minerales, como rocas.

Los ritmos o palabras de su fino oleaje que podía leer en el río son la calma y la seguridad.

El curso del agua era con "brazos" afluentes pequeños llamados también "zanjas" de donde se filtraba el agua.

Un paisaje emblemático para él, era la fuente de "Los Bergantines" el tamaño de la fuente correspondía al tamaño de los bergantines… parajes de los usos antiguos.

Una relación que él evoca sobre los paisajes representativos o simbólicos con los usos, es el Molino de agua, y lamenta que estos parajes hayan dejado de funcionar.

De su infancia, José —en un tercer paisaje donde el Zahuapan se fusiona con el Atoyac— evoca prácticas como la pesca de carpa, riego de cultivos en Santa Agueda, Zacatelco y Xicohtzinco. De los usos: bañarse, lavar, jugar; era un espacio para ir de "día de campo", de recreación. Recuerda que el agua estuvo limpia hasta los años 80.

Todos los vecinos aledaños visitaban al río: Puebla, Panzacola, San Lorenzo, Ocotlán… sobre todo el "Sábado de Gloria" en semana Santa; su uso al igual que los habitantes del lugar era para "día de campo", era una recreación turística.

El Zahuapan representa para José atracción, descanso, libertad… su entretenimiento era observar los peces y nadar. Él, al igual que Rosario y Tohuac, lo siente suyo. La ribera le procura o inspira alegría, paz, "todas las frustraciones del día o de la semana desaparecían ahí".

De los paisajes que percibió y de los que estaba rodeado el Zahuapan durante su infancia eran: una abundante vegetación de fresnos (*Fraxinus uhdei)*, ailes (*Alnus acuminata)*, sauces (*Salix bonplandiana)*… azomiate (*Senecio salignus)*. Aves, patos (*Anas sp.)*, conejos (*Sylvilagus floridanus)*, armadillos (*Dasypus sp.)*, liebres (*Lepus)*, ranas (*Rana papiens)*, además de una infinidad de flora y fauna acuática: acosiles (*Cambarellus sp.*), acatetes[17] (especie de papa mediana), ajonjolines (similares y más pequeña que la cucaracha de agua), tórtolas (*Columba)*, atempolocates (parecidos a los renacuajos), ajolotes (*Ambystoma trigrinum)*. Rememora de la vegetación los colores que dependían de las estaciones del año, el amarillo y ocres del otoño y rojizo; árboles sin hojas durante el invierno, tonalidades de verdes y matices de colores en primavera y verano. Un río azul, reflejo del cielo, a veces transparente… Sonidos como el

17 Se encontraba normalmente en las zanjas-venas de agua.

golpeteo del agua con las piedras; por la noche, un sonido similar al de alguien caminando en el río.

De los sabores que evoca del agua es lo dulce y fresco. Aromas como el de la jarilla (*Baccharis sp.),* y el azomiate (*Senecio salignus)* eran particulares; "se sentía frescura en el ambiente".

Las luces que poseía el río eran otorgadas por el sol, y las claridades de la noche, por la luna. Así, aquellos bellos reflejos en el río, de claro de luna, de un día azulado, se los debemos al día y a la noche. De los ritmos o palabras que pudo percibir de su fino oleaje, recuerda poco.

Sin embargo; recuerda el curso manso de la ribera… corriente dócil y lenta. Uno de los paisajes emblemáticos que recuerda es el que se formaba en "los arcos" donde se hacía una especie de playa —ondas de arena—. José percibe por su trabajo, paisajes nocturnos, lo que lo ha hecho además, un narrador oral de leyendas locales.

5. El río y los usos del hoy

"Apenas acabada la construcción
del hombre, se inicia un proceso
de degradación irreversible".
Gilles Clément.

Estos amorosos del agua y del río, con sus diferentes percepciones entre sí, nos han mostrado su apreciación de infancia, y ahora nos muestran cómo ven hoy al río, su transformación y permanencia… los sentimientos que tiene hacia nosotros o hacia aquellos que ya no le visitan, saludan o entrevistan más… del hostigamiento y desprecio que recibe… una decadencia provocada por nosotros mismos… nosotros que pertenecemos a ese paisaje… y que no logramos percibir.

De esta forma, continuamos con la apreciación de Rosario, quien menciona que ya no hay un acuerdo o relación entre el paisaje simbólico o representativo con los usos de hoy: "antes había bosques hermosos, oscuros y con sonidos diversos. Hoy nada es igual…, las cosechas, las lluvias, las calles mismas se han modificado…en tiempos, cantidades y calidades…el tiempo y la misma gente… ¡hasta los perros, han cambiado!"

De esas prácticas del ayer —anteriormente explicadas—, ella admite, que hoy no persisten, "…ya no es posible que los niños o cualquier persona pueda bañarse, lavar o jugar en el río. Ya no es posible que los animales puedan saciar su sed en él. Ya no hay reflejos, colores, aromas… ya ni siquiera podemos tocarlo…"

Supone que sí hay un uso distraído, pero le preocupa porque no debe ser así, "si el agua nos da la vida, permite nuestra permanencia en la tierra, por qué nos empeñamos en desaparecerla…" Sí reconoce un uso de contemplación estética, ella lo vivió y por eso le tiene cariño al agua,

al río, porque vio cómo ella creció… y deduce que la gente que no lo ve o vive, no le da ni reconoce el valor que tiene.

Argumenta que han deteriorado el río con basura y con descuido: "tiran animales muertos, hay más deforestación, tiran utensilios para comer, envases plásticos… provocando malos olores y microbios que contaminan al cuerpo, a los alimentos y al medio natural". En su mismo lugar de origen, ahí donde nace el río, donde inician las viviendas afirma: "es ahí que comienza la contaminación, a sólo tres mil metros de ahí, donde inicia la parte urbana, allí empiezan las descargas…, allí inicia el daño"

Prosigue y explica que la descomposición de la misma agua es provocada por los animales que le arrojan, por la basura acumulada…"hace que a las doce del día despida aromas desagradables, por esa falta de limpieza y mantenimiento". Los usos diferentes que se practican en el río más allá de su zona, son deplorables, "dejó de ser un río sano, para pasar a ser un depósito de aguas sucias". Con melancolía expresa que el árbol siente y resiente esa muerte que asedia al río, el árbol llora lágrimas negras por el humo que se le impregna "el oxigeno que desaloja ahora es negro por esa contaminación".

Prosigue: "cuando está sano, el rocío es claro, los animales se bañan en él, ya contaminado no encuentran ya ese regocijo…"

Todo lo que hacemos al río provoca un sentimiento negativo en éste, comenta: "a quién le gusta que lo traten así"; ella, al menos odiaría ese trato. Piensa que el río está triste y se está muriendo junto con su paisaje; verlo lleno de basura es señal de tristeza —provocada—: "está triste porque camina lentamente, en su andar lento y no alegre podemos percibir su deterioro". Ella no tira basura al río, por el contrario tiene la cultura de cuidarlo y lo procura. Además, guarda una esperanza, pensando que "puede haber una integración del paisaje y la infraestructura y equipamiento actual", tomando las medidas necesarias para que esa muerte que lo asedia, desista y se convenza que el amor que se le tiene puede salvarlo, con el respeto que merece, y que junto con nosotros mismos, modificar esas actitudes negativas, indiferentes y distraídas.

Por su parte Tohuac, piensa que puede haber una integración paisajista con los usos actuales, pero falta preparación, la gente construye sin buscar esa integración al paisaje, el cual eleva la calidad de vida "falta concienciar a la gente".

Piensa que las prácticas sociales no persisten más hoy; recuerda que hace 7 u 8 años, recorría la orilla del río evocando su infancia y pudo observar que la gente que vive cerca, ya no interactúa con él, ya no hay respeto al ícono vivo y la vida humana que lo circunda.

Se preocupa porque no puede haber un uso distraído en el manejo del agua o en los usos, "quién hace mal uso, lo hace malo, injusto" ¿por ignorancia?

Por el contrario, enfatiza que no hay un uso de contemplación estética "¡ya no lo contemplamos, pero lo necesitamos!" Remarca que nuestro espíritu pide un río y sus componentes "el agua es vida" un río conduce a la seguridad —allí Tohuac evoca las sensaciones de su infancia—.

Prosigue: "la peor forma del deteriorar el río, es pasar por alto la contaminación". Denuncia que nos falta organización y por desidia lo empeoramos cada día.

Sin embargo, afirma que el río no puede tener odio hacia los que lo envenenan, la naturaleza no odia… "cuando él se desborda decimos ¡ya vino el río a meterse a mi casa!"

Admite que el paisaje está muriendo… "se está acabando, nos lo estamos acabando, el no está triste, es triste que en aras de la modernidad… lo estemos matando". Sostiene que aquellos que lo acompañan —flora y fauna— se están muriendo con él: "antes las plantas brillaban, hoy están grises, decaídas… molestamos al río y lo hostigamos desgraciadamente porque somos una sociedad que no aporta. Diferente sería una inclinación positiva, de apreciación, con ideología… donde se tenga más conciencia".

Acepta que los paisajes siguen ahí, pero ya no se puede tener los mismos usos por las condiciones actuales de la ribera. Eclipsado el cariño, visto éste negativamente, si su uso actual sea para descargar aguas negras… será sólo un problema.

Pero estima que, si lo vemos como un elemento a recuperar, nos da una imagen diferente, "por qué no llegar a hacer represas donde se pueda navegar…"

De las prácticas que se realizan más allá de la zona, acepta que no conoce mucho, sabe que antiguamente era utilizada para riego, para cría de animales… "Cerca del río, más allá de Atlihuetzia, la población rascaba pozos, había venas del Zahuapan que eran para consumo. La industria textil contribuye con los desechos, ácidos y colorantes".

José narra muy bien la percepción actual de lo que nos queda hoy del río, porque además, físicamente está en el punto donde concluye solitario el recorrido del Zahuapan, para luego continuar acompañado por el Atoyac, compartiendo ambos ríos su dolor, su sufrimiento y sus tristezas…

Para José, ya no existe una relación entre los paisajes representativos del ayer y los usos de hoy, ya todo se ha transformado…"ciertas relaciones eran armónicas, otras no (las fábricas y las haciendas). Las prácticas sociales se han modificado, sólo permanece la de riego en Santa Águeda, Zacatelco, Ocotlán, ejido de Xicohtzinco… pero son aguas contaminadas".

¿Un uso distraído? con admiración responde: "hoy el paisaje es diferente: el agua de la ribera es de colores, se ha vuelto un arco iris: azul-violeta, rojo, amarillo, verde, café, todos los matices los podemos

encontrar ahí. Las fábricas y habitantes la tiñen con esos colores… así, ya no es útil para las empresas, entonces, ahora hacen uso de pozos profundos". Continua, "por la noche los *olores* son a azufre, a cloro y ácidos…ante ese escenario desolador, los reflejos de la luna y el azul del cielo del ayer parecieran pertenecer a otro mundo. Ese uso de contemplación estética ya no existe, —no lo hay hoy—…y con él hemos perdido nuestra capacidad de percepción…"

Argumenta que deterioramos la ribera tanto la industria como la humanidad con sus drenajes…"Talan árboles de su borde y dejan paso a la acumulación de arena, sin que las instituciones correspondientes interfieran en ese ecocidio, sólo hacen muestreos, pero no advertimos soluciones". Por ello, piensa que ella, la ribera, tiene odio hacia los que la envenenan, causando su tristeza por la muerte lenta de su paisaje y de aquel que ya murió, como los fresnos, sauces, huejotes… "aquellos que aún la acompañan en su recorrido, comparten su dolor, viven su dolor… Todos la seguimos hostigando, todos los que la contaminamos". Qué paisaje nos queda… la confluencia de los dos ríos: Zahuapan y Atoyac, con aguas de colores. Los usos actuales más allá de la zona donde habita José, aún son para riego tanto para el estado de Tlaxcala como para el estado de Puebla, para desagüe de las mismas empresas, de municipios y ciudades.

Sin embargo, José guarda la esperanza, así como Rosario de que: "si se quisiera, si podría lograrse una relación entre los paisajes y la infraestructura urbana, apostar a conservar y cuidar el agua de la ribera y hacerle "una limpieza", finaliza.

> Él, el río, continúa viajando solo, ya no transparente pero sí sombrío y adormecido, lo hemos dejado solo porque ahora creemos que ya no es "útil". ¿Frescuras? sólo en nuestro recuerdo. Permanecen su oleaje y sus sonidos, ahora acompañados de nuevos instrumentos…de contaminación…botellas, bolsas, llantas… y todo lo imaginable…

Hoy, sólo quedan matices del ayer… una luz tamizada entre los árboles… qua acalla ese mundo que lo interioriza. Aquellos valles, caminos y árboles susurrantes que le acompañan, hoy saben de su dolor…pues son testigos de su sufrimiento…

Es necesario que la sociedad reconozca en su conjunto el valor los espacios naturales como todos aquellos espacios abiertos, porque éstos son realmente parte del bagaje cultural de quienes habitamos este planeta; mientras éstos no recuperen sus cualidades propias de forma, función y significación, las cuales en el pasado caracterizaron su evolución; en la actualidad su uso y conservación serán siempre limitados —refiriéndose sobre todo a los espacios públicos— (Mazari, 1999:1).

El hombre antiguo experimentó su medio como algo consistente en caracteres definidos, concretamente reconoció la gran importancia existencial de llegar a tener buenos términos con el *Genuis loci* de la localidad en donde su vida tiene lugar. En un pasado, la sobrevivencia dependía de una buena relación con el lugar, tanto en forma física como psicológica.

Y el hombre moderno ha creído por mucho tiempo, que la ciencia y la tecnología lo habían liberado de su directa dependencia hacia los lugares. Esta creencia era sólo una ilusión: ya que la polución y caos del medio ambiente aparecieron de repente como un castigo, obligándolo a reconsiderar el problema del lugar en su verdadera importancia (Norberg-Schulz ,1979).

Comentarios finales

En nuestro siglo se ha valorizado más a las disciplinas de la planificación de obras materiales en detrimento de las espirituales. En general, la población contribuye de alguna forma a ese detrimento.

Ponty, señala que la humanidad ya no vive como antes en archipiélagos o promontorios, sino que se enfrenta consigo misma, de una punta a la otra del mundo, se dirige ella misma, a sí misma por completo a través de la cultura o los libros; en lo inmediato la pérdida de calidad se manifiesta, pero no se puede remediar restaurando la humanidad estrecha de los clásicos. El problema para nosotros es hacer en nuestro tiempo y a través de nuestra propia experiencia, lo que los clásicos hicieron en el suyo.

Y en aras de esa responsabilidad, en estas tres entrevistas pudimos observar que la percepción si está influida por la mirada de la infancia, del valor y la significación; estar en contacto con él, el río, permite tener una mirada de afecto. ¿Podríamos tener aprecio hacia algo con lo que no convivimos? De ahí, gran parte de la decadencia en nuestra contemplación y por ende en nuestra percepción. Tres actividades económicas diferentes en puntos estratégicos del recorrido del río, también determinan una postura, una percepción. En la primera, el paisaje es puro, el de su nacimiento; ahí encontramos elementos naturales. La percepción de Rosario es la más cercana al origen del río en el ayer y el hoy: desde pequeña hasta hoy ha tenido contacto con los elementos naturales del río que le permite obtener una riqueza de conocimientos que reside en su contacto con la naturaleza, desarrollando su percepción en un grado avanzado, una apropiación del espacio donde ella identifica al *Genios Loci* en ese paisaje, ahí situamos una apreciación polisensorial: percibir olores, colores, aromas, variados panoramas indicando un orden, tocar diferentes texturas, sin temor a nada, la naturaleza se nos presenta plena. Ese contacto permite a Rosario apropiarse del espacio y por consi-

guiente se identifica con él, le da valor… luego entonces, el lugar tiene sentido, tanto para ella como para el espacio mismo, esa combinación concede la esencia del lugar, creando así, el espíritu del lugar.

Ese espíritu se transforma llegando a la ciudad de Tlaxcala, donde Tohuac identifica ya elementos artificiales del paisaje como el hotel, la fuente de los bergantines, cita el molino, el puente…como parte de un paisaje urbano, *el* río y la ciudad. Con ese paisaje Tohuac se identifica, en su niñez: el río le da confianza y hoy busca recuperarla, el cariño que le tiene le hace tener la esperanza de su recuperación, al menos parcial, enfatizando la necesidad de la intervención de especialistas que logren esa armonía entre elementos artificiales y el río.

Hay elementos del paisaje urbano que Tohuac en el hoy no menciona pero que están ahí, como los andadores y muros de contención que custodian al río en su travesía por la ciudad; asimismo, los puentes peatonales, las jacarandas y demás vegetación que actualmente le circunda, ya que sin ella el río sería un panorama aún más desolador.

Así, advertimos que el malestar del río inicia no lejos de su nacimiento, llegando al punto crítico, que es la ciudad de Tlaxcala, donde aumenta la indiferencia ante su dolor; ahí se percibe el cambio en su morfología y su descuido. Tohuac hace referencia a la falta de interacción de la ribera con la gente, al olvido de sus experiencias con él…tornándose este espacio es testigo de que el hombre no sólo es destructor de la naturaleza del río, sino de su propia memoria.

De José podemos advertir su cariño al río, los espacios que lo circundan, los reflejos, los días de campo, la tranquilidad, paz y alegría que el río le provocaba y que hoy añora. En la medida en que el Zahuapan avanza y viaja ya "colorido" acompañado de olores "diferentes" no gratos a los sentidos, indistintamente de nuevos "elementos" que aumentan su padecimiento…llega a su confluencia con el Atoyac, deviniendo un paisaje "natural" moribundo… que pide la asistencia de la madre naturaleza y de los que lo valoramos. Varios de los elementos naturales que le acompañan y sobreviven, lo gritan también; ese colorido que José nos relata, son señales de ello, la ausencia de reflejos de la luna sobre éste, nos hablan de una ausencia de vida ¿y nosotros dónde estamos? si somos parte de este paisaje… permanecemos indiferentes ante su detrimento, sin contemplaciones, sin percibir el mundo que la rodea y nos rodea.

De esta forma, estas tres entrevistas nos dejan grandes lecciones:

- Necesitamos recuperar la memoria colectiva, para poder reforzar la identidad de los habitantes, y en consecuencia la esencia del lugar de la ribera,

- Tenemos que reconciliarnos con la naturaleza de la ribera, de manera que podamos observar, aprovechar y disfrutar las dos partes: naturaleza y hombre,

- Que la capacidad creativa del hombre muestre que somos capaces de destruir pero también de transformar, que somos responsables con la naturaleza del río,
- Que el uso cotidiano contribuye a reforzar la identidad: la cultura, la historia, lo social y la propia naturaleza,
- La valoración de un gozo sensorial basado sobre todo en la naturaleza del río y sus elementos,
- El recuerdo de lo que fue y lo que dejó de ser.

Para ello, poner en marcha a una estrategia, consistiría en relatar historias sobre el sitio, basadas en personas que como Rosario, Tohuac y José, nos dejen entrar en su mundo de infancia y nos permitan a través de sus historias, percibir paisajes disímiles, que nos puedan ayudar a valorar, apropiar, resguardar y/o reconstruir el paisaje de la ribera y los elementos que le acompañan.

Así, el río no solo se debe valorar desde el punto de vista paisajista; éste va acompañado de la importancia histórica simbólica, de su contribución a minimizar el impacto sobre el medio ambiente, como parte integrante de la conciencia de la comunidad con capacidades de creación, participación e innovación.

En la medida en que el paisaje del río nos permita observar, interpretar y comprender las relaciones con la sociedad, su sentido del lugar tendrá mayor consideración e interés. Contemplar ese paisaje nos permitirá recuperar nuestra dignidad como humanidad.

> Qu'est-ce que les contemplations? C'est ce qu'on pourrait appeler, si le mot n'avait pas quelque prétention, les Mémoires d'un âme *(Hugo, 2002)*.

Retomando una parte de lo que V. Hugo sugiere de cómo leer los dos volúmenes*: Autrefois y Aujourd'hui*, reunidos en el libro *Les Comtamplations* (2002), donde expresa sus impresiones, recuerdos, realidades, fantasmas, sonrisas… que pueden contener una conciencia (desde la cuna hasta la tumba), devueltos y llamados… suspiro a suspiro… un espíritu que camina de luz en luz dejando detrás él, la juventud, el amor, la ilusión, el combate, el desaliento; esa vida de él, puede ser la vida de otros hombres, entonces sugiere que nos miremos en ese espejo para poder vivir lo que él vivió… atravesar el tumulto, el rumor, el sueño, el dolor, el silencio, la lucha, el trabajo, el placer…descansar en el sacrificio y ahí contemplar a Dios, abordarlo unidos y concluirlo en soledad. La invitación aquí es retomar la vivencia de los entrevistados, para poder entender y contemplar lo que ellos vivieron en su infancia y lo que ven y viven hoy día en el río. ¿Para qué? Para poder ver matiz a matiz la alegría de una flor de la niñez y posteriormente, despojarse hoja por hoja en la

esperanza que desaparece por el dolor… ¿qué dolor? el verdadero y único que está viviendo la lenta muerte del río.

Ellos pueden guardar la esperanza de saber que, si unidos con conciencia amorosa y una percepción objetiva de la naturaleza del río y de los que le acompañan en su recorrido, aquella apreciación que ellos con su mirada y corazón de niños nos compartieron, podamos llegar a esa nueva relación entre paisajes representativos o simbólicos con los usos de hoy, con el mismo hombre y con las nuevas urbanizaciones, y así percibir el paisaje del río, si no alegre, sí sereno. M. Ponty (2006), señala que al recuperar el mundo percibido volvemos a ser capaces de encontrar más sentido a esas formas extremas aberrantes de la vida o la conciencia, y más interés por ellas, de tal modo que finalmente es el espectáculo entero del mundo y del hombre mismo los que reciben una nueva significación.

M. Fukuoka (2005), afirma que todo lo que el hombre pueda hacer, a partir de su conocimiento científico, será siempre inferior a la naturaleza; una vez que uno se de cuenta cuán maravillosa es la naturaleza de las cosas; uno podrá inclinarse para dar gracias con humildad. En la medida que nos hagamos humildes frente a la naturaleza y que hagamos callar nuestro ego, y nuestro yo profundo se incorpore a la naturaleza y ella le de vida. Ninguna necesidad de tener una fuerte personalidad para fijar una gran fuerza; bastará únicamente adoptar ese camino de mantenerse día tras día.

Otros elementos del paisaje por percibir

A lo largo del río podemos realizar un paseo, —pese a su estado actual— atravesando por ambientes misteriosos, y fascinantes contrastes entre las zonas de luz y sombras, diferentes texturas ya sea de troncos, de cantos rodados, así como diferentes follajes y degradaciones de color. En el paseo podemos despertar nuestro interés y guiarnos en una secuencia de escenas y experiencias memorables que hablan y corresponden a nuestros valores, a una cultura y a nuestras sensibilidades, según Corbin. Es como una progresión del bosque que se vuelve más denso, texturizado y sombrío.

El paisaje del río puede tener diversas interpretaciones, pero aquéllas que consideren conceptos culturales, sociales, históricos y ambientales serán las más importantes, cada uno de nosotros vemos al mundo de una manera, llena de sentimientos y percepciones pero elegimos aquélla con la que nos identificamos.

Bibliografía

Aridjis, Ana (2006). *Matices de un paisaje,* Colección Arena, Secretaría de Cultura de Michoacán.
Bacherlard, Gastón (1997). *La poética de la ensoñación*, FCE, México.
Barragán, Luis (1994). *En el mundo de Luis Barragán*, Artes de México, núm. 23.
Bazan, Jan (1962). *Evolución de la industria textil poblana, (1544-1845)*.
Cabeza Pérez, Alejandro (1993). *Elementos para el diseño del paisaje. Naturales, Artificiales y Adicionales,* Trillas, México.
Chadourne, Louis (1995). L´inquiète adolescence, (ed.), Cendres, París, Francia.
Collot, Michel (coord.)(1997). *Les enjeux du paysage,* OUSIA, France.
Corbin, Alain (2001). *L'homme dans le paysage*, Les Editions Textuel, Paris.
_____(2000). "Historien du sensible", en *La Découverte*, Paris.
Décamps, Henri y Odile (2004). *Au printemps des paysages*, Buchet/Chastel, Paris.
Fabila, Gilberto *et al*. (1955). *Tlaxcala, tenencia y aprovechamiento de la tierra*, Centro de Investigaciones Agrarias, México.
Firenze, Antonino (2003). *El problema de la percepción y la fenomenología de Merleau-Ponty,* Periódico Virtual de la Sección Clínica de Barcelona, Instituto del Campo Freudiano Europa, www.scb-icf.net/nodus/default.htm
Fukuoka, Masanobu (2005). *La voie du retour à la nature. Théorie et pratique pour une philosophie verte*, Le courrier du livre, Paris.
González Jácome, Alba (2008). *Humedales en el sur de Tlaxcala. Agua y agricultura en el siglo XX,* Universidad Iberoamericana, Ciudad de México.
Hugo, Víctor (2002). *Les Contemplations*, Classiques de Poche, France.
Mazari Hiriart, Marcos (coord.) (1999). *Espacios abiertos en la Ciudad de México,* Gobierno del Distrito Federal, México.
Merleau Ponty, Maurice (2006). *La structure du comportement, Précédé de: Une philosophie de l'ambigüité 1942*, Quadrige/Puf, France.
_____(2008). *El mundo de la Percepción, siete conferencias,* 2da ed., texto original, 1948, FCE, Buenos Aires.
Norberg-Schulz, Christian (1979). *Genius Loci Towards a phenomenology of architecture*, Rizzoli, New York.
Pérez Jaramillo, Maura (1996). *El agua en el diseño del paisaje urbano*, Proyecto semestral de Arquitectura de Paisaje, CIEP, Facultad de Arquitectura, UNAM.

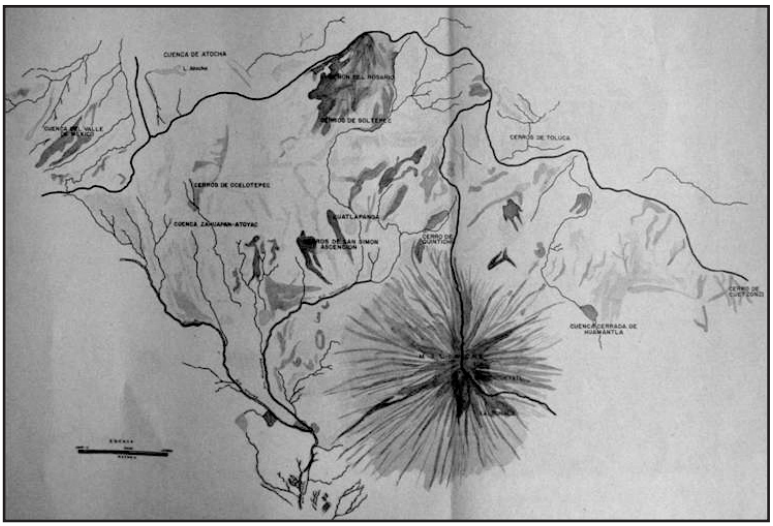
_____(1997). *La industria textil en Tlaxcala, Hilados y Tejidos "La Trinidad"*, Proyecto semestral de Integración Territorial, CIEP, Facultad de Arquitectura, UNAM.

Poullaouec-Gonidec, Philippe *et al*. (2002). *Parterres de paysages, les 400 coups*, Canada.

Routaboule, Daniéle (1998). *El Jardín: lugar de representación y del imaginario*, Curso Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la BUAP.

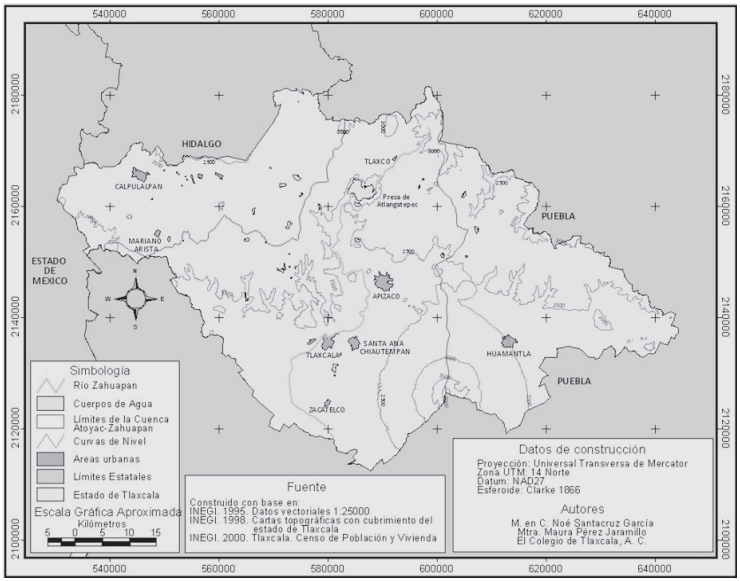
Anexos

Mapa 1. Hidrografía del estado de Tlaxcala 1955



Fuente: *Tlaxcala tenencia y aprovechamiento de la tierra*. Centro de Investigaciones Agrarias, México 1955.

Mapa 2. Hidrografía del estado de Tlaxcala, 2010



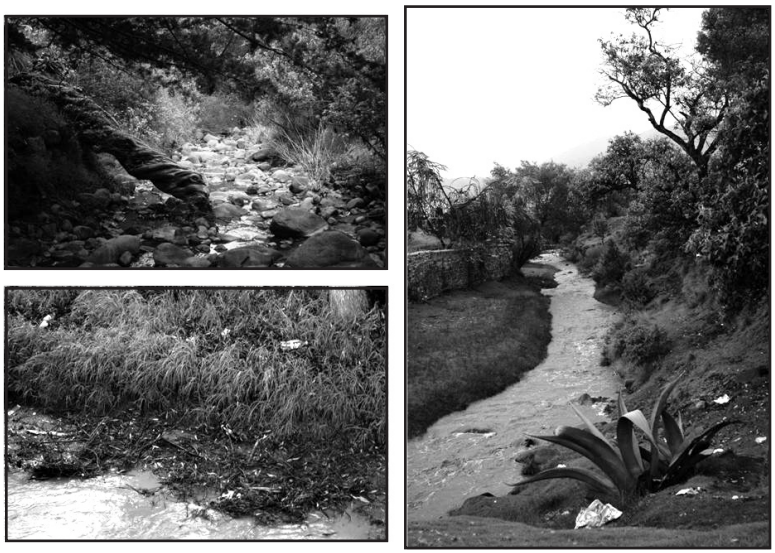
Fuente: elaboración Noé Santacruz G. / Maura Pérez J.

Fig.3, 4, 5. Río Zahuapan, muy cerca de su nacimiento, en el Peñón del Rosario, Tlaxco



Fuente: tomadas por la autora.

Fig. 6. Parte central izq. elementos naturales que lo acompañan; 7 (inf. izq.) y 8 (inf. der.) el Zahuapan al interior de la ciudad de Tlaxco, donde inicia su contaminación



Fuente: tomadas por la autora.

Fig.10, 11,12. El Zahuapan en la ciudad de Tlaxcala, reflejo de descuido e indiferencia. Los “nuevos” acompañantes de su recorrido: descargas de aguas y basura







Fuente: tomadas por la autora.

Fig. 13, 14, 15. Reflejos, claridades y otros elementos del paisaje que acompañan al Zahuapan en su recorrido, nótese el descuido de sus "zanjas"



Fuente: tomadas por la autora.

Fig. 16. Zahuapan (centro izq.); 17 Atoyac (centro der.); y 18 la confluencia de los dos ríos en Xicohtzingo



Fuente: tomadas por la autora.

Identificación de zonas de conflicto por análisis de perfiles del terreno en la región Atoyac-Zahuapan

Ramos Montalvo Vargas[1]

Introducción

Los modelos de representación del territorio tienen diversas expresiones espaciales; las más comunes son las que se basan en el uso de cartografía para la simulación de variables unidimensionales en formato vectorial y en el mejor de los casos, un tratamiento multivariado del fenómeno; otras más, han incorporado el uso de recursos *raster* para presentar mediante espaciomapas, aproximaciones con mayor calidad visual de los elementos territoriales a través de imágenes de satélite, ortofotos digitales o fotografías aéreas. Sin embargo, con el avance informático y de sistemas de apoyo georreferenciado, se han desarrollado modelos digitales para un mejor acercamiento a la realidad virtual a través de modelos tridimensionales o en tercera dimensión (3D), lo que facilita la comprensión de al menos tres elementos: la altimetría de la región, la zonificación de elementos con atributos similares, y, una lectura visual para mejor comprensión del espacio donde ocurren los fenómenos sociales.

Para explicar el comportamiento espacial de los componentes territoriales, es necesaria su regionalización para detallar el análisis de la estructura física y las expresiones sociales; es decir, el lado natural y el antrópico. La región Atoyac-Zahuapan, es una formación territorial que se ha construido con base en la convergencia de elementos básicamente de tipo físico-natural, y uno de las más importantes es la altimetría, distribución de pendientes o cotas de curvas de nivel, lo que hace suponer la delimitación de una zona alta, una región media y una parte baja del Atoyac-Zahuapan que cruza prácticamente todo el estado de Tlaxcala.

La construcción de perfiles del terreno, es un instrumento de análisis que facilita una rápida comprensión de los fenómenos que son incididos en mayor o menor medida por la variable altitudinal. El análisis de perfiles a lo largo de la región de estudio (por segmentos o rutas), facilitará la

1El Colegio de Tlaxcala, A.C. Correo electrónico: rmontalvovargas@gmail.com.

identificación de zonas de conflicto derivadas de la falta de prevención y consideración de las pendientes en el desarrollo de actividades socioeconómicas en el territorio. Una de las formas más comunes de delimitar una cuenca, es con base en parámetros de altitud para determinar escorrentías y por ende zonas altas y bajas. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo, es identificar lugares de conflicto resultantes del análisis de perfiles y propiciar una discusión sobre la pertinencia de una regionalización basada en una variable por excelencia: la altimetría; no obstante, debe considerarse la formación de espacios socialmente construidos; es decir, de territorios reales más allá únicamente de variables físico-naturales. Sin embargo, el valor de los perfiles, dará cuenta de la necesidad de tener por referente espacial un conjunto de instrumentos para determinar el factor altitud en los procesos de construcción regional y delimitación de los territorios con graves problemas derivados de la dinámica interna de la cuenca Atoyac-Zahuapan.

1. Marco conceptual

1.1 Sobre la idea de conflicto

Para efecto de esta investigación, un conflicto se entiende como la disfuncionalidad estructural de los componentes territoriales para otorgar ventajas de competencia entre los espacios que componen la región de estudio; es decir, la carencia de condiciones que favorecen el desarrollo ordenado y planificado de las actividades territoriales en la cuenca del Zahuapan.

Existen incluso perspectivas teóricas en consolidación que están construyendo una verdadera teoría del conflicto; sin embargo, su orientación carece del componente territorial de forma integral; se refieren a acercamientos parciales porque entienden los conflictos como problemas (Mercado y González, 2008) durante los procesos de transformación social, sin la suficiente consideración de los procesos socioespaciales[2] donde es tan importante el medio físico como el actuar del ser humano.

Sin embargo, es digno reconocer, como bien apunta Louis Kriesberg en su libro Conflictos constructivos citado por (Mercado y González, 2008:201), que “los conflictos tienen que resolverse; para ello es necesario saber cuál es la naturaleza del mismo y su calidad” y para efecto del presente documento, la naturaleza del conflicto tiene un componen-

2 Se entienden por procesos socioespaciales, las transformaciones y cambios producidos por la dinámica e interacción del hombre con el medio físico/natural; es decir, las formas de apropiación e integración del ser humano con su medio ambiente.

te altamente geográfico; es decir, lo accidentado del terreno aunque es un factor físico, influye de manera determinante en la calidad de vida y desarrollo de las actividades inherentes a la dinámica del ser humano.

En consecuencia, los conflictos también están compuestos por las condicionantes que impone el medio físico y no sólo debe entenderse como un problema emanado de la interacción social; es por ello que pensar en una tipología de conflictos, amerita necesariamente analizar su origen estructural y no sólo una delimitación por sus características e interacción social.

En definitiva, aquí se centra la atención en los conflictos físico/territoriales, donde en primera instancia intervienen el análisis estricto de una variable (altitud) y en seguida se entiende y queda muy en claro que los problemas, transformaciones, desequilibrios, desestructuraciones y cambios territoriales se ven claramente afectados por la dinámica socioespacial que produce la dinámica social y sus consecuentes interacciones con el medio físico, sin olvidar que intervienen variables multidimensionales en el análisis del territorio estudiado.

Por lo anterior, se eligió un modelo que facilitara la comprensión unidimensional del problema, y ese fue el MDT, que forma parte del uso de la tecnología geoespacial y una herramienta de alto valor predictivo en labores de planificación física del territorio.

1.1.1 Modelo Digital del Terreno (MDT)

Entre las consideraciones conceptuales para la aplicación de la tecnología geoespacial, está el Modelo Digital del Terreno (MDT) que se define como una representación simplificada de una variable que se mide como una superficie ondulada con tres dimensiones y, generalmente representa la topografía del terreno; es decir, las alturas en cada punto (píxel) de un territorio (Bosque, 1992:371). También se concibe el Modelo Digital del Terreno o de Elevaciones (MDT o MDE) como "una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno" (Laín, 1999:127); es entonces, una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua cuyas principales características se presentan en seguida:

1. Los Modelos del Terreno son digitales, porque están codificados en cifras. Esta característica, facilita su tratamiento en *software* de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y por tanto un análisis georreferenciado de otras tantas capas de datos referidas al territorio.

2. Los MDT toman la forma de estructuras de datos. Y por tanto, permite el modelado tanto a partir de su estructura raster, como la combinación de la estructura vectorial de otras tantas variables de tipo puntual, lineal o areal que se pueden sobreponer al modelo.

3. Los MDT representan la distribución espacial de una variable. En este caso de la altitud, lo que permite una lectura rápida y precisa de manera genérica sobre las condiciones de elevaciones abruptas o zonas de categoría planimétrica en el territorio.

4. La variable representada en el MDT es cuantitativa y de distribución continua. Dada la naturaleza de los datos *raster,* cualquier porción del territorio es representada como una base de referencia altitudinal y por lo tanto se considera un plano continuo, muy a pesar de los grados de inclinación de un terreno altamente accidentado.

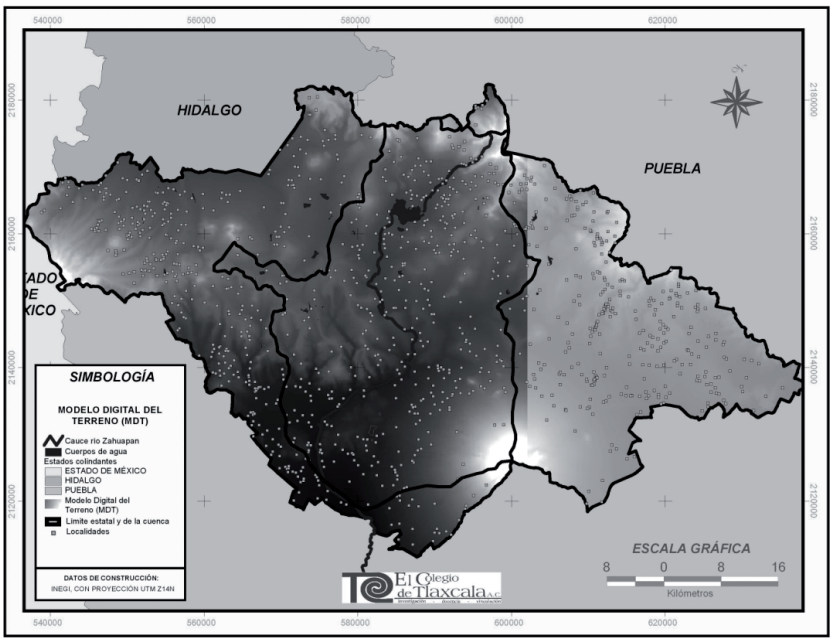
Así, el MDT es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa, continua y es a partir de Modelo Digital de Elevaciones (MDE) que se mide la variable altitud. "En resumen se trata de una técnica que posibilita la representación de una variable continua, frecuentemente la altura, en un grafismo tridimensional" (Arcila, 2003:56). Los MDT se pueden dividir en dos tipos, aquéllos de representación vectorial y aquéllos de tipo *raster*[3], los primeros pueden estar conformados por una capa hipsométrica o de curvas de nivel; y los segundos, por el modelo digital comúnmente conocido para la representación raster de planos en 3D.

La anterior consideración abre una importante discusión sobre el dominio de uno u otro modelo geográfico en la representación de la realidad territorial. Por modelos dominantes entiéndase la concreción operativa de toda la sintaxis del territorio, lo cual depende en general del nivel de desarrollo de la tecnología y en particular de las prestaciones del *software* disponible para la representación territorial; por lo tanto en sus inicios, el modelo geográfico dominante fue el *raster* o celar, dado el avance en la obtención de imágenes de satélite a partir de la llamada era espacial, donde la representación socioespacial tenía un fuerte vínculo con la generación de fotografías o escenas tomadas desde el espacio ex-

3 El modelo *raster* es el modelo más simple desde un punto de vista conceptual y lógico. Su analogía cartográfica es muy clara pues consiste en un conjunto de capas de información referidas a la misma área y representada siempre por la misma malla de puntos. La distinción de entidades está implícita en los píxeles contiguos con el mismo valor, las relaciones topológicas son implícitas a la posición de cada pixel en la malla, al igual que la georreferenciación. La separación entre datos cartográficos y datos temáticos no existe, pues cada capa representa un único tema y cada celda contiene un sólo dato numérico. En el modelo vectorial las entidades geográficas se representan por la combinación de puntos, líneas, polígonos y atributos temáticos, georreferenciados e interrelacionados. Éste es un modelo mucho más parecido a la percepción humana del espacio que la que ofrecen los modelos *raster*, y en parte por ello tiene más variantes y también más dificultades añadidas. La distinción entre los modelos orientados a capas y los modelos orientados a objetos es la más importante. Como bien establece Comas (1993:111), "el debate entre el modelo *raster* y el modelo vectorial ha estado vigente durante dos décadas y se han publicado centenares de artículos defendiendo uno u otro".

terior a través de plataformas o vehículos espaciales, lo que suponía una organización simultánea de capas y con una fuerte analogía cartográfica a través de lo que hoy conocemos como espaciomapas[4]. Actualmente, los datos *raster* están conformados no sólo por las imágenes de satélite[5], ortofotos digitales, fotografía aérea o cualquier otro recurso *raster* obtenido directamente desde el espacio o mediante transformación a través de recursos como el escáner, sino además, se ha producido en el mismo formato raster lo que se conoce como MDT, que facilita la generación de cartografía a partir de la variable altitudinal (ver Mapa 1).

Mapa 1. Representación del MDT en formato raster



Fuente: elaboración propia.

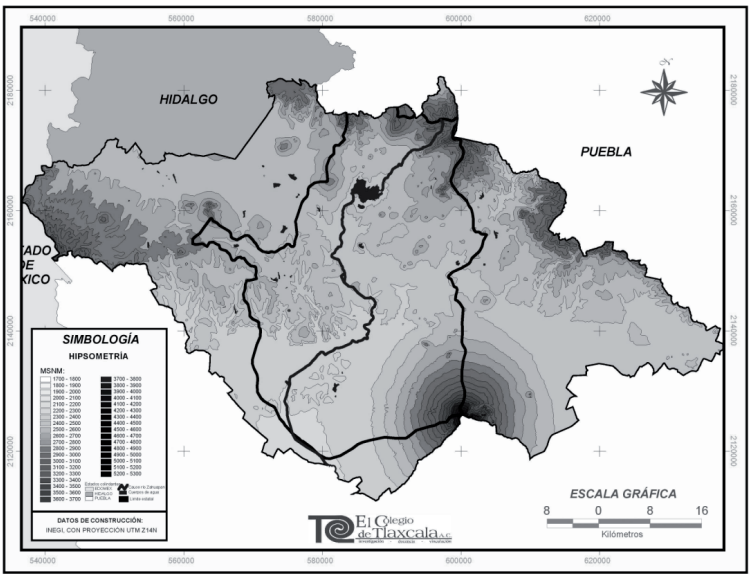
4 Son representaciones simplificadas de la realidad en formato raster de georreferenciación; es decir, son mapas donde se muestra a través de pixeles, los componentes territoriales de la realidad en formato de imagen, mismas que sin tomadas desde un satélite, plataforma o vehículo espacial.

5 Dentro de la amplia cantidad de imágenes de satélite obtenidas desde el espacio exterior, satélites, vehículos o plataformas espaciales, destacan aquéllas que por su notable avance científico, facilitan la obtención de MDT a partir de avanzadas técnicas de captura como pueden ser RADARSAT-2 o TerraSAR-X; el primero de origen canadiense y el segundo de ingeniería alemana (IGAC, 2006, 31).

Por consiguiente, en el modelo *raster* cada celda tiene un valor o código asignado, correspondiente al tipo de información temática que representa cada píxel; en cambio, la asignación de atributos en el modelo vectorial se realiza a través de una tabla de atributos asociada a cada capa de datos espaciales, en la cual una etiqueta identifica cada objeto espacial.

La división *raster* del espacio es muy adecuada para representar fenómenos de variación continua, como la altitud que presenta una delimitación difusa, o la cobertura vegetal de bosques. La división del espacio en capas temáticas es útil para fenómenos presentes en toda el área de trabajo, como por ejemplo la propiedad del suelo. Este modelo, vigente durante muchos años, convivió con el modelo vectorial orientado a capas, el cual empezó a ser dominante a mediados de los años ochenta, y ha dado cada vez más relevancia a la base de datos por encima de los modelos basados en analogías cartográficas. La extensión de este modelo predominante en la primera mitad de los años noventa, se ha debido en buena medida a la aparición de *software* con prestaciones adecuadas para las necesidades del mercado. No obstante, a raíz del desarrollo de *software* especializado, ya no sólo fue posible la visualización georreferenciada de los datos *raster*; sino además, la posibilidad de representar mediante modelos vectoriales a través de puntos, líneas y polígonos la misma variable altitudinal (ver Mapa 2).

Mapa 2. Hipsometría de la cuenca Atoyac-Zahuapan



Fuente: elaboración propia.

Para representar los elementos del territorio, es necesaria la identificación de las entidades espaciales, entendiendo por entidad un fenómeno de interés para el mundo real que no puede ser subdividido en fenómenos del mismo tipo; para lograrlo, los objetos geográficos pueden ser de cuatro tipos: puntos, líneas, área y volúmenes. Esta posibilidad amplía los procesos de georreferenciación, también llamada geocodificación de los datos geográficos que es un proceso que permite determinar la posición de una entidad geográfica en la superficie terrestre de forma directa o indirecta. El modelo *raster* es la expresión más clara de georreferenciación directa basada en coordenadas, en principio continua, que en la práctica se convierte en una georreferenciación discreta. La razón es que el píxel representa un cuadrilátero de dimensiones fijas, discretas, las cuales actúan implícitamente como unidad de medida lineal y superficial indivisible (Laín, 1999).

El análisis espacial tiene un alto potencial para labores no sólo de planificación sino también de ordenación territorial en zonas urbanas y rurales, pues como bien apunta Vidal, *et al.*, (2001:57) se "requiere de sistemas modernos de computación que ordenen y procesen espacialmente la información" y esa es una de las capacidades tanto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como de otras herramientas geoinformáticas asociadas a la complementariedad de los procesos geoespaciales.

2. Metodología

El abordaje metodológico se realizó en dos fases: la primera de orden conceptual con la determinación de los alcances analíticos de los modelos digitales del terreno (MDT) y la segunda fase, consistió en la aplicación de una herramienta de base georreferenciada que evidenciara empíricamente su utilidad sobre un espacio socialmente construido (la cuenca del Zahuapan en el estado de Tlaxcala).

El análisis espacial por perfiles del terreno, es un método que se realiza a partir de funciones de modelado tridimensional y como función analítica en un SIG, no se refiere a un producto concreto ni tiene la limitante de un modelo de datos determinado, sino que pretende la representación de funciones ampliadas que mejoren las necesidades del usuario; y por tanto, como tecnología geoespacial busca la mejora y adaptación a los objetivos concretos de la investigación.

Al igual que el trabajo con distintas escalas geográficas, resulta necesario formular varias de ellas con adaptación a la variabilidad de las propiedades de la realidad, por lo que normalmente dichas escalas difieren en el número de relaciones matemáticas que es posible establecer

entre las modalidades o variantes de una característica real[6] (Bosque, 1992:34). A partir de lo anterior, es que la estructuración escalar a base de capas temáticas son elementos del mundo real, que se representan de manera abstracta y estratificada, donde cada tema es representado por objetos espaciales, que pueden ser puntos, líneas (arcos) o polígonos (áreas), que son expresión de datos vectoriales; pero también a partir de celdas (píxeles) o en última instancia a partir de triángulos[7] o cajas para representar modelos tridimensionales, que son los que aquí se exponen. Al concebir la estructura de los SIG como una representación de la realidad, surge el concepto de modelo, en este caso circunscrito al modelo de datos espaciales, a través del cual la información del mundo real es representada a través de un *software* de SIG.

Una característica esencial de los SIG de tipo *raster* o vectorial, es que intentan capturar en su modelo de datos la realidad, y no una imagen determinada de ésta como pudiera pensarse con la simple visualización de un recurso digital en formato pixelar. Por lo tanto, como bien afirma Bosque (1997:38), para modelizar, es necesario que "los objetos espaciales pueden entenderse como una representación de los hechos espaciales en una capa temática, dichos objetos se representan en función de los distintos tipos de unidades de observación que se pueden distinguir en la realidad".

Los modelos de representación cartográfica son una herramienta relativamente fiable, dada la vistosidad, potencia y exactitud espacial que le otorga el uso de bases de datos geográficos integrados a un SIG. En consecuencia, es determinante contar con un modelo de datos en el que se almacenan las características de los objetos geográficos de forma similar a como se almacenan en una base de datos convencional (de hecho, muchos sistemas emplean sistemas de gestión de base de datos convencionales), junto con información posicional (coordenadas) y las relaciones entre los distintos objetos (qué está conectado a qué, o junto a). Si a lo anterior, "se suman las funciones que permiten extraer información de la base de datos y obtener respuestas concretas, será posible tener un modelo más aproximado a la realidad" (Runío, 1997:94), esto es lo que se busca con la expresión de sólo una variable en este texto: la altitud.

6 Comúnmente se pueden enumerar cuatro escalas o niveles de medida: nominal, ordinal, de intervalos y de razón.

7 Entre las aplicaciones más extendidas de los MDE, está la visualización tridimensional del relieve a partir de modelos TIN (*Triangulated Irregular Network*) o red irregular de triángulos, que han sido ampliamente utilizados con la finalidad de expresar la altitud del terreno.

3. La región de estudio

La cuenca del Zahuapan en el estado de Tlaxcala es una región que se ha delimitado como un espacio físico donde confluyen escurrimientos hídricos que convergen al cauce principal llamado río Zahuapan; es decir, el factor relieve es la variable principal en esa configuración espacial de la cuenca. Por lo tanto, el componente geográfico altitudinal, también es la principal variable que facilita la construcción de la cuenca y su estudio se justifica por al menos tres motivos: es la cuenca que cubre la mayor cantidad municipios dentro de la entidad tlaxcalteca (al menos 50), se inscribe el caudal hídrico más importante en la misma entidad (río Zahuapan); y, están inmersas cuatro de las siete ciudades de mayor jerarquía urbana (Apizaco, Tlaxcala, Chiautempan y Zacatelco), lo que en consecuencia representa la conjunción de una serie de transformaciones territoriales de alto impacto regional.

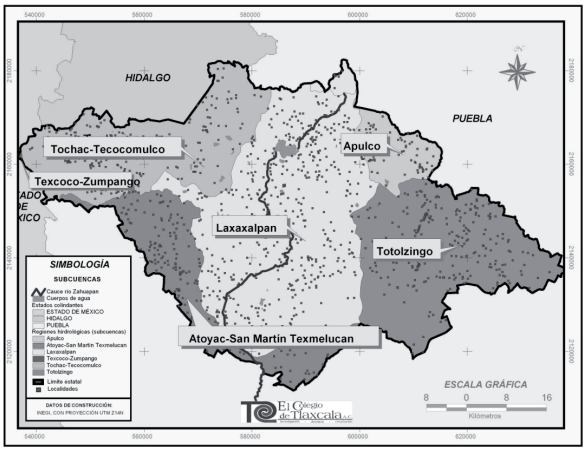
Dada la relevancia del análisis geográfico, éste se caracteriza por seis principios fundamentales (Buzai, 2006): 1. La construcción de la región. 2. El abordaje espacial de los fenómenos geográficos como un conjunto de relaciones de base espacial. 3. La metodología cuantitativa de construcción regional y clasificación de espacios. 4. La búsqueda de construcción de modelos para simplificar la realidad y planificar el territorio. 5. La producción de capacidades interdisciplinarias. 6. La obtención de un mayor nivel de objetividad con métodos y procedimientos claros y explícitos.

La realidad geográfica ha sido provista más recientemente de una perspectiva modelística, donde va teniendo más presencia una geografía automatizada, basada en la geotecnología; y como parte de ésta: la geoinformática y la geoestadística; es decir, importantes desarrollos para explicar con mayor detalle y certeza la región de estudio. A este respecto, parece que el desarrollo computacional presenta notables ventajas respecto de otras disciplinas en la resolución de problemas territoriales, que tradicionalmente eran resueltos con base en métodos y técnicas con reducida capacidad modelística. Hay quienes no dejan de reconocer los efectos negativos de las herramientas geoespaciales por "la posibilidad de pérdida de rigor teórico —empeñado por el alto potencial técnico—, y la limitación que puede surgir al tener que orientar una investigación hacia procedimientos fácilmente automatizables" (Buzai, 2006:43); sin embargo, es innegable que existe una ventaja de quienes emplean con mayor persistencia una computadora que quienes se resisten a su uso.

Lo anterior resulta fundamental porque es a partir de las herramientas geotecnológicas, que es posible construir regiones de manera más fácil y rápida, mediante el despliegue, tratamiento y modelado con *shapes* o capas de datos geográficos digitales. Es a través de una representación

de cuencas y subcuencas, que se puede apreciar la construcción de una región de análisis, misma que se muestra en seguida.

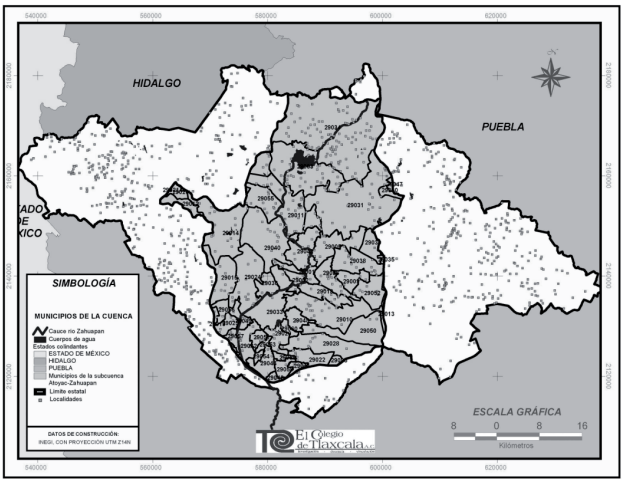
Mapa 3. Formación de subcuencas que originan la región Atoyac-Zahuapan



Fuente: elaboración propia.

La región Atoyac-Zahuapan atraviesa prácticamente todo el estado de Tlaxcala de norte a sur, incluyendo a 50 municipios como se muestra en el siguiente mapa, muchos de ellos, de manera total y otros parcialmente, pero todos con efectos sobre la cuenca.

Mapa 4. Municipios que integran la cuenca Atoyac-Zahuapan



Fuente: elaboración propia.

Entre los principales municipios están: Tlaxco en la zona alta (norte), Apizaco en el centro de la cuenca y de la misma entidad tlaxcalteca; además, otro importante municipio es Tlaxcala ubicado más hacia el centro-sur; y no menos importante, Zacatelco en plena región sur, en colindancia con el estado de Puebla.

4. Análisis de perfiles del terreno en la región Atoyac-Zahuapan

En el ámbito geotecnológico, los perfiles del terreno están sustentados en distintas nociones y principios de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección o percepción remota; es decir, se fundamentan en los aportes de las ciencias espaciales en proceso de construcción como tales y en plena consolidación como herramientas de base georreferenciada.

La metodología para la determinación de los perfiles del terreno, se basa estrictamente en la caracterización altitudinal del terreno, ya que es el factor determinante de procesos de transformación y cambio de algunas actividades de interés asociadas a la producción, accesibilidad a servicios básicos y prevención de riesgos para los asentamientos humanos. Asimismo, el criterio para la determinación de los seis perfiles que se revisarán más adelante, obedece fundamentalmente a la confluencia y arrastre del recurso hídrico por lluvias en esas direcciones; y por tanto, son portadores de impactos sobre las actividades del ser humano. Por lo tanto, tras el conocimiento más o menos detallado de la región, se consideró más apropiado este método con la definición de seis segmentos por la direccionalidad de los cauces, que realizar nuevas formaciones de microcuencas para analizar la problemática interna y sus vínculos a la cuenca Ayotac-Zahuapan de forma integrada.

Los perfiles del terreno, son una representación modelística que destaca la variable altitud y como bien señalan especialistas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de Colombia: "el uso de los modelos geométricos no brota de la naturaleza; por el contrario debe considerarse una iniciativa que busca encajar la realidad observada a un lenguaje creado por la razón" (IGAC, 32:72); su atractivo visual, puede no ser siempre el de mayor rigor analítico, ya que distintas actividades y procesos pueden no estar siendo observados, pero sí pueden verse afectados por las condiciones del relieve.

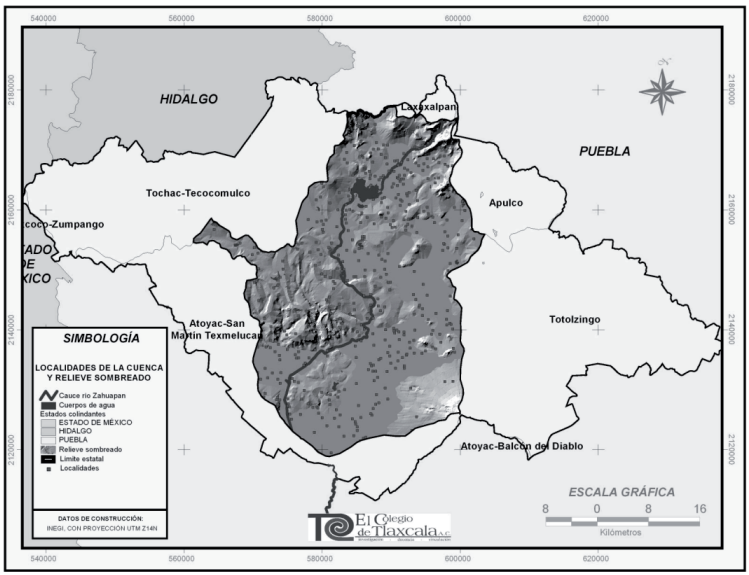
Para trabajar con perfiles digitales del terreno, es necesario primero un procedimiento llamado interpolación espacial para calcular el valor estimado de la variable altitudinal en determinadas posiciones. Esta función, está presente en diversos *software* para SIG vectorial o *raster*, sea en programas comerciales como ERDAS o ArcGIS o bien, en *software open source* como GRASS (*Geographic Resources Analysis Support System*) que es un *software* de código fuente libre. Mientras que en el ERDAS

se emplea el *Surface Profile* (para 3D) o el *Spatial Profile* (para vistas laterales), con similares funciones en ArcGIS. Además, en GRASS existen diversos módulos para hacer interpolación e incluyen la función *surf* y dependiendo el tipo de datos como *input*, se podrá realizar el modelado espacial.

Al construir un MDT, los requerimientos son los siguientes: a) un conjunto muestral de puntos altitudinales sobre el terreno; b) las curvas de nivel digitalizadas de forma georreferenciada y, c) la restitución fotogramétrica; o bien, a partir de imágenes de satélite, donde por supuesto este último requerimiento llega a representar el principal obstáculo por los costos procedimentales y hasta complejos para los iniciadores en el manejo de estructuras matriciales de pixeles.

El MDE permite obtener nuevas capas de información entre otras cosas, para "conocer la distribución espacial de las precipitaciones, analizar las relaciones espaciales existentes entre las diversas variables considerando en todo momento la afectación altimétrica del territorio para determinar los factores que intervienen en la caracterización geográfica" (Moreno, 2008:629). Aunque los MDE a simple vista, facilitan la percepción de los rasgos más sobresalientes del relieve sobre el territorio, la distribución altitudinal está directamente relacionada con las afectaciones e influencias sobre el medio natural y las actividades humanas que no se perciben fácilmente.

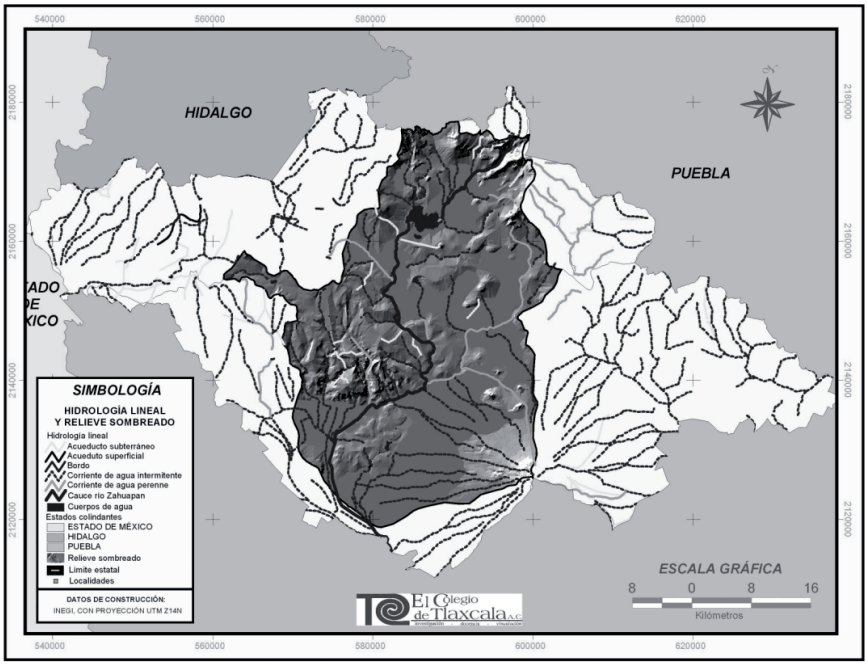
Mapa 5. Relieve en la cuenca



Fuente: elaboración propia.

La erosión es un ejemplo de afectación provocada por la excesiva pendiente a que se exponen las vertientes hídricas (ver Mapa 6); de igual manera, la potencialidad agrícola del terreno está determinada por las condiciones que favorecen la distribución florística o las plantaciones agrícolas, mismas que se verán favorecidas o afectadas por la cantidad de luz a la que pueden acceder por la orientación y ángulos provocados por el factor altitudinal. En relación con actividades humanas como infraestructura, vialidades o comunicaciones terrestres, también se ven fuertemente influidas por la distribución espacial de elevaciones, lo que determinará costos y tareas concretas para mejorar la ingeniería en el sector y reducir los riesgos y costos derivados de la variable altimetría.

Mapa 6. Hidrología lineal y relieve sombreado en la cuenca

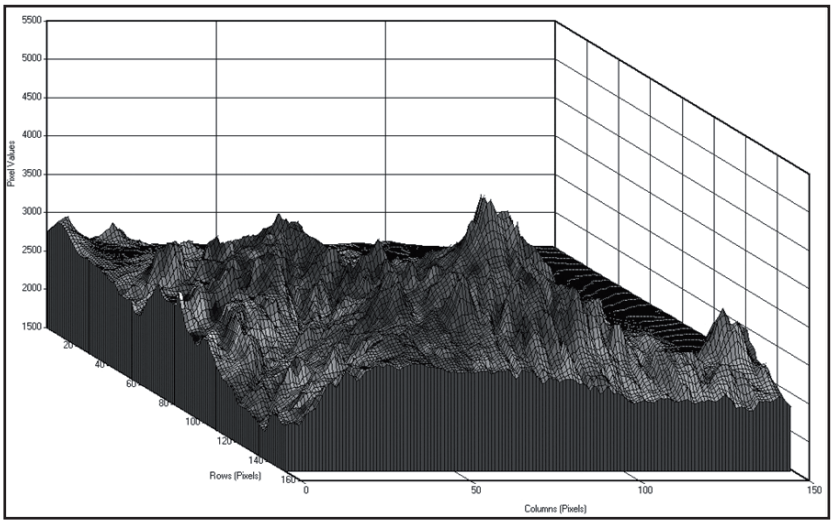


Fuente: elaboración propia.

El modelo espacial, es la representación simplificada de la realidad geográfica a través de una o múltiples variables y particularmente las variables directamente derivadas de cualquier mapa *raster*, pero especialmente del MDE que se pueden derivar relativamente de forma sencilla son: el mapa de isolíneas (*contour*), las pendientes (*slope*), la orientación (*aspect*) y la iluminación (*hillshade*). La obtención de cada uno de estos aspectos del relieve en forma de nuevos mapas o capas de información y

la combinación de varias de ellas, "permiten crear nuevas aplicaciones integradas, muy útiles para plantear problemas y tomar decisiones mediante la creación de un modelo digital" (Moreno, 2008:629). Cada una de las funciones anteriores, se pueden realizar en *software* de SIG especializado a través de un módulo/extensión sobre Análisis Espacial (*spatial analyst*). Particularmente el análisis de superficies, se puede obtener aplicando el comando *surface analysis* como se aprecia a continuación.

Figura 1. Ejemplo de aplicación del *surface profile*



Fuente: elaboración propia.

Aunque las funciones de *contour, slope, aspect* y *hillshade,* son importantes en el análisis espacial de superficies, aquí se utilizan básicamente las funciones *surface analyst* y *spatial profile*, con la finalidad de analizar los perfiles de la cuenca Atoyac-Zahuapan, advirtiendo las posibles implicaciones de lo que visualmente representa la variable altitudinal sobre tres aspectos básicos: potencialidad productiva, riesgo por inundaciones y planificación territorial.

5. Identificación de zonas de conflicto

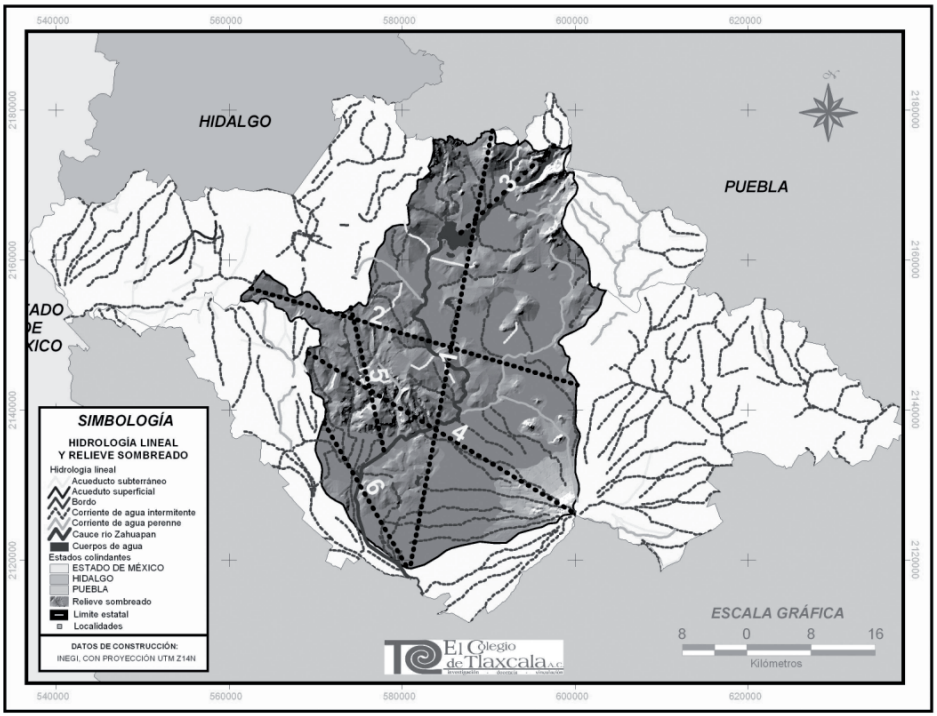
5.1 Resultados

Los impactos que pueden suceder en la cuenca, derivados de las condiciones altimétricas son diversos; algunos afectan actividades particulares del ser humano y otras más de carácter público. Aquí se centra la atención principalmente en tres aspectos que son:

- Potencialidad productiva del sector primario
- Riesgo por inundaciones
- Planificación territorial

Para proceder a la revisión de estos elementos conflictivos por el factor relieve, se definieron seis segmentos[8] (ver Mapa 7) para visualizar cómo el terreno accidentado modifica sustancialmente la planificación de actividades en el territorio, reorganizando tareas, previendo contingencias o reaccionando en consecuencia, por impactos inherentes al desarrollo de eventos relacionados, directa o indirectamente, con las afectaciones que provoca el relieve en la cuenca Atoyac-Zahuapan.

Mapa 7. Distribución de segmentos para el análisis de perfiles



Fuente: elaboración propia.

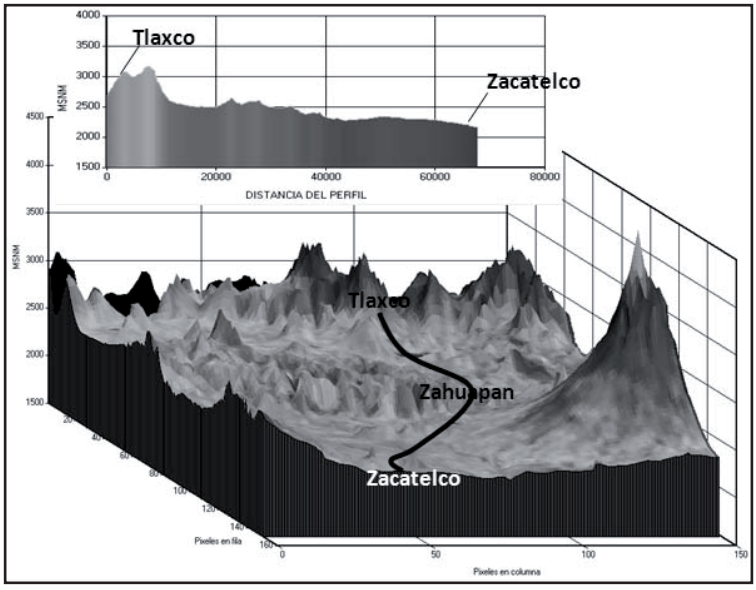
8 La determinación de los segmentos no se realizó bajo un estricto rigor metodológico, tan sólo a partir de la experiencia y el conocimiento previo del territorio en la región.

5.1.1 Potencialidad productiva del sector primario

De todos los segmentos, el uno y seis se caracterizan por el relieve poco accidentado, además de que se localiza prácticamente en el recorrido del cauce del río Zahuapan-Atoyac; en primera instancia, el segmento uno va desde el nacimiento del río en las montañas de Tlaxco pasando por 50 estados hasta dirigirse a tierras poblanas; en tanto el segmento seis, realiza un breve recorrido en las fértiles tierras de Tepetitla y Nativitas hasta la región de Zacatelco.

La dirección de estos dos segmentos tiene por referente el cauce del río Zahuapan, y por su localización, se corresponde con la distribución de tierras altamente productivas, algunas de ellas beneficiadas con sistemas de riego por canaleta o con el auxilio de pozos de uso agrícola en Atlangatepec, Domingo Arenas, Tecopilco, Tepetitla, Nativitas y Zacatelco.

Figura 2. Perfil del terreno del segmento 1 (Tlaxco-Zacatelco)



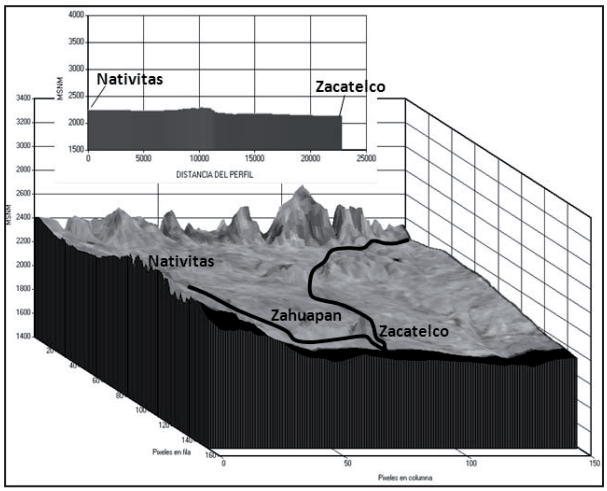
Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar el trayecto del río Zahuapan desde el oriente de Tlaxco y tras desembocar en la presa de Atlangatepec, toca tierras de Muñoz de Domingo Arenas, Tecopilco, Xaltocan, Apizaco, Yauhquemecan, Amaxac, Apetatitlán, Tlaxcala, Texoloc, Santa Apolonia Teacalco, Tetlatlahuca, Nativitas y Zacatelco; la mayor parte de estos municipios con alta vocación productiva en el sector primario. En los márgenes del Zahuapan se aprecia una importante actividad del sector agrícola, sobre

todo en el primer tramo desde Tlaxco hasta Xaltocan y después desde Panotla hasta Zacatelco; no así para el recorrido de Apizaco a Tlaxcala, ya que los asentamientos humanos y las condiciones de relieve, impiden un aprovechamiento de este cauce natural para la actividad agrícola. Se pueden encontrar por ejemplo, zonas abruptas del relieve en Atlihuetzía y Amaxac, donde alternativamente se promueven en algunos sitios la actividad recreativa a partir de este recurso natural.

Con relación al perfil seis (ver Figura 3), corresponde al segmento que complementa los flujos hídricos que convergen al Zahuapan desde los municipios de Tepetitla de Lardizábal y Nativitas, todos ellos con altísimo potencial productivo en el sector primario, dada la calidad de la tierra y las condiciones favorables de humedad para cultivos durante la mayor parte del año; sin embargo, es también la región sur, la que en las últimas dos décadas, ha crecido en sus centros de población, reduciéndose el área cultivable por el cambio de uso a urbano/residencial.

Figura 3. Perfil del terreno, segmento 6 (Nativitas-Zacatelco)



Fuente: elaboración propia.

En este corte, se presenta la región con el relieve menos accidentado, conformado por cañadas y valles, la región es altamente productiva en cultivos forrajeros y hortalizas, e incluso, se ha incrementado de manera importante la producción lechera[9] en la región, fortaleciendo de forma

9 La producción lechera y crianza de ganado ha sido una actividad importante no sólo en el sur de la entidad, sino además, en el norte. Municipios como Tlaxco, Atlangatepec,

importante el sector agropecuario. No obstante, el aprovechamiento de las aguas del Zahuapan llegó a convertirse, en las últimas dos décadas, en un elemento de crítica por las condiciones de contaminación que presenta el afluente, derivado de los grandes volúmenes de descarga de aguas negras por uso doméstico e industrial río arriba, de por lo menos 40 municipios de la entidad.

Un aspecto muy importante ligado a la potencialidad productiva de la región es la erosión, mismo que puede generarse a partir de un MDT y tiene por origen un levantamiento LIDAR (*Ligh Detection And Ranging*) con base en un proceso fotogramétrico, lo que determina la potencialidad de una región[10]; sin embargo, se deben tener en cuenta otros factores que determinan las condiciones de productividad y que no están precisamente asociados a las condiciones del suelo. Por lo tanto, aquí apenas se expone la relevancia del factor altimétrico en este proceso, lo que tampoco significa que sea el más importante, ni el de mayor consideración entre las variables que determinan los niveles tanto de erosión como de producción en las regiones.

5.1.2 Riesgo por inundaciones

Si el rescate de la actividad agropecuaria es objeto de análisis en los segmentos uno y seis por la alta valoración productiva de la región Atoyac-Zahuapan, no obstante, cuando se presentan lluvias torrenciales sobre todo en el norte de la entidad, los principales afectados no son los propietarios de cultivos localizados en zonas bajas, cañadas o márgenes del río Zahuapan, sino, aquellas localidades o caseríos dispersos ubicados en áreas con alto riesgo, tanto por el crecimiento del cauce del Zahuapan, como aquellas localizadas en lugares donde la infraestructura pluvial es insuficiente para direccionar las aguas y desahogar los altos niveles de agua concentrada durante el periodo de lluvias.

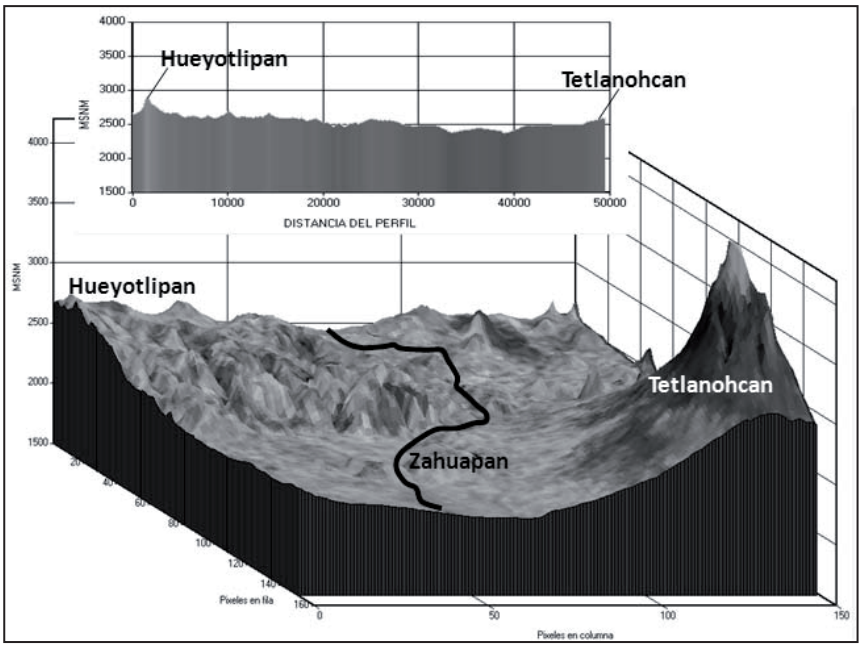
Municipios como Tlaxco, Apizaco, Amaxac, Tlaxcala, Totolac o Panotla presentan en algunas localidades, problemas derivados de la insuficiencia en el desalojo de las aguas a través de los canales pluviales, lo que provoca conflictos a los centros de población. Los perfiles dos y cuatro, tienen el propósito de advertir la diferencia altitudinal de municipios con jerarquía urbana como Apizaco y Tlaxcala, que presentan serios pro-

Muñoz de Domingo Arenas o Xaltocan, se caracterizan por la promoción de esta actividad en ranchos, establos y espacios de traspatio.

10 El proceso de levantamiento LIDAR (*Ligh Detection And Ranging)*, se realiza primero con el envío de la señal LIDAR pero además se tiene una última señal de regreso, lo que permite generar un modelo digital del terreno (MDT).

blemas pluviales (ver Figura 4), en comparación con municipios como Hueyotlipan y Tetlanohcan o Ixtacuixtla con dirección a la Malinche (ver Figura 5), que son zonas altas donde no se presenta el problema de inundaciones, a diferencia de Apizaco y Tlaxcala que se encuentran ubicados en zonas donde además de ser afectadas por la convergencia de escorrentías múltiples, el cauce del Zahuapan amplía las posibilidades de riesgo por inundaciones en sus zonas urbanas.

Figura 4. Perfil del terreno, segmento 2 (Hueyotlipan-Tetlanohcan)



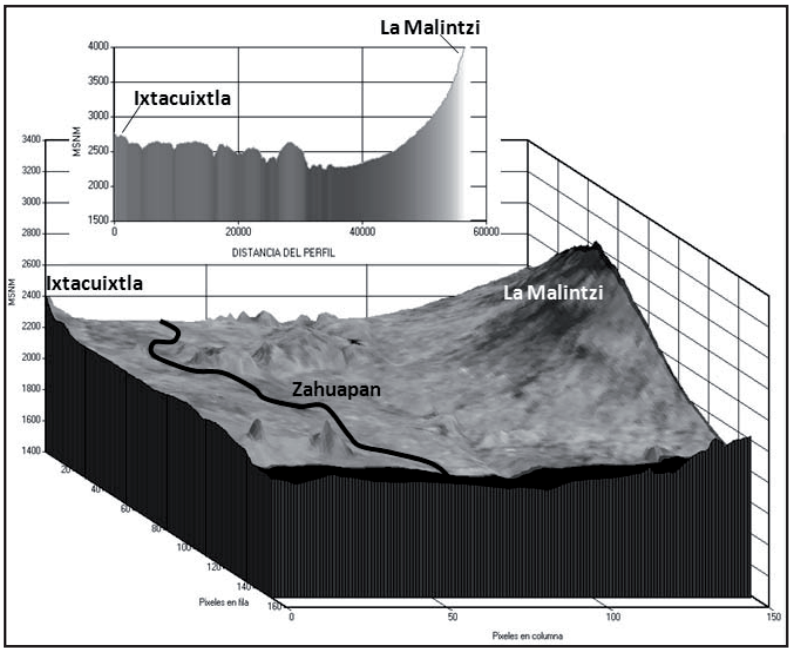
Fuente: elaboración propia.

Se aprecia que el cauce del Zahuapan, aunque no toca la ciudad de Apizaco, esta importante ciudad presenta una forma de vaso donde convergen escorrentías desde Yauhquemehcan, Domingo Arenas y Tetla. Por consiguiente, la distribución hidrológica en el terreno determina en buena medida el problema de inundaciones, pero además, las condiciones de relieve y la configuración de microcuencas donde difícilmente se logra un desahogo de las precipitaciones cuando éstas son frecuentes y se tiene una deficiente red pluvial y sin planificación de los asentamientos humanos irregulares.

A diferencia de la ciudad de Apizaco, la capital del estado de Tlaxcala donde se localiza el municipio con el mismo nombre, sí es atravesada de manera importante por el río Zahuapan; y, es junto con Tlaxco los dos

municipios con mayor cantidad de kilómetros atravesados por el cauce del río. Adicionalmente y por su localización, a su paso por ese municipio, el Zahuapan a esas alturas, presenta una altísima captación tanto de agua de lluvia como descargas domésticas e industriales, convirtiéndose en un riesgo latente de inundación por su posible desbordamiento.

Figura 5. Perfil del terreno, segmento 4 (Ixtacuixtla-La Malinche)



Fuente: elaboración propia.

El cuarto segmento, atraviesa la ciudad de Tlaxcala, y mientras los municipios en el extremo del perfil del terreno, carecen de esa condición de riesgo por inundaciones, resulta siempre peligroso para un centro poblado situarse en los márgenes de un río; si a lo anterior se suma la fragilidad del cauce a partir de Apetatitlán, las condiciones problemáticas aumentan no sólo para Tlaxcala capital, sino además, para Totolac y Panotla con sus principales centros poblados; y otro tanto más, río abajo con la afectación de caseríos dispersos y cultivos.

5.1.3 Planificación territorial

Además de posibles impactos o conflictos de orden productivo y riesgos, el ser humano por cientos de años se ha desplazado en busca del mejor espacio de terreno donde asentarse y desarrollar las actividades

que le permitan satisfacer una diversidad creciente de necesidades. Sin embargo, no todos los habitantes residen en lugares carentes de problemas donde el relieve juega un papel importante, en algunos casos para beneficio de la población y en la mayoría de las veces, se asume como un desafío el poder solucionar los problemas o conflictos inherentes a la caracterización de las condiciones altitudinales[11].

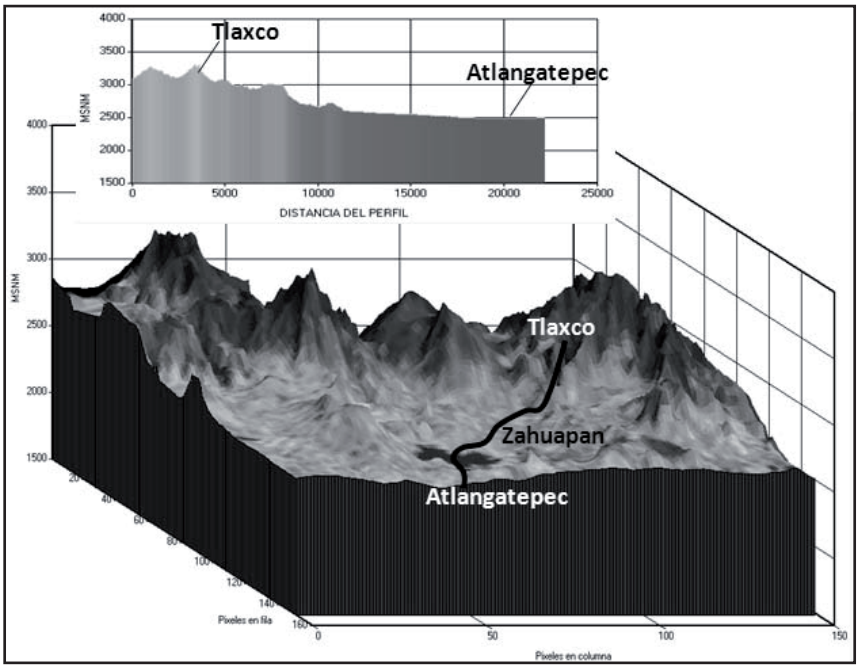
Sin embargo, las pendientes abruptas en la mayoría de los casos es un factor no deseable cuando de planificación física de una ciudad se refiere, ya que trae una serie de condicionantes por el riesgo, los costos de infraestructura, servicios, equipamiento y en general el planeamiento funcional y organizativo del centro urbano. Por ejemplo, costos adicionales por la construcción de puentes, cortes de montaña para nuevas carreteras, servicios de ingeniería a detalle para drenaje, reubicación de tanques de almacenamiento para abasto de agua potable, tipo de material para pavimentación en zonas de alta pendiente con la finalidad de evitar erosiones, zonas urbanas de riesgo por deslaves e inundaciones, accesibilidad vial a zonas altas, debilitamiento de construcciones residenciales, entre otras tantas que atañen la planificación física del territorio.

En los perfiles tres y cinco, se presenta un rasgo muy particular del territorio y que ha provocado un aislamiento relativo de las localidades en esos segmentos: se trata de zonas con pendientes constantes derivadas de la distribución casi inmediata de montañas y cerros en toda la región, lo que impide que las localidades crezcan; y por el contrario, la población tiende a cambiar su lugar de residencia a centros poblados cercanos. No obstante, las causas migratorias pueden ser diversas, lo que sí resulta evidente es que las dificultades del terreno, impiden el acceso a servicios públicos básicos y equipamiento necesarios, y esto se ve reflejado en la direccionalidad de la política pública que no termina por ser justa y equitativa, convirtiéndose por ende en selectiva y concentradora del presupuesto federal, estatal y municipal en las cabeceras municipales o centros poblados de mayor jerarquía. Así por ejemplo, se pueden encontrar lugares en el oriente de Tlaxco donde apenas hay una pequeña escuela, la gente carece en su mayoría de agua potable y calles pavimentadas; y por consecuencia, ante las necesidades de la población, los habitantes buscan otros canales de cobertura que es resuelto por el

11 El factor relieve puede ser benéfico por ejemplo para zonas altas como Lázaro Cárdenas —en el nororiente de la entidad—, porque abre la posibilidad de mantener una agricultura basada en sistemas de riego por gravedad; en otros tantos lugares el relieve accidentado es favorable para evitar inundaciones; de igual manera favorece a especies florísticas que demandan altura y tipos de suelo particulares. Sin embargo, también el relieve poco accidentado puede favorecer el desarrollo de cultivos con largos periodos de siembra —por los beneficios del factor humedad—, entre otras actividades de orden agropecuario.

desplazamiento o traslado a centros poblados de mayor tamaño, donde la carencia de infraestructura, servicios y equipamiento es menor.

Figura 6. Perfil del terreno, segmento 3 (Tlaxco-Atlangatepec)



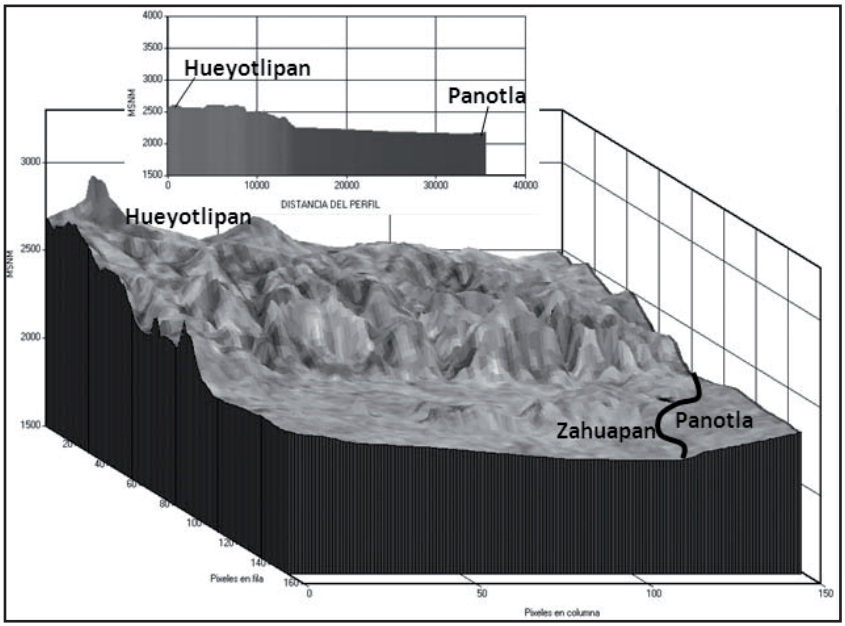
Fuente: elaboración propia.

Resulta interesante ver cómo los servicios, infraestructura y equipamiento se concentran en la cabecera municipal de Tlaxco, y el resto de las comunidades deben resolver sus problemas con base en importantes esfuerzos, muchos de ellos desligados de la planificación territorial, pero sí enfocados a la lucha y trabajo diario de sus habitantes. Por lo tanto, resulta fundamental tener en consideración la posibilidad de planificar el territorio con base en las características físicas del espacio habitable.

Por otro lado, en el segmento cinco, se presenta un fenómeno similar, donde por las condiciones de relieve, muy pocas localidades se encuentran localizadas en esa enorme masa de territorio intermedia entre Calpulalpan y Tlaxcala; es decir, municipios como Hueyotlipan, Xaltocan y Panotla, cuyas cabeceras municipales están situadas todas ellas a menos de 15 minutos de una ciudad principal, tal es el caso de Panotla a 3 minutos de Tlaxcala, Xaltocan a 5 minutos de Apizaco y Hueyotlipan a 10 minutos de Calpulalpan. Los tres municipios mencionados tienen elevada extensión de territorio pero sus localidades son tan pequeñas en el nú-

mero de habitantes y crecimiento físico urbano, que los cambios llegan a ser imperceptibles. Lo anterior no es casualidad, pues las condiciones del relieve, impiden tener calidad y cantidad en el abasto de servicios necesarios para sus habitantes, dando por resultado el fenómeno migratorio o de movilidad intraestatal e incluso interestatal.

Figura 7. Perfil del terreno, segmento 5 (Hueyotlipan-Panotla)



Fuente: elaboración propia.

Se puede apreciar en la parte superior de la figura cómo toda la zona alta de Panotla tiene un relieve muy accidentado y esto se repite hacia Hueyotlipan y Xaltocan, provocando la falta de interés del residente por permanecer en el lugar de nacimiento, incluso para visitantes en busca de un espacio residencial resulta difícil permanecer por las condiciones del terreno y ligado a esta abrupta distribución espacial, la incorporación de infraestructura y servicios se vuelve más costosa para la autoridad municipal; y en consecuencia, se convierten en espacios poco habitados.

Conclusiones

Las formas de representación de la realidad a través de métodos automatizados con formato georreferenciado, se han convertido en alternativas que favorecen el análisis espacial y la posibilidad de reflexionar sobre

la distribución de elementos en el territorio y sus interrelaciones tanto internas como externas, inherentes al espacio natural, o derivadas de la compleja relación entre los seres humanos. La valoración de los métodos geográficos, debe ir más allá de la simulación estática de los componentes físico-naturales; es necesario transitar al análisis socioespacial donde la nueva relación sociedad, ambiente y territorio, facilite la comprensión de los hechos y fenómenos sociales objeto de preocupación para los investigadores de las ciencias regionales.

El análisis de perfiles del terreno, es un acercamiento parcial porque se limita a la explicación univariada (a partir del factor altitud) de la problemática territorial de la región (cuenca) Atoyac-Zahuapan, donde la complejidad amerita –ahora más que nunca– el trabajo interdisciplinar. Sin embargo, la importancia del alcance explicativo de una variable para dar cuenta de distintos problemas derivados de la distribución altitudinal del terreno, demuestra que es posible profundizar en otros tantos elementos para descubrir y potenciar nuevos enfoques de integración en la discusión reflexiva y del ejercicio investigativo de una región.

La utilidad del análisis de perfiles del terreno, se ubica entre las herramientas de base geotecnológica para la toma de decisiones en el territorio. Corresponde al planificador recuperar el modelado de la realidad para advertir que detrás de un conjunto de variables de distinta naturaleza (natural y social), existe la posibilidad de integrar tantas consideraciones temáticas como imaginarios proponga el ser humano para descubrir las formas sobre el funcionamiento y la organización del espacio y las distintas expresiones territoriales.

Bibliografía

Arcila Garrido, Manuel (2003). *Sistemas de Información Geográfica y Medio Ambiente*, Edit. Universidad de Cádiz (UCA), España.

Bosque Sendra, Joaquín (1992). *Sistemas de Información Geográfica*, Ediciones Rialp, S. A., Madrid, España.

_____(1997). *Planificación y gestión del territorio. De los SIG a los Sistemas de ayuda a la decisión espacial (SADE)*, Ed. Universidad de Alcalá, Madrid, España.

Buzai, Gustavo Daniel y Banxendale, Claudia (2006). Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica, Lugar Editorial, 1ª. Edición, Buenos Aires, Argentina.

Comas, David y Ruiz, Ernest (1993). *Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica*, Editorial Ariel Geografía, Barcelona, España.

IGAC, (2006). *Revista Análisis Geográficos*, núm. 31, Bogotá, Colombia.

_____*Revista Análisis Geográficos*, núm. 32, Bogotá, Colombia.

Laín Huerta, Luis (1999). *Los sistemas de información geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*, Edit. Instituto Tecnológico Geominero de España, Ministerio del medio ambiente, Madrid, España.

Mercado y González (2008). "La teoría del conflicto en la sociedad contemporánea", en *Espacios públicos,* febrero, vol. 11, núm. 2, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.

Moreno, Jiménez Antonio (2008). *Sistemas y análisis de información geográfica. Manual de aprendizaje con ArcGIS*, Ed. Alfaomega-Ra-Ma, Madrid, España.

Runío Barroso, Alfonso (1997). *Los Sistemas de Información Geográficos: origen y perspectivas*, Universidad Complutense de Madrid, España.

Vidal Gutiérrez, Claudia *et al.*, (2001). "Aportes al ordenamiento territorial urbano: evaluación de riesgos naturales en concepción y aplicación de SIG", en revista *Urbano*, Universidad del BioBio, diciembre, vol. 4, núm. 005, Chile.

Erosión de suelos e indicadores de bienestar en la región Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala

Vidal Guerra de la Cruz[1]
Juan Islas Gutiérrez[2]
Enrique Buendía Rodríguez[3]

Introducción

La erosión de los suelos es uno de los problemas ambientales de efectos más inmediatos, persistentes y con frecuencia irreversibles que actualmente afectan la región Atoyac-Zahuapan. La larga historia de uso agrícola intensivo de los suelos de la región, particularmente en Tlaxcala (Werner, 1986:11-12; González, 2009:177-178) se refleja en las extensas áreas que actualmente presentan diferentes grados de erosión.

Algunas áreas de la región Atoyac-Zahuapan han estado sujetos a procesos erosivos cuya magnitud, dinámica y distribución han sido abordadas en diferentes estudios, básicamente de carácter biológico y descriptivo (Aeppli y Schoenhals, 1973:15-18; Werner, 1986:33-38, 56-58; Etchevers *et al.*, 1992:171-176; Werner, 1992:318-326; Buendía *et al.*, 2008:1-9; María y Guerra, 2008:345). No obstante, dada la naturaleza y dinámica del recurso suelo, se reconoce que los procesos erosivos del mismo también tienen implicaciones económicas, ya que limitan enormemente su capacidad generadora de bienes y servicios, además de provocar otros problemas ambientales. La importancia socioeconómica de los recursos naturales como el suelo, entre otros, se refleja en el hecho que actualmente se consideran como activos económicos en el Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas en nuestro país (Rivera y Foladori, 2006:180-183).

En esta perspectiva es claro que la importancia de los suelos erosionados rebasa la dimensión ambiental ya que tiene incidencia, directa o indirecta, en los aspectos económicos y sociales, lo cual es más evidente en las áreas rurales. Muy probablemente derivado de la importancia

1 INIFAP-Tlaxcala. Correo electrónico: guerra.vidal@inifap.gob.mx

2 INIFAP-Valle de México. Correo electrónico: islas.juan@inifap.gob.mx

3 INIFAP-Valle de México. Correo electrónico: buendia.enrique@inifap.gob.mx

socioeconómica de los suelos erosionados, se han realizado históricamente en el estado de Tlaxcala, esfuerzos importantes para recuperar su capacidad productiva, aun en los casos en que la erosión ha sido muy severa (Werner, 1986:39-42). Actualmente varias dependencias federales y estatales siguen destinando recursos considerables para programas de protección de suelos y recuperación o rehabilitación de los suelos erosionados en la geografía estatal (Magaña-Torres *et al*., 2008:251).

Sin embargo, en la mayoría de estos programas predominan los criterios técnicos en la definición de estrategias y prácticas de rehabilitación o recuperación, sin considerar mucho la forma en que inciden los aspectos sociales y económicos en la prevalencia del problema. Algunos autores han indicado la importancia y conveniencia de incorporar la parte social en los procesos de restauración ecológica o recuperación de ambientes degradados (Jaffe, 1997:147).

En este capítulo se analiza la posible relación entre la ubicación, magnitud y severidad de la erosión de los suelos con algunos indicadores socioeconómicos de bienestar en la región Atoyac-Zahuapan, con la idea de aportar elementos de análisis que promuevan un enfoque más integral en los programas que buscan soluciones a este problema histórico en la región.

1. Estadísticas generales del estado de Tlaxcala

En el estado de Tlaxcala la población económicamente activa ocupada es de 460,910 personas (abril-junio de 2009), de la cuales 91,941 laboran en el sector primario; 139,769 en el sector secundario; 226,293 en el sector terciario y 2,907 no especificó (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tlaxcala (COPLADET), 2009). Una quinta parte de la población del estado trabaja en actividades agrícolas, pecuarias y forestales.

La participación por sectores en el Producto Interno Bruto (PIB) del estado (a precios constantes para el año 2008) es 4.73% sector primario; 31.00% sector secundario y 64.26% sector terciario (COPLADET, 2009). Si bien las actividades agropecuarias y forestales aportan relativamente poco al PIB estatal, éstas no dejan de ser importante por la cantidad de personas que viven y trabajan en las zonas rurales del estado, cuya actividad productiva afecta y es afectada por los grados de erosión de suelos en la entidad.

De acuerdo con Alvarado *et al*. (2007:318), las actividades productivas que se desarrollan, en el estado de Tlaxcala, específicamente la agricultura, ganadería, silvicultura y el desarrollo urbano, se realizan en forma inadecuada, originando que el suelo se degrade desde un punto de vista físico, químico y biológico, lo que se manifiesta en forma de erosión del suelo. El estado presenta 93.7% de su superficie con zonas erosionada localizadas principalmente a áreas carentes de cobertura vegetal, con

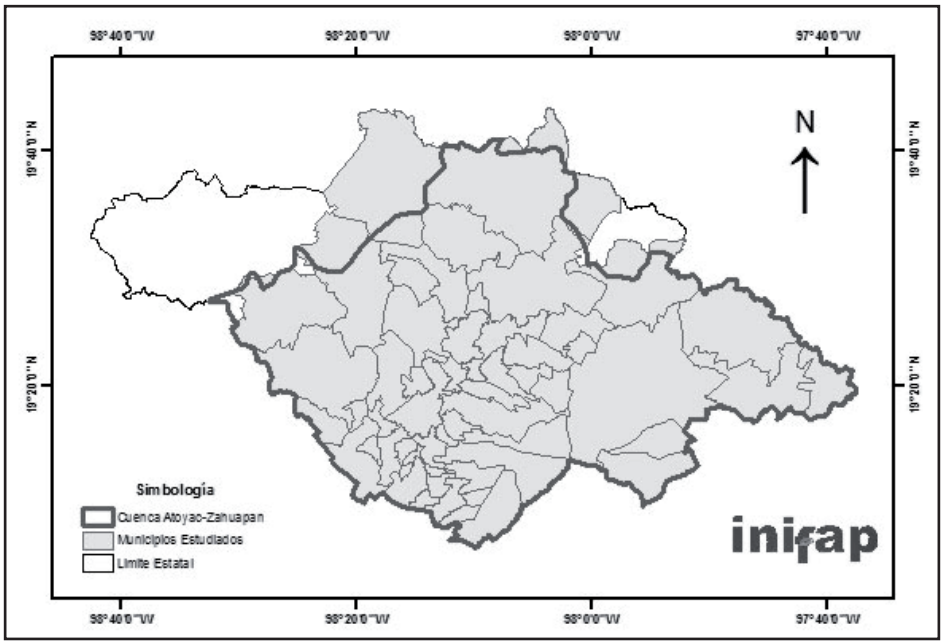
suelos arenosos o arcillosos, ubicados sobre terrenos con geoformas con pendientes que varían de 3% a más de 60% y con precipitación pluvial anual mayor de 500 mm (Alvarado *et al.*, 2007:319).

En Tlaxcala se encuentran cuatro cuencas hidrológicas: 1) Atoyac-Zahuapan, localizada en la porción media, centro y sur. 2) Huamantla, ubicada en los llanos de esa región. 3) Soltepec, ubicada en el este. 4) Emiliano Zapata, ubicada hacía el noreste (Fernández *et al.*, 2007:140).

2. Importancia de la región Atoyac-Zahuapan

Para propósitos del presente estudio se considera como región Atoyac-Zahuapan en Tlaxcala al área comprendida en la Región Hidrológica 18 (Cuenca del Rio Balsas) que abarca una superficie de 304,281 ha., representando el 75.24% del estado de Tlaxcala. En esta región habitan 869,040 personas; es decir 90.45% de la población total de la entidad (Mapa 1).

Mapa 1. Ubicación geográfica de la cuenca hidrológica del rio Balsas, referida como región Atoyac-Zahuapan, en el estado de Tlaxcala



Fuente: INIFAP con información de Comisión Nacional del Agua (1998); Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000).

Debido a que no se cuenta con información estadística a nivel de localidad, para ubicar a la cuenca en su justa dimensión, en este estudio se utilizó información a nivel municipal, por lo que se excluyeron los municipios que en su mayor parte están fuera del área delimitada, ejemplos: Calpulalpan, Nanacamilpa de Mariano Arista, Sanctorum de Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas y Emiliano Zapata. Asimismo, se incluyeron otros que no están en su totalidad en la cuenca, pero si en su mayor parte, por ejemplo, Tlaxco.

3. Producción agropecuaria y forestal

Los tres principales cultivos que aportan 71.60% al valor de la producción agrícola del estado de Tlaxcala son Maíz, Cebada y Trigo, que ocupan 85.83% de la superficie cosechada. La región Atoyac-Zahuapan contribuye al valor de la producción con 85.82%, y cubren 86.50% de la superficie cosechada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor de la producción agrícola y superficies por cultivos en el estado de Tlaxcala, 2008

Cultivo	Superficie cosechada estatal (ha)	Valor de la producción estatal (miles de pesos)	Superficie cosechada de la región (ha)	Valor de la producción de la región (miles de pesos)
Maíz	114,386	839,164	107,061	776,576
Cebada	38,263	336,478	27,442	233,679
Trigo	45,646	277,558	35,095	211,820
Papa	1,443	142,432	1,370	136,370
Maíz forrajero en verde	9,030	141,787	8,945	140,818
Frijol	7,726	79,643	7,667	79,241
Avena forrajera verde	6,188	35,304	5,217	29,786
Otros	8,341	177,274	7,035	133,572
Total	231,023	2,029,640	199,832	1,741,862

Fuente: Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2009a) y (2009b).

En maíz destacan los municipios de Huamantla, Cuapiaxtla, Tlaxco, Altzayanca, Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos, Tzompantepec, Xaloztoc, Terrenate, Hueyotlipan, Tetla de Solidaridad, Xaltocan, Nativitas, Ixtenco, Teolocholco y Chiautempan, quienes aportan el 71.01% del valor de la producción de la región. En cebada sobresalen los municipios de Tlaxco, Hueyotlipan, Españita y Atlangatepec, quienes aportan el 76.64% del valor de la producción de la región y, en trigo los municipios de Tlax-

co, Terrenate, Hueyotlipan, Tetla de Solidaridad, Muñoz Domingo Arenas, Huamantla y Españita quienes contribuyen con el 72.47% del valor de la producción de la región.

Los cultivos perennes más importantes en el estado son, maguey pulquero, alfalfa verde y durazno, que aportan 98.62% del valor de la producción y ocupan 94.00% de las superficie cosechada. La región Atoyac-Zahuapan contribuye en este rubro con el 75.40% del valor de la producción y abarca 94.57% de la superficie cosechada (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor de la producción agrícola y superficie de cultivos perennes en el estado de Tlaxcala, 2008

Cultivo	Superficie cosechada estatal (ha)	Valor de la producción estatal (miles de pesos)	Superficie cosechada de la región (ha)	Valor de la producción de la región (miles de pesos)
Maguey pulquero (miles de lts.)	668	250,368	420	155,136
Alfalfa verde	3,450	78,254	3,419	76,946
Durazno	1,061	61,412	1,061	61,412
Otros	330	5,474	310	4,732
Total	5,509	395,508	5,210	298,226

Fuente: Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2009a) y (2009b).

El maguey pulquero se localiza en los municipios de Tlaxco y Españita y aporta el 71.09% del valor de la producción de la región. La alfalfa se ubica principalmente en los municipios de Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Huamantla, Panotla, Zacatelco, Nativitas, Tetlatlahuca, Tlaxco, Tepetitla de Lardizabal y Tepeyanco, los cuales contribuyen con el 72.19% al valor de la producción de la región. El durazno se concentra básicamente en el municipio de Altzayanca y aporta el 93.53% del valor de la producción de la región.

En la producción pecuaria, la carne en canal de bovinos, porcinos, y leche de bovino, aportan 87.62% al valor de la producción estatal, en la cual la región Atoyac-Zahuapan contribuye con 88.07% (Cuadro 3).

El estado de Tlaxcala se abastece de carne en canal de bovino principalmente de los municipios de Huamantla, Tlaxco, Apizaco, Tetla de Solidaridad, Altzayanca, Muñoz Domingo Arenas, Atlangatepec, Tetlatlahuca, Hueyotlipan, Cuapiaxtla, Papalotla de Xicohténcatl y Nativitas; estas localidades contribuyen con un 70.39% al valor de la producción de la región Atoyac-Zahuapan. La carne en canal de porcino se produce principalmente en los municipios de Huamantla, Terrenate, Cuapiaxtla, Xaloztoc, Altzayanca, Apizaco, Tlaxco, Zitlaltepec de Trinidad Sánchez

y Tzompantepec; estos municipios aportan al valor de la producción de la región el 70.88%. La leche de bovino se produce en los municipios de Huamantla, Altzayanca, Cuapiaxtla, Tetlatlahuca, Nativitas, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Atlangatepec, Apizaco y San Damián Texoloc; estos municipios aportan el 71.13% al valor de la producción de la región.

Cuadro 3. Valor de la producción pecuaria por producto/especie en el estado de Tlaxcala, 2008

Producto/Especie	Producción estatal (ton)	Valor de la producción estatal (miles de pesos)	Producción de la región (ton)	Valor de la producción de la región (miles de pesos)
Carne en canal				
Bovino	12,475	427,044	10,464	350,840
Porcino	15,837	406,997	13,944	358,648
Ovino	1,548	71,838	1,123	52,594
Caprino	664	23,579	596	21,768
Ave	818	15,973	703	13,356
Guajolote	254	8,689	178	6,698
Subtotal	31,597	954,120	27,008	803,904
Leche				
Bovino	110,924	491,765	102,454	454,596
Caprino	3,406	17,045	3,200	15,993
Subtotal	114,330	508,810	105,654	470,589
Otros productos				
Miel	1,088	27,735	1,038	26,459
Huevo para plato	1,504	20,205	1,388	18,826
Lana sucia	555	1,227	405	976
Cera	17	1,059	16	1,009
Subtotal	3,164	50,227	2,849	47,270
Total		1,513,158		1,321,763

Fuente: Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2009a) y (2009b).

En el sector forestal, el pino y el oyamel contribuyen con 94.68% al valor de la producción del estado. Estas especies producen 85.59% del volumen de madera (metros cúbicos en rollo) del estado. La región Atoyac-Zahuapan aporta el 70.91% del valor de la producción maderable con el 67.21% del volumen (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valor de la producción forestal maderable por especies en el estado de Tlaxcala, 2008

Especies	Producción estatal (metros cúbicos rollo)	Valor de la producción estatal (miles de pesos)	Producción de la región (metros cúbicos rollo)	Valor de la producción de la región (miles de pesos)
Pino	10,179	11,538	6,705	7,943
Oyamel	6,851	7,735	4,951	5,726
Encino	2,758	1,040	1,625	730
Otras coníferas	57	23	57	23
Otras latifoliadas	53	19	35	13
Total	19,897	20,355	13,372	14,434

Fuente: Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tlaxcala. (2009).

Desde el punto de vista comercial, Tlaxco es el principal municipio forestal del estado; aporta 77.78% el valor total de los productos forestales de la región. Las principales especies aprovechadas son el pino y el oyamel, que contribuyen en promedio con 45.94% y 42.8% de la producción maderable en la entidad respectivamente (Guerra-De la Cruz *et al*., 2008:41).

Con los datos mencionados resulta evidente la importancia económica que la región Atoyac-Zahuapan representa para el estado de Tlaxcala, ya que concentra una porción considerable de la producción primaria de la entidad. Naturalmente, esta producción se sustenta en gran medida en los recursos naturales básicos de la región, como el suelo, el agua y la vegetación, por lo que el concomimiento del grado de deterioro de los mismos y su relación con el desarrollo socioeconómico, resultan también fundamentales.

4. La erosión y su relación con indicadores socioeconómicos

4.1 Grados de erosión

De acuerdo con Alvarado *et al*., (2007:321), en el estado de Tlaxcala 24.00% de la superficie presenta erosión Muy severa, 31.90% Severa, 7.00% Moderada, 20.80% Leve, y 16.30% no manifiesta erosión. Lo anterior indica que más del 50% de la superficie estatal presenta erosión Muy severa y Severa, que sin duda tiene una repercusión en las actividades agropecuarias y forestales del estado de Tlaxcala, y en consecuencia, en los niveles de bienestar de los habitantes de las zonas rurales.

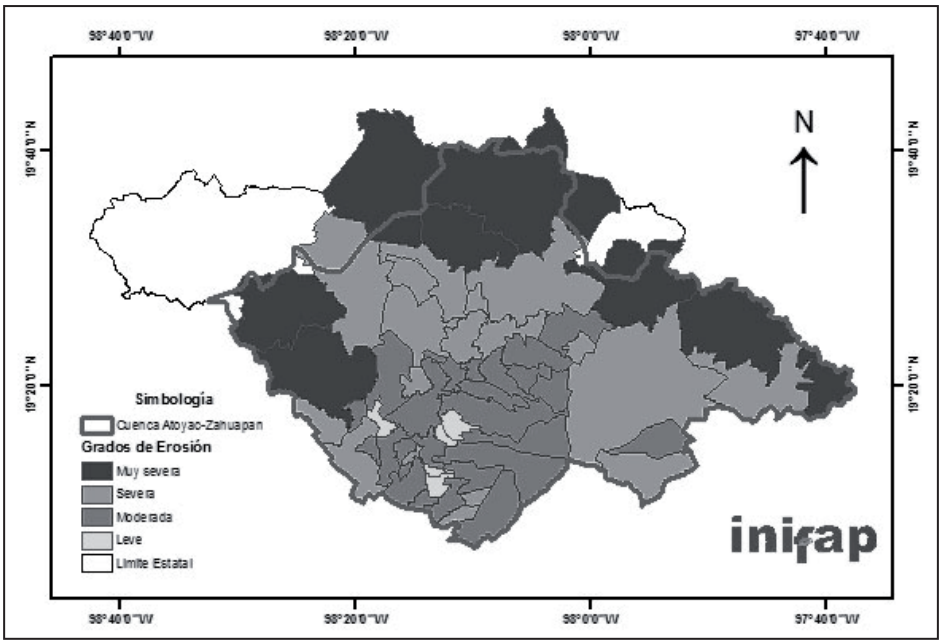
Con el propósito de observar si existen tendencias generales del impacto de los suelos erosionados en los niveles de bienestar de la población, se clasificaron y agruparon los municipios de la región Atoyac-Zahuapan con base en la información reportada por Alvarado *et al*. (2007:321), Buendía *et al*. (2008:5) y el apoyo de imágenes de satélite del sensor SPOT, en grados de erosión de suelos como se muestra en el Cuadro 5 y la Mapa 1.

Cuadro 5. Grados de erosión de suelos por municipios del estado de Tlaxcala en la región Atoyac-Zahuapan

Grados de erosión	Municipios
Muy severa	Tlaxco, Altzayanca, Terrenate, Atlangatepec, Españita, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros y El Carmen Tequexquitla
Severa	Huamantla, Cuapiaxtla, Hueyotlipan, Tetla de la Solidaridad, Apizaco, Muñoz de Domingo Arenas, Nativitas, Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos, Tepetitla de Lardizábal, Xaltocan, Tocatlán, San Lucas Tecopilco, Yauhquemecan, Tenancingo, Totolac, Mazatecochco de José María Morelos y San Juan Huactzinco
Moderada	Amaxac de Guerrero, Apetatitlán de Antonio Carvajal, Cuaxomulco, Chiautempan, Ixtenco, Contla de Juan Cuamatzi, Acuamanala de Miguel Hidalgo, Panotla, San Pablo del Monte, Santa Cruz Tlaxcala, Teolocholco, Tepeyanco, Tetlatlahuca, Tlaxcala, Tzompantepec, Xaloztoc, Papalotla de Xicohténcatl, Xicohtzinco, Zacatelco, San Francisco Tetlanohcan, San Jerónimo Zacualpan, San José Teacalco, San Lorenzo Axocomanitla, Santa Ana Nopalucan y Santa Apolonia Teacalco
Leve	La Magdalena Tlaltelulco, San Damián Texoloc, Santa Catarina Ayometla, Santa Cruz Quilehtla y Santa Isabel Xiloxoxtla

Fuente: Alvarado *et al*. 2007:321. Buendía *et al*. 2008. Imágenes de satélite SPOT.

Mapa 1. Grados de erosión de suelos por municipios en la región Atoyac-Zahuapan



Fuente: INIFAP con información de Buendía *et al*. (2008), Alvarado *et al*. (2007:318) y con imágenes de satélite SPOT.

4.2 Indicadores socioeconómicos

Por considerar que representan adecuadamente la situación socioeconómica en el área de estudio, para este análisis se utilizaron los indicadores de Pobreza por Ingreso y Marginación, que se describen a continuación.

4.2.1 Pobreza por ingreso

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2007:3). la pobreza de ingreso se clasifica en tres niveles:

1. Pobreza alimentaria: Incapacidad para obtener una canasta básica alimentaria, aun si se hiciera uso de todo el ingreso disponible en el hogar en comprar sólo los bienes de dicha canasta.
2. Pobreza de capacidades: Insuficiencia del ingreso disponible para adquirir el valor de la canasta alimentaria y efectuar los gastos necesarios en salud y educación, aun dedicando el ingreso total de los hogares nada más que para estos fines.

3. Pobreza de patrimonio: Insuficiencia del ingreso disponible para adquirir la canasta alimentaria, así como realizar los gastos necesarios en salud, vestido, vivienda, transporte y educación, aunque la totalidad del ingreso del hogar fuera utilizado exclusivamente para la adquisición de estos bienes y servicios.

4.2.2 Marginación

Por su parte el Consejo Nacional de Población (2007:11) establece que el índice de marginación es una medida que permite diferenciar el impacto global de las privaciones que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes. El grado de marginación tiene cinco categorías: Muy alto, Alto, Bajo, Medio, Muy bajo.

4.3 Erosión e indicadores socioeconómicos

En el estado de Tlaxcala, el porcentaje de la población que presenta pobreza alimentaria es 17.92%. Es decir, el ingreso que perciben 191,452 habitantes del estado apenas les alcanza para su alimentación (adquirir el valor de la canasta alimentaria). En pobreza de capacidades se encuentra el 26.21% de la población (279,962 personas) que al recibir más ingreso puede adquirir el valor de la canasta alimentaria y efectuar gastos en salud y educación. En pobreza patrimonial se encuentra el 51.35% de la población (548,543 habitantes del estado). En este estrato las personas pueden cubrir la canasta alimentaria, realizar gastos en salud, vestido, vivienda, transporte y educación.

El grado de marginación en Tlaxcala se presenta en diferentes intensidades. El 77.69% de la población de la entidad tiene un grado de marginación bajo y muy bajo; el 13.56% presenta un grado de marginación medio y el 8.75% muestra un grado de marginación alto y muy alto. En este último grupo se tienen muchas carencias en contraste con el primero.

Al agrupar los municipios por su grado de erosión de suelos e integrar sus indicadores socioeconómicos se observa claramente que existe una relación casi directa entre estas variables (Cuadro 6).

Para el caso de los grados de marginación, se observa que cuando la erosión es Muy severa, una gran proporción de la población (63.81%) presenta marginación Alta y Media. En los municipios con erosión Severa más del 50% de la población se ubica en grados de marginación Media y Baja, aunque también un porcentaje considerable (36.18) se ubica en marginación Muy baja. En contraste, cuando la erosión de los suelos municipales es Moderada y Leve, 85% y 99 % de la población se clasifica con grados de marginación Bajo y Muy bajo.

Cuadro 6. Indicadores socioeconómicos (Marginación y Pobreza) por municipios agrupados por grados de erosión de los suelos en la región Atoyac-Zahuapan para el año 2005

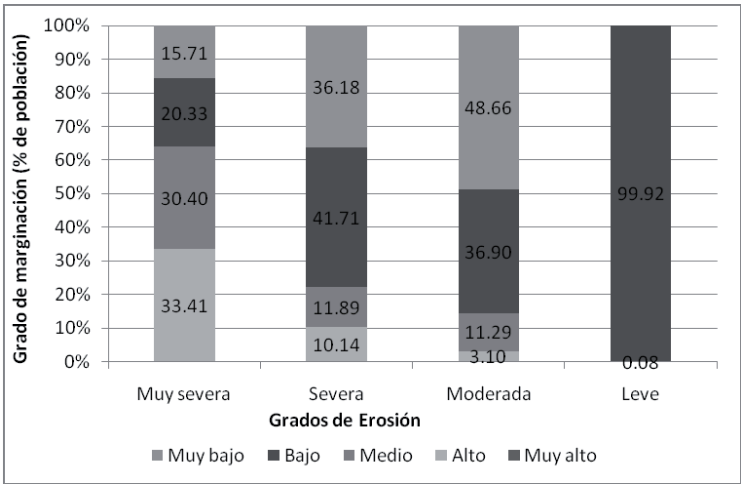
Grado de Erosión de suelos	Grado de marginación promedio (% de la población)					Pobreza promedio (% de la población)		
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	Alimentaria	Capacidades	Patrimonio
Tlaxcala	0.07	8.68	13.56	41.76	35.93	17.92	26.21	51.35
Muy severa	0.15	33.41	30.40	20.33	15.71	29.32	39.07	64.97
Severa	0.07	10.14	11.89	41.71	36.18	19.82	27.72	51.71
Moderada	0.05	3.10	11.29	36.90	48.66	17.62	25.46	49.63
Leve	0.00	0.00	0.08	99.92	0.00	20.16	28.80	54.32

Fuente: Alvarado *et al*. 2007:321. Buendía *et al*., 2008. Imágenes de satélite SPOT. Consejo Nacional de Población (2007) y Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2005a) y (2005b).

Es importante notar que particularmente en los municipios considerados con erosión Muy severa, los porcentajes de población ubicados en los grados de marginación Alta y Media, están muy por encima de la media estatal (cuadro 6), y que los catalogados como erosión Severa y Moderada presentan mayor similitud con las media de marginación estatal, en tanto que los ubicados en erosión Leve casi toda la población se considera con baja marginación. La Figura 3 muestra más claramente esta tendencia de cómo los porcentajes de población en grados de marginación Bajo, aumentan conforme los grados de erosión son menores.

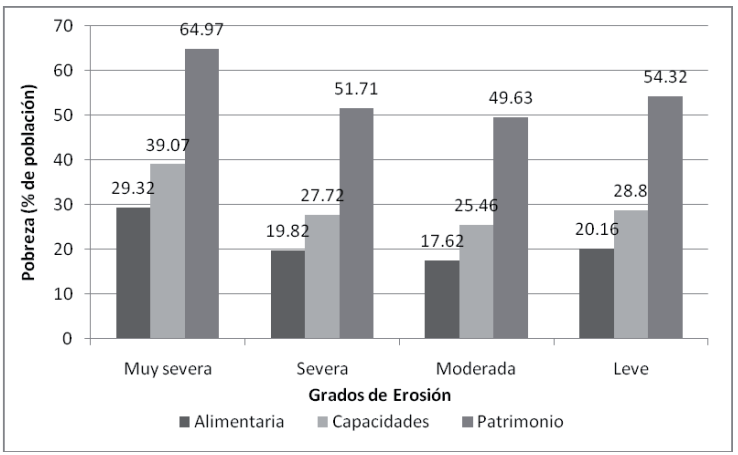
En cuanto al indicador de Pobreza, las tendencias observadas son similares a los de marginación. En los municipios considerados con erosión Muy severa, el porcentaje promedio de la población en pobreza alimentaria es 29.32%, que representa casi el doble de la media estatal (Cuadro 6). Asimismo, se observa que conforme la erosión de los suelos es menor, los porcentajes de población con pobreza alimentaria son relativamente más bajos que cuando es Muy severa. Este mismo patrón se repite consistentemente para la pobreza de capacidades y de patrimonio aunque con porcentajes mayores (Gráfica 1).

Gráfica 1. Porcentajes de población por grados de marginación y erosión en la región Atoyac-Zahuapan



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 2. Porcentajes de población por pobreza y grados de erosión en la región Atoyac-Zahuapan



Fuente: elaboración propia.

Aunque el ingreso *per cápita* (PIB) puede no ser un indicador realista de los niveles de bienestar (véase Rivera y Foladori, 2006:199), se consideró pertinente revisar su comportamiento con respecto a la agrupación de los municipios de la región por grados de erosión de suelos. Los valores indicados en el cuadro 7 corroboran en cierta medida las tendencias

observadas, ya que es claro que conforme el grado de erosión es menor, el valor del PIB tiende a ser mayor. Únicamente en el caso de erosión leve la tendencia no es tan consistente, ya que los municipios con erosión leve no presentan el PIB más alto, sino resulta similar a los de erosión severa.

Cuadro 7. Producto Interno Bruto *per cápita* en municipios agrupados por grado de erosión de suelos en la región Atoyac-Zahuapan (US Dólares, 2000)

Grado de Erosión	PIB
Muy severa	2,748
Severa	3,723
Moderada	4,034
Leve	3,472

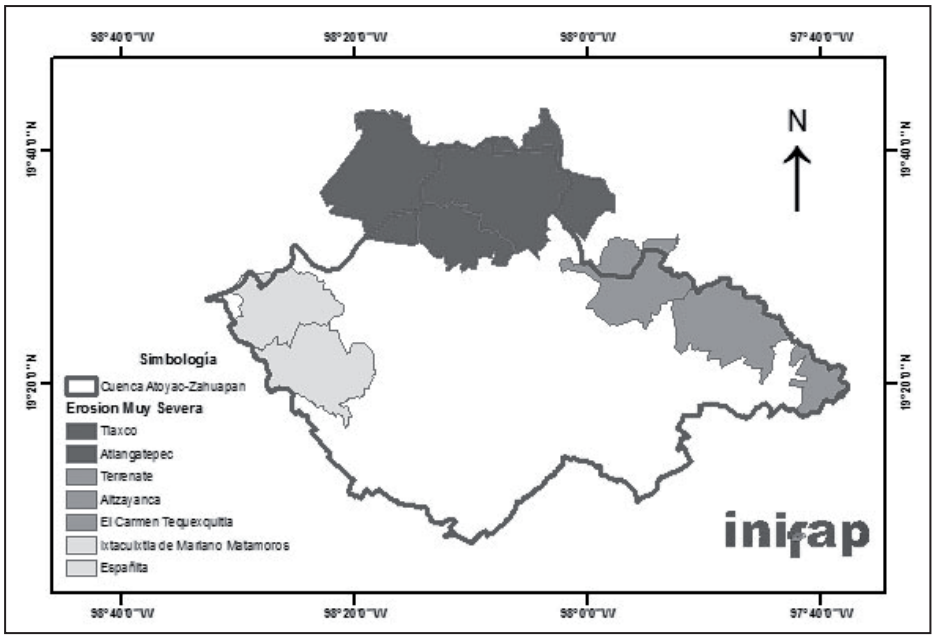
Fuente: Con información del Consejo Nacional de Población, 2001.

Entre los grados de erosión analizados en este estudio, los Muy severo y Severo, imponen más limitantes a los procesos productivos, dado que en estos niveles de erosión, los suelos disponibles son prácticamente tepetates, es decir son suelos infértiles cuya dureza impide el desarrollo de casi cualquier especie vegetal, y por lo tanto de muchas actividades productivas (Gama-Castro *et al.*, 2007:134; Buendía *et al.*, 2008:4). Por lo anterior, se consideró pertinente también analizar la tendencia de los indicadores socioeconómicos en los municipios catalogados con suelos muy severamente erosionados.

Así, en la categoría de erosión Muy severa es posible distinguir tres zonas en la región de estudio (Mapa 2); una en el oriente que comprende los municipios de Altzayanca, El Carmen Tequexquitla y Terrenate (35,575 ha.); otra en el norte que incluye los municipios de Atlangatepec y Tlaxco (68,152 ha.) y otra en el occidente con los municipios de Españita y Ixtacuixtla de Mariano Matamoros (30,340 ha.).

La superficie total de esta zona es de 134,067 ha., de las cuales 67% es destinado para la agricultura; 11% es bosque; 10% pastizal y el resto para otros usos. Del total del valor de la producción del sector agropecuario y forestal de esta región, 56% lo generan los cultivos anuales, 17% los cultivos perennes y 9% la leche de bovino. Destaca el municipio de Tlaxco que tiene una superficie de 57,339 ha. en donde se producen básicamente cebada, papa, maguey pulquero y maíz. Este municipio es el principal productor de madera en rollo en el estado.

Mapa 2. Municipios con erosión muy severa en la región Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala



Fuente: INIFAP con información de Buendía *et al*. (2008), Alvarado *et al*. (2007:318) y con imágenes de satélite SPOT.

Es importante notar que cada zona presenta una tendencia muy definida en cuanto a pobreza y marginación. En la zona oriente habitan 40,888 personas, de las cuales 33.07% se encuentran en pobreza alimentaria, y más de 90.00% se ubican en un grado de marginación Alto y Medio. En el norte se encuentran 41,993 personas, de las cuales 28.11% están en pobreza alimentaria y más del 70% de los habitantes se concentra en una marginación media y baja. En la región occidente están 40,593 personas; con 24.89% en pobreza alimentaria, en esta condición más del 80% de la población se concentra en grados de marginación Medio, Bajo y Muy bajo (Cuadro 8).

Resulta evidente que en la zona oriente de la región los indicadores socioeconómicos son menos favorables, ya que las partes norte y occidente, a pesar de estar severamente erosionados, sus niveles de marginación y pobreza son similares de la media estatal, a diferencia de la región oriente, que los rebasa por mucho en sentido adverso. Estos resultados también evidencian que las tendencias generales observadas no son del todo consistentes y que requieren análisis más profundos.

En términos generales, con los resultados anteriores puede observarse una relación casi directa e inversa entre el grado de erosión de los suelos con el nivel de bienestar e ingreso de la gente que habita en dichas áreas. Si bien, la información regionalizada (cuadro 8) sugiere que no es sencillo establecer una relación de causa-efecto entre degradación de suelos y marginación, debido a la incidencia de otro tipo de factores, como la presencia de infraestructura, servicios, cercanía a mercados, etcétera que promueven el desarrollo económico, que enmascaran la relación.

Cuadro 8. Indicadores de bienestar (Marginación y Pobreza) para municipios con grado de erosión de suelos Muy severa en la región Atoyac-Zahuapan, 2005

Ubicación	Grado de marginación promedio (% de la población)					Pobreza promedio (% de la población)		
	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	Alimentaria	Capacidades	Patrimonio
Oriente	0.38	58.55	40.35	0.72	0.00	33.07	43.28	69.10
Norte	0.03	25.63	30.54	42.80	1.00	28.11	37.42	63.25
Occidente	0.08	15.27	42.11	13.51	29.04	24.89	34.42	60.49

Fuente: Consejo nacional de población (2007) y Consejo nacional de evaluación de la política de desarrollo social (2005a) y (2005b).

No obstante, las relaciones observadas en este estudio sugieren la necesidad de que en el diseño de programas oficiales, se incluyan en forma más integrada los problemas ambientales, como la degradación de los suelos, en la evaluación y combate a la pobreza y viceversa; es decir, los aspectos socioeconómicos en la evaluación y mitigación de los problemas ambientales. Esta tarea sin embargo, ha mostrado no ser sencilla ya que los intentos realizados a nivel nacional, aunque para fines distintos al abordado en este estudio, presentan muchas limitaciones y deben afinarse más (véase Rivera y Foladori, 2006:197).

Ante estas circunstancias es factible establecer que las políticas oficiales de desarrollo y combate a la pobreza en el estado, tendrán poco impacto positivo y resultados consistentes a mediano y largo plazos, si se ignoran los niveles de degradación de recursos tan importantes como el suelo, que es el soporte biológico de muchas actividades productivas, especialmente en las áreas rurales de Tlaxcala.

Conclusiones

Con base en los resultados de este estudio, es posible afirmar que en términos generales, existe una relación inversa entre los grados de erosión del suelo, con los niveles de bienestar de la población; es decir, mayor erosión implica menor nivel de bienestar, expresado por los indicadores de pobreza y marginación.

No obstante, es necesario desarrollar estudios más profundos para establecer la existencia de una relación real de causa-efecto entre los factores analizados, o al menos evaluar los aspectos que se deben acotar en dicha relación.

Es fundamental promover una mejor vinculación y coordinación de los programas sociales y ambientales (federales y estatales) para lograr un impacto integral positivo en la solución de los problemas históricos de degradación de suelos y pobreza que aún persisten en las áreas rurales de la región Atoyac-Zahuapan del estado de Tlaxcala.

Bibliografía

Aeppli, Hans y Schoenhals, Ernst (1973). "Los suelos en la cuenca de Puebla-Tlaxcala", en *Comunicaciones*, Proyecto Puebla-Tlaxcala. Primer Simposio, vol. 7, Fundación Alemana para la Investigación Científica, Puebla, Pue.

Alvarado C., Miguel; Colmenares R., J.; Aurelio y Valderrábano A., Ma. De la Luz (2007). "La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el estado de Tlaxcala, México", en *Ciencia Ergo Sum*, 14(003):317-326, versión electrónica en http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/IndArtRev.jsp?iCveNumRev=7185&iCveEntRev=104&institucion= , consultado el 18 de julio de 2010.

Buendía-Rodríguez, Enrique; Islas-Gutiérrez, Fabián y Guerra-De la Cruz, Vidal (2008). "Identificación de áreas erosionadas por medio de imágenes LANDSAT ETM+, en Tlaxco y Terrenate, Tlaxcala", en *Terra Latinoamericana* 26, pp. 1-9.

Comisión Nacional del Agua (CNA) (1998). *Cuencas Hidrológicas*, Mapa Escala 1: 250,000, México.

Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de Tlaxcala (2009). *Anuario estadístico de Tlaxcala 2009*, http://www.tlaxcala.gob.mx/copladet/anuario/2009/aee.htm, consultado el 15 de julio 2010.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2005a). *Pobreza por ingresos, 1992 a 2008*, http://www.coneval.gob.mx/coneval2/htmls/entidades/HomeEntidades.

jsp?categorias=ENTIDADES-tlaxcala,MAPAS, consultado el 16 de julio de 2010.

_____(2005b). *Índice de rezago social 2005*, http://www.coneval.gob.mx/coneval2/htmls/entidades/HomeEntidades.jsp?categorias=ENTIDADES-tlaxcala,MAPAS, consultado el 16 de julio de 2010.

_____(2007). *Informe Ejecutivo de Pobreza México 2007*, México.

Consejo Nacional de Población (2001). *Índice de desarrollo humano, 2000*, http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/indicesoc/IDH2000/dh_Indices.pdf, consultado el 10 julio de 2010.

_____(2007). *Índice de marginación a nivel de localidad 2005*, http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/IndiceMargLoc2005.pdf>, consultado el 10 julio de 2010.

Etchevers, Jorge D.; Rosa, M. López; R., Zebrowski; Claude y Peña, H. David. (1992). "Características químicas de tepetates de referencia de los estados de México y Tlaxcala, México", en *Terra* 10, pp. 171-177.

Fernández, Jesús A; Windfield-Pérez, Juan Carlos y Corona, María del Carmen (2007). "Tlaxcala", en Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A.; Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (eds.), Avifaunas Estatales de México, CIPAMEX, Pachuca, Hidalgo, México, pp. 137- 164.

Gama-Castro, Jorge; Solleiro-Rebolledo, Elizabeth; Flores-Roman, David; Sedov, Sergey; Cabadas-Baez, Héctor y Díaz-Ortega, Jaime (2007). "Los tepetates y su dinámica sobre la degradación y el riesgo ambiental: el caso del Glacis de Buenavista, Morelos", en *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo LIX, núm. 1, pp. 133-145.

González, Jácome Alba (2009). "El control del agua en la cuenca de los ríos Atoyac y Zahuapan por el estado mexicano posrevolucionario", en *Revista Andaluza de Ciencias Sociales* 8, pp. 169-190.

Guerra-De la Cruz, Vidal; Carrillo-Anzures, Fernando y Acosta-Mireles, Miguel (2008). "Aprovechamiento de los recursos forestales maderables", en Guerra-De la Cruz, Vidal y Mallen-Rivera, Carlos, (comp.), *Tlaxcala sus recursos forestales: conservación, aprovechamiento y bases para su manejo sustentable*, INIFAP, México, pp. 30-43.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2005). "II conteo de población y vivienda 2005. Principales resultados por localidad 2005. Estados Unidos Mexicanos", http://www.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalle.aspx?c=16632&upc=702825492489&s=est&tg=0&f=1&pf=Pob, consultado el 10 julio de 2010.

_____(2008). "Censo agrícola, ganadero y forestal 2007", http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx, consultado el 10 julio de 2010.

_____(2000). "Municipios", Escala 1: 1,000,000, http://www.inegi.org.mx, consultado el 10 julio de 2010.

Jaffee, Daniel (1997). "Restoration Where People Matter. Reversing forest degradation in Michoacán, México", en *Restoration & Management Notes* 15(2), pp. 147-155.

Magaña-Torres, Octavio Salvador; Torres-Rojo, Juan Manuel e Islas-Gutiérrez, Juan (2008). "Caracterización de los programas de apoyo al desarrollo forestal", en Guerra-De la Cruz, Vidal y Mallen-Rivera, Carlos (comp.), *Tlaxcala sus recursos forestales: conservación, aprovechamiento y bases para su manejo sustentable*, INIFAP, México, pp. 240-274.

María Ramírez, Andrés y Guerra De la Cruz, Vidal (2008). "Identificación de suelos degradados en áreas agrícolas y forestales del estado de Tlaxcala", en *Memoria de la 3ª. Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal*, INIFAP, Yucatán, México.

Rivera ,Patricia y Foladori, Guillermo (2006). "Reflexiones sobre la contabilidad ambiental en México", en *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 21, pp.177-217.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2009). "Anuario estadístico de la producción forestal 2006", http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/administrator/sistemas/archivoslasdemas/1264204932_anuario_2006.pdf, consultado el 13 julio de 2010.

Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera (2009a). "Anuario agropecuario", http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=408, consultado el 12 julio de 2010.

_____(2009b). "Sistema de información agroalimentaria de consulta (SIACON)", http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=408, consultado el 12 julio de 2010.

Werner, Gerd (1986). *Los suelos en el Estado de Tlaxcala. Altiplano Central de Mexicano*, Universidad Autónoma de Tlaxcala-Centro de Estudios Municipales del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, Tlax.

_____(1992). "Suelos volcánicos endurecidos (tepetates) en el estado de Tlaxcala: Distribución, rehabilitación, manejo y conservación", en *Terra* 10, pp. 318-331.

Cartografía y clasificación local de las tierras en el municipio de Nativitas, Tlaxcala

Enriqueta Tello García[1]
David Pájaro Huertas[2]
Patricio Sánchez Guzmán[3]

Introducción

El actual modelo de producción impulsado en mayor medida en las sociedades industriales avanzadas es ecológicamente insostenible, tanto por el consumo de recursos naturales no renovables, como por los efectos negativos ocasionados al ambiente, los cuales amenazan la reproducción de las condiciones materiales de existencia. Desafortunadamente, esta insostenibilidad no sólo es del sistema de producción y de consumo, sino también se traslada al ámbito científico donde existe una racionalidad científica divisoria y una ética individualista, que se expresa en visiones atomistas de la sociedad y en las divisiones profesionales y administrativas que no permiten entender que la relación entre la humanidad y la naturaleza se da mediante el trabajo, durante el proceso social de la producción, la cual ocurre mediante el intercambio de materia y energía y por lo tanto se dan procesos de co-evolución, sustentados en que los habitantes de las comunidades con una herencia cultural de cientos o quizá miles de años, son depositarias de un enorme cúmulo de estrategias y conocimientos, tanto de su entorno natural, como de las formas tecnológicas para aprovecharlo, adecuadas en espacio y tiempo; con una gran diversidad de formas de aprovechamiento que reconocen especificidades de sus recursos utilizados, representando la base fundamental a partir de la cual se pueden desarrollar nuevas alternativas de producción y supervivencia (Toledo *et al.*, 1989:257). En este sentido, es necesario romper con los paradigmas profesionales, modificar el actual sistema de valores éticos y económicos (Naredo, 2001:445) y reconsiderar el conocimiento de las culturas autóctonas como un instrumento necesario que

1 Colegio de Postgraduados. Correo electrónico: tellog@colpos.mx
2 Colegio de Postgraduados. Correo electrónico: dpajaroh@colpos.mx
3 Colegio de Postgraduados. Correo electrónico: sanchezp@colpos.mx

puede contribuir a revertir las recurrentes crisis que enfrenta la sociedad.

Afortunadamente, desde varios campos de la ciencia, se ha visto la necesidad de romper los paradigmas profesionales existentes y se ha ido avanzando en sentar las bases de un nuevo paradigma menos rígido y más respetuoso con la complejidad que se está detectando en las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente. Este paradigma se busca consolidar en la interdisciplinariedad que implica "una voluntad y compromiso para elaborar un marco más general en el que cada una de las disciplinas en contacto son a la vez modificadas y pasan a depender claramente unas de otras", dando como resultado una intercomunicación y un enriquecimiento recíproco, y por tanto se esperaría una transformación de las metodologías de investigación, así como una modificación de conceptos y de terminologías (Torres, citado por Delgado, 2006:5), que originen un proceso de autoformación acorde a la complejidad real de cada contexto con la idea de proporcionar alternativas y soluciones, sin importar el área de conocimiento y la metodología utilizada.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo es evidenciar el conocimiento campesino en la clasificación local de tierras y su manejo agrícola, como uno de los elementos que permite la reproducción de las unidades de producción familiar. Se analiza desde un enfoque sociológico y un enfoque técnico edafológico. Este trabajo, busca la unificación de conocimientos ajustado a las exigencias, necesidades y requerimientos concretos de las condiciones locales (Kloppenburg, 1991: 527-528).

1. Ubicación del área de estudio

El trabajo se desarrolló en el Altiplano Central Mexicano, en la región suroeste del Estado de Tlaxcala, en el municipio de Nativitas, específicamente en las localidades de San José Atoyatenco, San Miguel Xochitecatitla y San Rafael Tenanyecac (Mapa 1, ver anexos). El área comprendida por estas comunidades se ubica en promedio a 2220 m.s.n.m., entre los paralelos 19° 15' 03" de latitud norte y 98° 21' 19" de longitud oeste (INEGI, 2005). El paisaje del sur de Tlaxcala se debe a la presencia orográfica del volcán la Malinche, que a su vez está dentro del complejo orográfico Poblano -Tlaxcalteca, conformado por los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl. La presencia de estos volcanes es de gran significado para la región, pues los deshielos conforman corrientes fluviales perennes e intermitentes que confluyen al Valle, de tal manera que el manto freático es superficial (se encuentra a un metro de profundidad) y hasta hace algunos años a la región se le conocía como la ciénega de Tlaxcala, por ser un lugar en donde había tierras pantanosas y anegadas; actualmente solo quedan pequeñas superficies que dan cuenta de esta presencia. Hidrográficamente la región está delimitada por los ríos Atoyac y Zahuapan

(Mapa 2, ver anexos). Estas condiciones orográficas e hidrográficas han caracterizado a la región como un lugar muy fértil, donde los asentamientos humanos datan desde la época prehispánica.

2. Importancia de la cartografía y clasificación local de tierras

De la información disponible acerca de las clasificaciones locales de tierras, se identifican por lo menos cuatro formas de llevarlas a cabo: 1) Estudios descriptivos que intentan ligar la terminología de las tierras con sus características físicas más sobresalientes, (color, textura, drenaje, pedregosidad y contenido de humedad, principalmente). 2) A través de la comparación de los criterios de clasificación empleados por los agricultores, con aquellos empleados por los técnicos. 3) Estudios que tratan de probar las bases científicas de las clasificaciones locales. 4) Aquellas que usan el conocimiento y clasificación local de suelos para la elaboración de planes y toma de decisiones en agricultura. Sin embargo, desde la perspectiva etnopedológica, se ha dado mayor importancia a las propiedades físico-químicas antes que al conjunto de relaciones agroecológicas y socioculturales que se involucran en la clasificación de los suelos. Por lo que el conocimiento local de los suelos deberá llevarse más allá de la simple nomenclatura (Talawar y Rhoades,1998:5-12; Sandor y Furbee, 1996).

En este sentido, se sugiere partir desde una visión ecológica, la cual permite comprender las continuas y cambiantes experiencias que presentan los ecosistemas, así como entender el comportamiento de sus especies dominantes, en particular la especie humana, quien domina el funcionamiento de la mayoría de los ecosistemas y cuya acción ocurre desde el nivel local hasta el universal (Peterson, 2000: 323). Por esta razón es importante tomar en cuenta el conocimiento generado por los agricultores para elaborar mapas a partir de la clasificación local de sus tierras. De ahí que el conocimiento es local porque deriva de la experiencia directa de un cierto proceso de trabajo, que a su vez es estructurado y delimitado por las características distintivas de un sitio en particular dentro de un ambiente físico y social único (Posey, 1992).

La clasificación local de suelos ha sido el foco de atención en la mayoría de los estudios relacionados con el conocimiento que de ellos tienen los pequeños productores, a nivel mundial (Barrera y Zinck, 2000). Desde la perspectiva académica, estas clasificaciones son sencillas y fáciles de entender debido a que la terminología utilizada facilita la rápida identificación de los suelos; sin embargo, lo más importante de estas clasificaciones es que muestra toda una tradición del conocimiento local no sólo para su clasificación, uso y manejo, sino que además proporciona información sobre las propiedades de los suelos, comportamientos, procesos y dinámicas expresados en la calidad y vocación de las tierras, formas de

organización para el mantenimiento de la infraestructura existente, (por ejemplo, conservación de caminos y desazolve de canales) y los métodos de recuperación de la fertilidad natural. Lo importante es que el conocimiento generado permite la gestión y toma de decisiones para garantizar la continuidad de su modo de vida (Pájaro, 1998).

El conocimiento local de las tierras, también facilita la zonificación del territorio comunitario desde el nivel parcelario, a través de mapas cognitivos elaborados con el enfoque participativo que permite acciones como: reconocer las diferentes clases de tierras y elaborar los correspondientes mapas e identificar su problemática, planteando soluciones viables conocidas y llevadas a la práctica por los propios agricultores (Pájaro, 2010a).

Este enfoque participativo evita la tutela oficial y reconoce que los campesinos han sido individuos maduros y miembros activos de nuestra sociedad, con capacidad cognitiva para contribuir a resolver los problemas que los aquejan (Pájaro, 2005). También, es una herramienta conceptual y metodológica que ayuda al técnico a caracterizar y realizar el inventario de los recursos que poseen sin que los usuarios tengan necesariamente conocimientos especializados (Collins, 1981).

Niemeijer y Mazzucato (2003:405-411), argumentan que a pesar de que actualmente se reconoce la existencia y el valor pragmático del conocimiento local de los suelos, hay al menos tres problemas mayores que limitan la utilidad de las clasificaciones locales; en principio, porque el conocimiento local del suelo va mas allá de la simple colección de datos y nombres, y de cómo pueden agruparse los suelos; en segundo lugar, porque son tratadas como representaciones estáticas del conocimiento, ya que los investigadores no consideran que hay cambios que ocurren a través del tiempo, como resultado de la experiencia y el aprendizaje en un determinado contexto natural y social; y en tercer lugar, que la correlación entre las clasificaciones local y científica es imposible debido a las diferencias conceptuales (Posey, 1992). Las clasificaciones locales tienden a ser utilitarias y basadas en propiedades visibles que permiten agrupar a los suelos en unidades naturales. Las clasificaciones científicas, frecuentemente consideran temas de génesis de suelos, criterios adicionales establecidos a partir de datos de laboratorio y agrupando a los suelos en clases artificiales. Además, la diferencia básica radica en que ambos esquemas parten de dos epistemologías contrastantes (figura 1). Por ejemplo, en México, los técnicos hablan de suelos, mientras que los campesinos hablan de tierras (Pájaro, 2010a y 2010b). Debido a estas diferencias, en muchos casos las relaciones uno a uno entre la clasificación local y científica, es una ilusión (cuadro 1).

Cuadro 1. Diferencias conceptuales de la clasificación de suelos desde dos perspectivas

Campesina	Científica
Habla de Tierras.	Habla de suelos.
Es utilitaria.	Esta diseñada para emplearse como un lenguaje para correlacionar con otras clasificaciones.
Toma en cuenta propiedades visibles (color, textura, pedregosidad) de la capa superficial.	Toma en cuenta a la génesis de los suelos, usa criterios establecidos con observaciones de campo y determinaciones de laboratorio para una secuencia de horizontes.
Tiene pocos propósitos y se emplea en áreas limitadas, no mayores al territorio asignado a cada comunidad. Son localmente válidas.	Tiene múltiples propósitos y con pretensiones de uso mundial.
Posee un lenguaje propio, que determina su visión del mundo y constituye su cultura, su esquema de conceptos, su marco lingüístico, su realidad. Tiene su propia epistemología(A).	Se basa en una epistemología diferente a la del campesino (B).

Fuente: Adaptado a partir de Neimeijer y Mazzucato (2003), Krasilnikov y Tabor (2003) y Pájaro (2010b).

3. Metodología para la clasificación de tierras campesinas

Con la metodología propuesta por Ortíz, *et al*, 1990 (figura 2), se realizó la clasificación y levantamiento del mapa de tierras, y con el apoyo de ortofotos digitalizadas y georeferenciadas a escala 1:20000 y los mapas de dotación ejidal de cada comunidad, se realizaron recorridos por los terrenos de cultivo acompañados tanto por autoridades locales de las tres comunidades, como de ejidatarios y pequeños propietarios, quienes fueron los informantes para la cartografía y clasificación de tierras. Con el material cartográfico ya mencionado, los informantes señalaron la ubicación y limites de las clases de tierras y con el uso del programa IRIS se elaboró el mapa base de tierras-campesino a escala 1:35000, sobre el cual nuevamente acompañados de los productores informantes, se realizaron recorridos en campo para corroborar la ubicación exacta de los linderos señalados en los mapas elaborados. En los casos en que no se cumplía esa correspondencia entre linderos, se realizaron las correcciones pertinentes; este proceso se repitió dos veces y terminó cuando los productores quedaron convencidos que la distribución espacial de las clases de tierra en el mapa, correspondía a lo que hay en sus campos de cultivo.

Además de elaborar el mapa, que es la base objetiva de las diferentes clases de tierra que identifican los campesinos, también se utilizó el método histórico para buscar evidencias de las actividades realizadas por los productores sobre el manejo de sus tierras a través del tiempo y que les ha permitido modificar su calidad; para conocer el manejo actual de las tierras, se utilizó el método etnográfico.

El mapa de tierras también sirvió como punto de partida para realizar la descripción de perfiles por clase de tierra, la toma de muestras y su correspondiente análisis físico-químico en el laboratorio, para su clasificación de acuerdo con la Base Referencial Mundial de Suelos conocida como WRB (ISSS-ISRIC-FAO, 2006).

4. Clasificación de tierras campesinas en Nativitas, Tlaxcala

En San José Atoyatenco, San Rafael Tenanyecac y San Miguel Xochitecatitla los campesinos reconocen diez clases de tierra, que ocupan 1200 ha. cuya denominación local en orden alfabético es: Amarilla, Arena, Arena húmeda, Barro, Fuerte, Lama en planicie, Lama en laderas, Lama húmeda, Salitre y Tepetate (figura 3, ver anexos). Los criterios de clasificación de tierras empleados por los campesinos del área son: el color, la trabajabilidad, la calidad para la producción de ciertos cultivos, la formación de terrones (agregación) y la humedad, que se explican de mejor forma a través de un diagrama de flujo (figura 4, ver anexos). De acuerdo con su calidad encontramos, tierras de lama en planicie (Lap), lama en ladera (Lad), salitre (Sa) y tepetate (Te); por su color, sólo hay tierras amarillas (Ama); por la agregación, tierra de arena (Are) y barro (Ba); por la disponibilidad de humedad a través del año, se tiene a las tierras Arena húmeda (Areh) y Lama húmeda (Lah); y por el trabajo que implica manejarlas para realizar las labores de cultivo, encontramos a la Tierra fuerte (Fu).

Con base en el conocimiento local, cada clase de tierra tiene una definición y es identificada por su capacidad de producción agrícola (cuadro 2).

Es importante mencionar que la capacidad productiva está determinada tanto por el material de origen, como por el manejo a través del tiempo, con lo cual los productores han logrado modificar las características originales de varias clases de tierra (cuadro 3).

Cuadro 2. Criterios locales de clasificación de tierras, definición y capacidad productiva

Criterio de clasificación	Clase de tierra	Clave	Definición	Capacidad productiva
Calidad	Lama en planicie	Lap	Se forman por el acarreo de materiales en el agua de río; siempre están a la orilla del río o de los canales.	Son buenas para cualquier cultivo.
	Lama en ladera	Lad	Son tierras que han sido trasladadas por acción humana a las partes altas y se mantienen por el trabajo continuo. Se ubican sobre los vestigios de terrazas prehispánicas.	Son buenas para cualquier cultivo.
	Salitre (tequezquiteras)	Sa	Son duras, compactas y con costras de tequezquite.	Son tierras buenas sólo para pastos y para producir tequezquite.
	Tepetate	Te	Son delgadas y requieren de aplicaciones continuas de estiércol para su mejoramiento.	Tierras pobres, ubicadas en la parte alta del cerro Huilacapisco.
Color	Amarilla	Ama	Se forman a partir del arrastre del tepetate del cerro Huilacapisco.	Son buenas para la producción de maíz y frijol.
Agregación	Arena	Are	No forman terrones, la humedad se pierde fácilmente.	Buenas para la producción de hortalizas, maíz y alfalfa, cuando se tiene agua disponible para regar en el momento que el cultivo lo necesita.
	Barro	Ba	Son tierras de fácil manejo que se formaron de los derrames continuos de material de acarreo de dos fuentes de agua (Río Atoyac y Canal San Ignacio). Forman terrones y grietas.	Son buenas para cualquier cultivo cuando tienen riego.
Humedad	Arena húmeda	Areh	No forman terrones y el espejo de agua está a poca profundidad.	Son buenas para cualquier cultivo.
	Lama húmeda	Lah	Se forman por el acarreo de materiales en el agua de río; siempre están a la orilla del río o de los canales. El espejo de agua está a poca profundidad	Son buenas para cualquier cultivo cuando tienen riego.
Trabajabilidad	Fuerte	Fu	Son tierras que se resisten al trabajo, son duras cuando están secas y forman lonjas cuando húmedas (*columnas poliédricas*).	Son buenas para la producción de maíz y frijol.

Fuente: elaboración propia, 2009.

Cuadro 3. Material que da origen a las clases de tierra y acción humana para su manejo

Criterio de clasificación	Clase de tierra	Material que le da origen	Evidencias de acción humana para su manejo
Calidad	Lama en planicie	Arrastre y sedimentación de material fluvial.	Construcción de tomas para derivar agua del río y desviación de los cauces naturales.
	Lama en laderas	Sedimentos y arrastre de material fluvial, depositados sobre la capa original de tepetate.	Restos de cerámica prehispánica y vestigios de barreras de contención a base de estuco.
	Salitre (tequezquiteras)	Depósito lacustre.	Incorporación de otras tierras para su mejoramiento, como lama y arena.
	Tepetate	Toba volcánica.	Incorporación de otras tierras para su mejoramiento, como lama, y modificación del paisaje local con maquinaria pesada (retroexcavadora).
Color	Amarilla	Cenizas volcánicas.	Uso de estiércol.
Agregación	Arena	Fragmentación y acarreo de materiales volcánicos.	Incorporación de estiércol y otras tierras para su mejoramiento, como lama, y modificación del paisaje local con maquinaria pesada (retroexcavadora).
	Barro	Fragmentación, acarreo de materiales volcánicos y procesos edafológicos de lixiviación.	Uso de estiércol.
Humedad	Arena húmeda	Fragmentación y acarreo de materiales volcánicos.	Uso de estiércol.
	Lama húmeda	Arrastre y sedimentación de material fluvial.	Construcción de tomas a la orilla del río para derivar agua y hacer un enlame de tierras.
Trabajabilidad	Fuerte	Materiales diversos, principalmente por acción del acarreo y depositación.	Construcción de canales y drenes para el control del riego y excedentes de humedad en el suelo.

Fuente: elaboración propia, 2009.

Esta información es de gran utilidad ya que la clase de tierra determina el tipo de cultivos a establecer, el manejo que se debe dar si se desea mejorar su agregación y fertilidad, así como la tecnología a utilizar en las prácticas agrícolas. Además, los productores de las comunidades estudiadas, también identifican las limitantes para la producción agrícola y el manejo requerido para eliminarlas (cuadro 4).

Cuadro 4. Principales limitantes de las tierras para la producción agrícola y su manejo actual

Criterio de clasificación	Clase de tierra	Limitantes	Manejo actual
Calidad	Lama en planicie	Sin problemas de la tierra. Con problemas sobre la tierra (uso de aguas residuales, presencia de basura, exceso de agua de riego y crecimiento de la mancha urbana).	Producción de hortalizas para la venta en el mercado regional y nacional. Incorporación de arena y estiércol para mantener su fertilidad natural.
	Lama en laderas	Se requieren labores de conservación de las terrazas existentes. Una parte de la superficie ocupada es de temporal.	Producción de maíz- frijol-chile-calabaza para consumo humano. Producción de hortalizas para la venta en el mercado regional y nacional. Se aplica estiércol como un mejorador natural.
	Salitre (tequezquiteras)	Altos contenidos de sales.	No se cultiva por su condición salina. Se utilizan tierra de arena y amarilla como mejoradores naturales para cambiar la condición salina.
	Tepetate	Capa arable poco profunda y de baja fertilidad natural.	Producción de maíz para consumo humano. Se aplica estiércol como un mejorador natural.
Color	Amarilla	Sin acceso al agua para riego baja fertilidad natural.	Producción de maíz para consumo humano. Se aplica estiércol como un mejorador natural. Evidencia de trabajo para modificar el micro-paisaje (excavación de zanjas perimetrales para habilitarlos como drenes.
Agregación	Arena	Poca retención de humedad.	Producción de hortalizas para la venta en el mercado regional y nacional.
	Barro	Sin problemas de la tierra. Con problemas sobre la tierra (por ocupar poca superficie están olvidadas y no se tiene infraestructura para el riego).	Al momento del levantamiento estaban abandonadas
Humedad	Arena húmeda	Presencia del nivel freático (espejo de agua) a poca profundidad.	La humedad excesiva limita su atención. Se cultiva esporádicamente con maíz y algunas hortalizas que soportan esta condición.
	Lama húmeda	Presencia del nivel freático (espejo de agua) a poca profundidad.	La humedad excesiva limita su atención. Se cultivan algunas hortalizas que soportan esta condición.
Trabajabilidad	Fuerte	Formación de agregados que dificultan las labores culturales y el manejo de los cultivos. Se requiere construir canales de desagüe para drenar el agua en época de lluvias, de lo contrario se inundan los cultivos.	Producción de maíz para consumo humano. Las arenas, lamas y tepetates se utilizan como mejoradores de las propiedades físicas de las tierras fuertes.

Fuente: elaboración propia, 2010.

5. La clasificación y cartografía local de tierras

Las comunidades estudiadas del municipio de Nativitas, se localizan sobre una gran planicie aluvial y lacustre, donde la mayor parte del material parental está relacionado con piroclastos volcánicos (cenizas volcánicas, principalmente). Por estas razones, las tierras del área quedan confinadas desde el punto de vista de su clasificación técnica a grupos con escaso desarrollo de horizontes de diagnóstico o con poca evolución pedogenética, tales como Fluvisoles (FL), Cambisoles (CM) y Andosoles (AN) (WRB, 2006). Las diferencias entre ellos, se definen por las condiciones particulares de su ubicación en el paisaje, o bien por el manejo que el hombre ha realizado desde la época prehispánica, que de acuerdo con la información histórica se remonta a más de dos mil años bajo agricultura; lo cual implica intergradación con otros grupos de suelos como los Gleysoles, Molisoles y Antrosoles.

La clasificación técnica de las tierras con la WRB (2006), se llevó a cabo siguiendo los procedimientos y rutinas específicos (Van Reeuwijk, 1995) en el laboratorio de génesis, morfología y clasificación de suelos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos. De acuerdo con los resultados de campo y laboratorio, las clases de tierras integran tres grupos de suelos: Andosoles (Arena, Lama en ladera y Tepetate), Cambisoles (Fuerte) y Fluvisoles (Amarilla, Arena húmeda, Lama en planicie, Lama en laderas, Lama húmeda y Salitre). De acuerdo con sus especificidades, cada clase de tierra se diferencia como se describe a continuación (cuadro 5 y figura 5, ver anexos).

Andosoles vítrico-úmbrico (arénico). Estos suelos aún conservan las características del material de origen (cenizas volcánicas). El término *vítrico* obedece a que el vidrio volcánico es el principal mineral en ellos; el término *úmbrico* indica que por la influencia del material parental la saturación de bases en el complejo de intercambio es menor que 50%; finalmente, el término *arénico* señala que en el análisis del tamaño de partículas la fracción arena es la dominante.

Andosoles vítricos (ántricos). Son suelos que aún conservan las características del material parental (cenizas volcánicas). El término *vítrico* indica que el vidrio volcánico aún está presente en la matriz del suelo; y el término *ántrico* evidencia que aunque el hombre ha modificado o intervenido de una manera importante en la constitución del perfil del suelo, aún no se alcanzan los requerimientos mínimos para ser considerado como un Antrosol.

Andosoles vítricos (dístricos). Estos suelos aún conservan las propiedades del material que les dio origen, y que corresponde básicamente a la ceniza volcánica prácticamente inalterada. El término *vítrico* señala que en la fracción arena, existe una presencia importante de vidrio volcánico. El término *dístrico* señala que el complejo de saturación de bases

está ocupado en menos que el 50%. Lo que se confirma por el valor de pH y la dominancia de la fracción arenosa en la composición mecánica de las partículas (textura).

Cuadro 5. Las tierras de Nativitas, Tlaxcala, de acuerdo con la WRB (2006)

Clase de tierra	Grupo de suelo (WRB, 2006)	WRB (2006)	Clave
Arena	Andosol (AN)	Andosol vítrico-úmbrico (arenico)	ANvi-um (ar)
Lama en ladera		Andosol vítrico (ántrico)	ANvi (am)
Tepetate		Andosol vítrico (dístrico)	ANvi (dy)
Fuerte	Cambisol (CM)	Cambisol estágnico (eútrico)	CMst (eu)
Amarilla	Fluvisol (FL)	Fluvisol háplico (téfrico-eútrico)	FLha (tf-eu)
Arena húmeda		Fluvisol gleyico (eútrico-arénico)	FLgl (eu-ar)
Barro		Fluvisol estágnico-háplico (eútrico)	FLst-ha (eu)
Lama en planicie		Fluvisol gléyico-mólico (eútrico)	FLgl-mo (eu)
Salitre (tequezquiteras)		Fluvisol límnico-sálico (eútrico)	FLlm-sz (eu)
Lama húmeda[1]	No clasificado	-	-

Nota: 1 Debido al acceso restringido por parte del Ejército Nacional en la zona donde se encuentra esta clase de tierra, no fue posible describir el perfil del suelo.
Fuente: elaboración propia con base en WRB = Base Referencial Mundial de Suelos (ISSS-ISRIC-FAO, 2006), 2009.

Cambisoles estágnicos (eútricos). Debido a la influencia de la vegetación que en estos suelos crece, el horizontes subsuperficial ha desarrollado una estructura diferente a la del material de origen, por lo que se encuentra en un estado evolutivo diferente que da origen al horizonte *cámbico*. La connotación *estágnico* implica que durante una época del año el subsuelo presenta condiciones de saturación con agua lo que da origen a una matriz del suelo con características de procesos de oxidación. Finalmente, el término *eútrico* señala que el complejo de intercambio presenta una saturación de bases de más del 50%.

Fluvisoles háplicos (téfrico-eútrico). Implica que es un suelo que se origina por la acción de la acumulación de materiales por la acción de ríos o lagos. El término *háplico* nos indica que el suelo no presenta algún rasgo distintivo que evidencie algún proceso de evolución. El término *téfrico* implica que los materiales acarreados tienen origen volcánico, y el término *eútrico* señala que estos suelos presentan una saturación de bases por encima del 50% del complejo de intercambio (CIC).

Fluvisoles gléyicos (eútrico-arénicos).Son suelos originados por el arrastre de materiales por corrientes de agua. El término *gléyico* evidencia que durante una parte del año se encuentran saturados con agua suficiente para reducir el elemento Fe; el término *eútrico* implica que la saturación de bases del complejo de intercambio es mayor que 50%; finalmente, el término *arénico* implica que en el análisis del tamaño de las partículas domina la fracción arenosa.

Fluvisoles estágnico-háplicos (eútrico). Son suelos que se originan por el constante acarreo y deposición de materiales por la acción de las corrientes fluviales. El término *estágnico* indica que durante algún periodo a través del año se presentan condiciones de saturación con humedad que provocan la oxidación de la matriz del suelo; el término *háplico* evidencia que no existe alguna otra característica relevante en el perfil; finalmente, el término *eútrico* indica que el complejo de intercambio tiene una saturación de bases mayor que 50%.

Fluvisoles gléyico-mólicos (eútrico). Son suelos en los que la estratificación de materiales acarreados por corrientes fluviales es evidente. El término *gléyico* obedece a que en el subsuelo es común encontrar procesos de oxidación-reducción que se evidencian con las coloraciones grises y rojizas de la matriz del suelo. El término *mólico* obedece a que en la superficie del suelo se ha modificado por completo la estructura original del material y está en proceso de evolución hacia un horizonte mólico. Finalmente, el término *eútrico* señala que la saturación de bases en el complejo de intercambio es superior a 50%.

Fluvisoles límnico-sálicos (eútrico).Son suelos originados por el arrastre de materiales que se depositan en las partes bajas. El término *límnico* indica que en algún tiempo estuvieron bajo el agua y que durante esa etapa se acumularon materiales orgánicos de origen lacustre. El término *sálico* señala que presentan acumulación de sales más solubles que el yeso tales como carbonatos y bicarbonatos. El término *eútrico* indica que la saturación de bases es mayor que 50% en el complejo de intercambio.

Tal como algunos autores lo han mencionado, no existe correspondencia uno a uno entre las categorías local y técnica (Niemeijer y Mazzucato, 2003: 412). Sin embargo, las descripciones son relevantes desde el punto de vista edafológico para conocer el origen genético de las tierras; pero si además, esta información la combinamos con un enfoque histórico–cultural resulta de mayor utilidad, ya que puede ser comprendida por cualquier persona no especialista en el tema. De las diez clases de tierras existentes en la zona de estudio, sólo por citar un ejemplo, presentamos la información para la clase de tierra de Lama en laderas. La cual es sobresaliente por la evidencia de presencia humana desde hace más de dos mil años (apéndice 1).

6. Aportes de la cartografía y la clasificación de tierras

Los resultados obtenidos sobre la clasificación de tierras campesinas, nos indican que los "suelos" en la región estudiada, son el producto del material geológico madre y la interacción con fenómenos físicos, fisicoquímicos y biológicos; pero también son el resultado de procesos naturales, inducidos por la acción humana, que se da a partir del uso eficiente de los recursos, modificación del micro-paisaje a nivel parcelario, cambio en el régimen de la propiedad de la tierra y por la implementación de políticas públicas para la incorporación de tierras al cultivo.

Las tierras en San José Atoyatenco, San Rafael Tenanyecac y San Miguel Xochitecatitla, son una muestra de la génesis de las tierras agrícolas que correlaciona el ámbito macro, dictado tanto por la evolución climática y geomorfológica de la zona, como por la actividad humana, a partir de la sedentarización (ca. 1700 a. C.) en la región Atoyac-Zahuapan (Luna, 1993: 35) hasta el nivel local. Con lo cual, podemos decir que más allá de la identificación de clases de tierra y su cartografía, resalta el hecho de reconocer el amplio contexto cultural que ha influenciado la génesis de esas tierras. Los antecedentes históricos, sitúan el uso y manejo de las tierras en Nativitas, al menos desde hace 2300 años.

Desde la perspectiva social, la clasificación de tierras, es la base que determina el tipo de cultivos a establecer, el calendario agrícola, la época de trabajo y división social del trabajo, todos estos indicadores adecuados a cada contexto histórico en que se vive, reflejando un estilo y modo de producción agrícola y de trabajo. Información suficiente que respalda el conocimiento actual que los campesinos poseen sobre sus tierras colocándolos como expertos conocedores del lugar donde desarrollan no sólo sus actividades productivas, sino de los factores que determina su trabajo productivo agrícola.

El mapa de tierras es relevante porque nos da la referencia tangible de limites y colindancias y de la problemática existente, lo cual sugiere la realización de al menos un proyecto de estudio para cada clase de tierra; sin embargo, el mapa por sí mismo, no explica la existencia de esas diferencias, sólo cuando aplicamos metodologías no edafológicas, tales como el método histórico y etnográfico, encontramos las explicaciones en tiempo y forma a lo que la gente de las comunidades ha venido realizando y de cómo las va adaptando a las condiciones actuales. De tal forma que hablamos de un proceso en una doble vía: 1. De co-evolución genética y cultural entre las tierras y los habitantes de esas comunidades. 2. De las condiciones actuales bajo las cuales la gente responde a los cambios socio-políticos imperantes en el entorno, en la búsqueda de la satisfacción de sus estilos de vida.

En términos metodológicos, uno de los aportes importantes del presente trabajo es el rescate de indicadores que reflejan el manejo de las

tierras a través del tiempo y que ha sido posible por el uso del método histórico y etnográfico; algunos de ellos son los que a continuación se señalan:

- Vestigios arquitectónicos de origen prehispánico (Cacaxtla y Xochitecatl).
- Presencia de restos de cerámica prehispánica en todas las clases de tierra.
- Vestigios de terrazas prehispánicas con manejo actual de las tierras.
- Cantos rodados en la parte alta del cerro Huilacapizco, como indicador de manejo especial, pues éstos sólo son comunes en las partes bajas y a las orillas de arroyos y ríos.
- Incorporación de estiércol en todas las clases de tierra.
- Uso de algunas tierras como mejoradoras de otras.
- Definición de polígonos regulares, evidente en: linderos entre besanas, caminos.
- Drenes para controlar el nivel de humedad y canales para el riego.
- La expectativa de integrar un proyecto de estudio por clase de tierra.

Con esta información, no queda duda de que la tierra es uno de los medios materiales sobre el cual se expresa el conocimiento local de los productores de Nativitas, Tlaxcala, así como las diferentes formas de apropiación, uso y mejoramiento de un recurso, con la intención de buscar no sólo el abasto de productos alimenticios, sino su incorporación en el mercado local, regional y nacional. También cabe mencionar que la tierra es entendida más allá de un espacio físico sobre la cual se puede producir; que además hay un significado profundo, en donde confluyen varios intereses a lo largo del tiempo, de tal forma que también es percibida como un instrumento de dominación, de poder y por tanto es la base material sobre la cual se dan luchas sociales; es decir, existe un significado de identidad cultural (patrimonio cultural y familiar) y uno de los aspectos más importantes para los productores es que la tierra para aquéllos que la poseen, les proporciona una alternativa de vida, donde pueden producir y buscar su soberanía alimentaria.

La realización de este trabajo nos da la evidencia de la necesidad para la integración de las diferentes áreas del conocimiento; la conjugación de los enfoques sociológico y técnico edafológico para analizar la clasificación de tierras nos ha permitido captar la visión integradora que tienen los campesinos del ámbito en que viven, y consideramos que de alguna manera la integración de ambos enfoques permite disminuir errores de percepción.

Bibliografía

Barrera-Bassols, N.y Zinck, J. A. (2000). *Ethnopedology in a worldwide perspective: an annotated bibliography*, ITC Publication, vol. 77, ITC, Enschede.

Collins (1981). "Soil recourse inventory for the small farmer", en USDA. *Soil resource inventories and development planning,* Technical Monograph, núm. 1, Soil Management Support Services, Washington, D. C.

Delgado, B. F. (2006). "La transdisciplinariedad y la investigación participativa. En una perspectiva de diálogo intercultural científico", <http://www.agruco.org/nuevos_articulos/articulo73.htm, consultado el 17 de marzo 2010.

INEGI (2005). *Conteo de población y vivienda.*

IUSS/ISRIC/FAO (2006). "*World Reference Base for Soil Resources: A framework for international classification, correlation and communication*", en *World Soil Resources Reports 103*, Second edition.

Kloppenburg, J. J. (1991). "Social theory and the De/Reconstruction of Agricultural Science: Local Knowledge for an Alternative Agriculture", en *Rural Sociology 56 (4)*, pp. 519-548.

Krasilnikov, P. V. y Tabor, J. A. (2003). "Perspectives on utilitarian ethnopedology"*, en Geoderma* 111, pp. 197-216.

Luna, M. C. del C. (1993). "Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénega de Tlaxcala", en *Colección Cuadernos Universitarios, Serie Agronomía,* núm. 24, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Naredo Pérez, J.M. (1999). "Consideraciones económicas sobre el papel del agua en los sistemas agrarios", en Garrabou, R., y Naredo, J.M. (eds.), *El agua en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica,* Editprial Argentaria y Visor, Madrid, España, pp. 63-75.

Niemeijer, D.y Mazzucato, V. (2003). "Moving beyond indigenous soil taxonomies: local theories of soils for sustainable development", en *Geoderma 111*, pp. 404-424.

Ortiz S., C.A.; Pájaro H. D. y V.M. Ordaz Ch. (1990). *Manual para la cartografía de clases de tierras campesinas*, Serie Cuadernos de Edafología 15, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Pájaro, H. D. (1998). *La problemática ejidal; un reto para el desarrollo rural*, 2º Congreso estatal de investigación y educación, ciencia y tecnología, Libro de Resúmenes, Universidad Autónoma Chapingo, 26, 27 y 28 de mayo de 1998.

_____(2005). "Participación campesina y desarrollo rural desde el ámbito territorial comunitario", en *PADS, A. C. Agricultura Ecológica y Desarrollo Regional Sustentable,* Promotores de la Autogestión para el Desarrollo Social y Universidad Campesina del Sur (editores), Chilpancingo, Guerrero, México, pp. 322-327.

_____(2010a). *Lands cartography: A Mesoamerican Heritage*. Colegio de Postgradudos, Campus Montecillo, en prensa, México.

_____(2010b). *La cartografía de tierras: un contraste epistemológico*, Colegio de Postgradudos, Campus Montecillo, en prensa, México.

Peterson, G. (2000). "The human actor in ecological-economic models", en *Ecological Economics 35*, pp. 323-336.

Sandor, J. A. y Furbee, L. (1996). "Indigenous Knowledge and Classification of Soils in the Andes of Southern Peru", en *Soil Science Society of America Journal 60*, pp. 1502-1512.

Talawar, S. y Rhoades, R. E. (1998). "Scientific and local classification and management of soils", en *Agricultural and Human Values*. vol 15, núm. 1, pp: 3-14.

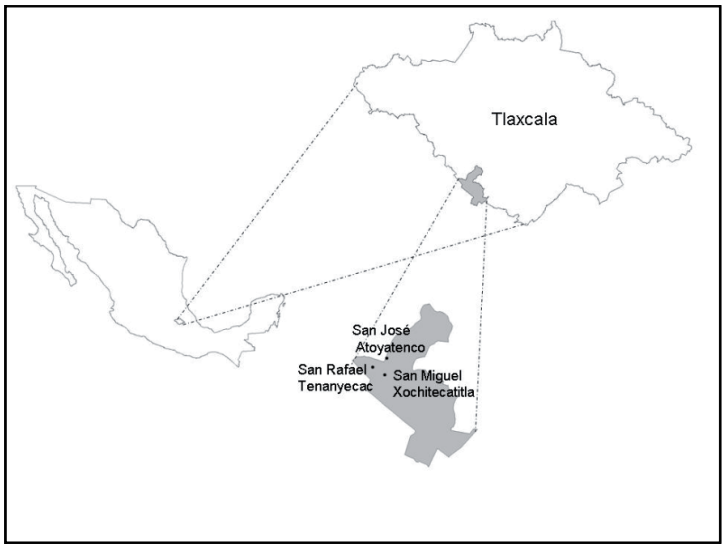
Toledo *et al.*, (1989). *La producción rural en México: alternativas ecológicas*, Fundación Universo Veintiuno, México.

Torres, J. (2000). *Globalización e interdisciplinariedad: El curriculum integrado*, Ediciones Morata, S. L. Madrid-España, 4ta. ed., pp. 25-95.

Van Reeuwijk, L. P. (1995). *Procedures for Soil Análisis*, Tech Pap., núm. 9 4th ed., ISRIC,Wageningen, Netherlands.

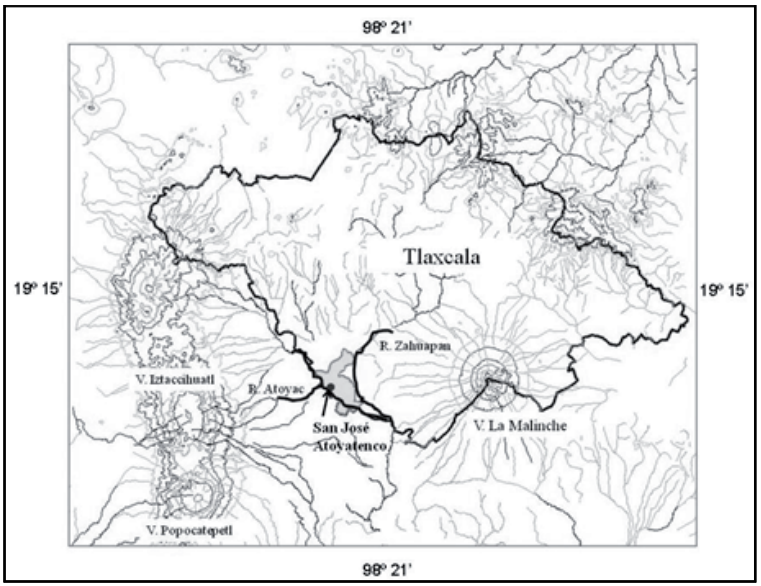
Anexos

Mapa 1. Ubicación del área de estudio



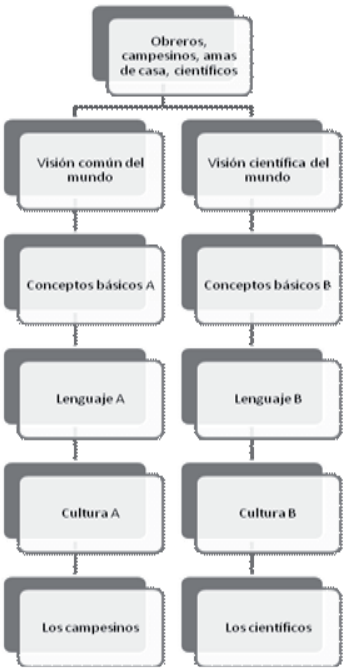
Fuente: elaborado con información del INEGI, 2005.

Mapa 2. Aspectos hidrográficos y orográficos del área de estudio



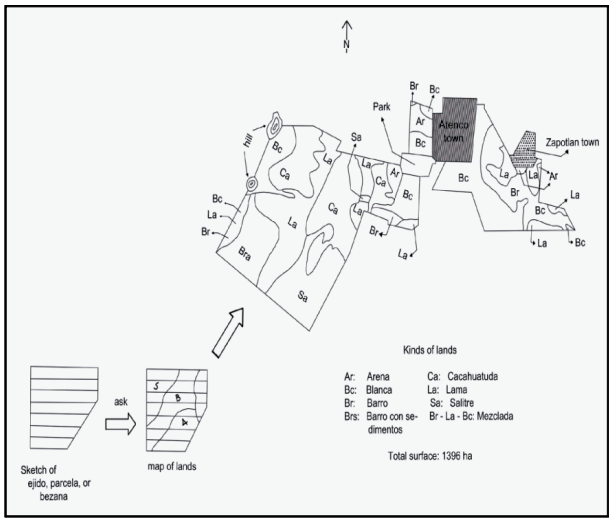
Fuente: elaboración propia con información del INEGI, 2005.

Figura 1. Dos visiones de la realidad



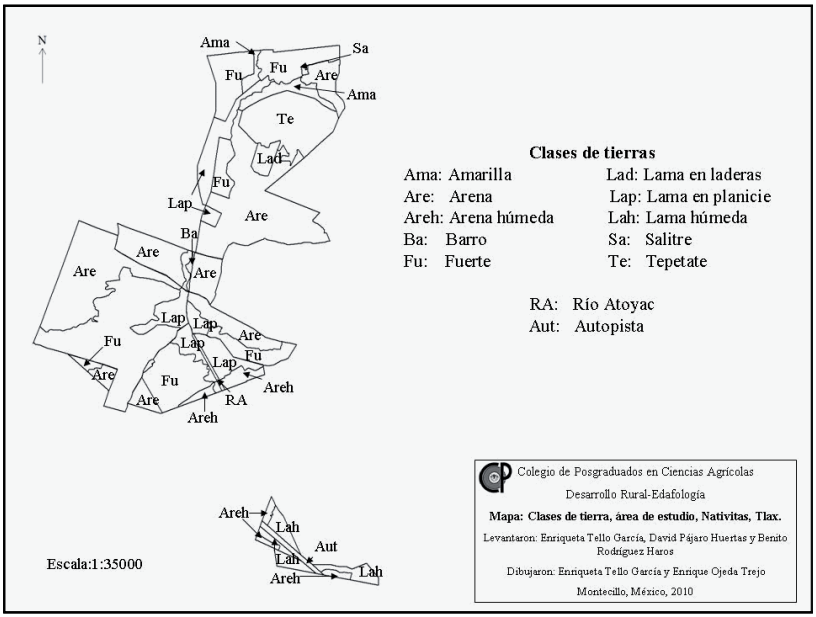
Fuente: A partir de Gutiérrez, 1997.

Figura 2. Procedimiento para la cartografía de tierras



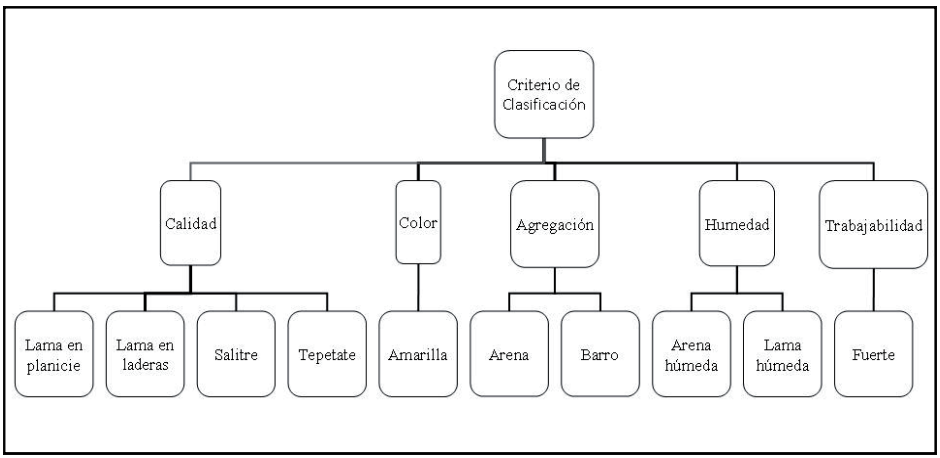
Fuente: A partir de Ortiz, Pájaro y Ordaz, 1990, 2009.

Figura 3. El mapa de tierras y su clasificación



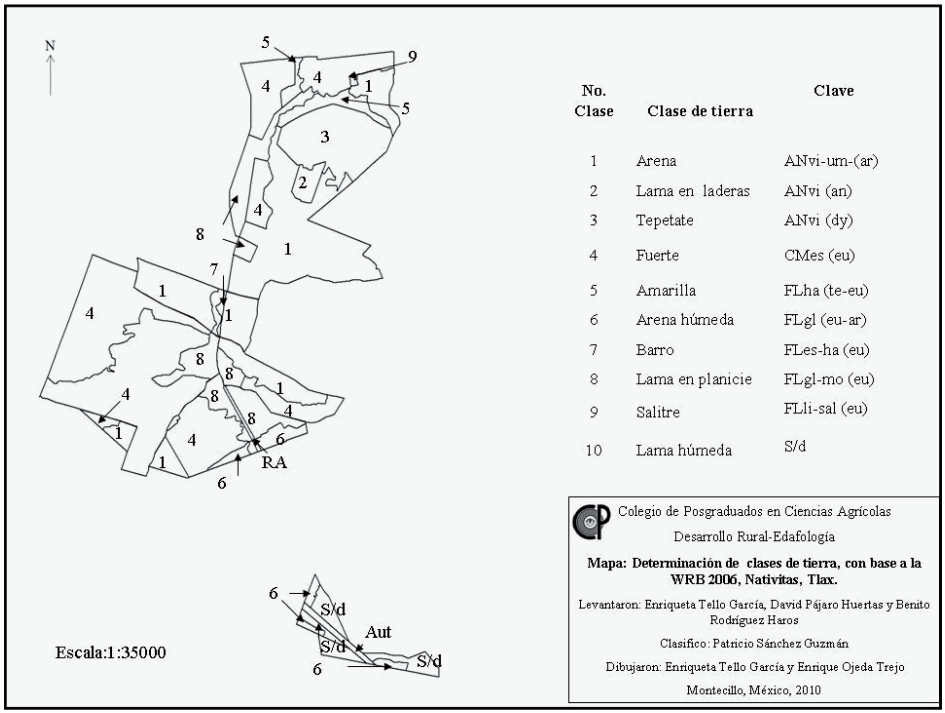
Fuente: elaboración propia, 2010.

Figura 4. Criterios de clasificación de tierras locales



Fuente: elaboración propia, 2009.

Figura 5. Determinación de clases de tierras con base en la WRB, 2006



Fuente: elaboración propia, 2010.

Apéndice 1. Descripción del perfil de suelo de Tierra de lama en ladera

Ejido San José Atoyatenco, Tlaxcala

Descripción del sitio

Descrito por: David Pájaro H. y Patricio Sánchez G.
Fecha: 28 de junio del 2009.
Localidad: Atoyatenco, Tlaxcala.
Coordenadas: 19°15'27" LN y 98°20'59" L.O
Elevación: 2235 m.s.n.m.
Relieve: inclinado
Pendiente: 10-20 % hacia el sur poniente.
Material parental: tobas de origen volcánico.
Flora: pastos y herbáceas.
Fauna: no evidente.
Vegetación cultivada: maíz, frijol y calabaza de temporal.
Condiciones meteorológicas: al inicio del periodo de lluvias.
Drenaje superficial: sitio donador pasivo.
Pedregosidad: 5%

Tierra de Lama (ladera)



DESCRIPCIÓN DEL PERFIL

Horizonte	Descripción
Ap	0-30 cm; húmedo; (10YR 3/2) Pardo grisáceo muy oscuro cuando está húmedo; arena migajosa; estructura de bloques subangulares moderadamente desarrollada, de 0.5 a 2 cm de Ø; con consistencia friable cuando húmedo, y no pegajoso y no plástico cuando saturado; permeabilidad rápida; poros intersticiales, numerosos, finos, discontinuos, con distribución aleatoria y dentro de los agregados; abundantes raíces, finas y medianas; sin reacción al HCl y fuerte al H_2O_2; presencia de cantos rodados de 5 cm de Ø y fragmentos de obsidiana y tepalcates en el 5 % del horizonte; con transición horizontal y media al siguiente horizonte.
A	30-48 cm; húmedo; (10YR 3/2) Pardo grisáceo muy oscuro cuando está húmedo; arena migajosa; estructura de bloques subangulares pobremente desarrollada, de 2 a 5 cm de Ø; con consistencia friable cuando húmedo, y no pegajoso y no plástico cuando saturado; permeabilidad rápida; poros intersticiales, numerosos, finos, discontinuos, con distribución aleatoria y dentro de los agregados; raíces comunes y finas; sin reacción al HCl y moderada al H_2O_2; presencia de cantos rodados de 5 cm de Ø, fragmentos de tepalcate que ocupan el 5% y relictos de materiales téfricos (1%); con transición horizontal y marcada al siguiente horizonte.
CA	48-67 cm; ligeramente húmedo; (10YR 5/6) Pardo amarillento cuando seco; arena migajosa; estructura de bloques subangulares pobremente desarrollada, 5 cm de Ø; con consistencia ligeramente firme cuando húmedo, y no pegajoso y no plástico cuando saturado; permeabilidad rápida; poros intersticiales, numerosos, finos, discontinuos, con distribución aleatoria y dentro de los agregados; raíces finas y raras; sin reacción al HCl y fuerte al H_2O_2; con transición horizontal y media al siguiente horizonte.
R	67-105 cm; seco; (10YR 5/6) Pardo amarillento cuando seco; arena migajosa; masivo; con consistencia firme cuando seco, y no pegajoso y no plástico cuando saturado; permeabilidad rápida; poros intersticiales, numerosos, finos, discontinuos y con distribución aleatoria; raíces finas y raras; sin reacción al HCl y ligera al H_2O_2; el tepetate se encuentra inalterado.



Andosoles vítricos (ántricos)
WRB 2006.

Análisis físicos y químicos

Horizonte	Prof.	pH	CE	%CO	Dap	$\%CaCO_3$	P_2O_5
Ap	0-30	6.1	0.29	0.30	1.35	0.22	7.1
A	30-48	6.3	0.46	0.23	1.16	0.22	10.7
CA	48-67	6.3	0.56	0.15	1.32	0.38	4.6
R	67-105	6.3	0.31	0.15	1.43	0.53	4.6

Prof: profundidad en cm.; CE en dSm-1; Dap en gcm-3; P2O5 en ppm.

Horizonte	$Cmol_{(+)}\ kg^{-1}$					PSB
	CIC	Ca	Mg	Na	K	
Ap	22.9	3.80	1.57	0.4	0.5	27.2
A	16.1	5.10	1.54	0.4	0.4	46.3
CA	18.5	8.64	3.22	0.7	0.4	69.9
R	8.1	5.66	2.46	0.5	0.3	100

Horizonte	%A	%L	%R	Clase Textural	Color H	Color S
Ap	70.7	19.5	9.8	Franco Arenoso	10YR 3/1	10YR 5/1
A	73.0	19.6	7.4	Franco Arenoso	10YR 3/2	10YR 4/1
CA	69.7	20.2	10.1	Franco Arenoso	10YR 4/2	10YR 6/4
R	79.8	15.1	5.0	Arena Francosa	10YR 5/3	10YR 7/4

A: arena, L: limo, R: arcilla; H: húmedo, S: seco.

Capítulo

3

Participación social

Conflictos por agua en la microcuenca Atoyac-Zahuapan

María de Lourdes Hernández Rodríguez[1]

Introducción

Los conflictos son las acciones que denotan tensiones de interés entre dos o más actores individuales o colectivos. Cuando son de origen hídrico, señalan Sainz y Becerra (2003), tienen su raíz en la competencia por dicho recurso, aunque la mayoría de ellos surgen por problemas de Políticas Públicas en materia ambiental que requieren la acción de la autoridad correspondiente a fin de sistematizar sus manifestaciones y convirtiéndolos en objeto de la agenda pública.

Estos mismos autores indican que en México 53% de las discrepancias relacionadas con agua a nivel nacional se presentan en seis entidades federativas: Distrito Federal, Estado de México, Veracruz, Tabasco, Tlaxcala y Puebla. En este sentido, estudios recientes del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), muestran que la región hidrológica que comprende los estados de Tlaxcala y Puebla, conocida como Alto Atoyac-Valle de Puebla[2], enfrenta serios problemas de carácter hídrico debido a una alta concentración de pozos, competencia entre usos público-urbano, agrícola e industrial, contaminación y distribución inequitativa del líquido, por lo que la atención a los problemas hídricos en esta zona hidrológica son prioridad nacional (IMTA-SEMARNAT, 2007).

Es sin duda este uso múltiple del agua lo que ha ocasionado algunas inconformidades entre usuarios, principalmente por contaminación y acceso, como se dará cuenta más adelante. En este sentido se puede asegurar que si bien los conflictos por el agua están relacionados con una inadecuada gestión pública, también como señalan Aarón *et al*. (2005:157), al interior de una cuenca todo está interrelacionado independientemente del tamaño de la misma, de la escala geográfica que se analice o del

1 El Colegio de Tlaxcala, A.C. Correo electrónico: lourher@yahoo.com

2 Esta zona hidrológica se enmarca en la cuarta zona metropolitana del país en donde habitan 3.3 millones de personas que originan una intensa explotación del agua sólo después del Valle de México, Guadalajara y Monterrey.

nivel de desarrollo de una región, en donde "las disputas por el agua pueden atribuirse al menos a una de las siguientes cuestiones: cantidad, calidad y disponibilidad".

Aunque desacuerdos relacionados con la cantidad, calidad y disponibilidad del agua en Tlaxcala y particularmente en la microcuenca Atoyac-Zahuapan son hechos comentados a nivel de usuario e instituciones relacionadas con la administración del recurso hídrico, Galicia (2007), plantea que si bien existen en Tlaxcala conflictos por agua, no hay suficientes evidencias escritas que lo precisen, lo cual hace pensar que no se han documentado hechos que lo demuestren y por lo tanto que es necesario realizar por lo menos una sistematización de los problemas que la sociedad ha manifestado en dicha región en la época reciente.

Siendo el uso y la gestión del agua los puntos de partida para la realización de este trabajo, su objetivo es presentar un diagnóstico de los conflictos que se presentan en la microcuenca Atoyac-Zahuapan en estado de Tlaxcala, a partir de identificar los fenómenos que las originan. En este sentido, se plantea la hipótesis de que independientemente del origen de los conflictos por agua, el papel que desempeña la autoridad local en su identificación, mediación y atención es el elemento clave para su solución.

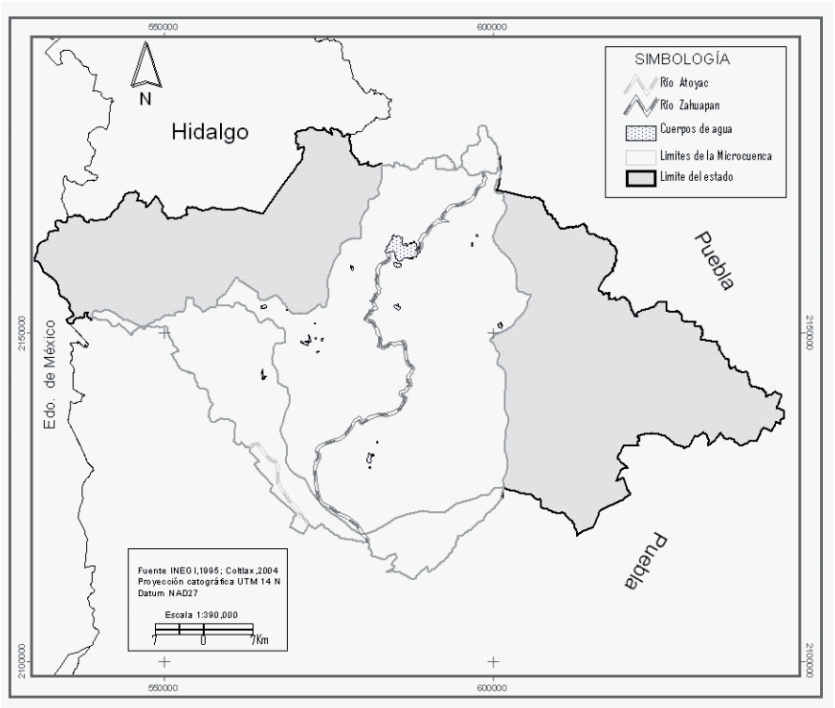
1. La microcuenca como unidad de estudio

Carabias *et al*. (2005), Antón (2003:16) y la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 2008), señalan que a una cuenca hidrológica suele entenderse como una unidad de gestión al interior de una cuenca hidrográfica, siendo a su vez una región delimitada por un parteaguas en donde el agua ocurre en distintas formas, se almacena o fluye hasta un punto de salida o del territorio, aun sin que necesariamente desemboquen en el mar y donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, la cual junto con los acuíferos se constituye como la base de la gestión de los recursos hídricos, siendo posible —con fines de análisis— su descomposición en subcuencas y microcuencas, mismas que se territorializan a partir de al menos un punto de acumulación y/o agregación transitorio, casi siempre entradas o salidas de ríos.

La zona norte del Alto Atoyac se localiza el estado de Tlaxcala y es identificada en este trabajo como la microcuenca Atoyac-Zahuapan (Mapa 1) identificada hidrográficamente con el nacimiento y trayectoria del río Zahuapan, va del norte al sur de la entidad hasta su convergencia con el río Atoyac al suroccidente de la misma, en los límites con el estado de Puebla. Esta región se encuentra en el territorio de 51 municipios tlaxcaltecas con una extensión de 2,380 Km^2 que corresponden geográficamente con 60% de la superficie estatal en la que habita el 78%

de la población. Se estima que la microcuenca Atoyac-Zahuapan[3] tiene concesionada más del 68% del agua disponible paraTlaxcala, agua que se destina principalmente para fines público-urbanos, seguido por los usos agrícola e industrial, y en menor proporción para abrevadero, servicios y acuacultura.

Mapa 1. Ubicación de la microcuenca Atoyac-Zahuapan en el estado de Tlaxcala



Fuente: elaboración propia.

2. Los conflictos por agua, aspectos teórico-conceptuales

Rescatando la opinión de expertos como Becerra y Sainz (2003), Atayde y Vega (2006), Cariño (2007) y Güitrón *et al*. (2009), se encontró que

3 Otras microcuencas en el estado son Tecolutla, Cerrada Libres-Oriental y Avenida Pachuca, las cuales corresponden con los acuíferos Emiliano Zapata, Huamantla y Soltépec; respectivamente; mismos que están fuera de los límites de la región del Alto-Atoyac (ver Hernández, 2005 e IMTA-SEMARNAT, 2007).

los problemas o conflictos por agua pueden tener su origen en causas naturales o antropogénicas. Ejemplos del primer caso son la escasez o la abundancia y del segundo el despilfarro o la contaminación.

Por su parte, Atayde y Vega (2006), mediante un análisis de evidencias empíricas de conflictos por agua en México recopilados de fuentes periodísticas entre 2003 y 2005, agrupan en diez las manifestaciones de conflicto en el país, caracterizándolas con base en su frecuencia. Como resultado de sus investigaciones, ambos autores señalan que 22% de los problemas relacionados con agua en México tuvieron su origen en la contaminación hídrica, 20% por controversias intercomunitarias basadas en el acceso, un 20% adicional se debió al rechazo a presas, 12% por inconformidades en contra de la privatización del agua, 9% por distribución-acceso de riego, 8% por distribución de agua potable, 5% por escasez, 2% por deudas, 1% por rescate de acuíferos y 1% por inconformidades con el precio.

Sin embargo, no en todos los casos los conflictos por agua se deben a las causas arriba señaladas, tal parece que éstas son manifestaciones de sociedades donde existe una fuerte presencia de la administración pública, pero en los casos donde las relaciones sociales son cercanas, constantes y estrechas, como en comunidades rurales o indígenas, los conflictos por agua se presentan como desacuerdos que tienden a la pronta resolución mediante el establecimiento de arreglos vecinales usuarios-usuarios, o usuarios-autoridades en la que cotidianamente se ejerce la práctica de la negociación, entendida como "una construcción de acuerdos que estabilizan el orden social, la mayoría de las veces utilizadas para no llegar al conflicto" (Cariño, 2007:12).

Güitrón *et al*. (2009:10), señalan que si bien los conflictos son un aspecto inherente y central de la gestión del agua, "surgen necesariamente cuando se descentraliza la gestión, empoderando a numerosos actores sociales y gubernamentales, al ser éstos capaces de influir en las decisiones que les benefician o afectan", quienes realizan diferentes prácticas de concertación de acuerdos para la solución de sus diferencias, como la negociación, la cual consiste en que las partes se reúnan, solas o con la asistencia de un mediador, para buscar resolver por sí mismas el o los asuntos que suscitaron el conflicto, dialogando e intentando convencer y/o persuadir a la otra parte para llegar a un acuerdo.

Para la mediación en los conflictos por agua, dichos autores recomiendan la búsqueda de soluciones en donde el acto de negociar sea una actividad integrativa que implique "conocer las habilidades, debilidades y fortalezas de los involucrados, así como los recursos, valores y normatividad que les respaldan, dando importancia a la calidad de la relación entre las partes" (Güitrón *et al.*, 2009:58). Es de esperar que ante una negociación eficiente surjan los acuerdos, esto es; el conjunto de decisiones tomadas en común acuerdo por dos o más personas, junta, asam-

blea o tribunal, cuyo principal efecto es su obligatoriedad, siendo válido cualquiera que sea la forma de su celebración, oral o escrita, siempre que el consentimiento de los otorgantes sea válido y su objeto cierto y determinado (Velazco, 2008).

3. Metodología

Se realizó un estudio descriptivo-comparativo utilizando un cuadro de doble entrada, donde la columna inicial registró a cada uno de los 51 municipios de la microcuenca mientras que en el primer eje de las filas se describieron los acontecimientos identificados como conflictos por agua a nivel municipal descritos en documentos generados por la delegación estatal de SEMARNAT, El Colegio de Tlaxcala, A.C., IMTA-SEMARNAT y dos periódicos locales: El Sol de Tlaxcala y La jornada de oriente- sección Tlaxcala en 2007-2008, tomando como parámetros base las 10 manifestaciones señaladas por Atayde y Vega (2006) a partir de los cinco principales usos del agua inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA): público-urbano, agrícola, industrial, servicios y pecuario (REPDA-CONAGUA, 2007).

De manera complementaria se utilizó la información que sobre problemas por agua identificaron académicos de El Colegio de Tlaxcala para la elaboración del Plan Estratégico por regiones (CESET-Coltlax, 2008). Dicha información se obtuvo directamente de la población a través de la aplicación de técnicas tales como el Sondeo Rural Participativo, entrevistas con informantes clave y con grupos focales en los municipios Apizaco, San Lucas Tecopilco, Tlaxco y Zacatelco.

4. Resultados

4.1 La disponibilidad y usos del agua

Tomando como punto de partida los datos del REPDA-CONAGUA (2007), se encontró que la microcuenca Atoyac-Zahuapan es la región hidrológica con mayor disponibilidad de agua en Tlaxcala ya que los usuarios que en ella se asientan tienen concesionados[4] el 68.42% de los 294.58 millones de metros cúbicos de agua (mm^3) con que cuenta dicha entidad[5], los cua-

4 Una *concesión de agua* es el acto jurídico mediante el cual el Estado delega, en un particular o empresa, el aprovechamiento y uso del agua, siempre y cuando ésta sea de propiedad nacional (Mathus, 2004).

5 Los 93 Mm^3 restantes se distribuyen en los acuíferos Soltépec (0.5%), Huamantla (23 %) y Emiliano Zapata (8%).

les son aprovechados a través de 92 manantiales, 704 pozos, las presas de almacenamiento Atlanga, San Fernando, El Sol y la Luna, Techalote, Las Cunetas y Centenario, y los ríos Atoyac y Zahuapan (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fuentes de abastecimiento y volumen de agua concesionado en la microcuenca Atoyac-Zahuapan

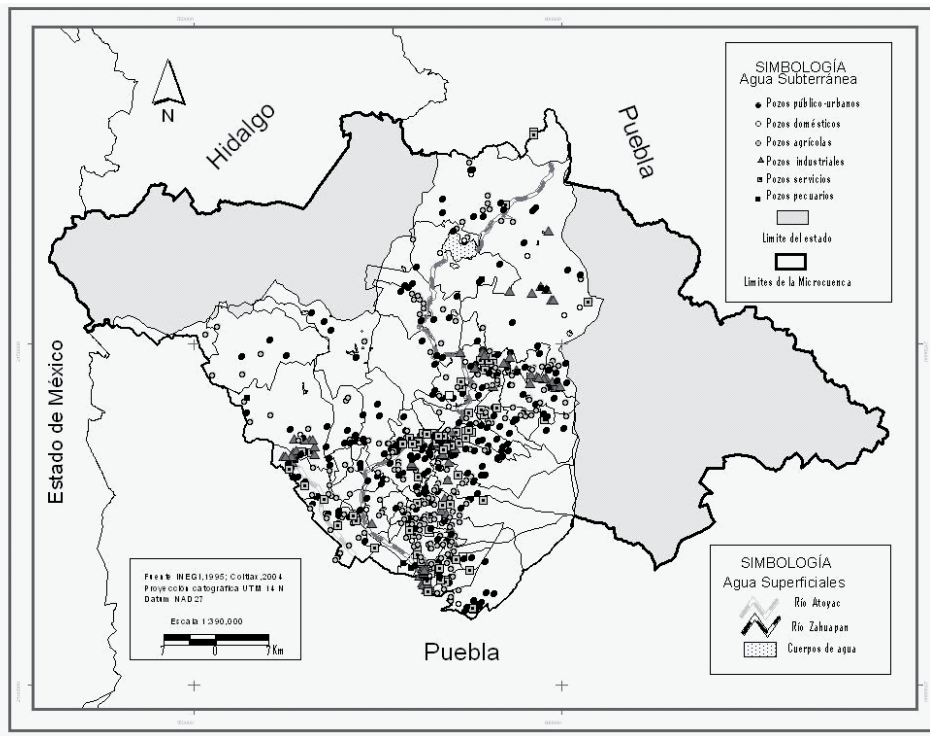
Uso del agua	Fuente							
	Manantiales		Pozos		Ríos		Presas	
	No.	Vol.con Mm^3	No.	Vol.con Mm^3	No.	Vol.con Mm^3	No.	Vol.con Mm^3
Agrícola	57	36.343	192	37.558	2*	24.730	6	6.447
PU >2500 hab			108	45.029				
PU<2500 hab	23	4.329	173	17.515				
Industrial	5	0.325	128	16.233				
Servicios	6	0.235	102	1.265				
Pecuario	1	0.300	2	10.939				
Acuícola	1	0.263	1	1.080				
Total	92	41.533	705	128.530	2	24.730	6	6.777

Nota: *Sólo considera al agua concesionada al Distrito de Riego 056.
Fuente: basado en CONAGUA, 2007.

En esta microcuenca existen concesiones para la explotación del agua en los seis principales usos consuntivos autorizables por CONAGUA, a saber: agrícola, industrial, servicios, pecuario, acuícola y público-urbano, destacando que los 705 pozos profundos que en ella se encuentran, representan el 57% de este tipo de explotaciones en el territorio estatal, los cuales proporcionan 64% del recurso disponible en la región y 100% del agua destinada al consumo humano directo. Cabe mencionar que, al igual que en el resto del estado, cada uno de los 51 municipios que comprenden el territorio de la microcuenca[6] cuentan con al menos un pozo de agua subterránea, el cual está destinado al uso público-urbano bajo la administración de la respectiva autoridad municipal (Mapa 2).

6 En este caso no se considera al municipio de Huamantla, ya que de los 336 km. que conforman dicho municipio sólo seis pertenecen a la microcuenca Atoyac-Zahuapan, en los cuales no se identificó ninguna localidad ni fuente de agua.

Mapa 2. Distribución espacial de las fuentes de aprovechamiento de agua en la microcuenca Atoyac-Zahuapan



Fuente: elaboración propia.

Paralelamente, al interior del acuífero se registran extremos en distribución del agua, pues mientras los municipios Apizaco, Chiautempan, Ixtacuixtla, Nativitas, Tepeyanco, Tetla, Tlaxcala, Tlaxco, Papalotla y Yahuquemecan, que representan la quinta parte de los municipios de la zona, tienen en su conjunto 52% del volumen permitido para su extracción en la región, mientras que los municipios Sanctórum de Lázaro Cárdenas, San Damián Texoloc, San Jerónimo Zacualpan, San José Teacalco, San Juan Huactzinco, San Lorenzo Axocomanitla y Santa Ana Nopalucan sólo tienen 1.91 mm^3 de agua concesionados para 12 pozos, de los cuales dos son agrícolas, uno doméstico, dos pecuarios y siete público urbanos.

Otro usuario importante en la microcuenca es sin duda la industria autoabastecida que en la región cuenta con 128 pozos que proporcionan agua a las ramas agroindustria y alimentos (entre ellos Nestlé de México S.A. en el municipio de Tlaxcala con dos pozos y 0.7 Mm^3), bebidas (con empresas como Panamco S.A. de C.V, mejor conocida como Coca-Cola, ubicada en el municipio de Apizaco con tres pozos y 1.6Mm^3) y minerales

no metálicos, papel y celulosa (como Celfimex S.A. de C.V. en Apizaco, con dos pozos y 1.08 Mm^3).

La importancia del agua en las zonas urbanas del Atoyac-Zahuapan, también se refleja en el suministro para servicios, el cual en esta región distribuye agua a 56 instituciones públicas y privadas con pozos propios, tales como el Instituto Mexicano del Seguro Social en los municipios de Apizaco y Tlaxcala, los Institutos Tecnológicos Apizaco Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala ubicados en Tzompantepec e Ixtacuixtla respectivamente, así como diversos baños y hoteles con un total de 1.68 Mm^3. Por último, en el uso pecuario, se encuentran los municipios de Ixtacuixtla y Tlaxco, con 0.24 Mm^3. Esto representa un volumen significativo para el primer municipio, al utilizar 83% del agua concesionada en un sólo pozo, cuya concesión se otorgó en 2003.

5. Los conflictos por agua en la microcuenca Atoyac-Zahuapan

De acuerdo con la información recopilada sobre los conflictos por agua en Tlaxcala, éstos se agrupan en siete de los diez fenómenos identificados por Atayde y Vega, (2006): a) contaminación, b) controversias intercomunitarias basadas en el acceso, c) distribución del agua potable, d) escasez, e) rescate de acuíferos, f) deudas, y g) precios, los cuales en este trabajo se agrupan como uno solo.

Por otra parte, se excluyen como problemas locales las siguientes manifestaciones: a) Rechazo a presas, ya que en la actualidad no existen evidencias de construcción de nuevas presas ni en la región de estudio ni en el estado de Tlaxcala. b) Privatización del agua, puesto que en la entidad y la microcuenca el agua se sigue administrando a través de los municipios y los comités comunitarios de agua y no hay evidencias de que empresas privadas lleguen a tener la concesión del agua. c) Distribución-acceso a riego, esto se debe los conflictos por este concepto no están documentados en la entidad.

Paralelamente, se identificaron tres nuevos indicadores que se denominaron: a) Competencia entre usuarios de riego y usuarios domésticos, b) Deficiencias o ausencia de infraestructura y presupuesto, c) Falta o incumplimiento de un marco legal y normativo a nivel local.

5.1 Contaminación

La presencia de contaminación, —entendida como la adición de cualquier sustancia en cantidad suficiente para que cause efectos dañinos mensurables en flora, fauna y humanos o en los materiales de utilidad u ornamentales—, se manifiesta como la principal causa de conflictos que tiene la población en la región Atoyac-Zahuapan con las autoridades. Esta contaminación se origina en las descargas de origen industrial,

agroindustrial, público urbano y de servicios, que sin previo tratamiento que se vierten a zonas federales como arroyos, barrancas, ríos (SEMARNAT, 2008a y 2008b).

En el caso del río Zahuapan, principal corriente de agua superficial en Tlaxcala y cuya trayectoria atraviesa al estado de norte a sur[7], el problema de la contaminación se manifiesta princpalmente aguas abajo de los corredores industriales Apizaco-Tetla-Xaloztoc, particularmente en las comunidades Santa María Texcalac y Atenco, municipio de Apizaco las cuales se ven afectadas por los vertidos de las empresas al río, los que de acuerdo con lugareños, provocan daños en su la salud y pérdidas en su productividad agropecuaria por mortandad del ganado y bajo rendimiento de cultivos con riego.

Otro grupo de factores que influye en la contaminación del Zahuapan y sus afluentes, son las descargas de origen agroindustrial, destacándose a nivel microcuenca el caso del arroyo Casa Blanca en el municipio de Tlaxco, donde los desechos de queserías se vuelcan a la red municipal cuya planta de tratamiento está fuera de operación, originando molestias a los pobladores aguas abajo en la Colonia Morelos municipio de Apizaco, quienes tampoco tienen manera de tratar dichos residuos y tienen que soportar olores desagradables, fauna nociva y aguas sucias ya que su localidad tampoco cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

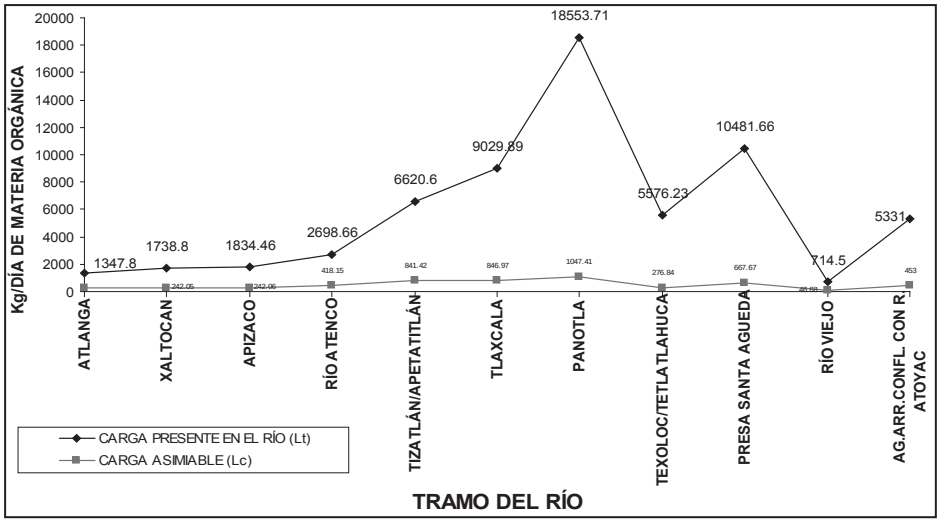
Mención especial merece al interior de la microcuenca, la zona ubicada entre los municipios Tlaxcala, Totolac y Panotla, donde el muestreo y análisis efectuado al agua de 24 pozos de la región, arroja que 15 presentan concentraciones de fierro por arriba del máximo permitido en la NOM-127- SSA1-1994, modificada en 1999 y las descargas orgánicas rebasan los límites de las NOM-032-ECOL/1993 y NOM-CCA-033-ECOL/1993, (Gráfica 1), por lo que se ha prohibido la producción de hortalizas y legumbres en dicha región, afectando directamente a las actividades agrícolas e ingreso de los horticultores de la región (CONAGUA, 2007b).

Paralelamente, los programas municipales de protección al ambiente y Agenda Ambiental del estado de Tlaxcala, elaborados por SEMARNAT (2007b), han identificado como una importante fuente contaminación por generación de residuos peligrosos a talleres mecánicos, lavados de automóviles e industrias textiles, ya que en su mayoría se trata de em-

7 En las márgenes del Zahuapan se localizan 106 localidades urbanas y/o rurales pertenecientes a 21 municipios de la microcuenca con el siguiente recorrido: Tlaxco, Atlangatepec, Muñoz de D.A., S. L. Tecopilco, Xaltocan, Yahuquemecan, Apizaco, Tetla, Tzompantepec, Amaxac de Gro., Apetatitlán de A. Carvajal, Totolac, Tlaxcala, Texoloc, Nativitas, Sta. A. Teacalco, Tetlatlahuca, Zacatelco y Xicohtzingo- con un área de drenaje de 1493.9 km^2 (CGE, 2005; IMTA-SEMARNAT, 2007).

presas que operan sin licencias de funcionamiento y desechan directamente a la red de drenaje municipal mezclas de aceites o tintes sin tratamiento alguno.

Gráfica 1. Tramo de río Zahuapan contaminado con materia orgánica



Fuente: CONAGUA, 2007b.

En este fenómeno SEMARNAT (*idem.*), resalta la contaminación generada en los municipios de Tlaxco, Apizaco, Tlaxcala, Tepeyanco, Huactzinco, Xiloxoxtla, Zacualpan, Tepetitla de Lardizábal y Zacatelco, y la atribuye al alto costo que por deposición de residuos peligrosos las microempresas deben pagar al ayuntamiento, así como a la falta de vigilancia y capacitación sobre el manejo de sus residuos y a la ausencia de un censo municipal de dichos establecimiento que permita a las autoridades identificar puntualmente los focos de contaminación.

Por otra parte, desde la percepción de los usuarios, el origen de la contaminación del río Zahuapan se debe a la ineficiencia e inoperancia de sistemas actuales de tratamiento de aguas residuales administrado por el gobierno, principalmente por la falta de presupuesto destinado a estos sistemas, que se ve reflejado en obras inconclusas, falta de infraestructura de tratamiento en comunidades rurales y la falta de coordinación de esfuerzos municipales- estatales y federales para la mejora de la calidad de agua.

En este sentido, CONAGUA (2008) y SEMARNAT (2008a y b) señalan que la contaminación del agua tiene su origen en la falta de observancia a normas obligatorias NOM-001 y NOM-002, las cuales deben ser aplicadas por los municipios a los propietarios de empresas micro, pequeñas y

grandes, conectadas a la red de drenaje correspondiente, lo cual a su vez se origina por la ausencia de un padrón de usuarios de descargas de agua residuales en los municipios, así como en el otorgamiento de permisos de construcción por debajo del nivel del drenaje municipal.

En relación a la contaminación del agua en el río Atoyac, ésta tiene su máxima expresión en los desechos de la industria textil de la mezclilla asentada en el municipio de Tepetitla de Lardizábal, en las comunidades de Villalta de San Lucas Atoyatenco, San Mateo Ayecac y Tepetitla, así como por las descargas del corredor industrial Quetzalcóatl, ubicado en el colindante municipio de San Martín Texmelucan, Puebla, y en donde estudios de Navarro *et al*. (s/f), han identificado riesgos a la salud pública por la inhalación crónica y exposición a los compuestos tóxicos tales como: cloruro de metileno y cloroformo, siendo los más vulnerables quienes habitan en dichas localidades, así como los trabajadores del campo que emplean esa agua en el riego por inundación de sus terrenos de cultivo. Es importante señalar que ni las autoridades locales ni las federales se han manifestado al respecto, y sólo el Plan Ambiental del hace mención problemas intercomunitarios entre pobladores de Tenayecac del municipio de Lardizábal y San Jorge Tezoquipan, municipio de Panotla por la contaminación que causa la industria textil al río Totolac, afluente del Atoyac.

5.2 Controversias intercomunitarias por acceso al agua

En este rubro, se identificaron problemas intercomunitarios por agua que tienen comunidades de la microcuenca, pero que no están directamente relacionados con aguas superficiales de los principales ríos; tales son los casos de controversias entre la población beneficiada con el agua de la laguna "Ex Hacienda" de la comunidad de Guadalupe, "Zacatepec" y usuarios del jagüey "La Virgen" de Cuamatzingo, ambos localizados en el municipio de Domingo Arenas, así como problemas interestatales entre el municipio de San Pablo del Monte que forma parte de la zona conurbada Tlaxcala-Puebla con el municipio de Puebla. En este caso se trata de deficiencias en la obra hidráulica y civil de ambos municipios, las cuales obstruyen el cauce de la zona federal conocida como Barranca del Conde, ocasionando acumulación de aguas residuales provenientes de descargas domiciliarias y agua de lluvia, así como de residuos sólidos, sin que a la fecha ninguna institución pública o entidad federativa se haga responsable.

5.3 Distribución del agua potable

La deficiente distribución del agua al interior de la zona de estudio, es un problema asociado a su escasez del agua y a la ineficiente infraes-

tructura de distribución, pues si bien 97.3% de la población en el estado de Tlaxcala cuenta con servicio de agua potable al interior de su nivel vivienda (CONAGUA, 2007), es común identificar en zonas periurbanas y rurales el servicio por tandeo[8], lo que si bien tiene como propósito asegurar el suministro de un recurso escaso a toda una comunidad, éste no se otorga con la eficiencia requerida para el abasto doméstico, obligando a los usuarios, sobre todo de zonas rurales, a realizar las actividades de higiene fuera de sus hogares .

De acuerdo con las autoridades locales, los problemas por distribución en el abasto de agua potable y la práctica del tandeo, no se debe a la escasez de agua, sino a la insuficiencia financiera de los Comités de Agua comunitarios o sus similares municipales, lo que ocasionan la falta de pago de la energía eléctrica o del mantenimiento del equipo electromecánico, lo que a su vez origina el azolve de los pozos. Cabe señalar que éste último aspecto y la falta de mantenimiento a las redes de conducción son señalados por los usuarios como el origen de la falta de agua en sus comunidades.

5.4 Escasez

Gorbachov (1989) y Ávila (2007), coinciden al señalar que una gestión del agua poco eficaz y despilfarradora [9] origina escasez.

En el caso de uso público-urbano en la microcuenca Atoyac-Zahuapan, SEMARNAT (2008 a y b) atribuyen las fugas y dilapidaciones de agua la falta de una conciencia ciudadana sobre el costo del suministro del recurso, a la ausencia de mecanismos eficientes para reportes para la atención de fugas y así como a la falta de un plan de sensibilización ciudadana por parte de las autoridades municipales, quienes a su vez se quejan del derroche de agua por parte de la población en actividades cotidianas como son el lavado de autos, cocheras y banquetas.

En el caso del agua para riego, el uso ineficiente de agua que atribuido a la agricultura (CONAGUA, 2005 y 2007; IMTA-SEMARNAT, 2007), se origina en la falta de conocimiento técnicos por parte de los agricultores en términos de los requerimientos hídricos de sus cultivos, sin embargo a diferencia del despilfarro de agua en zonas urbanas donde su desapro-

8 Se entiende por tandeo el suministro discontinuo de agua para uso público-urbano que los administradores de agua realizan, distribuyendo el suministro por horas o días de la semana a colonias o calles de su localidad.

9 Ávila (2007), señala que el despilfarro de agua se manifiesta en fugas y dilapidación del recurso.

vechamiento termina en el drenaje; el agua para la agricultura que no es utilizada por los cultivos, favorece la recarga del acuífero.

5.5 Rescate de acuíferos

Hernández (2005), señala que a pesar de que el Atoyac-Zahuapan tiene dos decretos de veda desde 1957 y 1969, existen evidencias de que la explotación intensiva del agua subterránea en dicho acuífero inicio en 1936 y tuvo su etapa más importante entre 1968 y 1979, cuando se establece el decreto de veda tipo III o rígida para las zonas denominadas "Meridional de Puebla", y "Ampliación Meridional de Puebla", respectivamente (Mapa 3).

Paralelamente, exite una zona de libre alumbramiento G4 en lo que corresponde a la región norte-centrosur, lo que, de acuerdo con IMTA-SEMARNAT (2007), hace que la oferta institucional emitida por la federación, presente un acceso inequitativo del agua entre pobladores de la microcuenca, pues mientras la zona centro-sur no tiene posibilidades de acceder a nuevos derechos de agua, el usuario que se encuentre en la región G4 tiene todas las posibilidades de acceder a la cantidad de agua que solicite sin restricción alguna, lo que limita una política de Estado a favor de la recarga del acuífero y puede ser causa de conflictos por acceso al agua.

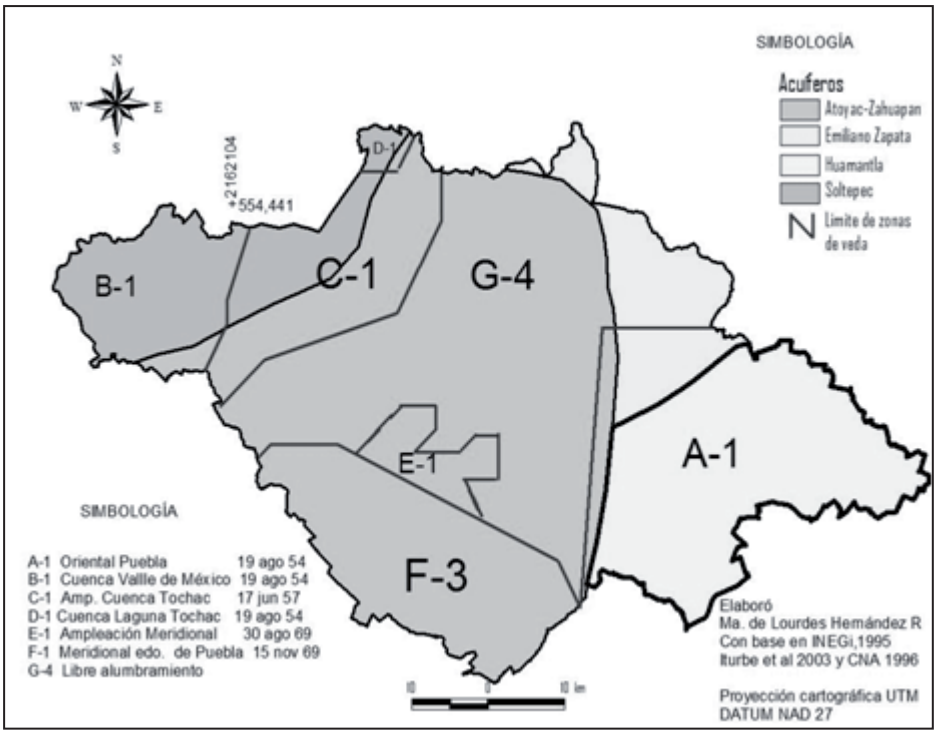
En este sentido, es importante mecionar que durante las actividaes del Sondeo Participativo en el que se trató de rescatar la percepción de los usuarios sobre su interés y percepcón en el tema de recarga de acuíferos, sólo en el municipio de San Lucas Tecopilco y el ayuntamiento del Tlaxcala manifestaron su preocupación por el tema, considerándolo como un problema a atender ya que puede ser fuente de conflictos por agua. En los primeros casos se recomendó a autoridades y empresas realizar actividades de conservación de agua, tales como la realización de prácticas dejadas al olvido como la construcción de jagüeyes o depósitos de agua formados a partir de bordos de tierra, presas de gavión hechas a base de piedra acomodada y cubierta con malla ciclónica y pozos de absorción; estos últimos son hoyos que siguen las curvas de nivel para captar el agua *in situ* y facilitar la recarga del acuífero.

5.6 Deudas y precios del agua

De acuerdo con los ayuntamientos y la población de la microcuenca, existe desorganización administrativa en el establecimiento, cobro y pago de tarifas por el servicio de agua potable, ya que sólo los Organismos Operadores de Apizaco, Huamantla, Tlaxcala y Zacatelco cuentan con un sistema tarifario; en los demás casos no existen estudios técnicos que los avalen, por lo que las tarifas se sujetan a acuerdos de cabildo, y

finalmente son insuficientes para el mantenimiento y gastos que representa el suministro.

Mapa 3. Identificación de Zonas de Veda



Fuente: elaboración propia.

Paralelamente se encontró que aunque Apizaco, Tlaxcala y Zacatelco tienen diferenciados a sus usuarios de agua doméstica, comercial, industrial y de servicios, ya sea mediante cuotas fijas, básicas o por m^3 adicional consumido, en el resto de los municipios impera el criterio de asignación de cuotas únicas para uso doméstico y pequeños cobros adicionales al comercio local (tendejones, queserías, tortillerías, etcétera), escuelas, oficinas de gobierno, hoteles, gasolineras y lavados de autos; los tres últimos pueden tener una tarifa doble o hasta diez veces mayor a la cuota base que pagan los usuarios domésticos, quienes a su vez pueden tener un subsidio del 50% (ancianos o madres solteras). También existe una tendencia en localidades pequeñas a exentar del pago a los miembros de los comités locales de agua potable (CESET y El Colegio de Tlaxcala, 2007).

Por otra parte, estimaciones de los municipios y CONAGUA señalan que la morosidad de los usuarios oscila entre 40 y 60%, lo que afecta principalmente al pago de energía eléctrica de los pozos y al mantenimiento de las redes de distribución, lo que ha orillado a los prestadores de servicio a establecer medidas que van desde el establecimiento de sanciones hasta el corte del suministro. Cabe señalar que esta última medida se ha tornado ineficiente, pues mientras en municipios como Tlaxcala sólo afecta al usuario que adeuda el servicio, en otros casos se suspende el servicio de agua potable en calles y colonias completas, ocasionando serios conflictos por desabasto que incluso afectan a usuarios que cubren sus cuotas, pero por habitar una vivienda cercana a un remiso se ve afectado en el suministro de agua

5.7 Competencia entre uso para riego agrícola y doméstico

La competencia por agua entre usuarios agrícolas y domésticos, al interior de la zona de estudio, está relacionada con la escasez y el acceso que se tiene a ella. Es común que los administradores o usuarios de pozos para riego vendan el agua a comerciantes del agua, mejor conocidos como "piperos", quienes pagan a los agricultores el recurso a precios muy bajos y lo revenden en zonas con desabasto ya sean rurales o urbanas con un valor que oscila entre los 500 y 700 pesos la pipa de 10 mil litros de agua.

Algunos agricultores en los municipios de San Lucas Tecopilco, Xaloztoc y Tlaxcala, se quejan del robo de agua para riego por personas ajenas a su comunidad, compañías inmobiliarias o bien por la venta que hacen administradores de pozos agrícolas, lo que ha ocasionado problemas internos en las zonas rurales, sin que éstos se tornen en conflictos mayores, y aunque esta práctica se está volviendo cada vez más frecuente convirtiéndose en casos de mercados de agua, quienes se sienten afectados se dicen también ajenos a la posibilidad de regular este comercio de agua o incidir en políticas de distribución.

5.8 Infraestructura y presupuesto

Altamente relacionado con la contaminación y la escasez del agua para uso público urbano, están la falta de infraestructura y/o la infraestructura sin funcionamiento que incluyen sistemas de tratamiento adecuados para sanear las aguas residuales o bien las líneas de conducción o el equipo electromecánico con capacidad suficiente; esto hechos se asocian a la apreciación de los municipios de una asignación presupuestal insuficiente para atender las necesidades de mantenimiento de los sistemas agua potable.

En general, son los habitantes de comunidades rurales quienes se quejan de la falta de infraestructura sanitaria e hidráulica para el óptimo manejo del agua en Tlaxcala. La falta de redes de drenaje o su deficiente mantenimiento, el uso de canales pluviales y de riego como mecanismo de desalojo de aguas residuales, el robo de equipamiento electromecánico y de distribución de agua en zonas de riego, son causa de las inconformidades entre la población, quienes manifiestan su malestar ya sea ante las autoridades municipales cuando se trata de agua doméstica como ante las autoridades ejidales o judiciales si se trata del robo a equipos de riego, sin que esto tenga la solución necesaria. Cabe señalar que en el caso del robo de infraestructura electromecánica en los pozos de riego, se presentan dos situaciones: que sean los propios usuarios quienes paguen las reparaciones sin que la autoridad atienda sus peticiones o bien, que se deje en desuso el sistema de riego por falta de recursos para su arreglo.

Otro aspecto de conflictos relacionados con los organismos operadores de agua y/o los comités comunitarios de agua, es que cada cambio de administración los nuevos responsables del suministro se quejan de la falta de planos sobre las redes de distribución lo que dificulta y encarece la labor de mantenimiento. Aunado a lo anterior, el desconocimiento de sus funciones y la falta de capacitación y presupuesto, se ve afectada por la morosidad de la población estimándose que ésta llega a ser del 60% del padrón de usuarios en las cabeceras municipales de los 50 municipios que conforman la microcuenca Atoyac-Zahuapan.

A lo largo de la zona de estudio, es común observar fosas sépticas, lagunas de oxidación, plantas de tratamiento y redes de drenaje fuera de funcionamiento, ya sea por falta de mantenimiento o porque en número de habitantes que atienden exceden a la a cantidad de población que las capacidades técnicas de la infraestructura puede atender. SEMARNAT (2008b), señala que en comunidades menores a los 2500 habitantes, definidas ya por INEGI como localidades rurales, existe menos apoyo gubernamental, a grado tal que la contaminación por falta de infraestructura para tratar las aguas residuales, se vive en actividades tan cotidianas como el hecho de cruzar las calles de la comunidad, en donde no hay drenaje ni alcantarillado.

5.9 Marco legal-normativo

De acuerdo con SEMARNAT(2008a y b), el factor principal que ocasiona todos los problemas de agua arriba citados, es la falta de normatividad en los diferentes municipios del estado de Tlaxcala, lo que aunado a la falta de capacitación de los regidores en materia ambiental, así como de reglamentos internos que especifiquen multas y sanciones por el incumplimiento de normas ecológicas y la ausencia de planes de ordenamiento

territorial, sólo son una muestra del desinterés local por la gestión del agua, por lo que es necesario que el municipio fije una estrategia que responda a las múltiples funciones y demandas que ello implica.

Conclusiones

Después de presentar los motivos que originan los conflictos por agua en Tlaxcala, las conclusiones se congregan en dos grupos: el primero resume las actividades que fortalecen y debilitan los actores involucrados, y el segundo, de aquéllos que se refieren a las amenazas y oportunidades que enfrentan.

En relación a las fortalezas de los actores, se observa que los mecanismos de negociación y establecimiento de acuerdos atienden a las capacidades de gestión que cada uno de ellos práctica de manera local y por grupos de usuarios, siendo los más eficientes aquéllos que se relacionan con: a) controversias intercomunitarios basadas en el acceso b) distribución del agua potable, c) escasez y d) competencia entre usuarios de riego y usuarios domésticos; esto se atribuye a que las desavenencias son más bien de carácter vecinal y su solución coincide con lo que Cariño (2007) señala como la construcción de acuerdos entre iguales, que tiende a la estabilización del orden social.

Las debilidades por su parte se concentran en los conflictos por: a) contaminación, b) deudas y c) precios-tarifas de agua; en el primer caso porque no se respeta la reglamentación nacional en materia de tratamiento de aguas residuales y en los dos últimos casos por la disparidad de precios y tarifas que se tiene al interior de la entidad y que refuerza la falta de experiencia y capacitación de los organismos operadores y municipios.

En cuanto a las amenazas que enfrentan los actores, está clara la pérdida de la participación del Estado Mexicano en términos de vigilancia y aplicación de la normatividad por él mismo fijada, y que se evidencia en los vacíos operativos de las actividades que realizan o deben realizar las instituciones federales y el municipio.

Por último, se infiere que el papel que desempeña la autoridad local en la identificación, mediación y atención a los conflictos por agua son fundamentales para su solución y que las gestión adecuadas del agua se circunscriben a la posibilidad que tiene el Gobierno y particularmente los municipios, en tener como obligatoria la capacitación a los gestores de agua llámense integrantes de los organismos operadores o comités locales de agua potable, síndicos responsables del sector ambiental, encargados de la regulación sanitaria; pero también a agricultores, amas de casa y cualquier ciudadano cuya actividad productiva o de servicio se relacione con el uso, manejo y aprovechamiento del agua con el fin de

intervenir eficientemente en la anhelada tarea de la gestión integrada del recurso hídrico.

Bibliografía

Alvarado M., Tomás (2001). "Metodología para elaborar un plan estratégico y diseño organizacional de una unidad de producción agropecuaria", en *Revista mexicana de agro negocios*, julio-diciembre, vol. 9, Torreón, Coahuila, México.

Antón, Danilo (2003). "Saciando la sed planetaria: Los problema del agua de fin del milenio", en Ávila, P. (edit.), *Agua, medioambiente y desarrollo en el siglo XXI,* El Colegio de Michoacán, Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente, IMTA, Zamora, Michoacán, México.

Aaron T., Wolf; Kramer, Annika; Caruis, Alexander y Geoffrey D., Dabel'co (2005). *Gestionando conflictos por el agua y cooperación*. Centro de Investigación para la Paz, CIP ecosocial, Madrid, España, pp. 155-178.

Atayde, Karina y Thaís, Vega (2006). "Conflictos y resistencias por el agua en México", en Barreda, M. Andrés (coord.), *En defensa del agua,* 2da edición, Edita Sindicato Mexicano de Electricistas, CASIFOP y ed.ITACA, México, D.F.

Ávila G., Patricia (2007). "Prevén conflictos por agua", en *Revista teorema ambiental*, julio, México, D.F.

Carabias, Julia; Landa, Rosalva; Collado, Jaime y Polioptro, Martínez (2005). *Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*, UNAM, El Colegio de México, A.C., Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP, México, D.F.

Cariño C., Susana (2007). *Derechos y servicios de agua: La gestión de manantiales en una región totonaca de la sierra norte del estado de Puebla,* reporte semestral de investigación para tesis de maestría en Desarrollo Regional, El Colegio de Tlaxcala, A.C. San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala, México, Inédito.

CESET y El Colegio de Tlaxcala, A.C. (2007). *Diagnóstico situacional del estado de Tlaxcala*, Consejo Económico y Social del Estado de Tlaxcala-El Colegio de Tlaxcala, A.C., San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala, México, Inédito.

_____(2008). *Plan Estratégico por regiones. Consejo Económico y Social del Estado de Tlaxcala*, El Colegio de Tlaxcala, A.C., San Pablo Apetatitlán, Tlaxcala, México, Inédito.

CCE (2005). *Ruta del Zahuapan*, Coordinación General de Ecología del gobierno del estado de Tlaxcala, Documento de circulación interna.

CONAGUA (2005). *Estadísticas del agua en México. Síntesis,* VI Foro mundial del Agua, SEMARNAT, Comisión Nacional del Agua, México, D.F.

_____(2007). Situación del agua en Tlaxcala, Subdirector Técnico, CONAGUA ppt, Inédito.

_____(2008).*NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-002-SEMARNAT-1996*. Presentación en ppt, Tlaxcala, Tlax.

Darío C., Hernán e Iokine Rodríguez (2005). *Encrucijadas ambientales de América Latina. Entre el manejo y la transformación de conflictos por recursos naturales*, Universidad de la Paz, La Paz Bolivia, http://www.upeace.org/cyc/libro/index.htm

Diario Oficial de la Federación (2008). "Ley de Aguas Nacionales", última reforma 18 de marzo.

Galicia, Enrique (2007). "Nula cultura para el uso eficiente del agua en Tlaxcala", en *El Sol de Tlaxcala*, 8 de octubre.

Gorbachov, Mijaíl (1989). *Discurso de la presentación del libro "Agua para la paz"*, Foro de tribuna del agua, Palacio de Congresos, Huesca, España, 9 septiembre.

Güitrón de los R. Alberto; Vargas V., Sergio y Cipriana Hernández A. (2009). *Manual para la construcción de consensos en la gestión del agua en cuencas hidrológicas,* IMTA, Coordinación de hidrología, Subordinación de Gestión Integrada del Agua, Jiutepec, Morelos, México.

Hernández R. Ma. de Lourdes (2005). *Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala: Un análisis desde una perspectiva social*, Tesis de Doctorado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados campus Puebla, Puebla, México

IMTA-SEMARNAT (2007). I*nforme final. Manejo Integrado de las aguas subterráneas en los Acuíferos Puebla- Alto Atoyac*, Estados de Puebla y Tlaxcala, Borrador.

Mathus E., Miguel (2004). "El derecho de aguas. Conceptos, contenido y funciones", en *Derecho de aguas,* tomo II, Universidad del Externado, Bogotá, Colombia.

Navarro G., Inés; Flores V., Erasmo y Rita Villadares (s/f). *Evaluación ambiental y epidemiológica para identificar factores de riesgo a la salud por contaminación del río Atoyac, México*, http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/navarro.pdf, consultado el 30 de julio de 2010.

REPDA-CONAGUA (2007). *Universo de usuarios de agua en el estado de Tlaxcala*, REPDA-CONAGUA, http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Directorio/Default.aspx

Sainz S., Jaime y Mariana Becerra P. (s/f). *Los conflictos por agua en México: avances de investigación,* disponible en http://www.imacmexico.org/ev_es.php

_____(2003). *Los conflictos por agua en México*, http://www.ine.gob.mx/dgipea/descargas/conf_agua_mex.pdf

SEMARNAT (2008a). *Agenda ambiental del estado de Tlaxcala*, SEMARNAT, Gobierno del Estado de Tlaxcala, CONAGUA, CONAFOR, PROFEPA, Tlaxcala, México.

_____(2008b). *Programas Municipales de Protección al Ambiente*, SEMARNAT, Delegación Tlaxcala, Tlaxcala, México.

Velazco P., Román (2008). *Los elementos básicos de la negociación*.

La cuenca del río Zahuapan: una región de riesgo

Guillermo Aragón Loranca[1]

Introducción

La creciente contaminación de las aguas del río Zahuapan, a pesar de que existe una normatividad específica e instituciones encargadas de aplicarla, lo que debería impedir tal contaminación, se ha convertido un tema de interés en la opinión pública a raíz de varios sucesos que muestran a la Cuenca como una región de riesgo que afecta ya la disponibilidad del agua potable.

El riesgo al que se hace referencia quedó manifiesto en los diversos incidentes ambientales de 2005; especialmente el más grave, que se presentó a mediados del mes de julio de 2005 cuando murieron miles de peces cultivados en la Presa Las Cunetas por ejidatarios de Santa María Texcalac, municipio de Apizaco, por aguas servidas de las empresas establecidas en Ciudad Industrial Xicohténcatl – I, mismo que por su trascendencia es analizado como un ejemplo de la conformación de un escenario de riesgo.

1. Antecedentes

1.1 La región "Cuenca del río Zahuapan"

Para Pierre Dumolard (2002: 453), la región es: "un conjunto espacial estructurado y dotado de cohesión, desde el momento en que el fenómeno considerado, es suficientemente potente para fundamentar la estructura"; contiene un espacio físico, sobre el que se acopla un espacio social en donde se pueden producir toda una serie de procesos, de tal suerte que, en función del tipo de fenómeno que se pretenda estudiar, se puede construir la región. Este modelo concilia la concepción tradicional de definir la región por sus características diferenciales con su entorno, y la moderna que afirma que los espacios y el tiempo han sido

1 Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Tlaxcala y El Colegio de Tlaxcala, A.C. Correo electrónico: aragonjgb@yahoo.com.mx

alterados por los procesos y los efectos de la globalización; así, al construir la región, intervienen elementos que pueden considerarse comunes y compartidos con otros espacios (características biofísicas, clima, flora, fauna), pero que, al combinarse con otros que les sean propios (cultura, características históricas, formas de producción), van a dar origen a una combinación original que puede dar resultados diferentes a los que se producirían en otro espacio similar.

La delimitación de un espacio físico, sigue siendo la base de toda regionalización y punto de partida, al constatar en él una situación real, en este caso, la contaminación de la presa Las Cunetas, cuyas aguas se vierten al Zahuapan a través del río Apizaco, que da pie a investigar las causas y consecuencias de los riesgos regionales que los incidentes ambientales muestran. Este espacio es el territorio delimitado por la Cuenca hidrológica[2] del río Zahuapan[3], el lugar en el que se hacen patentes y observables los efectos y las consecuencias de la contaminación del agua del río, el espacio físico dónde surge la contingencia ambiental.

El río Zahuapan se origina en el norte del estado de Tlaxcala, de los escurrimientos de la sierra de Tlaxco, entre los cerros de Huintetépetl (19° 59' Lat. Nte. y 98° 07' Long. Oeste), Huilacapitzu (19° 38' Lat. Nte. y 98° 03' Long. Oeste) y Acozonquio, a 3900 m.s.n.m., llegando hasta la Presa de Atlangatepec de donde fluyen hacia el sur, recorriendo la parte central del estado. A su paso por diferentes municipios, recibe los aportes de otros ríos: al cruzar Tlaxco, Atlangatepec, Tecopilco, Muñoz, Xaltocan, Yauhquemecan y Apizaco, recibe agua de los ríos Teopa, los Álamos, la Herradura, Payuca, Arroyo Hondo, Teteles, Atlangatepec, Xalostoc, Atenco, Texcalac y Apizaco.

Posteriormente pasa por Santa Cruz, Amaxac, Apetatitlán, Tlaxcala, Totolac, Panotla, recibiendo aportes del río de los Negros, río de Briones, arroyos de Ixtulco, la Defensa, Texopa, Huehuetitla, Xaltocan y Totolac. Pasa después por los Municipios de Texoloc, Nopalucan y Nativitas, recibiendo en su trayecto las aguas de los ríos Rojano, Tenexyecac, Te-

2 La cuenca hidrológica es un área natural donde el agua de lluvia es captada y desalojada o depositada en un almacenamiento natural, por un sistema de drenaje definido por medio de líneas divisorias llamadas parteaguas.

3 La cuenca del Zahuapan forma parte de una región más amplia: la Cuenca del río Balsas (situada en la porción centro-sur del país, entre los paralelos 17^0 00' y 20^0 00' de latitud norte, y los meridianos 97^0 30' y 103^0 15' de longitud oeste) que es la más importante del país, ya que contiene una extensión de 112, 320 km^2, un promedio anual de escurrimientos de 13 862 000 000 de m^3 y comprende porciones de los estados de de Tlaxcala, Puebla, Morelos, Oaxaca, México, Guerrero, Michoacán y Jalisco (Comisión del río Balsas, 1963: 3). Esta gran cuenca, de acuerdo a la altitud de los escurrimientos, se divide en tres grandes regiones (el alto, el medio y el bajo Balsas) y la cuenca del Zahuapan se encuentra ubicada en la cuenca alta del río Balsas.

mezontla y Tezoquipan. Sigue su curso por el municipio de Tetlatlahuca, cambiando en dirección sudeste, hacia el municipio de Zacatelco en donde recibe las aguas de numerosos arroyos que bajan de Tepeyanco y Teolocholco, entre ellos, Tenexac y Huehuexotla, hasta llegar al municipio de Papalotla en donde se une al Río Atoyac que nace en la sierra de San Martín Texmelucan, saliendo con este nombre hacia la ciudad de Puebla. Por su recorrido dentro del estado quedan involucrados directamente 18 municipios a los que atraviesa, sin embargo, por sus afluentes y escurrimientos está ligado a muchos más, involucrando prácticamente a 44 de los 60 que conforman la entidad.

Dentro de la ubicación físico-espacial, es importante señalar la microrregión de la presa Las Cunetas que se ubica administrativamente dentro del territorio del municipio de Tetla, pero que es aprovechada por los habitantes de la población de Texcalac que pertenece al Municipio de Apizaco y forma una microcuenca que contribuye con sus aguas (río Texcalac) a la formación del río Apizaco, que con ese nombre se incorpora al Zahuapan en los límites con Yauhquemecan.

La siguiente capa de la región está conformada por el elemento demográfico: históricamente la existencia de ríos abundantes ha permitido el desarrollo de pueblos y culturas; tal es el caso del Zahuapan: desde los tiempos en que se detecta la presencia de grupos humanos sedentarizados, 4000 años antes de Cristo (Reyes, 1993: 14-22), resulta notorio que éstos se asentaron predominantemente en amplias zonas del río, al sur, por las grandes cantidades de recursos naturales que ahí abundaban, de tal forma que, al paso del tiempo y con las sucesivas migraciones, se fueron definiendo asentamientos humanos permanentes[4] con niveles culturales muy desarrollados.

De entonces a la fecha, la situación no ha variado; por el contrario, la concentración de la población en la Cuenca se ha incrementado, tal como se puede ver en el último conteo de población de 2005 (INEGI, 2006): los municipios que se encuentran en contacto directo con el río, concentran alrededor del 43% de la población total del estado. Actualmente en los márgenes del Zahuapan, en un radio de 1500 m. se asientan alrededor

4 Merino Carreón y García Cook (1998: 96-97), basándose en evidencias arqueológicas, detectaron, en la región centro-sur de lo que hoy conforma el estado de Tlaxcala (prácticamente la región ocupada por la cuenca del Zahuapan), alrededor de 20 señoríos o poblaciones principales que controlaban cerca de 200 poblaciones menores, al momento de la invasión hispana. La mayoría de esos 20 centros de población, se encuentran dentro de la cuenca del Zahuapan y perduran hasta nuestros días: Tlaxco, Atlangatepec, Hueyotlipan, Xaltocan, Yauhquemecan, Tlatlauhquitepec, Atlihuetzia, Texcalac, Tlacuilocan, Ocotelulco, Tepeticpac, Tizatlán, Quiahuixtlán, Tepeyanco, Chiauhtempan, Comalteopan (hoy Tlaltelulco), Xipetzinco y Zacualpan.

de 440 localidades cuyos habitantes son los directamente afectados por la calidad de sus aguas.

En cuanto a los procesos económicos, la disponibilidad del agua en la Cuenca del Zahuapan, no sólo atrajo a los primeros pobladores de la región que se sustentaron en la agricultura, sino que una vez consolidada la invasión española y reestructurada la agricultura de las antiguas comunidades, se agregaron la ganadería intensiva y la implementación de los primeros obrajes textiles. Rendón (1996:47), dice que para mediados del siglo XVIII había ya unas 217 fincas rurales que ocupaban aproximadamente la mitad de la superficie total de Tlaxcala, marcando el inicio de las grandes haciendas cerealeras, ganaderas y pulqueras que serían el motor económico de la región durante los siglos XVIII y XIX, generando un proceso de concentración económica que dejaba fuera a un gran número de *macehuales* sin tierra.

Durante este largo periodo coexistieron las actividades agrícolas, ganaderas y de producción de pulque de las grandes haciendas, al lado de la industria textil, y al lado de una agricultura de autoconsumo para la gran masa de campesinos/obreros que se caracterizan por su arraigo a la tierra, por pequeña e improductiva que ésta fuera. Sin embargo como acertadamente lo señala Joy Heath (1982: 7), por razones históricas (la fundación de Puebla como enclave totalmente español y su posterior desarrollo y primacía), la economía de Tlaxcala, siempre estuvo subordinada a los intereses de la élite económica poblano-española, de modo que esta industria textil fundada con capitales poblanos, siempre fue subsidiaria de la industria de esa entidad y no apoyó la formación de capitales ni de mercados propios, lo cual afectó los procesos de desarrollo de Tlaxcala.

En el periodo posrevolucionario, las demandas eran la recuperación de las tierras comunales arrebatadas por las grandes haciendas, y el acceso a la tierra por parte de los campesinos que no la tenían. En pleno proceso revolucionario, los hermanos Arenas (Domingo y Cirilo) en la parte suroeste del estado, en la zona en donde confluyen las cuencas del Zahuapan y del Atoyac, comenzaron por su propia cuenta el reparto agrario. La conformación de los ejidos cardenistas resultó insuficiente, y desde los gobiernos de los años 30 del siglo pasado, se vislumbraba la necesidad de impulsar la industrialización en el estado como una alternativa para contrarrestar el declive de las actividades agropecuarias provocado por la reducción territorial de numerosas haciendas por el reparto agrario.

La crisis del pulque de los años 60 incrementó la urgencia de buscar nuevas alternativas de desarrollo económico. Se promulgaron leyes de promoción industrial que ofrecían terrenos, agua, electricidad, vías de comunicación y exención de impuestos, para atraer a las industrias, pero nada se concretó. La crisis del sector agropecuario alcanzó su punto más álgido a mediados de los años 70 con numerosas invasiones de “latifun-

dios disfrazados" y movilizaciones campesinas hacia la capital del país. Ante esta situación, se puso en marcha el "Plan Tlaxcala". Por todos los medios se buscó atraer empresas a la entidad y se empezaron a construir Ciudades, Parques y Corredores Industriales, a lo largo y ancho de la cuenca del Zahuapan, como medidas para contener las crecientes movilizaciones campesinas, no como una estrategia propia de desarrollo.

De los asentamientos industriales, interesa destacar dos: el Corredor Industrial Xalostoc y Ciudad Industrial Xicohténcatl I. El primero se creó a mediados de los años 60 en zona centro-oriente del estado, sobre el eje de la carretera México-Veracruz, en el tramo Apizaco-Huamantla, en donde se establecieron, en la década siguiente, industrias químicas, de alimentos balanceados para ganado y de forja de metales, cuyas aguas servidas, a través del río Xalostoc se unen al río Texcalac y luego al río Apizaco que se incorpora al Zahuapan. En el conflicto de la contaminación del agua de la presa Las Cunetas, los habitantes de Texcalac señalarán que también pasan por su localidad las aguas contaminadas de las empresas de Xalostoc.

Por otra parte, Ciudad Industrial Xicohténcatl I, se creó a finales de los años 70, como pieza fundamental del Plan Tlaxcala que pretendió la modernización y la diversificación industrial, ofreciendo a las empresas un amplio espacio en la parte centro-norte del estado, dotada con recursos (principalmente agua) e infraestructura, con la idea de ubicar ahí industrias que podrían resultar contaminantes, tal como lo planteaba el Plan Estatal de Desarrollo 1979 (Ramos, 1998:167). De este modo se fueron concentrando ahí sobretodo industrias químicas y papeleras que hacen uso intensivo del agua y que descargan sus aguas servidas (teóricamente tratadas en plantas propias o en una planta a cargo de la Coordinación General de Ecología) a un afluente (río Capula) que alimenta, por razones no muy claras, la misma presa de Las Cunetas.

Por lo que se refiere a las relaciones que tienen los procesos internos con factores del exterior, y el impacto del proceso de globalización, se puede decir que industrializar tardíamente a Tlaxcala, en un momento en el que a nivel mundial y nacional se venía dando un proceso de concentración industrial en grandes empresas transnacionales, provocó que en Tlaxcala se ofrecieran todas las facilidades (agua, energía eléctrica, vías de comunicación, infraestructura, exención de impuestos, mano de obra barata) para atraer a todo tipo de empresas, sin ningún otro criterio que el número de empleos que prometían generar: desde maquiladoras de ropa hasta empresas químicas que manejan sustancias peligrosas[5].

5 Como Dow Química, acusada en varios países subdesarrollados de causar grandes daños ambientales (por ejemplo, la catástrofe de Bohpal, India en 1988, en donde murieron

En el contexto de la globalización y del endurecimiento de la legislación internacional en torno a la protección del medio ambiente contra las industrias contaminantes, Tlaxcala, y en especial la Cuenca del Zahuapan, se convirtieron en espacios receptores de "industrias sucias" que ya no podían operar en sus países de origen debido a la rigidez de la normatividad ambiental. Un ejemplo de esta transferencia de riesgos se dio en el 2003 cuando se pretendió establecer una empresa suiza incineradora de residuos peligrosos en el municipio de El Carmen Tequexquitla (Gómez, 2004), presentando el proyecto como una gran oportunidad de desarrollo en uno de los municipios más marginados del estado.

Hay que subrayar que prácticamente todos los corredores industriales están ligados a la cuenca del río Zahuapan influyendo de manera directa en la contaminación del agua y el deterioro ambiental de la región. En especial, el corredor industrial de Xalostoc y Ciudad Industrial Xicohténcatl I, están directamente relacionados con el caso de contaminación de la presa Las Cunetas. De acuerdo al directorio de la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado (SEDECO, 2006: 1-9), en el corredor industrial de Xalostoc, hasta septiembre de 2003, se ubican 8 empresas dedicadas a la elaboración de productos químicos (como herbicidas), plásticos, tintas para imprenta y piezas metálicas, que dan empleo a un total de 1749 personas, y entre las que se encuentra Polaquimia de Tlaxcala, S.A. de C.V., fabricante de herbicidas tensoactivos, secuestrantes y fungicidas y en cuyas instalaciones se produjo una explosión el 25 de julio de 2005 que provocó un muerto y varios heridos[6]. Mientras que en Cd. Industrial Xicohténcatl I, el mismo directorio reporta la existencia de 25 empresas que ocupan 2473 personas y producen cables, papel, herbicidas, insecticidas, agroquímicos, fibras abrasivas, plásticos, acumuladores, piezas metálicas, agroenzimas, cerámica, fibras de vidrio, entre otros. Destaca ahí la presencia de Dow Agrosciences de México, S.A. de C.V. que produce herbicidas, insecticidas y agroquímicos y Dow Química Mexicana que produce poliuretano, ya que en sus instalaciones se pro-

más de 5000 personas por una fuga de gas tóxico, cuando la empresa se llamaba Union Carbide).

6 *La Jornada de Oriente* (JO) 26/07/05, reportó también que la explosión se registró en una torre de almacenamiento de ácido sulfúrico. Los familiares del empleado fallecido denunciaron que la empresa no permitió el acceso de las ambulancias y los paramédicos, por lo que eso influyó para que perdiera la vida Vicente Sánchez Fragoso. El Director del Instituto Estatal de Protección Civil (IEPC) dijo que la negativa de la empresa fue por seguridad y se respetó esa decisión. El diario reportó que la empresa produce y exporta productos químicos y biológicos como herbicidas, esteres fosfatados, copolímeros, emulsificantes y ácido monocloroacético.

dujo un grave incendio el 17 de marzo de 2005[7]. Como se puede ver, en ambas zonas predomina el uso de sustancias potencialmente peligrosas, cuyo mal manejo y tratamiento constituyen un riesgo.

Refuerza esta apreciación el informe de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que en su *Programa Hidráulico Estatal 2001-2020* (1999:38) sostiene que:

> "Las ramas que mayor aportación tiene el PIB manufacturero son: la de sustancias químicas y derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico (24.53%; alimentos, bebidas y tabaco (22.83%); textiles, prendas de vestir e industria del cuero (18.47%); productos metálicos, maquinaria y equipo (14.68%) y la rama de productos minerales no metálicos (10.90%) que en su conjunto, tienen una aportación de 91,41% del sector manufacturero estatal en 1996. Estas ramas, a excepción de productos metálicos, maquinaria y equipo, en su conjunto, tienen concesionado el 72.08% del volumen de agua de la industria. Cabe aclarar que aunque la participación en el PIB manufacturero de la rama del papel, productos de papel, imprentas y editoriales es menor al 3%, sus consumos de agua para los procesos de producción son muy importantes ya que es la segunda rama manufacturera más demandante del vital líquido".

1.2 Percepción del deterioro ambiental

Desde el punto de vista institucional, los diagnósticos sobre la degradación del medio ambiente en la entidad, mantienen una postura "minimizadora" con datos muy vagos. Esto se puede constatar en el *Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005* (1999: 48)[8], en las disposiciones relativas al medio ambiente, capítulo 3, inciso 8, que contiene un diagnóstico de la situación de deterioro ambiental en el estado y es la parte medular en la que se tratan de definir los problemas ambientales y sus causas, así como los objetivos, estrategias, políticas y líneas de acción. De los nueve párrafos citados, dos hacen referencia al problema del agua (párrafos 2 y 3), y se

7 *El Sol de Tlaxcala* (ST) 18/03/05. Nótese que tanto Dow Agrosciences de México, como Dow Química Mexicana, están ubicadas en el mismo lugar y nunca quedó claro en cuál de las dos ocurrió realmente el incendio puesto que físicamente son las mismas instalaciones.

8 Diagnósticos similares se pueden encontrar en *El Plan Estatal de Ordenamiento Territorial (PEOT), el Plan de Ordenamiento Ecológico del Estado (POE) y el Plan de Desarrollo Estatal 2006- 2011 (PDE)*, aunque este último no contiene un diagnóstico, pero sí una serie de propuestas muy generales que hacen presuponer que se tomaron como base los diagnósticos contenidos en los mismos documentos anteriores.

puede percibir que los problemas de deterioro ambiental se consideran reales y de interés público. Pero existe una contradicción: mientras que por un lado se dice que hay deterioro ambiental, por el otro se minimiza en el enunciado 8, cuando se habla en general de la contaminación, ya que sólo se dice que "puede generar riesgos a la salud pública", cuando ya se tienen estudios que apuntan hacia la incidencia de algunas enfermedades, como los casos de leucemia en algunas poblaciones de Tlaxcala aledañas al río Atoyac, a causa de colorantes empleados en el lavado de la mezclilla en industria maquiladoras (Morales, 2004). Llama la atención en el documento la enunciación de las causas del deterioro ambiental: "excesivo crecimiento de la población y de los centros urbanos; costo normal por la creciente industrialización; crecimiento del parque vehicular; falta de programas municipales; falta de una cultura ecológica en la población; y manejo inadecuado de una agricultura a base de químicos". La conclusión lógica derivada de esta enumeración de causas, es que el deterioro ambiental es una consecuencia natural del desarrollo.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), como autoridad federal responsable del cuidado y la gestión de este recurso de la Nación, en el *Programa Hidráulico Estatal 1999-2020* (1999), explica cómo construye el Índice de Calidad del Agua (ICA) y reconoce que, de acuerdo a esos parámetros existe contaminación en el río Zahuapan:

> "En Tlaxcala, para conocer el ICA (índice de Calidad del agua) en los puntos de la red, se analizan 48 parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua; los más representativos son: pH, demanda bioquímica de oxígeno, grasas y aceites, SAAM (detergentes), coliformes totales y fecales, sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, fosfatos totales, nitratos, nitrógeno amoniacal, alcalinidad total, color cloruros, conductividad eléctrica y dureza total, determinando para cada uno de ellos su índice de calidad y asignándole el peso específico correspondiente. El valor del ICA en cada punto de la red es el resultado de calcular el promedio ponderado de los índices de calidad" (CONAGUA, 1999: 11-12).

Y más adelante añade:

> "Los ríos Zahuapan y Atoyac funcionan como cuerpos receptores, recibiendo las descargas de aguas residuales tratadas y crudas de origen urbano e industrial con un volumen de los 38 Mm^3/año. El río Zahuapan presenta contaminación a partir de la ciudad de Apizaco, hasta su salida al estado de Puebla, al recibir el agua residual de toda la población asentada en la porción centro-sur del estado (Apizaco, Santa Ana, Tlaxcala, Zacatelco, etcétera). El río Atoyac también presenta contaminación, ingresando al estado con esa calidad, ya que recibe las

aguas residuales de la ciudad de San Martín Texmelucan y de las instalaciones de Pemex del estado de Puebla, además del agua residual doméstica de las localidades del sur poniente del estado. El ICA en los ríos Zahuapan y Atoyac, presentan valores promedio de 47.43 y 46.98 por ciento, que indican una calidad regular, tendiente a mala en ambas corrientes, siendo en términos generales aceptable para uso en agricultura (excepto en el riego de hortalizas), quedando restringido su uso en piscicultura, recreación con contacto directo y preservación de la vida acuática" (*Ibid*).

En el mismo documento (1999:11) aclara, con relación a los valores del ICA que están expresados en porcentaje y que el agua altamente contaminada tendrá un ICA, cercano a cero, mientras que el agua en excelentes condiciones tendrá un valor cercano a cien. De cualquier forma, resulta engañoso el ICA del Zahuapan (47.43 %), porque es una cifra resultante del promedio de todos los índices calculados a lo largo de su recorrido. Cuando se analiza el cuadro comparativo de los ICA tomados entre 1998 y 2004 (CONAGUA, 2006), a diferentes alturas del cauce, se puede percibir que esos índices tienen fuertes variaciones y que hay lugares donde los valores están muy por debajo del valor promedio reportado, lo cual significa que el agua está altamente contaminada (ver Tabla 1).

Tabla 1. Índices de calidad del agua del río Zahuapan

	Estiaje 1998	Estiaje 2001	Lluvia 2001	Estiaje 2002	Lluvia 2002	Estiaje 2003	Lluvia 2003	Estiaje 2004	Lluvia 2004	Estiaje 2005
TLAXCO	60,87	56,74	54,25	42,06	48,01	63,54	53,21	61,07	62,83	72,54
SAN MIGUEL	44,57	36,26	47,28	38,19	49,2	53,48	50,4	52,82	46,34	62,28
SALIDA ATLANGATEPEC	27,87	45,37	53,29	38,92	45,49	55,37	50,8	50,33	48,68	65.07
MUÑOZ	51,94	43,05	41,91	47,52	44,18	48	49,68	47,98	44,87	61,24
CUATLA	51,89	40,72	46,59	45,79	39,17	50,28	43,97	43,40	41,7	60,43
XALTOCAN	52,22	42,24	43,3	40,62	45,37	53,33	44,8	47,79	45,66	48,89
ZIMATEPEC	51,27	39,16	43,62	39,5	46,4	61,36	46,69	49,48	44,53	46,08
SAN BENITO	42,28	38,95	22,94	36,7	24,22	32,25	31,77	32,70	45,64	43,51
DOS ARROYOS	38,93	38,8	44,79	35,7	34,87	35,75	36,25	35,00	42,64	51,14
ATLIHUETZÍA	38,12	34,59	41,98	37,52	34,07	33,29	35,78	35,95	49,12	55,75
JARDÍN BOTÁNICO	40,09	39,69	42,75	37,95	38,43	36,13	33,96	41,13	39,04	43,81
PUENTE ROJO	34,34	39,61	34,79	36,7	47,25	31,27	32,53	28,64	36,31	31,84
REPRESA PANOTLA	32,95	32,12	32,05	39,4	25,51	33,02	33,57	27,28	32,49	28,34
TEXOLOC	38,82	32,78	31,45	39,29	28,38	33,64	35,83	30,61	32,5	33,36
TOTOLAC	32,61	33,09	33,48	35,97	41,81	35,86	33,95	34,49	31,9	38,16
TETLATLAHUCA	33,15	39,85	33,45	35,52	40,78	27,71	35,81	30,41	35,14	41,23
ZANJA REAL	32,28	28,11	33,33	31,67	40,72	36,79	34,92	28,31	32,61	28,33
RÍO VIEJO	33,22	27,27	27,27	30,67	30,67	38,41	31,36	21,09	35,51	22,15
XICOHTZINCO	30,81	27,01	34,1	33,15	33,15	37,68	29,63	23,35	30,67	28,23
SAN BUENAVENTURA	31,06	30,77	30,41	31,29	31,26	26,93	27,52	25,73	32,38	27,64
ATOYAC	38,14	36,35	35,33	32,64	34,32	34	28,48	31,36	32,38	28,43
ATOYAC-ZAHUAPAN	29,5	32,55	32,75	34,81	30,61	29,5	28,41	27,07	31,56	28,93
ÚLTIMA	33,24	36,47	39,62	33,31	33,61	31,42	24,22	28,18	35,85	28,56

Fuente: *Programa Hidráulico Regional 2002-2006*, Balsas Región IV, 2005.

También se muestra el cuadro comparativo del ICA de los ríos Atenco-Apizaco, afluente directamente relacionado con las descargas industriales del corredor Xalostoc y de Cd. Industrial Xicohténcatl I y con la Presa Las Cunetas; la conclusión salta a la vista: el agua de este último río, es el agua más contaminada, pues sus índices de calidad son los más bajos (ver Tabla 2).

Tabla 2. Índices de calidad del agua del río Atenco–Apizaco

	Estiaje 1998	Estiaje 2001	Lluvia 2001	Estiaje 2002	Lluvia 2002	Estiaje 2003	Lluvia 2003	Estiaje 2004	Lluvia 2004	Estiaje 2005
SAN MIGUEL	40,36	24,81	25,27	32,9	46,76	34,76	37,35	23,27	21,9	20,73
UAT	36,93	28,6	27,66	25,6	25,6	34,65	35,17	28,02	29,48	27,77
COCA-COLA	29,15	27,85	26,17	34,41	34,41	31,69	37,91	27,02	23,04	27,17
CIÉNEGA	33,6	26,85	25,75	26	26	32,77	36,49	32,15	32,15	27,19
HACIENDA SAN MIGUEL	35,61	29,76	32,86	31,47	31,48	32,09	31,41	27,18	27,39	25,92
ASERRADERO	24,72	26,04	29,63	28,89	26,22	28,59	36,11	24,78	29,41	27,16
HACIENDA SAN MANUEL	28,1	27,88	30,27	29,04	25,58	28,02	43,18	26,88	28,96	26,11
CENTRO VACACIONAL	38,26	29,19	31,3	31,08	31,31	30,08	37,06	30,16	31,23	25,94
ATENCO- 2 ARROYOS	38,15	40,65	40,92	32,58	36,05	32,26	35,49	33,17	31,58	29,29

Fuente: *Programa Hidráulico Regional 2002-2006*, Balsas Región IV, 2005.

El estudio más completo conocido hasta ahora, respecto al grado de contaminación del Río Zahuapan es el de Saldaña (2003: 255-265) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). En este trabajo, se destaca que la cuenca del río Balsas es una de las más contaminadas por su desarrollo poblacional, industrial y agrícola y que es precisamente en Tlaxcala (cuenca del río Zahuapan) y Puebla (cuenca del río Atoyac) en donde se concentra el mayor número de descargas de aguas residuales, municipales y de servicios: 1 310 descargas en total. De las cuales el 75% de las industriales y el 64% de las municipales las aportan Tlaxcala y Puebla. De acuerdo a la autora, la contaminación de los ríos Zahuapan y Atoyac, se debe al desarrollo industrial y a la falta de saneamiento de las aguas servidas; pero dentro de las aguas servidas por la industria, le otorga mayor importancia a la industria textil y el uso de colorantes, señalando a Santa Ana Chiauhtempan como principal foco de contaminación, seguido por la industria de celulosa y papel asentada en Apizaco. En el estudio se combinan los índices de calidad, con un análisis de toxicidad utilizando una bacteria bioluminiscente (*photobacteroium phosphoreum)*. La síntesis de los resultados obtenidos es la siguiente:

a)Temperatura: osciló entre los 15^{0}C. en Atlangatepec, a los 23^{0}C. en Apetatitlán y Panotla. El aumento de temperatura incrementa la velocidad de multiplicación de las bacterias.

b)Potencial de Hidrógeno: define las condiciones de acidez o alcalinidad (pH); osciló entre 6.9 en Atlangatepec y 7.7 en Amaxac, lo que considera que se encuentra dentro de los límites permisibles para el agua potable (5-9) y para uso agrícola (4.5-9).

c)Oxígeno disuelto: osciló entre 2.4 mg./l. en Amaxac hasta 7.2 mg./l. en Apizaco, lo que se ubica por debajo de los niveles permitidos para el abastecimiento de agua potable (4 mg./l.) y para la vida acuática (5 mg./l.), lo que significa un alto contenido en materia orgánica oxidable no estabilizada.

d)Conductividad: mide la concentración de sólidos ionizables, y osciló entre 141 μScm^{-1} en Apizaco, hasta 610 μScm^{-1}, los que se consideran valores altos.

e)Metales: se detectaron cobre, cromo, níquel y zinc, de los cuales, los tres primeros están por encima de las concentraciones permitidas: cobre y cromo en 0.06 mg./l. y níquel en 0.11 mg./l.

De acuerdo a los parámetros anteriores, la autora concluye que el río Zahuapan en su parte alta, se considera de calidad aceptable (ICA 70%) y a partir de ahí se deteriora cuenca abajo en donde existe un alto contenido de coliformes fecales, lo que aunado a los altos índices de cobre, cromo y níquel, determinan que el agua ya no sea apta para ningún uso.

Otro estudio que aporta datos, aunque se refiere al río Atoyac con el que se une el Zahuapan en los límites de los estados de Puebla y Tlaxcala, es el de Morales (2004: 23), en el que se constata que:

> *Compuestos que rebasan los parámetros de la norma NOM-001-ECOL-1996, y cuyo origen se encuentra principalmente en las descargas de aguas residuales municipales e industriales, entre las que se encuentran principalmente la demanda química de oxígeno (DBO), sólidos sedimentables, grasas y aceites, fluoruros y fenoles* (…).

Al final del estudio, se llega a establecer una relación entre la contaminación del río y la recurrencia en la población de 13 comunidades aledañas, de enfermedades como leucemia, anemia y púrpura trombocitopénica.

2. La cuenca del Zahuapan una región de riesgo

En concepto de riesgo es muy amplio y de uso en los más variados dominios de la vida humana, ya que aborda un tema muy complejo que involucra básicamente la necesidad humana de sentirse seguro y reducir o controlar la incertidumbre ante hechos futuros que de producirse, le afectarían también en diversos ámbitos. La búsqueda de la seguridad es una de las necesidades básicas del ser humano y frente a ella se presen-

tan a cada instante un sinnúmero de situaciones que la cuestionan y que se denominan genéricamente como "riesgos". Ambos conceptos, seguridad/riesgo se definen y se otorgan sentido mutuamente por oposición.

Luhman, en su *Sociología del riesgo* (2009), hace un esfuerzo por dejar claro que el riesgo es un concepto muy complejo que no se puede definir y acotar perfectamente y de manera unívoca, pero haciendo una revisión de los usos y aplicaciones que el concepto ha tenido a lo largo de la historia humana, propone una serie de elementos semánticos para acercarse a él.

El primer elemento a considerar es que el riesgo es una valoración cuantitativa de las posibilidades de que en un futuro ocurran acontecimientos que impliquen daños o perjuicios a alguien o a algo. En este sentido se emplean métodos estadísticos para tratar de precisar numéricamente esa probabilidad, y en función de ello, tomar decisiones.

El segundo elemento importante es el elemento decisional: se toma un decisión en el presente previendo que no ocurran daños posteriores a ella, a pesar de que que se percibe la posibilidad, más o menos remota de que se produzcan; en este caso el que toma la decisión, aun conociendo las posibilidades "se arriesga" esperando que no ocurra ningún daño y obteniendo un beneficio; se desafía al azar y al futuro con un cálculo racional. A través del cálculo y la decisión lo que se busca es la "seguridad", pero al mismo tiempo arriesgando, o aceptando el riesgo. Sin embargo, no todas las decisiones tienen una "atribución", es decir, no en todas son identificables sus efectos, no todas tienen una relación clara de causa/efecto, porque, por lo general, entre las decisiones de diferentes actores se dan relaciones muy complejas.

El tercer elemento a considerar es al observador y su manera de percibir el riesgo: al ser el riesgo un fenómeno de contingencia múltiple, es percibido de diferente manera por los observadores, de acuerdo a sus circunstancias, su tiempo y punto de observación. El riesgo no existe en sí mismo, sino que se construye a partir de las relaciones sociales de quienes lo perciben desde diferentes ópticas y que en definitiva lo que buscan es la "seguridad", misma que bajo las condiciones actuales del mundo, no es sino un deseo o una aspiración frente a una realidad en la que siempre existe la posibilidad de que ocurra algo imprevisto. El riesgo no se localiza en la dimensión objetiva de las cosas, sino en las relaciones entre la dimensión temporal y la dimensión social. Por lo tanto, no existe ninguna conducta libre de riesgo, o bien, los riesgos son inevitables cuando se toman las decisiones.

Considerando todos los elementos anteriores, Luhman concluye que el núcleo conceptual fundamental del riesgo es que se percibe un posible daño como consecuencia de una decisión, pero ese daño es contingente, es decir, evitable. Otra reflexión importante del autor, tiene que ver con la distinción entre riesgo y peligro: frente a la inseguridad que represen-

ta la posibilidad estadística de daños futuros, como consecuencia de una decisión, se habla de riesgo; pero cuando el posible daño es provocado externamente a la voluntad racional que toma la decisión, es decir, por la naturaleza o el medio ambiente, se habla entonces de peligro, aunque no hay que perder de vista que ambas realidades se mezclan e interactúan, especialmente en los riesgos ambientales.

La "previsión" es otro elemento importante, ya que es el puente entre la decisión y el riesgo y se trata *en general, de una preparación contra daños futuros, buscando ya sea que la probabilidad de que tengan lugar disminuya, o que las dimensiones del daño se reduzcan* (Luhmann, 2009: 73). Desde esta perspectiva toda la normatividad ambiental y los actores encargados de argumentarla y aplicarla, cumplirían esta función de previsión para contrarrestar los efectos del riesgo, puesto que establecen los controles necesarios a aplicar en los procesos y fijan la evaluación de los riesgos permisibles o aceptables.

A los anteriores elementos habría que añadir la idea de "escenario de riesgo", que sería como el contexto en el que confluyen múltiples factores que permiten a los actores definir (construir) una situación de riesgo en la que se manifiestan las variables fundamentales del riesgo que entran en juego o que se están tomando en cuenta. El escenario de riesgo, de acuerdo a Rubio, (2010: 6) *…se basa en el establecimiento de relaciones significativas entre entidades…y sólo una parte de ellas pueden reducirse a causa/efecto;* sin embargo es partir de éstas que se construye el escenario, en el que se convocan muchas otras relaciones que al inicio no son evidentes. Esto indica que hay variables dependientes (que son atribuibles de causa/efecto) de otras variables que no aparecen y que están por encima de ellas: variables económicas, políticas, culturales, etcétera.

Finalmente, otro concepto necesario para valorar los efectos del riesgo, es el concepto de "vulnerabilidad" que de acuerdo al mismo autor (Rubio, 2010: 10), *constituye una estructura de relaciones orientadas a capacidades de control desigual de los recursos socioambientales y a la asignación de roles en el marco del riesgo*. La vulnerabilidad es otro concepto que se define en función del riesgo; al igual que el riesgo, no se da por sí mismo en la realidad, sino que es construido como parte de las consecuencias del riesgo y del peligro.

Con los elementos teóricos hasta aquí expuestos de manera esquemática, se puede hacer una lectura de lo sucedido en la presa Las Cunetas, para mostrar que es un caso revelador de que, por lo menos algunas zonas de la cuenca del río Zahuapan, se pueden considerar como regiones de riesgo, como consecuencias de la actuación y de las decisiones atribuibles de diferentes actores que no han respetado los parámetros de previsión que especifica la normatividad ambiental.

3. El caso de la presa Las Cunetas

Como ya se mencionó, en 2005 tuvieron lugar varios accidentes relacionados con instalaciones industriales de la región nororiental del estado de Tlaxcala, específicamente en empresas de Ciudad Industrial Xicohténcatl I y en el Corredor de Xalostoc, que provocaron un impacto ambiental considerable y alertaron a la opinión pública sobre la existencia de riesgos ambientales: en marzo, un incendio en la planta de Dow Química de México de Cd. Industrial Xicohténcatl I; en julio, la muerte masiva de los peces que ejidatarios de Santa María Texcalac cultivaban en la presa Las Cunetas; y en agosto una explosión en la empresa Polaquimia del corredor industrial de Xalostoc.

En estos incidentes destacan varias constantes: son accidentes relacionados con empresas de productos químicos; las aguas residuales de esas empresas (junto con otras más) son descargadas a través de los ríos Texcalac, Atenco y Apizaco al río Zahuapan, a la altura del municipio de Yauhquemecan, punto a partir del cual, el río ya se considera altamente contaminado (Saldaña, 2003; CONAGUA, 2006); en el caso del incendio y la explosión, fue notoria la actitud de las autoridades por minimizar el asunto y proporcionar muy poca información a los medios, mientras que en el caso de Las Cunetas, las repercusiones para los ejidatarios y pobladores de Texcalac, así como la superposición de diferentes conflictos políticos entre instituciones, permitieron una gran difusión y una amplia cobertura del asunto por parte de los medios impresos, lo que facilitó seguir su desarrollo y tomarlo como base para analizar los escenarios de riesgo que se están conformando en diversas regiones de la cuenca del Zahuapan.

El seguimiento del conflicto generado en la Presa "Las Cunetas" se hizo exclusivamente a partir de lo publicado por los periódicos locales, *El Sol de Tlaxcala* (ST), *Jornada de Oriente* (JO) y *Síntesis* (Sínt.)[9].

3.1 Primera etapa: Se filtra la información, 20-21 de julio de 2005

Los medios informan el 20 de julio que en la presa Las Cunetas, han muerto una gran cantidad de peces cultivados por un grupo de ejidatarios de Texcalac, presumiblemente por aguas contaminadas provenientes de las empresas de Cd. Industrial Xicohtencatl-I; a partir de ahí, se va conformando el escenario de riesgo, con las siguientes actuaciones:

Ejidatarios de Texcalac. Son los afectados y los primeros en movilizarse e informar a la Presidenta de Comunidad sobre la muerte de los peces;

9 Ver las fechas de las ediciones de los tres diarios consultados en la bibliografía.

ellos reclaman solamente una compensación económica por la muerte de los peces y no perciben en toda su extensión los riesgos para la salud, ni los riesgos para los ecosistemas relacionados directa o indirectamente con la presa.

Presidenta de Comunidad de Sta. María Texcalac: actúa de acuerdo a las atribuciones que le confiere la Ley Municipal de Tlaxcala (LMT) en su Artículo 56, que se refiere a cuidar el orden y la seguridad de las personas, así como dar aviso al Ayuntamiento de los sucesos que pudieran afectarlos, entre otras, puesto que desde el domingo anterior (17 de julio) se percató de la muerte de los peces y lo denunció ante las autoridades correspondientes, a quienes exhorta para que eviten que las empresa sigan contaminando. Se muestra convencida que son las empresas de CIX-I, ya que "se descubrió un ducto clandestino" que vierte aguas residuales en la presa. También hace un estimado de los daños económicos y revela que se han hecho ya 5 recorridos con diferentes autoridades; que se han tomado muestras del agua para analizarla y determinar qué contaminó el agua y aclara que el Ayuntamiento va a presentar una demanda penal.

Ayuntamiento de Apizaco: Director de Ecología: declara que intervino desde el día 19; que se hicieron recorridos con funcionarios de Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); que la presa fue contaminada por aguas de CIX-I; que se tomaron muestras y ya se mandaron analizar y que el Ayuntamiento ya solicitó la intervención de las autoridades estatales y federales para evitar daños a los habitantes. El Presidente Municipal de Apizaco confirma que el día 21 de julio, por acuerdo de Cabildo, se interpondrá una demanda penal contra los responsables del "ecocidio", lo que indica que se tiene conciencia de que existe un delito ambiental, y reconoce que existe una situación de riesgo para las personas. No queda claro en su actuación si el Ayuntamiento, a través de su Sistema de Protección Civil, tomó las medidas necesarias para dar respuesta a esta situación de riesgo para la población de Texcalac (Art. 22, Ley de Protección Civil del Eestado de Tlaxcala), ni tampoco explica la tardanza en informar a la opinión pública del hecho. La presencia de autoridades estatales del Instituto Estatal de Protección Civil (IEPC), demuestra que el Ayuntamiento consideró que la emergencia rebasaba su capacidad de respuesta y solicitó el apoyo del organismo estatal, tal como lo previene el Art. 25 de la misma ley.

Instituto Estatal de Protección Civil (IEPC): Acordona el área de la presa, pone avisos en sus alrededores y realiza perifoneo en la comunidad para prohibir que se consuma o se tenga contacto con el agua de la presa. Sus acciones, en tanto órgano operativo responsable de las acciones de protección civil (Art.18, LPCET) en coordinación con el Municipio (Ibid. Art. 20, fracc. II), se enmarcan dentro de sus responsabilidades, aunque queda la duda de si lo hizo oportunamente, pues estas medidas fueron tomadas a partir del día 20 de julio, una semana después del incidente.

Coordinación General de Ecología (CGE), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Estas instituciones se mantienen al margen. Están enteradas del problema, participan en los recorridos, pero no hacen declaración alguna al respecto, pareciera que están todavía evaluando las repercusiones que el problema puede tener.

3.2 Segunda etapa: institucionalización del conflicto: 22 de julio a 9 de agosto

La Secretaría de Salud del Estado: establece un "cerco sanitario" y organiza brigadas para verificar el estado de salud de los pobladores de Sta. María Texcalac. Declara que no se han detectado padecimientos en los pobladores. Organiza un operativo para retirar de la presa, según sus propios cálculos, 3 toneladas de peces muertos, agregando que se van retirar de los mercados de la región los peces que se hubieran comercializado. Afirma que la muerte de los peces se debió a un fenómeno natural que se repite anualmente, y que el agua se pudo contaminar por el uso de fertilizantes químicos en los alrededores de la presa; finalmente asegura que hay que esperar los resultados de los análisis del agua (ordenados por la misma dependencia) que se están realizando en Tlaxcala y la ciudad de México y que éstos se tendrán el 25 de julio de 2005.

La SEMARNAT declara, en contraposición a la SESA de Tlaxcala, que la situación es grave, porque las aguas de la presa llegan al Zahuapan y que se trata de un "ecocidio" (murieron 8 toneladas de peces según sus propios cálculos), por la contaminación provocada por empresas de CIX-I[10] y que a través de PROFEPA, se investigarán las empresas ahí establecidas para determinar cuál fue la responsable y sancionarla con la penalización correspondiente que podría llegar hasta la clausura. Añade que hay huellas de aguas contaminadas en la planta de tratamiento de CIX-I, a cargo de la Coordinación General de Ecología (CGE) y que resulta extraño que se hayan "sembrado" deliberadamente a la orilla de la presa, envases vacíos de "Tordon", un herbicida que no se emplea en la región. Revela que los piscicultores también son responsables por no tener permiso de CONAGUA para la crianza de peces. Indica que ya se enviaron a analizar muestras del agua y los resultados y el informe técnico, se darán a conocer el 5 de agosto. Informa que ya se clausuró la compuerta del canal que desviaba el agua de CIX-I a la presa.

10 Cfr. La lista de empresas establecidas en CIX-I mencionadas arriba.

La CONAGUA interviene por primera vez para indicar que ya se tienen los resultados de su laboratorio de Morelos, pero que por acuerdo (no se sabe de quién), serán entregados a la Secretaría de Gobierno del Estado y que por lo tanto no se pueden dar a conocer.

PROFEPA declara que hay que tener prudencia y esperar y atenerse a los resultados de la investigación técnica y científica que se tendrán en 10 días. Recomienda que las empresas (las 56 que manejan sustancias peligrosas en el estado) extremen precauciones para que se repitan casos similares.

Fideicomiso de Ciudad Industrial Xicohéncatl I (FIDECIX-I): su Director dice que las empresas de CIX-I no son responsables porque tienen plantas de tratamiento y porque las aguas servidas no llegan a la presa, contrariamente a lo que quedó establecido desde el principio cuando se constató la existencia de un canal que las conduce hasta ella. Asegura que los culpables son los campesinos de los alrededores de la presa por el uso de agroquímicos, como pudo constatarlo personalmente en un recorrido.

Diputación del Distrito XV de Apizaco: Ante la falta de información y las contradicciones entre los funcionarios, solicita que el Congreso demande un informe de lo sucedido a las dependencias federales y estatales responsables, y se proceda conforme a derecho contra los responsables, todo ello con fundamento en el Art. 54, fracc. XXXIX de la Constitución Política del estado, que lo faculta para pedir informes a las instancias estatales; no así a las federales.

3.3 Tercera etapa, parte a: conflicto interinstitucional: 10 de agosto a 23 de septiembre

La Secretaría de Gobierno es la encargada de conducir y coordinar la actuación de las diferentes dependencias del ejecutivo y hasta las federales; por ello, convoca una rueda de prensa en la que participan todas ellas; esto hace evidente que el conflicto ya se transformó de un asunto medioambiental en un asunto meramente político y se pone en marcha una estrategia concertada para resolver el conflicto. El Secretario "minimiza" y "suaviza", e incluso "tergiversa" los resultados que le entregó la CONAGUA (éstos revelan, según él, "leve toxicidad"), concluyendo que se requieren nuevos estudios para precisar la sustancia exacta que mató a los peces para determinar y castigar al responsable, pues se requiere "dar certeza a las causas del ecocidio". Esta declaración resulta contradictoria, pues si bien se aceptan los resultados (suavizados y manipulados) de la CONAGUA, al mismo tiempo se declara que son insuficientes y no dan "certeza".

La Gerencia del FIDECIX-I sigue defendiendo a las empresas, pero ahora con más prudencia que en la primera etapa: ya no niega que las aguas de CIX-I lleguen a la presa, no acusa a los campesinos de ser los respon-

sables de la contaminación, pero pide que "no se hagan acusaciones sin pruebas", con lo que descalifica los resultados de los análisis que se han filtrado a la prensa y apuntan hacia la responsabilidad de las empresas. Deja claro que no se debe atacar a las empresas porque eso genera desconfianza en los inversionistas.

Secretaría de Salud del Estado. Repite el discurso oficial de que se requieren estudios más profundos y anuncia que ya se ordenaron nuevos análisis a un laboratorio de Celaya, sin especificar el tipo o el nombre del mismo. Tampoco explica qué resultados se obtuvieron de los primeros análisis que realizó desde el principio del problema y cuyos resultados no ha hecho públicos hasta ahora como había prometido.

Coordinación General de Ecología. Niega su responsabilidad en el asunto, y asegura que no se vertieron aguas de la planta tratadora a su cargo hacia la presa. Sin embargo, ahora admite que si la responsable fuera una empresa, sería clausurada y obligada a reparar el daño. También coincide con el mismo discurso oficial de que hay que tener "resultados reales", como los que puede proporcionar la UNAM, que ahora llevará a cabo un estudio más profundo del agua a nivel interdisciplinario. Una vez más se descalifican los resultados que se hayan obtenido hasta ahora y se posterga revelar qué sustancia fue la responsable, hasta que se tengan los resultados de los nuevos estudios que harán tanto SESA como la UNAM. Su discurso también parte del argumento de que "lo importante es la salud de los tlaxcaltecas", es decir, que a ese nivel no ha pasado nada, tal como lo ha venido declarando la Secretaría de Salud del Estado, por lo tanto el asunto no es tan grave como se pretende hacer ver. No es tan importante encontrar un culpable ("no estamos para tirarle al negro"), sino encontrar la causa (no el causante) de la muerte de los peces. La CGE ya se siente acosada puesto que el informe de la CONAGUA señaló claramente que la contaminación se originó por las aguas de la planta de tratamiento a su cargo, por lo que empieza a protegerse al afirmar, por un lado, que la CGE no va a pagar nada y por el otro, reconociendo que la capacidad de la planta está rebasada, y lo más sorprendente: que la planta estaba operando con un sistema de tratamiento biológico, no adecuado para las aguas residuales industriales, y que por lo tanto debe cambiarse por uno físico-químico.

Ejecutivo estatal. Interviene por primera vez para hacer una declaración política al afirmar que lo importante es la salud de los tlaxcaltecas (la Secretaría de Salud aclaró desde el 22 de julio de 2005 que no se detectó padecimiento alguno en la población de Texcalac y que el pescado comercializado fue retirado del mercado); que el gobierno asumirá su responsabilidad, (para ello ya ordenó la comparecencia del titular de la CGE ante el Congreso) y no se permitirá que se viole la ley; pero antes de actuar se "requiere tener información real". También trata de llevar la atención a un plano más general y menos concreto, al decir

que el gobierno se propone buscar 100 millones de pesos para combatir la contaminación de todo el río Zahuapan, ya que ese es el verdadero problema.

Comisión Nacional del Agua: Nuevamente declara por sí misma (sin coordinarse con la Delegación de SEMARNAT) que su laboratorio encontró presencia de "sustancias tóxicas" (no "levemente tóxicas" como informó la Secretaría de Gobierno del Estado) y que esas aguas fueron liberadas de la planta de tratamiento de CIX-I (a cargo de la CGE) por "descarga fortuita", pero que no se pudo determinar el grado de contaminación del agua. Sus declaraciones sorprenden por varias razones: primero porque habla de la presencia de "sustancias tóxicas", pero no indica cuáles; segundo, porque afirma que esas aguas provienen de la planta de tratamiento de la CGE (lo cual resulta lógico, desde el momento en que quedó demostrado que las aguas tratadas por esa planta alimentaban la Presa Las Cunetas), pero que se hayan liberado por una "descarga fortuita", sí resulta sorprendente, pues ¿cómo pudo determinar a partir de una análisis químico-biológico de una muestra de agua que en su liberación intervino el azar?; y tercero, la conclusión final, echa por tierra toda posibilidad de definir un responsable, pues a pesar de las sustancias tóxicas encontradas, no se puede definir el grado de afectación del agua, es decir, no se puede decir si el agua con sustancias tóxicas fue la causante de la muerte de los peces: se llega a otro callejón sin salida.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. También declara por su cuenta sin coordinarse con la Delegación de la SEMARNAT, para deslindar a Dow Química de México que ya había sido inculpada de alguna manera desde el principio, haciendo referencia al incendio ocurrido en el mes de marzo anterior, lo cual no deja de sorprender, ya que con esta declaración va a contradecir la hipótesis que más tarde formulará de manera clara el titular de la Delegación de SEMARNAT. Es sorprendente que, saliéndose de su ámbito jurisdiccional administrativo adelante que en caso de probarse alguna responsabilidad por parte de alguna empresa (Dow Química ya quedó exculpada de antemano), la sanción que le corresponderá, será una multa, pero no la clausura, tal como lo declaró el titular de la CGE. Aquí tenemos una instancia jurisdiccional haciendo declaraciones en el ámbito técnico-científico, asegurando que no hay relación entre el incendio ocurrido en marzo de 2005 y la contaminación del agua de la presa. Se nota que su intervención tiene un carácter político encaminada a tranquilizar a las empresas, en particular a Dow Química. En la etapa anterior ya se había destacado el distanciamiento entre la SEMARNAT y sus órganos desconcentrados (PROFEPA y CONAGUA), por lo que con esto, se reafirma ese distanciamiento y anuncia una ruptura; esto abre la posibilidad de deducir que las opiniones extrajudiciales de la PROFEPA revelen en realidad la postura del gobierno federal, (en es-

pecial de la SEMARNAT), que van en sintonía con la postura asumida por el gobierno estatal.

Expertos de la UNAM, se muestran más prudentes y desviando la atención del asunto principal (que sigue siendo determinar la sustancia concreta que causó la muerte de miles de peces); hablan de que existen muchas posibilidades respecto a las causas que pudieron provocar la muerte de los peces y de la posible contaminación del entorno y, establecen que será difícil obtener resultados concluyentes por el tiempo transcurrido (se toman muestras casi dos meses después del incidente), tomando distancia de la responsabilidad que se les pretende asignar.

Ayuntamiento de Apizaco. Reaparece como portavoz de la comunidad de Texcalac pidiendo que las autoridades actúen y definan los responsables, ya que como lo había anunciado continuará con la demanda penal (que ya interpuso: expediente 2179/2005/Tlax.) y que además pedirán la reparación patrimonial del daño que asciende a 11 millones de pesos, dejando claro que no se puede avanzar en ese sentido mientras no se hayan determinado responsabilidades administrativas, lo que corresponde a las instancias estatales y federales.

LVIII Legislatura del Congreso del Estado: Insisten en la falta de información y piden formalmente la comparecencia del titular de la CGE. Se hace referencia a la conspiración del silencio que las autoridades tendieron alrededor de los otros dos accidentes que tuvieron repercusiones con el medio ambiente, es decir, el incendio de Dow Química del 17 de marzo de 2005 y la explosión en Polaquimia el 25 de julio del mismo año, lo cual revela que ese ocultamiento de la información ya es una constante en este tipo de asuntos, por lo que incluso existe la propuesta de solicitar a las instancias federales los resultados de las auditorías ambientales realizadas a las empresas, propuesta que ni está dentro de las atribuciones del Congreso ni tendrá eco alguno, pero que contribuye a poner en evidencia que parte de la gravedad del asunto es precisamente el ocultamiento de la información.

Por otro lado, resulta sorprendente que un integrante del Congreso (diputado del PCDT) actúe por su cuenta y declare a los medios que él mandó a hacer análisis a un laboratorio de la Ciudad de México cuyos resultados revelan que efectivamente el agua está contaminada, pero que esto se debió a una “falla humana”, e incluso explica en qué consistió ésta: alguien cerró la compuerta de acceso a la planta y las aguas sin tratar fueron a dar a la presa. Nuevamente se pregunta uno si un análisis toxicológico del agua puede llegar a determinar hasta esos “errores humanos”. El mismo diputado también argumenta que “no se trata de buscar culpables” (el mismo argumento que todos repiten), es decir, no se trata de atacar a las empresas, sino de buscar una solución, y propone la construcción de tres grandes plantas de tratamiento.

Dirigencia estatal del PAN: declara que el asunto no se resuelve porque hay muchos intereses políticos de por medio y, por ello, ni las autoridades estatales ni las municipales asumen su responsabilidad ni sancionan al responsable. Es evidente que sus declaraciones apuntan hacia los titulares de la CGE y del Ayuntamiento de Apizaco, que pertenecen a otros partidos políticos; es decir, de manera implícita los está acusando de no actuar porque tienen intereses en juego dentro del conflicto.

Medios informativos. En esta etapa, los detalles aportados tanto por la JO como el ST, son muy importantes porque al revelar las reuniones de la Secretaría de Gobierno con todas las dependencias involucradas, previa a la rueda de prensa conjunta, y el "acuerdo" de que fuera esa dependencia la que se convirtiera en portavoz de todos, y al dar a conocer los detalles de los análisis de las muestras de agua por parte de la CONAGUA, contribuyó a evidenciar que hubo ocultamiento deliberado de información en la rueda de prensa, ya que de los informes presentados, la Secretaría de Gobierno seleccionó las partes que mencionaban niveles de "leve toxicidad" y omitió aquéllas en las que se señalaba "alta o mediana toxicidad". También las investigaciones de los diarios revelaron que había indicios de que la planta tratadora de la CGE había estado paralizada un tiempo, lo cual fue desmentido por el titular de la CGE.

3.4 Tercera etapa, parte b: Comparecencia de la CGE ante el Congreso: 23 de septiembre

Coordinación General de Ecología. Informa en términos generales al pleno del Congreso sobre la situación de Las Cunetas, afirmando que: a) el accidente no pone en riesgo la salud de los habitantes de Texcalac; b) que ni la CGE ni las empresas de CIX-I son responsables; c) que la resolución del asunto (la determinación de la sustancia, del culpable y de la sanción) corresponde a las instancias federales; d) que la CGE no tiene los recursos suficientes para cumplir con su encomienda; que en el estado no se cuenta con recursos humanos ni materiales para realizar análisis "incontrovertibles" del agua; y e) que a pesar de todo lo anterior, el gobierno del estado llegará hasta las últimas consecuencias.

Congreso del Estado: los legisladores coinciden en que la CGE no explicó nada, sólo repitió la información difundida por los medios; y que además evadió su responsabilidad al "lavarse las manos" del asunto y dirigir la responsabilidad a las instancias federales, para terminar minimizando los hechos. La Comisión de Ecología y Obras Públicas del Congreso insiste en que se aclaren los hechos y se castiguen a los responsables, pero repite el mismo llamado de la etapa anterior "no se trata de buscar culpables, sino evitar que el desastre se vuelva a repetir", lo cual revela la tibieza y la pura formalidad de las declaraciones anteriores porque finalmente también se minimiza el asunto. El saldo final parece ser que

a pesar de la insatisfacción de la mayoría de los diputados, ya se cumplió con una formalidad y no se vislumbra ninguna otra acción.

Pobladores de Texcalac. Se presentan en el recinto, pero no queda claro si sólo eran los ejidatarios/ piscicultores o si se trataba de un grupo más amplio que incluyera a los pobladores de Texcalac. Un grupo aparece en la sesión pública del Congreso portando pancartas en contra del titular de la CGE y manifestando su inconformidad a gritos e interrumpiendo en varias ocasiones al compareciente, demostrando que no están de acuerdo en que se les haya marginado y se le esté dando largas al asunto. Para ellos, el único responsable es el titular de la CGE y siguen exigiendo que se determine y castigue al culpable de los daños sufridos. Al final del informe, los pobladores opinan que el titular de la CGE no explicó nada, que ocultó información porque están en juego intereses económicos de los funcionarios. Cuestionan también el hecho de que se sigan prometiendo estudios más profundos, cuando para ellos ya quedó demostrado que las aguas contaminadas salieron de CIX-I. Por lo que respecta a las descalificaciones que hacia ellos hicieron funcionarios estatales en los medios, acusándolos de violar la ley al utilizar una concesión de aguas para fines distintos a los que se habían establecido, se defienden asegurando que tienen permiso tanto de la CONAGUA como de SAGARPA para el uso del agua en la piscicultura, por lo que han actuado dentro de la ley. Afirman que en su opinión, las autoridades están tratando de "cansarlos" al darle largas a la resolución y "echarse la bolita unos a otros", para "darle carpetazo al asunto". Terminan amenazando con movilizaciones y con el cierre de la carretera Apizaco-Huamantla.

3.5 Resolución del enfrentamiento interinstitucional: 26 a 30 de septiembre

Delegación de SEMARNAT. El delegado informa que la Coordinación de Delegaciones de la SEMARNAT le pidió su renuncia, y al negarse fue cesado de su cargo. Una vez cesado, el ex delegado hace pública la versión de los hechos, de la que sólo se conocían fragmentos, y revela, con base en los resultados de un laboratorio privado, que la sustancia responsable fue el Ácido Cianhídrico proveniente del incendio de la planta de Dow Química de México, en marzo de 2005, denunciando la negligencia de la CONAGUA y de la PROFEPA en investigar el caso, y de la CGE por no tratar adecuadamente las aguas. Revela que no se quiso llegar al fondo del asunto porque están en juego muchos intereses político-económicos, y hasta viejas rencillas políticas en su contra.

Secretaría del Gobierno del Estado. Niega la ingerencia del gobierno en la remoción del delegado de la SEMARNAT, pero vuelve a descalificar la explicación que éste dio a la prensa deslindando, sin ningún argumento, puesto que todavía no se tienen resultados "fehacientes", nuevamente a

Dow Química de México de toda responsabilidad. Reitera que el gobierno del estado no oculta información, que no renuncia a su obligación de corregir el problema, y que lo más importante es que no se vuelva a repetir una situación similar. Finalmente termina con una amenaza al ex-delegado, ya que no descarta la posibilidad de que alguno de los afectados por sus declaraciones le finque responsabilidad penal.

Ejecutivo estatal. Se mantiene en el mismo nivel político y general de siempre: no sabía de la destitución del delegado, no tenía nada en contra de él; el asunto de la contaminación va mucho más allá del asunto de los peces, y es un problema que se ha venido generando desde sexenios anteriores, por lo que hay que combatirla de manera global; para ello ya solicitó al gobierno federal 100 millones de pesos para crear un Fideicomiso para sanear el río mediante la construcción de más plantas de tratamiento y, sobre todo hay que dejar por la paz ese asunto: si el gobierno del estado tiene alguna culpa, la asumirá y se reparará el daño, porque es más importante prevenir, que andar buscando culpables.

Coordinación General de Ecología. Repite los mismos argumentos anteriores y reta al ex-delegado a que, si tiene resultados de los análisis que apoyen su hipótesis, que los dé a conocer. También proporciona detalles sobre la creación del Fideicomiso anunciado por el ejecutivo estatal, aclarando que ya se tienen 200 mil dólares proporcionados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para iniciarlo.

Congreso del Estado. Afirma que independientemente de las personas que se destituyan, el problema subsiste y que es eso lo que hay que resolver. Insiste en que el titular de la CGE debe renunciar, aunque añade que el cambio de titular tampoco cambiaría en nada las cosas.

Ayuntamiento de Apizaco. Afirma que el ex-delegado se merecía la destitución por no haber solucionado el problema, y que incluso "deben rodar más cabezas" en la CONAGUA y en PROFEPA, porque a tres meses del accidente no se ha aclarado nada.

Dirigencia del PAN. Deslinda al ejecutivo estatal de toda responsabilidad en la destitución del funcionario federal, al tiempo que acusa al mismo ex-delegado de haber generado su propia destitución, (por su actuación al margen de la estrategia fijada por el estado y la federación para resolver el conflicto), por no haber hecho bien su trabajo. Pero dado que el ex-delegado es militante del PAN, (incluso candidato a la Presidencia Municipal de Tlaxcala en 2001), la dirigencia está dispuesta a defenderlo ante la federación.

3.6 Quinta etapa: Resolución administrativa del problema ambiental: 3-7 de octubre

CONAGUA. Una vez normado su criterio para considerar de su competencia únicamente las aguas residuales tratadas en la planta a cargo de

la CGE, a partir de su salida, y no entrometerse en lo que ocurre antes de su llegada o en el interior de la planta, resultó relativamente sencillo establecer la responsabilidad de quien trata las aguas concesionadas y usadas por las industrias que se asientan en Cd. Industrial Xicohténcatl I, (la CGE). Ahora revela que, como resultado de los exámenes de los parámetros físico-químicos, bacteriológicos, toxicológicos y de compuestos orgánicos, volátiles, semivolátiles y plaguicidas, que se efectuaron (a partir de muestras tomadas a dos meses del incidente), las sutancias responsables de la muerte de los peces son, el Endrin Aldehído, Dietil Ftalato y Fenol. Por lo tanto la CGE deberá pagar una multa de 500,000 pesos, aclarando que el monto de la sanción todavía puede variar porque la CGE todavía puede interponer algún recurso.

La CGE. No le agrada la sanción, y en su defensa aclara que desde 2003, la CGE ya había notificado a la CONAGUA que la planta de CIX-I no había sido construida para procesar desechos tóxicos y que su capacidad ya era insuficiente, lo que implica que el órgano regulador del agua estaba enterado de su mal funcionamiento y no hizo nada al respecto. Además argumenta que quien permitió la construcción del ducto derivador y de la compuerta que lleva las aguas tratadas hacia la presa, así como quien permitió el cultivo de peces en ese cuerpo de agua fue la misma CONAGUA. Finalmente reconoce que la CGE tiene responsabilidad pero no culpabilidad, y por lo tanto no acepta la multa impuesta. Aunque había reconocido que con los resultados aportados por la CNA, la CGE podría investigar entre las empresas, quién es la responsable, ahora rectifica y dice que eso corresponde a la Procuradoría General de la República (PGR), por las denuncias penales interpuestas.

Ejecutivo del Estado. Reitera su mismo discurso, haciendo hincapié en que se castigará al responsable aunque pertenezca a su administración y promete que se tomarán las medidas correspondientes una vez que se tengan los resultados, (¿cuáles?, puesto que ya se dieron por buenos los últimos que presentó la CONAGUA).

Conclusiones

En un sentido amplio, el escenario de riesgo en la cuenca del Zahuapan se fue conformando desde tiempos remotos, a ártir del momento en que los grupos humanos se asentaron en sus riveras y realizaron actividades productivas aprovechando el recurso agua; sin embargo, siendo más específicos, se puede considerar que el escenario de riesgo relacionado con el caso de Las Cunetas, se conformó a partir del momento en que se decide crear el corredor industrial de Xalostoc y Cd. Industrial Xicohténcatl I, permitiendo el establecimiento de empresas que manejan sustancias peligrosas y hacen uso de los recursos hídricos de la zona. Sin embargo estas decisiones en su momento se tomaron en nombre de un urgente desa-

rrollo necesario para el estado, que en términos concretos ha significado empleo para cerca de 5300 personas, lo cual justificaría en cierta medida que se hubiera tomado la decisión de "correr el riesgo" de aceptar ese tipo de empresas, pero siempre y cuando las previsiones contempladas en la normatividad ambiental se hubieran cumplido en su momento, ya que las normas ambientales se fueron estructurando después de haber establecido estas zonas industriales. Es en el momento en que se deben tomar esas previsiones, cuando las decisiones conllevan un alto grado de posibilidad estadística de que ocurran daños en el futuro inmediato: se decide instalar un planta de saneamiento de las aguas servidas a cargo del estado, pero después se revela que esa planta no es la adecuada para tratar las aguas industriales, después de llevar muchos años funcionando. Posteriormente se decide utilizar esas aguas mal tratadas para mantener el volumen de agua necesaria en Las Cunetas para mantener el cultivo de peces destinados al consumo humano, además de permitir que con esas mismas aguas se rieguen cultivos de forraje para el ganado ovino y bovino que también se cria en la zona, lo cual incrementa aún más el riesgo que precisamente desemboca en una contingencia ambiental.

De acuerdo al Artículo 2, inciso XIX de la Ley de Ecología y de Protección al ambiente del estado de Tlaxcala, lo que se presentó en la Presa las Cunetas fue primeramente una Emergencia Ecológica, ya que se trató una *situación derivada de actividades humanas o fenómenos naturales que al afectar severamente a sus elementos pone en peligro a uno o varios ecosistema*s (LEPAET, 2002: 4). Es decir que la muerte masiva de los peces que se cultivaban en la presa con fines de consumo humano, afectó de manera directa ese ecosistema y generó una situación de peligro para los ecosistemas relacionados directamente con la presa (flora y fauna de la presa), al mismo tiempo que generó una Contingencia Ambiental: *Situación de riesgo derivada de actividades humanas o fenómenos que pueden poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas* (LEPAET, 2002: 3), para la flora y fauna que dependía indirectamente de la presa (ganado que podía abrevar en sus aguas y cultivos regados con esa agua) y finalmente para los habitantes de la región que podía consumir esos productos. Sin embargo, a lo largo del conflicto sólo se hablará de "accidente", de "ecocidio" o incluso de "pececidio", pero nadie se atreverá a hablar de contingencia ambiental o de emergencia ecológica.

Por lo que respecta a la percepción del riesgo, en este escenario inicial es evidente que ni las instituciones gubernamentales, ni los afectados perciben el riesgo: las autoridades creen eliminado el riesgo estableciendo la planta de saneamiento y permiten el uso agropecuario de las aguas tratadas; los campesinos productores y los ciudadanos consumidores de los peces tampoco, porque "nunca hubo problemas". Pero la muerte de los peces va a obligarlos a construir su propia visión del riesgo durante el proceso.

Sobre este escenario y a lo largo del proceso generado en torno a la contingencia ambiental de las Cunetas, diversos actores van a aparecer y a tomar decisiones que revelan la existencia de múltiples factores de riesgo que se van acumulando a los ya existentes, y que al final darán como resultado que muchas zonas de la cuenca sean regiones de alto riesgo, aunque no se perciban así.

Los actores principales que se confrontan al inicio del problema se integran en dos grupos bien definidos: la sociedad civil conformada por los ejidatarios/piscicultores y los pobladores de Texcalac, frente a los aparatos de Estado que conjunta tanto a las instituciones federales como a las estatales relacionadas con la contaminación del agua y que tienen como función, tanto la gestión ambiental como la aplicación de la normatividad de la misma materia. Al lado de estos dos actores principales, podemos situar a otros actores secundarios como los medios de información impresos, los cuerpos académicos de expertos, a los organismos empresariales que desempeñaron un papel secundario.

La sociedad civil en este caso sólo estuvo representada por los ejidatarios que cultivaban los peces en la presa y por algunos pobladores de Texcalac, ya que ningún grupo ambientalista estatal, nacional o internacional se interesó en el problema ni les brindó apoyo. Se tiene pues un grupo de afectados muy reducido, con miras y expectativas muy limitadas y con un margen también muy reducido de movilización y presión para obtener satisfacción de sus demandas y que además, no percibe el riesgo en todas sus dimensiones. Su actuación gira en torno al daño patrimonial que han sufrido y que debe ser reparado por el responsable, y quien debe encargarse de poner en marcha ese mecanismo son las autoridades; tampoco conocen la legislación ambiental, de ahí resulta la falta de capacidad de la sociedad civil para hacer valer sus derechos a través de las vías jurisdiccionales, por una falta de conocimiento del intricado laberinto de normas y reglas cuyo dominio sólo está al alcance de los expertos del derecho. Dentro de de los actores de la sociedad civil fue notoria la ausencia del Cuerpo de Académicos. No hubo un sólo pronunciamiento en torno al asunto por parte de académicos o investigadores, ligados directa o indirectamente a los problemas ambientales, ni se mostraron interesados por proporcionar a la opinión pública los conocimientos mínimos para entender el problema y reaccionar en consecuencia. Tampoco intervino o se pronunció ninguna organización ambientalista. En cuanto a las decisiones que los campesinos/pobladores de Texcalac tomaron y acrecentaron los riesgos, está sin duda la decisión de alimentar la presa de peces con aguas servidas y tratadas, de igual forma que irrigar sus cultivos con las mismas aguas, sin preguntarse si eran tóxicas o no. Otras decisiones que implicaron riesgo fue la renuncia a tomar en sus manos el asunto y delegar su resolución a las autoridades, ya que de inmediato fueron marginados del proceso con promesas de perforarles un pozo de

agua potable como compensación, promesa, que por supuesto nunca se cumplió. Esto significó entregar el problema al rejuego político tradicional de las transacciones, los intercambios de favores, las negociaciones, las promesas, las presiones y los chantajes que siguen permitiendo la impunidad. Ellos mostraron debilidad e incapacidad organizativa para generar un movimiento ciudadano mayoritario que fuera más allá de las fronteras de la comunidad, el municipio y el estado, como sí fue el caso del proyecto de la incineradora que se pretendió implantar en Tequexquitla en 2002, lo que permitió la cancelación del proyecto.

Al final del proceso, los pobladores y los agricultores se muestran con una alta "vulnerabilidad" ante contingencias ambientales como esta, porque carecen de la conciencia, la información y de la organización necesarias para empoderarse del problema y controlar por lo menos algunas de las variables del riesgo; por ejemplo, pudieron haber buscado el apoyo de otros sectores para movilizarse en defensa de sus demandas, pero no pudieron, y tal vez ni pensaron hacerlo.

Los órganos de Estado, instituciones federales[11] y estatales compartían una serie de supuestos: conocían la ley ambiental y los mecanismos para activarla o bloquearla; conocían la extensión y la gravedad del riesgo de la contingencia ambiental y los costos sociales y políticos que podía implicar a corto o a largo plazo: una intoxicación masiva de personas y animales relacionada con el consumo del agua de la presa o la ingesta de peces, difícil de controlar, así como los consecuentes reclamos sociales por faltar a sus obligaciones de garantizar un ambiente adecuado para la salud. También conocían las repercusiones que podría tener el encontrar y castigar a la empresa responsable: presiones de las organizaciones empresariales, cierre de empresas, pérdida de empleos y tal vez hasta conflictos jurídicos internacionales si se tratara de una poderosa empresa transnacional como Dow Química. Por ello, su prioridad era conjurar de inmediato la percepción de los riesgos a la salud, en la población y en la opinión pública; minimizar la emergencia ambiental y presentar como responsables a los mismos campesinos. Su otra prioridad fue proteger a las empresas y evitar que se les responsabilizara de lo ocurrido para evitar presiones el empleo y las inversiones de capital en el estado. Pero

11 En el análisis del caso se hizo evidente que las instituciones federales no coincidieron en su actuación, incluso la más importante de ellas (SEMARNAT) se opuso abiertamente a las prioridades y las estrategias del gobierno estatal dándole un giro diferente al asunto, pero de lo que aquí se trata es de destacar que salvo esta disidencia, al final las otras dos instituciones (PROFEPA y CONAGUA) colaboraron abiertamente con el gobierno del estado, siguiendo los lineamientos fijados por él; por eso se engloban todos dentro una actuación general.

también era prioritario mostrar ante la opinión pública un desempeño eficiente y oportuno para mantener la buena imagen institucional.

Las prioridades de los aparatos de Estado, revelan que ellos sí tenían una percepción real del problema ambiental, de ahí la urgencia por minimizarlo y sacarlo fuera de foco de la atención pública; y de igual forma, tienen una percepción clara de lo que implica resolver el asunto por la vía jurisdiccional: va a desembocar en fincar una responsabilidad administrativa, penal y civil para una empresa; de ahí que en las diferentes etapas del conflicto se hayan tomado decisiones que incrementaron los riesgos de manera significativa: ocultar la información, minimizar el hecho, negar las evidencias, proteger a las empresas, desconocer los primeros resultados de los análisis del agua contaminada y buscar análisis "a modo" que apoyaran su estrategia de minimizar el problema, buscar culpabilizar a los campesinos, acusar a las administraciones anteriores de haber permitido la contaminación del río, sacrificar a funcionarios para terminar con el asunto, hacer promesas de saneamiento del río a futuro, bloquear todo iniciativa a los afectados, simular una sanción administrativa; fueron todas decisiones que fueron sumando riesgos a partir del momento en que todas ellas se alejaron de la previsión de las normas ambientales; dicho en otros términos, en todas las decisiones se buscó la manera de eludir lo que las leyes ambientales prescriben para tales casos, lo cual es una constante en el actuar de las autoridades en casos similares de contingencia ambiental. Incluso, la estrategia gubernamental va más allá: reconoce que la contaminación del riesgo es producto de la necesaria industrialización de Tlaxcala y del crecimiento poblacional de la entidad, factores que a lo largo de 30 años han contaminado todo el río; y por lo tanto si se quiere acabar con el problema se necesita mayor presupuesto, pero sólo para construir más plantas de tratamiento, nunca para atacar la contaminación en su origen: hacer que las empresas cumplan con la normatividad ambiental.

De entre estas decisiones, la que seguramente pesó más fue la de ocultar los resultados de los análisis; era evidente que si no se conocían las sustancias causantes de la contaminación letal para los peces, no se podría avanzar en la determinación de el o los responsables; por ello se desconocieron los primeros resultados, se prometieron nuevos y más calificados estudios que se fueron postergando, con la intención de que al paso del tiempo los parámetros toxicológicos del agua se modificaran y se pudieran presentar sustancias que no incriminaran directamente a una empresa[12].

12 Recuérdese que los resultados finales que se dieron por válidos, fueron los presentados por la CNA en el mes de octubre y que se habían hecho sobre muestras tomadas a principios de septiembre, es decir un mes y medio después del accidente.

El centro de la actuación gubernamental fue ocultar y negar deliberadamente esta información hasta el último minuto para tener un margen de maniobra política, evitando que la vía judicial se desplegara. Este saber se convirtió en el centro de todo el rejuego político de descalificar los que podían resultar contraproducentes a los intereses empresariales y prometer nuevos resultados a largo plazo, los que finalmente llegaron muy diluidos y presentados de tal manera que aún esos no permitieran recorrer el camino legal.

El procedimiento seguido por los aparatos de Estado hizo evidente que rigen su actuación por otro tipo de normas no escritas ligadas a la detentación del poder y que se traducen en principios pragmáticos: la autoridad prioriza intereses y decide quién es culpable; la autoridad nunca se equivoca y no reconoce derechos, sino que concede favores; la autoridad resuelve los conflictos con base en negociaciones, presiones, imposiciones, engaños o promesas. Es decir, que por principio, la autoridad obedece formalmente las leyes, pero en la realidad ni las cumple ni las aplica: el derecho sirve como herramienta de legitimación de la política, pero no hace justicia, ni transforma la realidad social, ni protege la salud de los mexicanos, ni preserva el medio ambiente y ésta es la mayor fuente de decisiones que implican altos riesgos, puesto que hacen a un lado los límites en los cuales las autoridades pueden tomar sus decisiones dentro de los parámetros de previsión; en otras palabras, importa más la imagen del gobierno y de las empresas que la salud de los ciudadanos.

En este sentido, la repetición de este esquema en las diferentes partes de la cuenca del río Zahuapan, y el grado de contaminación que sus aguas presentan, permiten hablar de que en muchas regiones de la cuenca los riesgos se van incrementando día a día, porque las prioridades para los aparatos del Estado son otras y no tienen que ver ni con la salud de los habitantes de la cuenca ni con la disponibilidad de agua de calidad a mediano plazo, pero al mismo tiempo, una sociedad civil más informada puede percibir y construir los escenarios de riesgo.

Bibliohemerografía

Alfie Cohen, Miriam (2004). "Región ambiental. Dos casos paradigmáticos: la frontera México-Estados Unidos y el proyecto Cascadia", en *Revista Mexicana de Estudios Canadienses*, AMEC, Primavera de 2004, nueva época, núm. 7.

Beck, Ulrich (1998). *La sociedad del riesgo*, Paidós, Madrid, España.

Bendix, Reinhardt (1975). *La razón fortificada*, Fondo de Cultura Económica, México.

Coordinación General de Ecología (2002). *Ley de Ecología y de Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala*, Tlaxcala, México.

Comisión Nacional de Agua (CONAGUA),Gerencia Estatal en Tlaxcala, *Estado de Tlaxcala* (1999). *Plan Hidráulico Estatal 1999-2020.*

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (2005). *Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Balsas Región IV*, Disco Compacto.

Dumolard, Pierre (2002). "Región y regionalización, una aproximación sistémica", en Gómez Mendoza, Josefina *et al., El pensamiento geográfico*, Alianza–Universidad, Madrid, España.

Espejel Rodríguez, Adelina y Guillermo Carrasco Rivas(1999). "El deterioro ambiental en Tlaxcala y las políticas de desarrollo estatal 1988-1999", en *Gaceta Ecológica,* INE-SEMARNAT, núm. 52, México, pp.41-52.

Gobierno del Estado (1999). *Plan Estatal de Desarrollo 1999-2005*, Tlaxcala, México.

_____(2002). *Secoduvi*, *Plan de Ordenamiento Territorial del Estado de Tlaxcala*.

Gómez Rábago, Francisco (2004). *Regiones de riesgo y movimientos de protesta: un problema para la disposición de residuos peligrosos,* Tesis de Maestría, CIISDER-MAR-UAT, Tlaxcala, México, marzo.

Hernández Rodríguez, Ma. de Lourdes (2002). "Aspectos Legales del agua en México y su impacto en el agua subterránea", en *Regiones y Desarrollo*, Publicación Semestral de El Colegio de Tlaxcala, A.C., núm. 2, año II, enero-junio, pp. 105-140.

INEGI (1998). *Estadísticas demográficas y socioeconómicas de México,* Aguascalientes, Ags., México.

Instituto Nacional de Ecología, *Cuenca Hidrológica,* s.p.i.

Joy Heat Constable, Hilaria (1982). *Lucha de clases: la industria textil en Tlaxcala,* Ediciones El Caballito, México.

Luhmann, Niklas (1998). *Sociedad del riesgo,* Universidad Iberoamericana y Triana Editores, México.

Mendieta Herrera, Rosario (2006). *La contaminación del agua de la Cuenca del Río Zahuapan como factor de riesgo para la salud humana,* Tesis de Maestría en Análisis Regional, CIISDER, UAT, Tlaxcala, México.

Merino Carreón, Leonor Beatriz y Ángel García Cook (1998). "Los señoríos prehispánicos de la Provincia de Tlaxcala, según la arqueología", en *Coloquio sobre la historia de Tlaxcala,* Tlaxcala, Gobierno del Estado de Tlaxcala, México.

Morales Sierra Eduardo (coord.) (2004). *Ambiente y Derechos Humanos,* Centro Fr. Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C., México.

Muñoz Camargo, Diego (1994). *Suma y epíloga de toda la descripción de Tlaxcala*, UAT-CIESAS, México.

Oswald Spring, Úrsula y Ma. de Lourdes Hernández Rodríguez (2005). *El Valor del agua: Una visión socioeconómica de un conflicto*

ambiental, El Colegio de Tlaxcala, A.C., Fomix, Gobierno del Estado y Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), México.

PNUMA (2000). *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2000,* Ediciones Mundi-Prensa, México.

Periódico *El Sol de Tlaxcala* (2005). Números comprendidos entre el 22 de julio y el 7 de diciembre de 2005.

Periódico *La Jornada de Oriente* (2005), números comprendidos entre el 22 de julio y el 7 de diciembre de 2005, México.

Periódico *Síntesis* (2005) Números comprendidos entre el 22 de julio y el 7 de diciembre de 2005.

Ramos Galicia, Sergio (1998). *Tlaxcala: 1960-1980. Monografía Histórica.* Gobierno del Estado de Tlaxcala, México.

Rendón Garcini, Ricardo (1996). *Breve Historia de Tlaxcala,* Colmex, FCE y Fideicomiso Historia de las Américas, México.

Reyes García, Luis (1993). *La Escritura Pictográfica en Tlaxcala*, UAT-CIESAS, México.

Saldaña Fabela, Pilar (2003). "Calidad del Agua en la Cuenca Alta del Río Balsas en Tlaxcala y Puebla", en Oswald Spring Úrsula (ed.),. *El Recurso Agua en el Alto Balsas*, UNAM (CRIM e Instituto de Geofísica), El Colegio de Tlaxcala, A.C., Coordinación General de Ecología y Fundación Heinrich Böll, México, pp. 255-265.

SEMARNAT (2001). *Ordenamiento Ecológico del Estado de Tlaxcala,* Delegación Tlaxcala Semarnat y Gobierno del Estado.

UNESCO (2005). *World Water Crisis,* Unesco, Paris, Francia, bajado de Internet en marzo de 2005.

Zamora Ramírez, Elízabeth y Fernando García Zamudio (1996). "Tlaxcala: Industrialización y Nuevas Vinculaciones Regionales", en Serrano Moreno, Jorge R., *De frente a la ciudad de México, ¿El despertar de los estados que la circundan*?, CRIM-UNAM, UAQ, Gobierno de Querétaro, Conacyt, México, pp. 238-271.

La noción de escasez y el papel de la mujer en la administración de agua para uso doméstico

María Elza Eugenia Carrasco Lozano[1]

Introducción

En las últimas décadas hemos sido testigos de la aplicación de un modelo de desarrollo en el que agotamiento de los recursos es la constante; la crisis del agua es el reflejo de la insostenibilidad del modelo y por tanto es uno de los problemas más graves que hoy día aquejan a la humanidad, pero esta crisis no va sola, se acompaña del crecimiento de la población y del aumento en la demanda de servicios; en el municipio de Tlaxcala de Xicohténcatl, capital del estado del mismo nombre, ya se resiente la insuficiencia de agua potable en los hogares del centro y las localidades pertenecientes a la jurisdicción, el recurso se racionaliza constantemente por horas o por días, afectando el desarrollo sistémico de las familias.

Ante esta situación, la investigación planteo establecer conexión entre la noción de escasez de las mujeres cuando falta agua para uso doméstico y las estrategias de gestión que implementan en su hogares cuando esto sucede, y es que tradicionalmente se dice que las mujeres son las principales usuarias y administradoras del agua en el hogar; se afirma que son ellas quienes mantienen las fuentes proveídas, la recolectan y la usan en la vivienda y sus alrededores, la usan en actividades productivas y reproductivas, en la parcela, en la cocina, en el aseo de la casa y de los hijos, y no sólo eso, incluso la consideran un ingrediente primordial en la elaboración de artesanías o en la maquila de productos (Alberti, 2000), (GWA, 2006).

Los argumentos anteriores sustentan la inclusión en esta investigación de las categorías de mujer y participación, para conocer que las mujeres de un municipio urbano y en constante crecimiento adoptan conductas de intervención para su beneficio. La hipótesis que guió la investigación, se fundó en la idea de que a partir de la localización se podrían identificar los factores que influyen en el nivel de participación de las mujeres,

1 Trabajo Social y Psicología de la UAT. Esta investigación es parte de la Tesis Doctoral *Mujer y Agua Potable un análisis de Sustentabilidad y Gestión del Recurso a partir del uso doméstico en el Municipio de Tlaxcala*, en el Colegio de Tlaxcala, A.C. Correo electrónico: caleza2003@yahoo.com.mx

y conocer cómo esta reciprocidad está directamente relacionada a la noción de escasez.

La metodología, consideró en un primer momento fragmentar el universo de trabajo, para lo cual se construyó la tipificación de las 12 comunidades del municipio con base en el criterio básico de cantidad de población (INEGI, 2005)[2], categorizándolas en urbanas periurbanas y rurales, ver cuadro 1. Para el diseño de la muestra se consideró la cantidad de hogares con agua potable, las tarifas de cobro por localidad, los hogares con jefatura femenina y la localización espacial, por lo que con base en el muestreo estratificado aleatorio, se aplicaron un total de 109 entrevistas a profundidad en las 12 localidades adscritas al municipio.

El análisis estadístico de la muestra, se realizó con los programa SPSS y Excel, lo cual permitió establecer las frecuencias y la correlación entre variables; mismas que se observan en los cuadros y gráficos incluidos en el texto; para la discusión de los resultados se estableció la relación entre acceso y disponibilidad al recurso, usos del agua al interior de la unidad doméstica, percepción de la noción de escasez asociada a ingresos, estrategias de administración al interior de la unidad doméstica y gestión del recurso; el nivel de significancia de las variables determinado en el diseño de la muestra, la relación entre variables, y la correlación entre ellas, por lo que se aplicaron tablas de contingencia en las que a partir del coeficiente de correlación de Spearman y de la Prueba X^2 de Pearson, es que se pudieron aceptar o rechazar algunos de los supuestos establecidos en la investigación.

Con el fin de sustentar el papel que desempeñan las mujeres en el entramado ambiental, se incluyen parte de las discusiones y los acuerdos internacionales que dieron origen al concepto de mujer y participación en la temática de la investigación. En las conclusiones se hace una propuesta de política hídrica en la que se incluye la categoría de mujer como elemento rector de la modificación de patrones de conducta de uso del agua a partir de la noción de escasez y de la importancia de la participación de las mujeres como administradoras de los bienes de la familia y de la sociedad.

1. El municipio de Tlaxcala de Xicohténcatl

Territorialmente Tlaxcala es el estado más pequeño de la República Mexicana con 3,914 km^2; representa sólo el 0.2% de la superficie del país;

2 Se tipificaron como localidades rurales a las menores de 5 mil habitantes, en urbanas a las que tienen más de 15 mil habitantes y periurbanas a la franja de comunidades con población de entre 5 mil y 15 mil habitantes.

colinda al norte con los estados de Hidalgo y Puebla; al este y sur con Puebla; y al oeste con el Estado de México e Hidalgo; cuenta con cuatro acuíferos, el Alto Atoyac, el de Huamantla, el de Soltepec, y el Emiliano Zapata, con una disponibilidad de 53.77Mm^3 (Cincuenta y tres punto setenta y siete millones de metros cúbicos de agua).

Situado en el Altiplano central mexicano, el municipio de Tlaxcala se localiza a una altitud de 2,230 metros sobre el nivel del mar, con una superficie de 41.61 km^2, que representan el 1.02 % del total del territorio estatal; el municipio se alimenta del cuerpo de agua del río Zahuapan situado en la región del Balsas y en la cuenca del Atoyac, además de los ríos Huizcalotla, Negros, Tlacuetla y Lixcatlat; otros recursos hidrológicos del municipio son un manantial localizado en Acuitlapilco, un arroyo en Tepehitec con caudal durante la época de lluvias, así como 23 pozos profundos para extracción de agua para uso público urbano (PEOT, 2003; INEGI, 2005).

Según datos de población, el Municipio de Tlaxcala es territorialmente una de las zonas del estado que concentra el mayor número de habitantes; demográficamente el municipio registró en el período 1970-2000 un índice de crecimiento del 4.12% colocándose por arriba del 2.8% del estado durante el mismo periodo; según datos del último censo de población y vivienda se tienen registrados un total de 83,748 personas, de las cuales 43912 son mujeres y 39836 son hombres (INEGI, 2005).

El suministro, administración y cobro de servicios de agua potable en el municipio está a cargo de la comisión de Agua potable y alcantarillado de Tlaxcala CAPAM, organismo operador descentralizado del gobierno local encargado de suministrarla de acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales, última Reforma D.O.F. 29 de abril de 2008,[3] pero este organismo sólo tiene un radio de acción sobre la cabecera municipal, parte de san Gabriel Cuahutla, y de Acuitlapilco, en el resto de las comunidades la operación está a cargo de los comités locales en los que la figura de representatividad se sustenta en los usos y costumbres, que no es más que la participación de los pobladores en la elección de los integrantes para abastecer y administrar el recurso de las localidades[4].

3 El Título VI, Usos de agua, Capítulo I, del *Diario Oficial de la Federación* se refiere a la administración del agua de Uso Público Urbano, el artículo 44, que dice que "La explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales superficiales o del subsuelo por parte de los sistemas del Distrito Federal, Estatales o Municipales de agua potable y alcantarillado, se efectuarán mediante asignación que otorgue "la Autoridad del Agua", en los términos dispuestos por el Título Cuarto de la ley".

4 En general, los comités de agua potable de las localidades sólo tienen una representatividad anual, lo que ocasiona un restringido compromiso de administración que va en detrimento del servicio a la comunidad.

2. Metodología

El trabajo de campo se llevó a cabo en el municipio de Tlaxcala, considerando principalmente los factores; crecimiento poblacional, y escasez de agua que sufre la región centro del estado, de acuerdo con Hernández *et al*. (1991), la investigación es descriptiva, correlacional y explicativa.[5] Por lo que para conocer la noción de escasez de agua y las mujeres del municipio de Tlaxcala, así como los usos que al interior de sus unidades domésticas hacen del agua, se procedió a identificar los factores y las acciones que se implementan al interior de su hogar. El universo de trabajo consideró las 12 comunidades pertenecientes a la jurisdicción, en las que se aplicaron 109 entrevistas distribuidas en las localidades; por un lado, con el objetivo primero de conocer la percepción en torno a la escasez y por otro lado llegar a proponer acciones en las que se involucre al sector femenino en esta temática.

El análisis estadístico contempló, en un primer momento, el tratamiento a la base de datos de la muestra, con el programa SPSS; con esta estrategia se obtuvieron las distribuciones de frecuencias de las variables, tanto cuantitativas como cualitativas, para en un segundo momento calcular los estadísticos descriptivos que llevaron a la elaboración de los gráficos de resultados con el programa Excel; para la correlación de variables se aplicaron pruebas de X^2 de Pearson y de correlación de Spearman, a fin de conocer los grados de significancia que permitieran fundamentar las relaciones de ingresos, escolaridad, y localización con el uso del agua. Para determinar el tamaño de muestra, se agruparon los datos por localidad, tarifas y número de viviendas con agua potable. La herramienta metodológica para el diseño de la muestra se basó en el muestreo estratificado aleatorio (MEA) con distribución proporcional (Gómez, 1977), empleando un nivel de confiabilidad del 10% de la media y con 95% de grados de precisión, la muestra se distribuyó en las localidades como se muestra en el cuadro 1.

5 La investigación es descriptiva, ya que el diseño de las variables se estableció en función de la búsqueda y análisis de otros estudios relacionados con el tema, realizados en otros lugares y con los datos de la situación que guarda el agua potable en los espacios local nacional y mundial. Es correlacional, porque pretende establecer la correspondencia entre la participación y gestión de la mujer y el uso del agua en el municipio de Tlaxcala; y es explicativo porque, a partir de la teoría, la indagación empírica y los resultados, explica cómo la política pública, el proceso de crecimiento poblacional y la falta de información repercuten en las formas de acceder, administrar y usar el agua potable al interior de las unidades domésticas de las mujeres del municipio de Tlaxcala.

Cuadro 1. Localidades del municipio de Tlaxcala viviendas con agua entubada y tarifas bimestrales de agua potable y muestra.

Localidad	Habitantes	Viv.c/agua	Tarifas 2007	muestra /loc.
Tlaxcala	15 777	3767	189	11
Ocotlán	22 082	5463	85	17
San B. Atempan	2 000	504	100	7
San Diego Metepec	2 610	531	50	7
San Esteban Tizatlán	5 415	1163	60	4
San Gabriel Cuahutla	7 220	1750	130	5
San Hipólito Chimalpa	2 580	595	230	8
San Lucas Cuauhtelulpan	4 230	861	60	12
San Sebastián Atlahapa	4 175	858	80	12
Sta. María Acuitlapilco	11 402	2713	200	8
Sta. María Ixtulco	4 565	980	122	13
La Trinidad Tepehitec	1 681	346	124	5
Total	83 737	19 533	-----	109

Fuente: elaboración propia con base en información del INEGI 2005; tarifas de agua potable y alcantarillado para su uso y aplicación en el ejercicio 2007, publicadas en el *Periódico Oficial del Estado de Tlaxcala* del 8 de diciembre de 2006.

3. Disponibilidad de agua en el municipio

En México la disponibilidad natural media de agua es de 482 millones de Km^3; cantidad que se distribuye de acuerdo a la geografía y clima de la república, en dos zonas: la primera de ellas comprende el sur y sureste del país, y la segunda el norte-centro y noroeste; la disponibilidad natural en la primera es siete veces mayor que en el resto del país, sólo que en las zonas norte y centro se asienta el 77% de la población, se genera el 85% del PIB y se tiene el 32% de la disponibilidad natural media, de la que el uso doméstico sólo representa el 0.4% del volumen de agua empleada (CONAGUA, 2005).

El municipio de Tlaxcala se ubica en la segunda región hídrica del país y según la CONAGUA la disponibilidad es de 12,195 millones de m^3 de agua, de los cuales el 69% se distribuye en la parte central del municipio, en Tlaxcala de Xicohténcatl, el 10.3% en Ocotlán y el 19.8% es para el resto de las localidades. Aunado a esto, los datos revelan que en 10 años el número de pozos sólo aumentó de 22 a 23 y el de manantiales de 1 a 3, ver el detalle en el cuadro 2.

Como se observa en el cuadro 2, del total de metros cúbicos de agua disponibles para el municipio, la mayor cantidad el 80.2%, se asigna a la cabecera municipal y Ocotlán que son los espacios en los que se concentra la mayor cantidad de población; ambas comunidades disponen de la mayor parte del recurso concesionado para el municipio; en contraparte las localidades con menos de 5000 habitantes clasificadas como rurales disponen junto con las periurbanas menos del 20% de agua situación que

da como resultado mayor escasez del recurso en los hogares (CONAGUA, 2005).

Cuadro 2. Disponibilidad de agua para el municipio

Localidad	Habitantes 2005	viviendas con agua	Fuente	Vol. agua Concesionado (m^3)	% agua disp./loc
Tlaxcala de X.	15777	3767	9 pozos	8,521,109	69.9
Ocotlán	22082	5463	4 pozos	1,254,289	10.3
San B.Atempan	2000	504	1 pozo	173,147	1.4
San D. Metepec	2610	531	2 pozos	245,923	2.0
San E.Tizatlán	5415	1163	3 manantiales	632,590	5.2
San G.Cuahutla *	7220	1750		0	0.0
San H.Chimalpa**	2580	595		0	0.0
San L.Cuauhtelulpan	4230	861	1 pozo	279,624	2.3
San S. Atlahapa	4175	858	2 pozos	168,584	1.4
Santa M.Acuitlapilco	11402	2713	2 pozos	561,302	4.6
Santa M. Ixtulco	4565	980	1 pozo	297,359	2.4
La T. Tepehitec	1681	346	1 pozo	61,138	0.5
Total	83,737	19,531		12,195,065	100

* Se abastece del pozo de la colonia La Joya. **Se abastece del pozo del Centro Expositor.
Fuente: Hernández, 2009.

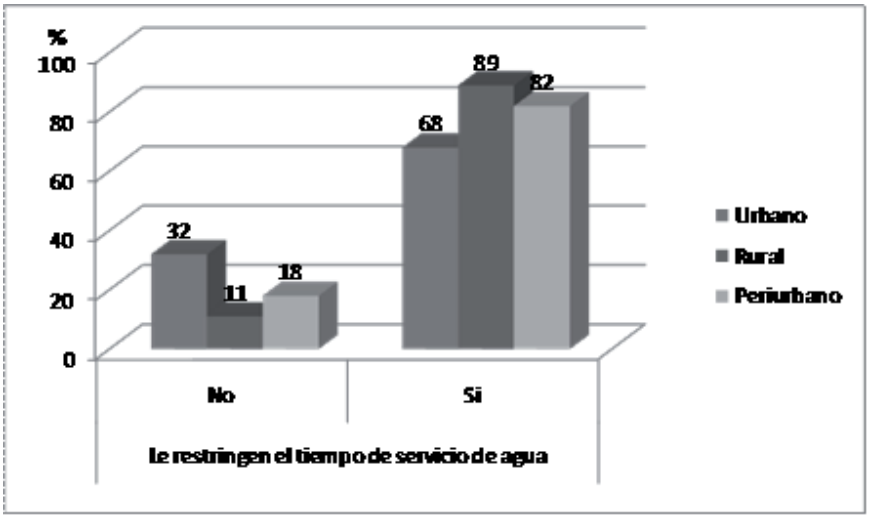
4. La noción de escasez y la participación de las mujeres

En diversos documentos se ha manifestado la necesidad de reconocer el papel de las mujeres como un elemento central en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua; este reconocimiento se ha materializado sobre todo en el ámbito rural, en el que las mujeres mayores tienen una especie de jerarquía generacional que les otorga la autoridad para ser ellas quienes decidan el uso del agua disponible. Dichas atribuciones se han concedido bajo el supuesto de que son ellas quienes transmiten los valores de uso a las nuevas generaciones de niñas, quienes bajo esta práctica aprenden a usarla en las labores de limpieza de la casa y aseo de la ropa, lo que garantiza la reproducción de los patrones culturales (GIRH, 2006).

En el municipio, por cantidad de población, predomina la presencia de mujeres urbanas y periurbanas, quienes perciben la escasez cuando al abrir la llave, el recurso no llega por horas o por días, esto se constata al aplicar la prueba de Spearman(t) al total de la muestra, que resultó en un 0.089; con este dato se demuestra que el lugar de localización de la mujer determina la restricción del servicio; esto se refuerza con el grado de significancia de X^2 de Pearson de 0.048, que revela que aún cuando las

mujeres del municipio tienen una toma doméstica de agua en sus hogares, esto no asegura la disponibilidad en cantidad diaria. En la gráfica 1 se aprecia que el 89% de mujeres rurales y un 82% de periurbanas tienen acceso altamente restringido en comparación a las que habitan en los espacios urbanos.

Grafica 1. Restricción por localización



Fuente: elaboración propia con base en entrevistas 2007.

Esta situación de desabasto asociada al concepto de noción, indica que la percepción de escasez no sólo varía desde la perspectiva local urbana o rural; la noción de escasez difiere en lo individual y grupal, interviniendo factores tales como la edad, género, nivel de ingresos, y cultura —entendida como aquellas experiencias personales— que hacen suponer que cada individuo interpreta los hechos según su bagaje cultural, su entorno social, nivel intelectual y condición económica (Modesto *et al*. 2002, en Cruz, 2008).

Para Moya (1999), en Cruz (2008), la percepción de una persona juega un papel relevante dentro de las relaciones que establece con su entorno o ambiente, "la percepción es el punto de vista desde el cual los individuos dan significado al mundo que los rodea.

En este sentido el significado de escasez está inserto en el colectivo de las mujeres para promover con ellas, las usuarias de agua potable, una actitud de compromiso, entendido éste, como un proceso a través del cual las involucradas influyan y tomen control sobre las iniciativas y las decisiones para allegarse de los recursos de los cuales carecen.

El enfoque Mujer y Medio Ambiente, plantea que las iniciativas sobre desarrollo y ambiente, necesitan apoyar las contribuciones de la mujer al manejo y conservación de los recursos naturales, al tiempo que disminuyen el peso de las tareas reproductivas que recae sobre niñas y mujeres, así como su impacto en la degradación ambiental. Las propuestas se orientan a garantizar el acceso a servicios básicos (salud, nutrición, vivienda y agua, por ejemplo), y alternativas para la generación de ingresos como una fuente de autonomía económica y una contribución para la participación real de la mujer en términos de igualdad, involucrando a la mujer en acciones de educación ambiental y conservación de recursos (Umaña, 2000).

Entonces desde el punto de vista ambiental, y la perspectiva de género, las mujeres como ya se mencionó, tienen asignado un papel preponderante en las iniciativas de desarrollo; actualmente se cuenta con un marco normativo de acuerdos y leyes que colocan a la mujer en el centro de las políticas que buscan la igualdad y la equidad para acceder y tener control de los recursos naturales; por esta razón desde el enfoque de género se plantea la mediación para que las relaciones entre las mujeres y los varones con el medio ambiente sean del todo sostenibles, y es que a partir del concepto de género, se produce un profundo cambio en la delimitación del objeto de análisis, ya no se busca la confrontación, o se habla sólo de las mujeres, sino que toda la lucha por la que tenido que transitar la humanidad para alcanzar el equilibrio, se refleja en las relaciones sociales establecidas para empoderarse a sí mismas (Rico, 1998).

5. Las reuniones internacionales y el tema

Todo lo anterior tiene un argumento, ¿por qué las mujeres y no los niños o las niñas o los ancianos? La proposición es que la inclusión y participación de las mujeres en las agendas del agua ha tenido un antecedente, en la década de los setenta en la declaración de México sobre la Igualdad de Acción de las Mujeres en 1975, y en el marco de la aprobación de la Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Contra la Mujer en 1979; fue entonces que se inició todo un proceso a través del establecimiento de una maquinaria interdisciplinaria y multisectorial dentro del gobierno para integrar a las mujeres a condiciones de igualdad de oportunidades y su total integración en la vida nacional (Lara y Ramírez, 2002).

También en Dublín en 1992, se estableció la guía para las recomendaciones de acción a nivel local, nacional e internacional; el tercer principio se refiere al papel que cumplen las mujeres en la provisión, administración y conservación del agua, así como a la necesidad de que estos roles se reflejen en los arreglos institucionales para el desarrollo del sector (Santos y Valdomir, 2006).

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) en Río de Janeiro en 1992, se destacó la importante labor de las mujeres en el uso y adecuado aprovechamiento de los recursos naturales; el Principio 20 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en 1992, dice que las mujeres desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo. Es, por lo tanto, imprescindible contar con su plena participación para lograr el desarrollo.

La Plataforma de Acción de Beijing en 1995, señala la importancia del acceso equitativo de las mujeres al agua para asegurar su salud, para lograr que sus prioridades se incluyan en los programas de inversión pública, para la infraestructura en agua y saneamiento, y para promover los roles de las mujeres indígenas y campesinas en el riego y la ordenación de cuencas hidrográficas (Rico, 1998).

En la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas de septiembre del año 2000, se acordó combatir la discriminación contra las mujeres y fomentar su capacidad para acceder y gestionar con mayor facilidad los servicios básicos e identificar y aprovechar nuevas oportunidades, ganar confianza en sí mismas y lograr un mayor sentido de dignidad personal. En este mismo evento, se acordó reducir el número de personas sin acceso al agua potable para el año 2015 (GWA, 2006).

La Asamblea General de las Naciones Unidas, en el documento denominado Decenio Internacional para la Acción, "El agua, fuente de vida", 2005-2015, se decide que el objetivo del decenio, sea ocuparse más a fondo en todos los niveles de la ejecución de los programas y proyectos relativos a ella —a la mujer—; el documento busca asegurar su participación e intervención en las medidas de desarrollo relacionadas con el tema y promover su cooperación en todos los niveles; con esto, dice el documento se alcanzan los objetivos relativos al recurso convenidos internacionalmente y contenidos en el Programa 21 y el Plan para su ulterior ejecución, en la Declaración del Milenio y en el Plan de Aplicación de Johannesburgo, según proceda, en los objetivos determinados durante los períodos de sesiones 12° y 13° de la Comisión de Desarrollo Sostenible[6].

Además de las reuniones y acuerdos para conferir a las mujeres un papel fundamental en las acciones encaminadas al cuidado de los recursos hídricos, la Red de Género y medio ambiente (RGEMA), en la "Agenda

6 Asamblea General Distrital. 9 de febrero de 2004, quincuagésimo octavo período de sesiones, Tema 95 del programa Resolución aprobada por la Asamblea General [sobre la base del informe de la Segunda Comisión (A/58/485)] 58/217. Decenio Internacional para la Acción, "El agua, fuente de vida", 2005-2015

azul de las mujeres" (GWA, 2006), propuso la inclusión del concepto de género en los temas ambientales, y el derecho al agua segura, suficiente, limpia y accesible para el uso personal, doméstico y productivo; por ser reconocido como uno de los derechos humanos básicos de todas las personas.[7] Sin embargo, el ejercicio de este derecho se ve obstaculizado por las desigualdades sociales existentes derivadas de la clase social, el sexo, la etnia, y otras, que se deben erradicar a través procesos de participación.

Kauffer y García (2003), señalan que en las conferencias internacionales y reuniones llevadas a cabo en las dos últimas décadas del siglo XX sobre el tema del agua, el enfoque participativo es reconocido como elemento fundamental en el marco de la descentralización de los servicios, además de ser considerado como imprescindible para alcanzar la sustentabilidad y mejorar la eficiencia del sector de agua potable y saneamiento.

Respecto a la participación de la mujer tlaxcalteca en el uso gestión y administración del agua para el uso domestico, se retoma el concepto de que las mujeres son las responsables del trabajo casero y del cuidado de los miembros del hogar; la participación identifica a las mujeres como próximas a la naturaleza, como las que crían a los hijos y cargan agua y leña para la casa, son las responsables del abasto y manejo del agua en la unidad doméstica (Carmona *et al.*, 2000).

6. La participación y el marco legal

En este contexto, no sólo la teoría enfatiza la importancia de la participación de las mujeres, la Ley de Aguas Nacionales (LAN)[8] considera promover y apoyar la organización de los usuarios para mejorar el aprovechamiento del agua, la preservación y control de su calidad, e impulsar

7 La Agenda Azul de las mujeres, elaborada por La Red de Género y Medio Ambiente (RGEMA), en su trayectoria por incidir en la política ambiental para incorporar el enfoque de género, busca visualizar la forma en que las relaciones de género influyen en los procesos de gestión y manejo del agua. Es así que se propuso la promoción de una Agenda Azul con el objetivo de identificar las necesidades y problemáticas de las mujeres en el manejo del agua en México, La Agenda Azul de las mujeres invita a una reflexión más profunda sobre la relación de las sociedades con el agua, con énfasis en la problemática específica de la discriminación de las mujeres.

8 Ley de Aguas Nacionales incluye el concepto de "Gestión del Agua": como un proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio.

la participación de éstos a nivel estatal, regional o de cuenca, obligando a los usuarios a participar de manera activa en el uso aprovechamiento y control del recurso. La Ley de Equilibrio Ecológico señala la importancia de la participación de la mujer como precursora de acciones tendientes a lograr el equilibrio y la sustentabilidad de los ecosistemas; en ambas se dice que sólo cuando la mujer se involucra en el manejo del agua, cuando no tiene agua en su casa, sólo entonces es capaz de plantear soluciones apropiadas y sustentables a favor de la equidad; continúa diciendo que sólo en situación de crisis, como la crisis hídrica, es que la mujer plantea soluciones para allegarse de los recursos, y con ello fomentar un mejor funcionamiento de la estructura de la sociedad (GWA, 2006). Bajo este panorama, entonces la pregunta es: ¿Cuál es el papel de la mujer en la administración del agua para uso doméstico?

Antes de responder a la pregunta, es preciso comentar que en algunas sociedades tradicionales aún no se reconoce la importancia del papel que las mujeres desempeñan en el uso y administración del recurso en el hogar; por el contrario, se desvaloriza esta función, a tal grado que si las mujeres ejercen labores domésticas, esto conlleva a que sean invisibles y poco tomadas en cuenta; culturalmente, las labores domésticas son relegadas a la sombra de la degradación; y la vergüenza, situación que se agrava según Kauffer y García (2003), por no existir políticas hídricas dirigidas por y para las mujeres.

Respecto a su participación activa en la toma de decisiones abre caminos hacia el trabajo conjunto; para Siles *et al*. (2003), la participación es un proceso a través del cual las comunidades van alcanzando mayores niveles de poder de decisión, y se involucran más activamente en los proyectos de desarrollo, fundamentalmente en un proceso que se incrementa según el grado de decisión que los involucrados van adquiriendo ya sea al interior de las organizaciones comunitarias o entre los sujetos sociales de las comunidades y los agentes externos.

7. Mujer y usos del agua

En México se distinguen dos tipos de usos del agua:

1) Usos fuera del cuerpo de agua o usos consuntivos, en los cuales ésta es transportada a su lugar de uso, y la totalidad o parte de ella no regresa al cuerpo de origen.

2) Usos en el cuerpo de agua o usos no consuntivos, en los cuales el agua se utiliza en el mismo cuerpo de agua o con un desvío mínimo, como en el caso de las plantas hidroeléctricas (CONAGUA, 2005).

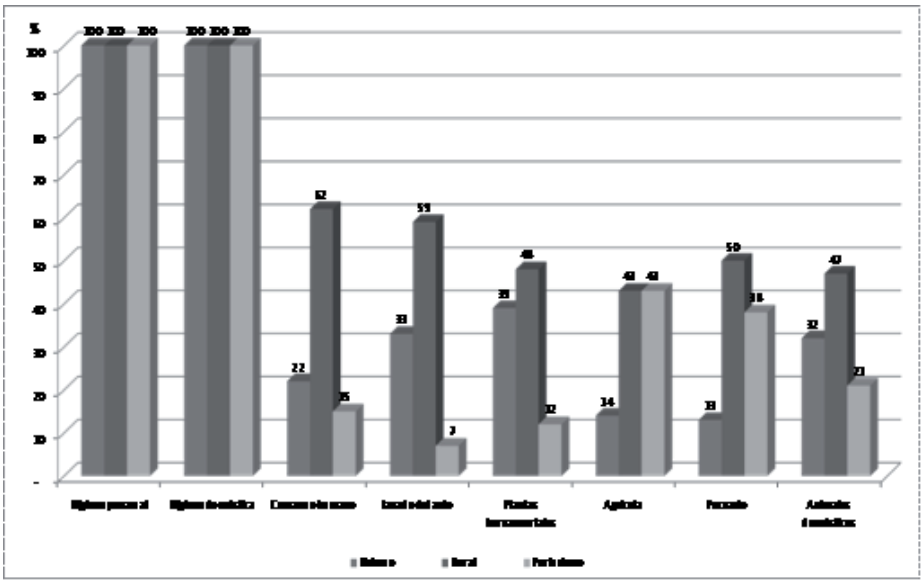
La ley de aguas Nacionales (LAN)[9] define uso como: la aplicación del agua relacionada con alguna actividad que implique el consumo parcial o total de ese recurso; en este trabajo se mencionan las definiciones para uso público urbano ya que fueron las variables para conocer como se administra el agua; el documento señala puntualmente que el uso doméstico; es la aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de jardines y árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Tanto la mujer rural como la mujer urbana, tienen un acceso y un uso diferenciado del recurso hídrico, aun cuando se tiene la información de que en los espacios rurales el uso del agua se asocia con las tareas de consumo y aseo, y en el urbano con los procesos de desarrollo. De manera particular en el municipio de Tlaxcala, los procesos de urbanización que para Hernández (2008), centralizan a la población concentrando la demanda de servicios públicos tales como agua, recolección de basura, energía, salud y educación en un sólo espacio, tiene que ver con el crecimiento de la ciudad y del área conurbada.

En la gráfica 2 se distinguen los usos locales; las barras completas indican que en los tres espacios, las prácticas para el uso de agua potable tanto para higiene personal como para higiene doméstica, se mantiene por arriba de los otros; en el rubro de consumo humano es cuando las barras se comportan de otra manera, es el caso del 62% de las mujeres rurales que revelaron que emplean el agua potable que llega a sus hogares a través de la red, para satisfacer las necesidades de consumo de su familia; este dato puede indicar dos situaciones: la primera es que en este espacio se tiene la percepción de la potabilidad tal y como lo establece la ley, por lo tanto perciben que el agua es apta para ser consumida sin problema y por otro lado, la escasez de recursos (dinero), para adquirir agua de garrafón; en los rubros de uso pecuario y animales domésticos; el espacio rural se distingue de los otros, pero es en el agrícola donde se constata que esa franja del periurbano se asemeja a la rural en las costumbres, y por consecuencia en el uso del agua para los animales de traspatio.

9 En el capítulo único, artículo 3o. de La ley de Aguas Nacionales, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* del 1o. de diciembre de 1992, se localizan las definiciones de los usos del agua.

Gráfico 2 Usos de agua en el municipio



Fuente: elaboración propia con base en entrevistas 2007.

Las mujeres que revelaron que no consumen el agua de la red, optan por la compra de agua en garrafones; llama la atención en esta parte que el 61% de ellas reporten ingresos bajos, el 39% de ingresos medios, y ninguna de ingresos altos[10], lo cual lleva a inferir que lo importante es tomar agua purificada; en el 2007 el costo promedio del garrafón de 20 litros era de 13 pesos, y los ingresos de las familias de las mujeres se ubicaban en el rango bajo; el adquirir, de 6 a 8 garrafones mensuales significaba en términos reales el 3.7% de sus ingresos familiares.

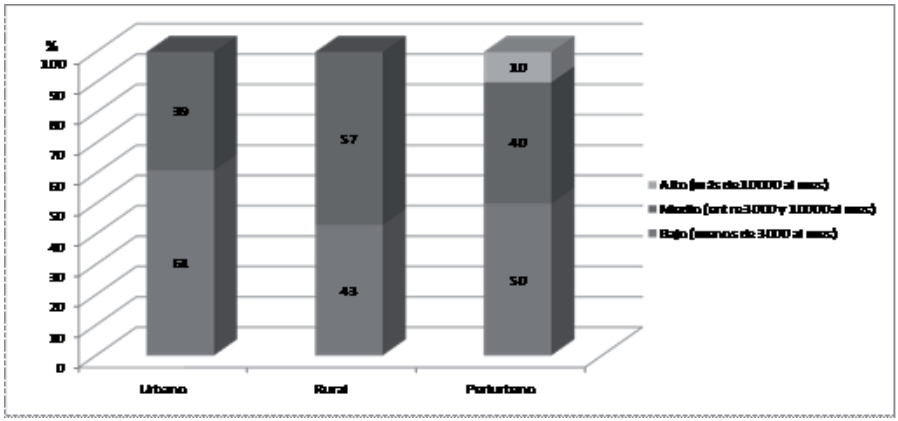
En las gráficas se observa que si bien las mujeres urbanas, rurales y periurbanas del municipio de Tlaxcala usan el agua potable[11] de manera diferenciada, en general su disposición está relacionada directamente con las actividades que se desarrollan en cada contexto, y con los ingre-

10 Debido a la ubicación del Estado en el contexto socioeconómico se estableció como ingreso bajo a las personas que perciben mensualmente menos de 3,000 pesos, medio entre 3,000 y 10,000, y Alto más de 10,000 pesos.

11 Agua potable, es la que puede ser ingerida sin provocar efectos nocivos a la salud y reúne las características establecidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSS1-1994 (LAN, 2008).

sos que predominan en esos espacios no del todo rurales, pero tampoco del todo urbanos.

Gráfica 3. Mujeres que adquieren garrafón de agua para consumo humano e ingresos



Fuente: elaboración propia con base en entrevistas 2007.

Como corolario al tema, Barkin (2006) comenta que casi en toda la extensión del territorio mexicano, el uso y abuso del agua está conduciendo a la destrucción ambiental con consecuencias dramáticas para la población y para la salud de los ecosistemas. Por lo tanto las ciudades están sobrepasando su capacidad de carga,[12] lo que hace que cada vez estos espacios sean menos sustentables en términos ambientales (Antón, 1996); citado en Ávila, (2008), lo cual hace pertinente la intervención de las mujeres para hacer un uso y gestión sostenida de los recursos; el mismo autor comenta que México ocupa el segundo lugar en consumo y uso de agua embotellada.

8. Mujer y gestión del agua

La mayoría de países concentra gran parte de sus habitantes en áreas urbanas; este fenómeno se da con frecuencia en una sola ciudad, la que generalmente es la capital, causando una rápida expansión de la población urbana y poniendo a prueba las posibilidades de la gestión del agua;

12 La capacidad de carga, se refiere a la presión por el uso de las fuentes locales y no locales de abastecimiento de agua; significa la sobreexplotación de acuíferos y al deterioro ecológico de las cuencas hidrológicas.

si esta tendencia continúa los problemas llegarán a su punto crítico; sobre todo por la migración de lo rural a lo urbano, por el crecimiento de las zonas urbanas y por la reclasificación de las zonas rurales en urbanas (Dourojeanni y Jouravalev, 1999).

Helfrich (2006), comenta que los ciudadanos deben gozar de pleno acceso a todo tipo de información relacionada con la gestión de los recursos hídricos. Disponer de información de calidad es la base de una participación social efectiva en el control y monitoreo de instituciones públicas a cargo de los servicios sociales y ambientales esenciales.

También la Ley de Aguas Nacionales en el apartado XXIX indica que; la "Gestión Integrada de los Recursos Hídricos" es el proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente, y sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Considerando que dicha gestión estaría íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable.

Entonces, ¿qué ha pasado en todos estos años?, ¿cuáles son las opciones para que las mujeres del municipio dejen de usar y empiecen a gestionar?[13]; y esto no literal; sólo que se necesitan los mecanismos para cambios de actitudes en torno a la escasez, cambios en los hábitos de uso, cambios hacia una cultura del cuidado; abrir la llave y hacer un uso racional, porque sólo de esta manera se garantiza la sostenibilidad ambiental del recurso; en este sentido una de las opciones para la gestión de los recursos hídricos, es la promoción de comités ciudadanos, y el impulso de ejercicios de formulación de planes comunitarios y municipales de gestión y administración de los recursos hídricos; estrategias como ésta sería una forma de alentar la participación y organización social de las mujeres.

Pero para que esto suceda las mujeres deben ser reconocidas como un elemento central en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua; la GIRH (2006) [14] hace alusión a las destrezas y al conocimiento de las mujeres como elemento crucial para una gestión del agua eficiente y efectivamente, sin dejar de lado el control y la calidad del agua en beneficio de las mujeres que, como ya se mencionó, son las encargadas de recolectar el agua para uso doméstico; cabe mencionar que los estudios en areas urbanas en relación a la gestión del recurso hídrico aún

13 Para la Real Academia Española de la Lengua "gestión" viene del latín *gestĭo, -ōnis, y significa:* acción y efecto de gestionar y acción y efecto de administrar.

14 Guía de recursos para la transversalización del enfoque de género en la gestión del agua.

son incipientes, ya que, por el contrario, es ya casi común encontrarnos estudios en zonas rurales.

En relación a los recursos hídricos, la gestión abarca al agua en todos sus usos dentro de todos los sectores; Grey (2006), dice que la gestión y explotación de los recursos hídricos también puede servir para proteger a las sociedades contra los efectos destructivos del agua, para satisfacer las necesidades humanas básicas y al mismo tiempo servir como requisito previo al crecimiento.[15]

La GWP (2006)[16] propone que las políticas públicas hídricas consideren la gestión como una estrategia de conservación eficaz, que retome las experiencias exitosas de muchos países y que se formule un documento único de planeación de recursos hídricos en el que haya participación de múltiples sectores, un enfoque más comprensivo, un marco dinámico en vez de estático y la decidida participación de las partes interesadas, digamos entonces que aquí está la pauta, que con la adecuada promoción y con los elementos legales, normativos y teóricos el componente mujer cabe en los programas que organismos como la Comisión Nacional del Agua impulsan como una nueva cultura del agua.

Con esta propuesta entonces, la sustentabilidad del agua es un principio de gestión, ya que es el único concepto que por vincular aspectos éticos y económicos apunta hacia la protección de los recursos, permitiendo la toma de decisiones adecuadas en su manejo Helfrichf (2006), dice que no hay que olvidar que la competencia entre usuarios será cada vez más drástica y violenta por lo que se requiere disponer de leyes e instituciones para gestionar adecuadamente el vital líquido.

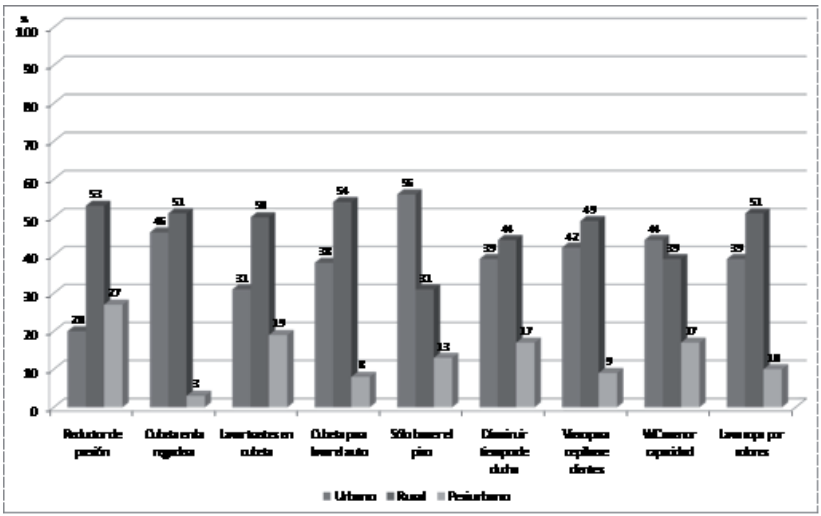
Como ya se explicó, la gestión significa administración, en este rubro las entrevistadas declararon que en sus hogares se implementan acciones para reducir el uso del recurso, entre ellas, la colocación de cubeta en la regadera, cambios por wc de menor capacidad, reducción del tiempo de baño. En la gráfica 4 se aprecia cómo en el espacio rural los porcentajes se colocan en su mayoría por arriba de los otros, destaca que en el espacio rural se coloquen reductores de presión, y que en el urbano no se

15 Los autores aseguran que la gestión efectiva del agua se puede apreciar como consecuencia del crecimiento en lugares donde avances destacados en gobierno, instituciones y capacidad, hayan dado lugar a un mejor desempeño en el desarrollo y gestión de la infraestructura hidráulica y de las instituciones. La respuesta dependerá tanto de la hidrología de un país como de su grado de desarrollo económico, es decir de qué tanto se incluya la problemática ambiental a las políticas públicas hídricas.

16 Este documento fue preparado por la Global Water Partnership (GWP) Asociación Mundial del Agua para el IV foro Mundial del Agua, celebrado en la ciudad de México en marzo del 2006, para el eje temático no. 2 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Fortalecimiento de las Acciones Locales.

barra el patio con agua, en lo que corresponde al periurbano en todos los casos se mantiene por debajo de los otros, lo cual pudiera estar asociado a la indefinición del espacio territorial al que pertenecen, finalmente las rurales son las que mayores acciones de gestión implementan lo cual podría estar asociado a que ellas son las que mayor restricción del servicio tienen.

Gráfica 4. Acciones para administrar el agua

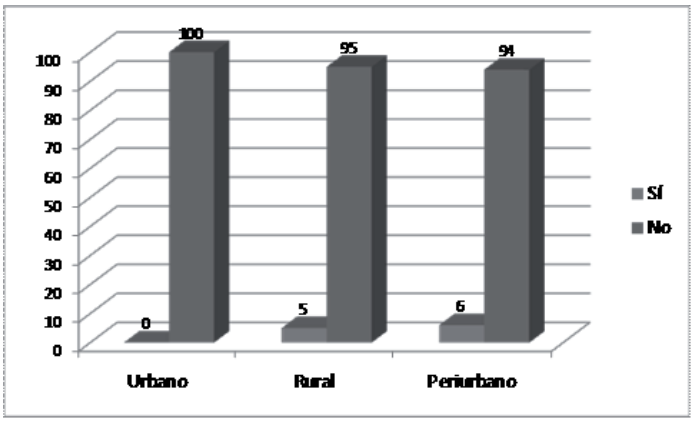


Fuente: elaboración propia con base en entrevistas 2007.

Tradicionalmente se relaciona la gestión a la acción de ciertos sectores o grupos de personas para asociarse buscando un determinado fin, en el caso de los comités de agua locales, la participación de las mujeres en estos organismos es una forma de gestión, ya que en caso de formar parte de ellos, una de las funciones como integrantes es la de administrar y vigilar la distribución del recurso entre los pobladores; sin embargo, esta posibilidad se ve obstruida porque en general son los hombres los que los conforman; para esta variable se encontró que la presencia femenina en este tipo de acciones es escasa, sólo en el espacio periurbano el 6% de mujeres revelaron haber formado parte de un comité; en la gráfica 5 se aprecian estos resultados.

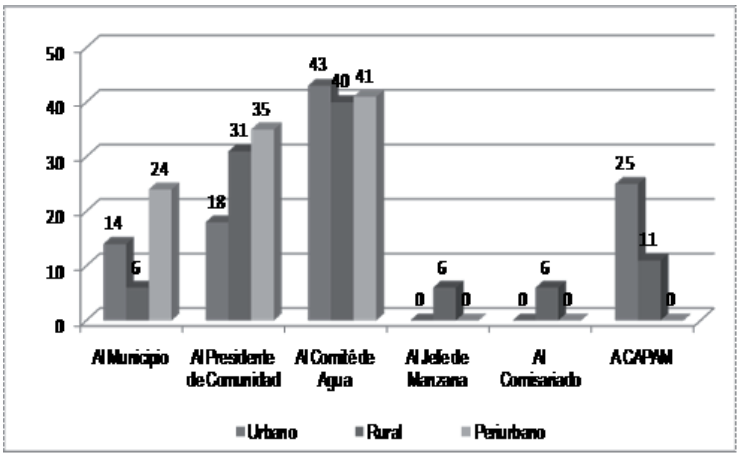
La gestión por reportes y reclamos en su mayoría se dirigen a los comités de agua locales, a los presidentes de comunidad; esto obedece al contexto en que se localizan las mujeres, y al recorte del servicio; cabe mencionar que los comités locales generalmente tienen una representación escasa de 1 a 3 años y sus administraciones obedecen a los recursos locales. Ver gráfica 6.

Gráfica 5. Mujeres que participan en comités de agua



Fuente elaboración propia con base en entrevistas 2007.

Gráfica 6. A quién se reportan los problemas de agua



Fuente: elaboración propia con base en entrevistas 2007.

Conclusiones y recomendaciones

El derecho al agua potable y el saneamiento, es un derecho humano reconocido por la ONU (2010)[17], entonces el Estado debe darse a la tarea

17 El 28 de Julio del 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) reconoció el Derecho al Agua y Saneamiento como un derecho humano; esta histórica resolución se

de cumplir con sus obligaciones de suministrar agua potable para todos, y así reducir el número de habitantes sin acceso al recurso. Este panorama es el ideal, sin embargo la escasez del agua apta para consumo humano está en crisis y es una realidad que obliga a plantear soluciones.

Las proyecciones de agua potable para el 2010 en el municipio estiman una cobertura del 100% para Tlaxcala, sólo que las respuestas de las mujeres de la muestra revelan que aún cuando tienen "la toma" en su casa es común que carezcan del recurso, sobre todo si se habita en los espacios periurbanos y rurales, en donde los cortes del servicio son mayores.

Los hallazgos hacen concluir que aún cuando el acceso al recurso es distinto en cada espacio, los usos al interior de la unidad doméstica en el espacio rural, urbano y periurbano presentan escasa variación. Por otro lado, también se encontró que la participación femenina en los comités de agua es prácticamente nula, amén de la privacidad con que operan dichos comités, donde el acceso público de la información es prácticamente inexistente, y en cuanto a la administración y ejecución de los trabajos de mantenimiento y dotación de agua, éstos siguen patrones culturales basados en costumbres heredadas de anteriores generaciones, reproduciendo con esto la idea de que los varones son los que determinan los usos del agua destinada para la agricultura primero y para uso domestico después; luego entonces el supuesto que guió la investigación en el que se consideró que la localización, y el estrato socioeconómico determinan las formas de uso y administración del agua por parte de las mujeres al interior del hogar, se cumple en un primer momento, ya que según el resultado sí, existe una marcada diferenciación en el acceso por parte de las rurales a quienes se les restringe en mayor medida el recurso.

En relación al estrato socioeconómico, se comprobó que de acuerdo a las condiciones y al contexto municipal los ingresos no son el factor que determina la posibilidad de invertir en otra agua que no sea la de la red de agua potable, ya que se comprobó que más del 50% de las mujeres con menores ingresos adquieren agua para consumo humano, lo que lleva a aceptar parcialmente la hipótesis de investigación.

En cuanto a la administración entendida como gestión del agua, llama la atención el comportamiento de las barras de resultados, en las que en lo general las mujeres rurales son quienes adoptan mayores opciones para hacer un uso y cuidado del recurso; por el contrario, se nota un gran desapego por parte de las periurbanas, quienes no superan los porcentajes de las urbanas y rurales, en lo que a gestión se refiere; otro

aprobó con una abrumadora mayoría de 122 votos a favor, cero en contra y 41 abstenciones, entre las cuales se encuentra Estados Unidos.

aspecto que salta a la vista es la escasa participación de las mujeres en los comités de agua potable, en lo que se coincide con la afirmación de que las políticas hídricas no están diseñadas por y para las mujeres.

Con estos argumentos, los gobiernos están obligados a propiciar más y mejores oportunidades para que las mujeres participen en la identificación de los problemas en torno al agua, para que sean más eficientes y efectivos sus aportes en la formulación y aplicación de políticas y programas del sector agua; por ello se propone se adopte una política hídrica incluyente del sector femenino para hacer un uso y gestión sustentable del agua hacia afuera y hacia adentro de las unidades domésticas, con un papel protagónico que desempeñan en beneficio y garantía del recurso para las generaciones presentes y futuras.

Las recomendaciones derivadas de esta investigación sugieren que se diseñen campañas en las que se incluya la categoría mujer como eje rector de los usos del agua al interior del hogar, enfatizando la necesidad de su participación en la identificación de la problemática y en la formulación y aplicación de políticas y programas que mejoren el manejo del recurso para hacerlo sostenible.

Finalmente, tener presente que la sustentabilidad del agua es un principio de gestión, que apunta hacia la protección del recurso, el principio dice que no hay que olvidar que la competencia entre usuarios será cada vez más drástica y violenta por lo que se requiere la gestión adecuada, la que implica que cada intervención en el ciclo hidrológico tiene que tomar en cuenta la capacidad de renovación y/o regeneración de los ecosistemas hídricos. La propuesta entonces es adoptar una política hídrica incluyente que modifique la percepción del papel que desempeñan las mujeres en beneficio y garantía del recurso para las generaciones presentes y futuras.

Bibliografía

Agenda Azul de las mujeres (2006). Red de Género y Medio Ambiente. Gender and Water Alliance Programa de Naciones Unidas Para el Desarrollo, México, (PNUD), Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA),GWA.

Alberti M., Pilar; Carmona Q. L., Edith; Zapata, Emma (2000). *Género y manejo del agua y tierra en comunidades rurales de México,* Colegio de Posgraduados.

Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) (2010). Reconoce Derecho Humano al agua y al Saneamiento, http://www.arca.co.cr/test/ draft.pdf

Ávila G., Patricia (2008). "El agua y la ciudad: Nuevos enfoques para su estudio", en *La gestión de los recursos hídricos: realidades y*

perspectivas, tomo I, editado por Denise Soares, Sergio Vargas y María Rosa Nuño, Jiutepec, Morelos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Universidad de Guadalajara.

Barkin, David (2006). *La gestión del Agua Urbana en México, retos, debates, bienestar,* Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.

Carmona Q. L., Edith; Pilar Alberti y Emma Zapata (1996). *Acceso y uso del agua por las campesinas en la Unidad doméstica y la parcela agrícola de riego alto río Lerma Gto.*, vol. 2, núm. 6, Colegio de Postgraduados.

CEPAL (1986). *El decenio de la Mujer Realidades y perspectivas*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.

CONAGUA (2005). *Síntesis de las Estadísticas del Agua en México*, Comisión Nacional del Agua, México, http://www.cna.gob.mx/publica/estadisticas/pdf

Cruz de la S., Deborah (2008). *Estudio de la percepción pública en las áreas verdes de la ciudad de Tlaxcala*, Tesis Maestría en Desarrollo Regional, el Colegio de Tlaxcala, A. C.

Dourojeanni, R. Axel. y Andrei Jouravalev (1999). *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centro urbanos,* CEPAL.

Global Water Partnership - Asociación Mundial del Agua para el IV foro Mundial del Agua (2006). celebrado en la ciudad de México en marzo del 2006, para el eje temático no. 2 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Fortalecimiento de las Acciones Locales, GWP.

Gómez, A. J.R. (1977). *Introducción al muestreo*, Tesis de Maestría en Ciencias Especialista en Estadística, Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo Estado de México, México.

Grey, David (2006). "Agua para el Crecimiento y el Desarrollo", en *IV Foro Mundial del Agua*.

Helfrich, Silke (2006). "Hacia una gestión Sustentable democrática y ciudadana del agua tras bambalinas de la gota de la vida", en *La Gota de la vida,* Fundación *Heinrich Böll,* Oficina Regional para C.A., México y Cuba.

Hernández H. Daniel (2008).*Procesos de urbanización y calidad de Vida en las Regiones de Apizaco y Tlaxcala, 1980-2000*, el Colegio de Tlaxcala A.C.

Hernández R., Ma. de Lurdes (2005). *Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala: Un análisis desde una perspectiva social*, Colegio de Posgraduados, *Campus* Puebla.

Hernández S., Roberto *et al*. (1991). *Metodología de la Investigación*, Edit. Mc Graw Hill.

INEGI (2005). II Conteo de población y vivienda 2005, Resultados definitivos para el estado de Tlaxcala.

Kauffer, Edith y García Antonino (2003). "Mujeres en los comités de agua del estado de Chiapas: elementos para entender una participación con segregación genérica", en Tuñón Pablos, Esperanza (coord.), *Género y Medio Ambiente*, Ecosur-Semarnat-Plaza y Valdés, México.

Lara, Blanco y Felicia Ramírez (2002). "Los derechos de las mujeres a la tierra, agua y otros recursos naturales", en *Manual de capacitación para personal técnico de proyectos de desarrollo rural, instituciones públicas y de la cooperación internacional*, Proyecto Sembrando cambios en Centroamérica, Fundación Arias para la Paz y el Progreso Humano, Ed. Perro Azul, Costa Rica.

Maier, Elizabeth. (2001). *Mujeres Indígenas migración y ambiente, papeles de población,* julio-septiembre, realizo un estudio en Oaxaca con mujeres del campo, UAEM.

Millaleo Salvador Valdés, Marcos (1994). *En el Concepto de participación del programa orígenes World Bank participatión Source Book*.

Oswald S., Úrsula y Hernández R., Ma Lourdes (2005). *El valor del agua una visión socioeconómica de un conflicto ambiental*, edit. El Colegio de Tlaxcala.

PEOT (2003). Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

Rico M., Nieves (1998). *Las mujeres en los procesos asociados al agua en América Latina. Estado de situación, propuestas de investigación y de políticas*, Serie Mujer y Desarrollo, núm. 25, Santiago, CEPAL.

Sánchez G., Ma. de Lourdes y Pérez C., Arturo (2004)."Transición rural urbana en el estado de Tlaxcala", en revista semestral del Colegio de Tlaxcala, A. C.

Santos, Carlos y Sebastián Valdomir (2006). *Agua la Construcción social de un derecho humano, Situación y perspectivas en América Latina*,REDES-Amigos de la Tierra Uruguay, enero.

Shiva, Vandana (2003). *Las Guerras del Agua privatización contaminación y lucro,* edit. Siglo veintiuno.

Umaña, Nidia (2000). *Género, Desarrollo y Ambiente: Principales enfoques e iniciativas en El Salvador*, Boletín Prisma.

Capital social y educación para la participación en Analco, Nativitas, Tlaxcala

María Amelia García Reyes[1]

Introducción

A la par del reconocimiento del papel de la educación formal, como factor estratégico de desarrollo, la educación no formal e informal han contribuido desde el origen de la humanidad a la adquisición de saberes, percepciones y valores, anclados en la dinámica comunitaria de los grupos sociales.

Los procesos de educación no escolarizada en las comunidades y grupos, se explican en sus procesos históricos, en donde se crean y transmiten saberes en diferentes espacios como la familia, la iglesia, las organizaciones, asociaciones y agrupaciones de diferente índole. En ellos se forma o genera una red de interrelaciones diversas y particulares que distinguen una comunidad (Paré y Lazos, 2003). Desde esta perspectiva incorpora la totalidad de los procesos cotidianos y sociedad en su conjunto.

La educación no escolarizada en una comunidad se constituye como la principal vía para promover la participación ciudadana y el fortalecimiento del capital social, en la medida en que la comunidad se constituye en un espacio socialmente educativo; cuando las personas participan en actividades grupales, se apropian de los propósitos por los cuales adquieren el conocimiento y adquieren las habilidades necesarias para la participación (Castilla, 2008).

La educación no escolarizada conceptualizada en este trabajo se fundamenta en la necesidad de formar y desarrollar capacidades para la participación de los habitantes de una comunidad. Este propósito será posible como propone la UNESCO (1999) en la medida en que las instituciones o redes locales se fortalezcan para el ejercicio de liderazgos, reflejados en el desarrollo de espacios de encuentros entre actores locales, para establecer el diálogo, tratar el conflicto y construir propuestas comunes.

1 Ex alumna de El Colegio de Tlaxcala, A.C. Correo electrónico: amegarey@gmail.com

Los procesos de educación no escolarizada para la participación en México no obedecen a experiencias intencionadas, por lo que la educación para la participación está sujeta a las posibilidades de actuación de acuerdo a cada contexto en particular.

Ante la falta de instrumentos que guíen en forma sistemática los procesos de educación para la participación ciudadana en el ámbito local, es necesario explorar referentes teórico-metodológicos para un diagnóstico situacional que proporcione información acerca del estado que guarda el tejido social, desde la perspectiva de los actores.

En este tenor, el objetivo general del estudio fue analizar el capital social de la localidad de Analco, Nativitas, como un indicador del estado que guardan los procesos de educación no escolarizada para la participación. Como ya se citó, estos procesos no obedecen a un propósito intencionado, por lo que resulta pertinente conocer cuáles son las condiciones reales previas a experiencias de intervención.

Los resultados no pretenden generalizarse a otras realidades, ya que la participación es un proceso dinámico y particular que se construye en cada localidad, se entreteje en su historia y se explica en la forma en que los habitantes se han organizado para hacer frente a sus principales problemas (Palma, 2000 y Villasante, 2001).

1. Analco, como espacio para la educación comunitaria

Para el presente estudio se eligió a San José Analco, una pequeña localidad del municipio de Natívitas, en el estado de Tlaxcala, porque al igual que muchas otras comunidades de la entidad, posee condiciones de marginalidad y pobreza. Su ubicación geográfica le impone barreras físicas y naturales importantes, ya que para su acceso hay que cruzar una autopista, una vertiente contaminada del río Atoyac cuza su territorio y se ubica más cercana a la ciudad de Puebla, que al municipio y estado al que pertenece.

La población está integrada por 1, 243 habitantes (INEGI, 2005), de ellos el 40% corresponden a niños de entre 0 a 14 años, el 20% son jóvenes de 15 a 24 años de edad. Como en otras localidades del estado, en Analco el promedio de hogares con jefatura femenina es importante (16%), aunque menor al promedio estatal (20%).

Se estima que en la población hay 263 hogares (INEGI, 2005), una proporción importante de las viviendas tiene piso de tierra (22.1%) y no cuenta con drenaje (55%).

La autoridad local (Ramírez, 2009) señala que la proporción de niños y jóvenes que no asisten a la escuela es superior al dato reportado por el INEGI (2005), el promedio de escolaridad de 6 grados de Analco está por abajo del dato municipal y estatal (Cuadro1).

Cuadro 1. Escolaridad de la población de Analco, Nativitas y Tlaxcala

	% de población 8-14 analfabeta	% de población 15 + analfabeta	% población 6-11 que no asiste a la escuela	% población 12-14 que no asiste a la escuela	Grado promedio de escolaridad
Tlaxcala, Edo.	1.4	6.7	2.4	8.0	8.0
Nativitas Municipio	1.3	10.8	1.5	8.7	7.8
Analco	1.4	11.5	1.5	8.5	6.3

Fuente: INEGI (2005).

En Analco hay tres escuelas que cubren las necesidades de educación básica: un preescolar, una escuela primaria y una telesecundaria (INEGI, 2005). Los estudiantes que desean continuar sus estudios de bachillerato tienen que acudir a una comunidad cercana de la ciudad de Puebla.

Los espacios para la interacción y la participación en esta localidad son limitados; una actividad que congrega a un número considerable de habitantes de Analco es la práctica de algunos deportes, como el futbol, beisbol y futbol rápido. Los participantes son todos hombres con edades arriba de 16 años. En la localidad hay un campo de beisbol, uno de futbol y canchas de basquetbol para el desarrollo de estas actividades (Ramírez, 2008).

Los habitantes se han organizado para integrar un total de 16 equipos, dos de béisbol, cinco de futbol soccer y nueve de futbol rápido. La liga de futbol es organizada por 10 delegados, quienes se reúnen semanalmente (Cordero, 2008).

Otro grupo organizado es el que se encarga de la administración del agua para riego, formado en su totalidad por hombres, cuya responsabilidad incluye la organización de los tiempos de funcionamiento de las bombas de agua y el abasto equitativo a los dueños de parcelas de cultivo (Ramírez, 2008).

Los mayordomos de la iglesia del pueblo, en la que se venera a la Virgen de la Candelaria, es otro grupo importante integrado también por hombres, quienes tienen a su cargo la organización de la fiesta del pueblo y otras celebraciones religiosas. Las actividades que congregan a la mayoría de la población están relacionadas con la religión católica, a la cual dicen profesar el 100% de los habitantes (Tlahuis, 2008).

En el mes de marzo, las autoridades y algunos habitantes, organizan las festividades del Carnaval, con una fiesta que dura tres días. Los bailes de grupos de jóvenes y adultos de la localidad e invitados representan la atracción principal. En el mes de junio en Analco se celebra la fiesta del Cuerpo y Sangre de Cristo, en esas festividades se organiza para celebrar una misa y una procesión por las principales calles, previamente decoradas con flores y aserrín de colores (Tlahuis, 2008).

Un espacio de encuentro que congrega a personas del sexo femenino principalmente, es el organizado y atendido por el Instituto Estatal para la Educación de los adultos, en el que acuden de manera irregular un promedio de 12 personas a la semana; la presencia masculina en este grupo es minoritaria. La mayoría de los adultos y adultos mayores acuden a sesiones que les permita alfabetizarse. El grupo más grande formado por 15 personas, busca obtener su certificado de primaria y secundaria. Las personas que participan en esta actividad, acuden en promedio uno o dos días a la semana, a la Presidencia de comunidad. La mayoría de las mujeres asistentes se hace acompañar de sus hijos o nietos quienes juegan mientras ellas reciben sus clases (Ramírez, 2008).

Durante los últimos seis años, el Presidente de Comunidad ha organizado cursos que imparte personal del DIF estatal para mujeres de la comunidad. La mayoría son en tecnología de alimentos, como es la elaboración de quesos, yogurt y conservas. Los productos se utilizan para consumo familiar, no hay antecedentes de su comercialización en pequeña o mediana escala.

Un espacio de reciente creación es el de capacitación en el cultivo de plantas en microtúneles o pequeños invernaderos, en esta actividad sólo participan las mujeres, que fueron beneficiadas con la donación de dichos invernaderos por parte del DIF estatal. De manera periódica las mujeres beneficiarias del programa de Oportunidades, son convocadas por el Presidente de Comunidad, para realizar jornadas de limpieza de calles.

La vida cotidiana en Analco se rige por sus usos y costumbres; de manera orgullosa los habitantes de esta pequeña localidad defienden que en su pueblo hay tradiciones que los distinguen de una comunidad urbana (Ramírez, 2008). En Analco como en la mayoría de las localidades de Tlaxcala, se mantienen tradiciones y una riqueza cultural reflejada en rituales pagano-religiosos.

2. Marco teórico

Los referentes teóricos revisados buscaron aportar elementos para explicar los procesos de educación no escolarizada en el ámbito local; enfoques y fundamentos del capital social como un indicador del estado que guarda el tejido social de una comunidad y la participación comunitaria; así como principios acerca de los diagnósticos comunitarios. Se presentan sólo algunos aspectos.

2.1 La educación no escolarizada

El análisis documental no busca profundizar en la clasificación o diferencia entre la educación formal, no formal e informal, ya que todas

representan una fuente importante de saberes. Se hace referencia a la educación no formal o no escolarizada en busca de una denominación global, referida a un ámbito de atención específico (Castilla, 2008; Conrado, 2000; Docuba, 2000).

La educación no formal o no escolarizada se constituye como una respuesta a las demandas de actualización continua de conocimientos, provocados por los cambios radicales de la sociedad en todos los aspectos, incluidos el mercado de trabajo. Diferentes organismos como el Banco Mundial y la UNESCO, reconocen la necesidad de una formación a lo largo de la vida, como un factor determinante en el desarrollo de los países. Esta formación se concibe como un proceso intencionado de educación permanente, que incluye a todos los actores de una comunidad como educandos, quienes quedan obligados a tomar parte de su responsabilidad en la educación (Castilla, 2008).

Las actividades educativas no escolarizadas se promueven desde la sociedad civil y fuera del sistema educativo institucional, donde los educadores no se insertan en una estructura jerarquizada. Las finalidades no son la transmisión de conocimientos para lograr una acreditación; desde una concepción contemporánea se busca la concientización para adquirir una percepción sobre su persona y el entorno que le posibilite constituirse como agente de cambio (Conrado, 2000).

La educación no formal comunitaria o permanente, debiera orientarse según organismos internacionales como la UNESCO (1999) hacia la formación y desarrollo de capacidades para la participación de los habitantes. Éste es un ámbito de actuación en el que se reconoce se debiera haber avanzado para el fortalecimiento de las organizaciones o redes locales y para el ejercicio de liderazgos, mediante estrategias como el desarrollo de espacios de encuentro entre actores locales, para establecer el diálogo, tratar conflictos y construir propuestas comunes.

Para algunos autores (Benedicto, 2003; Pieck, 1996), la educación comunitaria representa una vía para la construcción de ciudadanía, para la acción colectiva, y una forma de luchar contra la pasividad y alienación. Como producto de estos procesos formativos se esperaría que los habitantes desarrollen habilidades y mecanismos de interpretación de la realidad, para desarrollar un espíritu crítico que los prepare para participar en y para su comunidad.

Este trabajo se ubica en esta perspectiva, en la que se reconoce la importancia de las condiciones de una comunidad, entre otras: el papel que juegan los diferentes actores sociales, los mecanismos de comunicación, o el ejercicio del liderazgo, para así partir de condiciones reales al formular programas de intervención educativa no formal.

El pensamiento de Illich en los años 70 (1974), destacaba la necesidad de una educación que rebasara las limitaciones de la escuela; más allá de ampliar la responsabilidad de los maestros, el autor sugiería que los es-

fuerzos deben dirigirse a incrementar oportunidades de aprender, compartir y motivar, al considerar al aprendizaje como un derecho universal que no debe ser resultado de una asistencia obligatoria a la escuela. Factores como el origen social, el entorno familiar de las personas, los medios de comunicación y las redes informales de socialización, tienen relación entre sí y determinan las pautas de conducta y valores de las personas.

A la par de estas iniciativas se gestan proyectos en los que se utliza una metodología conocida como Desarrollo de la Comunidad, que en forma limitada pero no asistencialista, puede responder con cierta efectividad a los anheos de justicia social de sectores de la poblacion que se encontraban al margen del desarrollo (Núñez, 1996).

La educación escolarizada se debiera dirigir al mejoramiento de la realidad y la integracion del conocimiento; por ello, se fundamenta en procesos participativos, en los que el diálogo es una condición para el aprendizaje; en consecuencia los contenidos deben ser pertienentes y flexibles (Castilla, 2008).

La interpretación de las demandas iniciales, mediante reuniones con los educandos, entrevistas y otras actividades, como los diagnósticos comunitarios, permiten incorporar las opiniones y sugerencias de los participantes en los diseños de actividades educativas (Conrado, 2000).

2.2 La educación para la participación comunitaria

En los años cincuenta se incorpora al lenguaje del desarrollo el término participación, para dar cercanía a los proyectos locales con la población involucrada en su diseño, formulación e implementación. De acuerdo a las políticas territoriales y acciones de los gobiernos locales, la participación adquiere distintas connotaciones y propósitos. En el marco del desarrollo local es el medio para que los proyectos tengan un costo menor, adquieran una orientación colaborativa, y representa el medio para que las comunidades se apropien del desarrollo (Cabrero, 2001).

La formación para la participación ciudadana, constituiría un recurso valioso para fortalecer el capital social de las comunidades, que les permita alcanzar mejores condiciones de vida y democracia (Paré y Lazos, 2003). Se desprende así que la noción de participación es resultado de un complejo proceso histórico rico en acumulación de sentidos, que la sitúan como un hecho relacional con múltiples aristas.

Formar para la participación, es asegurar que los actores sociales cuenten con la capacidad de actuación, de toma de decisiones, movilización de recursos y ejecución de actividades en proyectos de interés público. Implica desplegar relaciones entre autoridades municipales y locales, para que el capital social existente se manifieste en la disposición de los habitantes para tomar parte en decisiones que buscan mejores

condiciones de vida en las comunidades. Estos procesos no son hechos naturales o espontáneos, sólo pueden concebirse en el marco de una política local, dependiente de la disponibilidad de recursos materiales y culturales; demanda la intervención de agentes externos y oportunidades creadas y concebidas por acciones gubernamentales (Argüello, 2004; Jiménez, 2002).

Tres condiciones son necesarias para iniciar un proceso de educación no escolarizada para la participación: demanda en principio que las organizaciones o agentes externos responsables de coordinar este proceso tengan conocimiento sobre el desarrollo de procesos participativos, la comunicación entre agentes involucrados y los cauces institucionales para integrar en un territorio a los actores involucrados (Ramos y Reyes, 2005).

La comunicación permitiría que los actores expresen la necesidad de involucrarse en acciones conjuntas, motivadas por intereses comunes y con actitudes convincentes de que la participación va a ayudar a resolver problemas o necesidades; tiene que haber motivos suficientes y convicción acerca de la utilidad de la participación. Es deseable que los agentes responsables de guiar los procesos de educación no escolarizados, cuenten con capacidades para el trabajo colaborativo, el manejo de conflicto y el desarrollo de proyectos de intervención (Benedicto, 2003).

Se requiere, por consiguiente, que haya métodos participativos al alcance de la gente, que no impliquen crear instancias técnicas artificiales. Una condición indispensable es que existan los mecanismos públicos que integren en el territorio a los actores, que les ayuden a enraizar una cultura de asociación local, el despliegue de iniciativas de educación no escolarizada en este sentido resulta determinante (Villasante, 2001).

Si la formación para la participación ciudadana es reconocida como la principal estrategia para propiciar e impulsar el desarrollo local, y ante la falta de políticas públicas que fortalezcan el desarrollo de estructuras orgánicas de base para impulsarla, no es de extrañar que se encuentre ausente en el escenario de los procesos de desarrollo y por ende sea una limitante para alcanzar escenarios favorables para mejorar las condiciones de las localidades (Pieck, 1996; Ramos y Reyes, 2005).

La formación para la participación comunitaria no es una práctica común de los gobiernos locales en México, sobre todo si ésta implica la redistribución del control del poder. Al no abrirse oportunidades para la participación, se mantienen políticas asistencialistas o paternalistas, que sólo diagnostican necesidades y no capacidades ni potencialidades sociales, en consecuencia la política se dirige a la actuación de un gobierno que se hará cargo de responder a dichas carencias (Palma, 2000).

El desarrollo de capacidades para la participación comunitaria sólo serán posibles en la medida en que se abran o aseguren oportunidades para la participación, y por lo tanto siempre que existan políticas no

asistencialistas, que reconozcan los saberes y capacidades creadas de los grupos locales. Las políticas para la participación en el ámbito municipal y local debieran centrarse en los participantes, para posibilitar un espacio en el que la gente ejercita y pone en común sus capacidades, y para asegurar que se cuente con el aporte de recursos (materiales, técnicos o financieros) que den certidumbre a las acciones de los participantes (Palma, 2000).

El empleo de diagnósticos comunitarios que proporcionen información acerca de cuáles son las preocupaciones y motivaciones de los habitantes, pero que además consideren las capacidades para la participación de los actores sociales, resultan determinantes. Desde esta perspectiva, la indiferencia o poca respuesta a convocatorias de participación, tienen su origen en el desconocimiento de condiciones subjetivas de las personas, debido a que el problema que se propone abordar no es reconocido como urgente por las personas convocadas o las oportunidades que se abren no corresponden a las capacidades de las personas de acuerdo a sus experiencias anteriores (Niremberg y Brawerman, 2003; Palma, 2000).

La formación para la participación debe entenderse como un proceso en el que influyen la educación formal, no formal e informal; implica la formación de una persona en su totalidad, a sus concepciones, vivencias y proyectos; ya que los actores sociales se constituyen a sí mismas como sujetos en la medida en que construyen el mundo en el que viven, para dar sentido a su realidad.

2.3 El Capital Social y la participación comunitaria

La formación para la participación comunitaria, está influida por otros agentes externos a la escuela, tiene que ver con la percepción de los habitantes acerca de sus problemas, del papel que juega la confianza y el liderazgo de las autoridades locales, de la forma en que se han organizado las personas para atender problemas en el pasado; todas estas particularidades son importantes para esta investigación, para contar con mayores elementos de análisis de cómo se traducen en la realidad procesos cotidianos que explican lo cotidiano.

El Capital Social de una comunidad ha sido motivo de interés en estudios que intentan profundizar en los mecanismos que explican la participación ciudadana. Sin la intención de agotar su tratamiento conceptual, se presentan diferentes aportaciones al conecepto que son importantes para fundamentar el estudio de las relaciones de los grupos sociales en Analco.

Bourdieu (1983), incluye todos los recursos reales o potenciales relacionados con la posesión de una red duradera de relaciones de reconocimiento mutuo más o menos institucionalizadas; Coleman (1990), también desde la sociología, lo define en términos de los recursos socioculturales

que constituyen para el individuo un activo de capital y facilitan ciertas acciones de los individuos que están en esta estructura.

Putnam (2000), desde una perspectiva sociocultural, realiza estudios de instituciones políticas italianas y después estadounidenses, para señalar la importancia del capital social en el establecimiento de redes sociales que pueden contribuir a la conformación de una sociedad democrática. Los beneficios de asegurar un mayor capital para una comunidad, radica en que la cooperación permite resolver mejor los problemas comunes, optimizar recursos y cambiar la percepción de que el futuro de las personas depende solo de esfuerzos individuales, esto amplía la visión de futuro y del bienestar colectivo.

Si una persona no socializa o expone sus opiniones ante los demás, mediante conversaciones informales o deliberaciones formales, se pierde la oportunidad de probar la veracidad de sus argumentos, de forma que esas personas son más propensas a dejarse llevar por sus impulsos. Si el capital social está formado por un entramado de redes, permite el flujo de información útil para alcanzar ciertos objetivos (Putnam, 2000; Durston, 2000).

> La confianza, redes y normas de reciprocidad dentro de la familia de un niño, escuela, grupo de compañeros y comunidad en general, tienen efectos de largo plazo en sus opciones, oportunidades y logros educativos, y por lo tanto en su comportamiento y desarrollo futuro (Putnam, 2000: 296).

El impacto del capital social en la educación informal —en el sentido de Putnam— está determinado por la presencia de grupos organizados en una comunidad, tanto en el bienestar individual como el colectivo. Si una persona se une a un grupo, tiene posibilidad de compartir intereses, desarrollar actividades sociales o buscar alternativas económicas en forma grupal, ya que ha desarrollado capacidades asociativas. La interacción, de acuerdo al autor, permite a las personas crear comunidades, comprometerse entre sí y construir el tejido social.

La importancia de la conformación de redes sociales y la densidad de éstas se ha debilitado en las sociedades modernas, ya que ha disminuido la pertenencia a clubes, grupos o asociaciones. Sin importar la actividad que se desarrolle, ya sea de índole deportiva, ocio o beneficencia, las personas comparten intereses comunes, establecen compromisos informales, lo que se traduce en un fortalecimiento del capital social (Putnam, 2000).

Una manera de valorar el capital social de una comunidad, es identificar las actividades comunitarias de todo tipo, la pertenencia a grupos locales, la asistencia continua a ellos, las reuniones entre amigos, la prác-

tica de actividades de ocio que impliquen trabajo colaborativo, como pertenecer a equipos deportivos, artísticos o de voluntariado social.

Otros factores que afectan el capital social, son la tolerancia y la confianza, ya que la deshonestidad de los líderes provoca en las personas desconfianza. La dispersión urbana también dificulta la integralidad territorial, así como las posibilidades de interacción y participación o convivencia en grupos de interés (Durston, 2000).

El tiempo de ocio dedicado a la televisión ha provocado que las personas se aíslen, esto afecta directamente a la formación de grupos, a la participación en ellos y a la creación del capital social. Se piensa que las nuevas generaciones de jóvenes están menos comprometidas con las necesidades comunitarias; para el caso mexicano las políticas que promueven la participación juvenil son inexistentes; en consecuencia no existe una cultura del trabajo colectivo.

En nuestro país no existen instancias responsables de regular la participación de la mayoría de los ciudadanos, para fomentar una cultura de vida asociativa.

La exploración de la realidad y experiencias de la vida familiar y laboral, ha llevado a redimensionar el papel de las mujeres en la participación comunitaria, en las relaciones y conexiones informales formadas para ayudar a la manutención y cuidado de los hijos y familiares, se trata de relaciones que unen y reorganizan a una comunidad (Niremberg, 2006).

En México el desarrollo, fortalecimiento, producción y reproducción de redes sociales, tienen su base en el trabajo familiar y comunitario de las mujeres. Se trata de la economía del cuidado, llamada así porque corresponde a los bienes y servicios producidos gratuitamente por mujeres para sus hogares y comunidades y que se expresa en el cuidado de los ancianos, los enfermos y los niños (Paré y Lazos, 2003).

En muchos casos el aumento de la asociatividad femenina no se expresa posteriormente en un aumento de su habilitación política, ni en un ejercicio amplio de sus derechos ciudadanos, es decir, en el ejercicio real de ciudadanía, por el contrario persisten conflictos de poder, ocurridos al interior de las familias, por un cambio en las relaciones horizontales dentro de las mismas (Pieck, 1996).

Para crear y fortalecer el capital social y nutrir relaciones sinérgicas, es necesario respaldar la formación de las mujeres para que desarrollen la capacidad de negociación estratégica al interior de la familia, de los dirigentes locales, del agente público y las comunidades con las que interactúan local y regionalmente, con el fin de favorecer vínculos y redes que les permitan acceder a la información y mejores servicios (Putnam, 2000).

Para Putnam (2000: 22), una comunidad o grupo social poco favorecido económicamente pero con un fuerte tejido social o capital social cons-

truido por "lazos de unión" dentro de la propia comunidad —*bonding*— tienen dificultades para acceder a oportunidades para superarse, ya que carecen de aquel capital social más difuso y extensivo —*brinding*— que más que unir a las personas "tiende puentes" entre grupos distintos.

Bajo este enfoque, se reconoce la importancia de la comunidad en su conjunto, en el sentido de que tanto las personas como las familias se asumen como miembros de ella, le dan sentido y justifican el capital social y estructura que les distingue, pero igual importancia tienen para el desarrollo comunitario las relaciones que las comunidades puedan establecer por ejemplo con el estado.

Esta perspectiva del capital social o enfoque de redes, reconoce ventajas y desventajas del fortalecimiento de las asociaciones. Las relaciones intracomunitarias (lazos de unión) otorgan a la familia y la comunidad un sentido de identidad y un propósito común, pero de no contar con cierto nivel de lazos intercomunitarios, que superen diferencias religiosas, étnicas, de clase, género o estatus socioeconómico (puentes de unión), puede ser utilizada para la satisfacción de intereses personales (Woolcock y Narayan , 2000).

Esto implicaría que el fortalecimiento de redes y el contar con densos lazos comunitarios *per se* no aseguran resultados deseables, pero también que los resultados del fortalecimiento del capital social cambian con el transcurso del tiempo.

Una de las críticas al empleo del concepto del capital social, es que en forma directa se le relacione con factores que propician la acción colectiva y la construcción del tejido social; desde una perspectiva de redes autores como Triglia (3003: 139), llaman la atención sobre posibles efectos del capital social, y de cómo las relaciones de un grupo social pueden ser perjudiciales para otros y generar dependencia política, clientelismo o corrupción.

En el análisis del capital social debe incluirse el marco institucional, la tradición política y la cultura de los grupos y organizaciones, no deben olvidarse los comportamientos segregadores, actitudes individualistas, los extremos de la búsqueda de la seguridad y, lo que se ha denominado incluso como capital social negativo.

Triglia (2003), afirma que el capital social es un concepto que debe ser manejado de manera cuidadosa para valorar sus potencialidades y evitar efectos indeseados, por el uso ambiguo e impreciso del concepto.

En una perspectiva distina con su noción de los *brokerage*, Burt (2000), dirige el énfasis más a la calidad de las redes que a su densidad, por tanto la medición del capital social estaría en función de la posibilidad de acceso a la información referente a entornos lejanos e inaccesibles a las personas. En este enfoque las relaciones más alejadas al entorno de las personas son las que pueden significar o retribuirle mayores beneficios.

El autor sostiene que las sociedades modernas se componen de diferentes grupos de personas que mantienen relaciones estrechas, separados entre sí por *brokerage* o espacios estructurales dado que los integrantes de cada grupo está inmerso en sus propias actividades al margen de personas de otros grupos.

En esta idea sólo aquellas personas que logran superar o atravesar esos espacios son quienes cuentan con una ventaja competitiva respecto del resto. El capital social es así el poder de vincularse con diferentes grupos y medios; el poder atravesar esos espacios estructurales que constituye una oportunidad de quebrar la corriente de información rutinaria del propio grupo —la misma gente, las mismas opiniones, las mismas oportunidades— y acceder a posibilidades amplias de acción. Las *conexiones puente* son aquellos vínculos que logran conectar a las personas con grupos distintos al que pertenecen.

Las conexiones que tienden puentes hacia otros grupos constituyen una ventaja y generan capital social, sobre todo en la llamada *sociedad de la información*, de modo que se puede identificar un nuevo tipo de pobreza, el de la exclusión de los canales de información pertinente. De esta manera la construcción de capital social no parte del establecimiento de vínculos estrechos, sino de la capacidad de los actores para establecer diferentes relaciones fuera de su grupo de pertenencia.

El trabajo de campo realizado en esta investigación consideró las aportaciones antes señaladas en su conjunto, y de manera particular para la medición del capital social el instrumento propuesto por el Banco Mundial para destacar como las normas y redes sustentan la acción colectiva.

Se considera el instrumento debido a que, si bien se enfoca a destacar la existencia de redes al interior de una comunidad, puede proporcionarnos información respecto a las posibilidades de asociatividad en Analco.

El Banco Mundial retoma el concepto para sostener que el capital social se relaciona directamente con la cohesión social, aspecto fundamental para que las sociedades aseguren mecanismos de participación de sus habitantes en asuntos de interés público. Dicha participación da lugar a interacciones en donde se establecen compromisos colectivos; lo que favorece la construcción de redes o tejido social y un sentido de pertenencia que favorece un clima de confianza y tolerancia en las colectividades.

La confianza que se genera en un proceso de esta naturaleza, puede permear en personas desconocidas y en las instituciones, es decir que se promueven así nuevos valores y expectativas. Este valor puede construirse e incrementarse en una comunidad mediante la interacción de las personas, en una relación cara a cara; a pesar de las dificultades es posible crear comunidades comprometidas con el futuro de su región,

mediante una combinación de líderes motivados y la formación de redes (Field, 2003).

Para autores como Durston (2000), en las comunidades de mayor capital social los espacios públicos son más limpios, la gente es más amigable, y las calles son más seguras. Localidades con mayores tasas de delincuencia, se caracterizan también porque las personas no participan en organizaciones comunitarias, no supervisan a los jóvenes, y no están vinculados a través de redes de amigos.

Investigaciones recientes sugieren que en las comunidades en donde se fomenta la confianza y las redes sociales, las personas, las empresas y la comunidad en su conjunto, prosperan económicamente, de modo que invertir en el capital social puede ayudar a mitigar los efectos de una desventaja socioeconómica (Banco Mundial, 2004).

Parece haber una fuerte relación entre el nivel de capital social y la salud de la población; el pertenecer a un grupo, voluntariado, entretenimiento colectivo, asistir a la iglesia, entre otros, tiene efectos benéficos en el ánimo de las personas, en comparación de aquéllas comunidades que se encuentran asiladas y donde además no se cuenta con espacios de encuentro para los diferentes grupos de población, tanto en edad como por intereses particulares (Banco Mundial, 2004; Gomá y Font, 2001 y Villasante, 2000).

Los saberes de los habitantes de una comunidad, representan conocimientos útiles y necesarios para desarrollar actividades en beneficio colectivo, pero no son absolutos ya que la percepción de la realidad y situaciones problema, cambian de acuerdo a las diferentes posiciones y roles de las personas respecto de las situaciones problema; de los factores culturales, étnicos, generacionales, de filiación política, de género y edad, entre otros.

El comportamiento de los actores en la comunidad y las relaciones que establecen en ella, tiene que ver con sus intereses y objetivos personales, con la forma en que se organizan, con el tipo de instituciones o grupos, con sus valores y la cultura.

3. Metodología

A la luz de las diferentes aportaciones acerca del concepto del capital social, se elige el instrumento propuesto por el Banco Mundial (2004), debido a que evidencias empíricas refieren la pertinencia de su empleo para dar cuenta de factores que intervienen en procesos participativos en el ámbito local, como son: los grupos y redes, la confianza y solidaridad, la acción colectiva y cooperación, la información y comunicación, la cohesión e inclusión social y el empoderamiento y acción política.

3.1 Tipo de investigación

El análisis del capital social como elemento de diagnóstico para los procesos de educación no escolarizada en la localidad de Analco, corresponde, de acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2003), a un estudio descriptivo. En dichos estudios se busca identificar y describir características de situaciones, personas, grupos, comunidades o cualquier fenómeno sujeto a investigación.

En dichos estudios es necesaro seleccionar un conjunto de cuestiones o rasgos, con los que se desea realizar la descripción del fenómeno a investigar. Con los estudios descriptivos es posible mostrar distintas dimensiones para comprender un determinado fenómeno (Hernández *et al*., 2003).

Conforme a los objetivos de la presente investigación, se da cuenta de cuál es el estado que guarda cada elemento del capital social en la localidad de Analco, Natívitas, como elemento de diagnóstico de los procesos de educación no escolarizada para la participación.

3.2 Sujetos

La selección de los sujetos consideró un muestreo deterministico intencional (Naghi, 2000), formada por 117 sujetos, diferenciados en jóvenes, adultos y adultos mayores con base en las edades de los participantes. Este tipo de muestreo es conveniente cuando se tiene *previo conocimiento de los elementos poblacionales del espacio donde se llevará a cabo el estudio* (Naghi, 2000: 189), de modo que se garantice la inclusión de informantes que se consideran clave en el estudio.

De forma conveniente se consideraron a los jóvenes que asistían a la escuela secundaria (ciclo escolar 2009-2010), para asegurar la participación de este grupo de población. Para los adultos y adultos mayores se buscó integrar en ambos grupos a diferentes actores representativos de la comunidad: como líderes reconocidos, autoridades, padres de familia, amas de casa, comerciantes y campesinos, de modo que se contara con la mayor representación posible de actores sociales. La base de datos de los sujetos que participaron en el estudio se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de los participantes del estudio

Sujetos	Número	Sexo		Edad promedio
		F	M	
Jóvenes	60	26	34	17 años
Adultos	43	31	12	35 años
Adultos mayores	14	3	11	70 años
Total **117**		60	57	

Fuente: elaboración propia.

3.3 Instrumento

El cuestionario utilizado es el propuesto por el Banco Mundial (2004), para medir el Capital Social; consta de un total de 26 preguntas agrupadas en seis variables que dan cuenta de la existencia en una comunidad de los grupos y redes, la confianza y solidaridad, la acción colectiva y cooperación, la información y comunicación, la cohesión e inclusión social y el empoderamiento y la acción política.

En una sección inicial se solicitan datos generales de identificación, como la edad, sexo y dirección. El cuestinario contiene 26 preguntas, agrupadas en seis indicadores:

1. Grupos y redes: preguntas 1 a 7
2. Confianza y solidaridad: preguntas 8 a 10
3. Acción colectiva y cooperación: preguntas 11 a 13
4. Información y comunicación: preguntas 14 y 15
5. Cohesión e inclusión social: preguntas 16 a 22
6. Empoderamiento y acción política: preguntas 23 a 27

3.4 Procedimiento

La aplicación del cuestionario para medir el Capital Social, se realizó en forma de entrevista directa, para facilitar la comunicación debido a dificultades de lectoescritura y para apoyar la comprensión de las preguntas.

4. Análisis y discusión de resultados

A continuación se presentan los resultados de la exploración del Capital Social de la localidad de Analco, Nativitas, Tlaxcala. Se da cuenta de los grupos y redes de Analco, de la confianza y solidaridad existente, de la acción colectiva y cooperación de sus habitantes para beneficio colectivo; se considera el factor de información y comunicación así como la cohesión o inclusión social y la capacidad de empoderamiento de los miembros de Analco, para guiar y transformar su situación actual. Para cada uno se discute el impacto en los procesos de educación no escolarizada para la participación.

4.1 Los grupos y redes de Analco

La mayoría de las personas encuestadas de Analco (73.5%), participa en algún grupo de la localidad (Cuadro 3), en mayor proporción los adultos mayores y jóvenes, en comparación con el 51.6% de los adultos.

Cuadro 3. Participación de las personas en algún grupo de la localidad

Miembros que participan	Jóvenes		Adultos		Adultos mayores		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Si, participan	56	93.3	22	51.16	14	100	92	78.6
No, participan	4	6.7	21	48.84	0	0	25	21.4
Total general	60	100	43	100	14	100	117	100

Fuente: elaboración propia.

A pesar de que la población es mayoritariamente joven, sus espacios de participación están limitados a grupos de amigos y vecinos, sólo una pequeña proporción participa en alguno de los equipos deportivos.

Las posibilidades de que los jóvenes puedan exponer sus puntos de vista en grupos de personas de edades mayores que ellos, son nulas; aunado a ello no existen espacios para que los jóvenes participen en acciones comunitarias o de mejora. Como señala Putnam (2000), si las personas no exponen sus opiniones ante los demás, se pierde la oportunidad de argumentación, esto afecta la confianza y el fortalecimiento de redes dentro de la comunidad.

Los adultos cuentan con mayores opciones de encuentro, tres de ellos son exclusivos para la población masculina, como es el futbol, la fiscalía de la iglesia y el comité de agua potable. Para los adultos mayores, sólo el grupo de educación para adultos tiene presencia primordialmente femenina. El principal espacio de interacción de jóvenes y adultos mayores es con amigos y vecinos (65%), en el caso de los adultos es el futbol (22.7%).

De acuerdo con Niremberg y Brawerman (2003), tradicionalmente las mujeres, como es el caso de Analco, desempeñan un papel importante en el cuidado de los hijos, adultos mayores o enfermos, lo que deviene en relaciones y conexiones informales e importantes de unidad y cohesión, debilitadas en muchas comunidades urbanas. A pesar de la revaloración de esta economía del cuidado, como la llaman Paré y Lazos (2003) la formación de la mujer para la participación en los espacios informales o no escolarizados está limitado a cursos a los que asisten en forma voluntaria algunas mujeres.

En Analco la interacción entre grupos, sobre todo para las mujeres, es mínima; en referencia a Durston (2000) y Putnam (2000), se infiere que las posibilidades de buscar respuesta a sus problemas en forma colectiva, formar grupos y establecer redes, son limitadas. En estas condiciones el desarrollo de capacidades asociativas y para la participación ciudadana, no se avisora como un escenario posible, como señala Pieck (1996),

dichas actividades reproducen el esquema asistencialista y limitan una posible habilitación política y ejercicio ciudadano.

Los grupos que buscan mejoras directas, realizan gestiones entre los habitantes, fijan cuotas y organizan reuniones periódicas, es el comité del agua potable, mismo que también se encarga de administrar el suministro de los pozos de agua de riego. Sólo existe un antecedente de grupos formados para atender problemas prioritarios, que trabajaron aproximadamente seis meses, para realizar gestiones ante el DIF estatal. Como resultado de dicho esfuerzo, se equipó el consultorio médico y se logró la asignación de un médico (Ramírez, 2008) (Cuadro 4).

En los diferentes grupos u organizaciones de Analco, la característica que todos comparten (100%) es el género por sobre la religión, todos dicen profesar la religión católica. El 100% se identifican por su ocupación y no por el nivel educativo.

Las personas de Analco tienen poca interacción con otros grupos externos a su localidad. Los adultos mayores son los que se relacionan en mayor proporción (85. 71%); una posible explicación es que las principales actividades de este grupo tienen que ver con la gestión del agua y actividades religiosas. El grupo de adultos en casi un 50% establece relaciones externas, si se considera que la principal actividad que les congrega es el deporte, los encuentros y torneos son motivo de encuentro. Los jóvenes de Analco mantienen relación de amistad principalmente en la comunidad (95%), sólo un porcentaje pequeño interacciona con grupos externos (5%).

Cuadro 4. Los grupos de Analco y la participación de jóvenes, adultos y adultos mayores

Grupos de Analco	Jóvenes		Adultos		Adultos mayores		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
1.Amigos y vecinos	53	94.6			7	50	60	65.25
2.Futbol	3	5.4	5	22.7			8	8.7
3.Fiscalía			2	9.0	3	21.4	5	5.4
4.Educación para adultos			4	18.3	2	14.3	6	6.5
5.Cursos en la presidencia de comunidad			6	27.3			6	6.5
6. Comité de agua potable			2	9.0	2	14.3	4	4.3
7.Microtúneles de hortalizas			3	13.7			3	3.3
Total que si participan	56	100	22	100	14	100%	92	99.9

Fuente: elaboración propia.

El número de amigos de los grupos encuestados es mayor para los adultos mayores (57.14%). Casi el 50% de los jóvenes tienen de cuatro a seis amigos, mientras que para la misma proporción de adultos es de uno a tres (Cuadro 5). El hecho de que existan un número considerable de amigos con los cuales platicar y compartir información, representa una fortaleza, dado que esas interacciones permiten que se establezcan relaciones afectivas, de modo que las personas se sientan más identificadas con su entorno y con los problemas cotidianos, que en aquéllas comunidades donde existen dificultades para establecer relaciones de amistad.

Cuadro 5. Número de amigos

No. de Amigos	Jóvenes		Adultos		Adultos mayores		Total	
	f	%	f	%	F	%	f	%
1 -3	21	35.00	22	51.16	0	0	43	36.8
4 -6	28	46.67	7	16.28	8	57.14	43	36.8
7 -9	11	18.33	14	32.56	6	42.86	31	26.5
Total	60	100	43	100	14	100	117	100

Fuente: elaboración propia.

La percepción que tienen los encuestados respecto de la ayuda económica que les puedan proporcionar para cubrir sus gastos por una semana, por parte de personas ajenas a su hogar inmediato o parientes cercanos, es nula en el caso de los jóvenes, lo que es entendible debido a que todos son estudiantes. En el caso de los adultos y adultos mayores, las posibilidades son escasas (95.3%); estos resultados son comprensibles ya que la localidad tiene características de marginalidad y pobreza.

Respecto a los grupos y redes de Analco, los resultados señalan que a pesar de que la mayoría tiene una participación en su comunidad, ésta se restringe a pocos espacios de interacción, sobre todo en el caso de los jóvenes. Las principales actividades grupales, limitan la actuación de la mujer, a pesar de que se tiene un número considerable de equipos deportivos, no existe un sólo equipo femenil.

Los procesos de educación no escolarizados, se sustentan en la participación de los habitantes; si en Analco no existe su impulso de forma sistemática, y los espacios no consideran las necesidades diferenciadas de las personas, no se ensayan ni desarrollan capacidades para la actuación colectiva.

La falta de interacción dificulta a las personas buscar alternativas a sus problemas en forma grupal, comprometerse entre sí y fortalecer el tejido social (Putnam, 2000).

4.2 La confianza y la solidaridad

El nivel de confianza de los encuestados respecto de los habitantes de Analco es positivo; en particular en los jóvenes y adultos mayores, la proporción de adultos que consideran que no se puede confiar en nadie es pequeña (9.3%). La percepción que tienen los encuestados acerca de la disposición o ayuda que los habitantes mostrarían en caso de ser necesario (80%) representa también una fortaleza. Esta expresión de una posible solidaridad es mayor para los jóvenes (96.7%) y adultos mayores (92%) que para los adultos (65%).

Respecto a la confianza que tienen los habitantes por los funcionarios del gobierno local es elevada: para los tres grupos encuestados en promedio representa un 86% de confianza en una proproción muy grande, y grande, y un 13% en una proporción media. Para profundizar en este resultado, se les pide que justifiquen su respuesta, las razones se explican en función de las obras públicas realizadas por el actual presidente de comunidad, las campañas de limpieza y por el número de cursos superior a otras administraciones.

La confianza por las autoridades municipales es contraria a la que expresan por el Presidente de Comunidad: el 75% expresa que su confianza es pequeña, la justificación que externan los tres grupos es que sólo los conocen de nombre, porque no es común que visite la localidad.

Las contribuciones a proyectos que benefician a otras persona o a la comunidad, mediante recursos de los habitantes, no se conciben como viables, en cambio se pronuncian por dedicar tiempo (Cuadro 6). Estas respuestas son entendibles debido a las condiciones que privan en la localidad.

Cuadro 6. Contribuciones a proyectos que benefician a otros o a la comunidad

	Jóvenes		Adultos		Adultos mayores		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
No contribuiría con tiempo	9	15.00%	6	13.95%	4	28.57%	19	16.2%
Contribuiría con tiempo	51	85.00%	37	86.05%	10	71.43%	98	83.8%
Total	60	100.0%	43	100.0%	14	100.0%	117	100.0%
No contribuiría con dinero	60	100.00 %	42	97.67%	14	100.00%	116	99.1%
Contribuiría con dinero	0	0.00%	1	2.33%	0	0.00%	1	0.9%
Total	60	100.0%	43	100.0%	14	100.0%	117	100.0%

Fuente: elaboración propia.

La confianza entre las personas de Analco constituye un rasgo positivo y una fortaleza, que se pueden ser potencializados en procesos participativos, situación que también se manifiesta hacia la autoridad local. Para Argüello (2003), la confianza es un factor clave para manifestar disposición para sumarse a proyectos comunitarios, incluidos los que buscan una mejora en las condiciones de vida de la comunidad.

La poca confianza en la autoridad municipal, es un asunto que prevalece en Analco según las personas entrevistadas; retomo a Jiménez (2002) cuando señala que ésta se construye a través de las relaciones entre goberante y gobernados, se entreteje cuando se percibe el interés, movilización de recursos y ejecución de actividades que se traduzcan en mejoras para los habitantes.

5. Acción colectiva y cooperación

La participación de los encuestados en alguna actividad organizada para beneficiar a la comunidad, como ya se ha evidenciado es limitada. En el caso de los jóvenes, no han participado el 92%, los adultos el 56% y adultos mayores el 36%. Las actividades fueron campañas de limpieza, para organizar torneos deportivos y fiestas religiosas y para recabar dinero que sirvió para reparar la red que suministra el agua de los pozos a las parcelas.

Para las autoridades locales, los jóvenes no representan un sector que pueda contribuir con acciones de mejora para su comunidad (Cuadro 7).

Cuadro 7. Ocasiones en que las personas se reunieron para realizar acciones de mejora en la comunidad

	Jóvenes		Adultos		Adultos mayores		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
0 ocasiones	55	91.7 %	24	55.8%	5	35.7%	84	71.8
De 1 a 3 ocasiones	5	8.3%	19	44.2%	9	64.3%		28.2
De 4 a 5 ocasiones	0	0.00 %	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
Total	60	100.0 %	43	100.0%	14	100.0%	117	100.0%

Fuente: elaboración propia.

Como señala Paré y Lazos (2003), la formación para la participación ciudadana es una condición indispensable para el fortalecimiento del capital social, si las personas de Analco no tienen posibilidad de actuación

comunitaria, el desarrollo de capacidades para tomar decisiones, movilizar recursos y ejecutar actividades de interés público son limitadas.

6. La información y comunicación en Analco

El acceso a la información en Analco es limitado: la proporción de llamadas telefónicas se concentra principalmente en los jóvenes (30%) quienes realizan o reciben una llamada, los adultos en un (42%) ya que el 50% de ellos señala no recibir llamadas en un mes.

La principal fuente de información acerca de lo que hace el gobierno municipal y estatal, es por plática con familiares, amigos y vecinos; para los tres grupos encuestados (63%), los líderes locales también son reconocidos como un medio fiable de este tipo de información (20%).

El interés por conocer qué factores condicionan la educación no escolarizada para la participación, nos llevan a reconocer la importancia del acceso a la información y los mecanismos de comunicación entre los distintos actores involucrados en los niveles de responsabilidad correspondiente.

Así lo reconoce Ramos y Reyes (2005), cuando afirma que la comunicación es un factor que pasa desapercibido sin valorar que de ella depende que los actores expresen su necesidad de involucrarse en acciones conjuntas, motivadas por intereses comunes en el convencimiento de que su participación les será de beneficio individual y colectivo.

En Analco los mecanismos de comunicación para conocer qué quieren las personas, qué necesitan, en qué desean capacitación, para qué quieren reunirse o con qué cuentan cada una de ellas, no son ensayados. En consecuencia, como propone Benedicto (2003), el diálogo que favorezca el desarrollo de capacidades para el trabajo colaborativo y el manejo del conflictos, no se encuentran al alcance de las personas por lo que iniciativas de educación no escolarizada en este sentido deberán considerar la opinión de los habitantes.

Si se considera la visión de Burt (2000), respecto a la calidad de las redes o posibilidad de acceso a la información a entornos lejanos e inaccesibles para el común de las personas, el nivel educativo de Analco, y que la comunidad se mantiene al margen de personas de otros grupos externos, se infiere que existen desventajas para establecer *conexiones puente,* que posibiliten a las personas a superar la corriente de información impuesta por la misma gente, igual opinión, iguales oportunidades, para acceder a otros ámbitos de acción.

7. Cohesión e inclusión social

En Analco como en cualquier comunidad, existen diferencias en patrimonio, ingresos, nivel social, creencias o religión. Las personas encuestadas

consideran en un 83% que estas diferencias no son motivo de problemas.

En cambio, las principales diferencias que provocan problemas en Analco de acuerdo a las personas participantes, tienen que ver con el consumo de alcohol (65%), la presencia de personas de otras localidades (22%) y en menor proporción a la pertenencia a partidos políticos distintos (13%).

La mayoría de las personas encuestadas (80%), perciben que las diferencias señaladas no derivan en violencia.

Un factor que influye en la cohesión social se relaciona con las posibilidades que tienen las personas de interaccionar, compartir puntos de vista e identificarse con otros, en alusión a la propuesta de Durston (2000) la tolerancia y la confianza infuyen en las posibilidades de interacción y participación o convivencia en grupos de interés.

Al pertenecer a un grupo las personas fortalecen el sentido de pertenencia. En Analco las personas que pertenecen a los tres grupos encuestados, no se reúnen de manera frecuente, esto dificulta que se logren diálogos y se tomen acuerdos entre iguales (Cuadro 8).

La seguridad es otro factor que influye en el nivel de cohesión de una comunidad; en Analco los jóvenes y adultos se sienten menos seguros que los adultos mayores (Cuadro 9).

Cuadro 8. Frecuencia de reuniones con otras personas

Numero de ocasiones	Jóvenes		Adultos		Adultos Mayores		Total	
	f	%	f	%	f	%	F	%
0	0	0.00%	24	55.8%	0	0.00%	24	20.5
1	30	50.00%	11	25.6%	9	64.29%	50	42.7
2	30	50.00%	5	11.6 %	5	35.71%	40	34.2
3	0	0.00%	3	6.9	0	0.00%	3	2.6
4	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.0%
5	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.0%
Total	60	100.0%	43	99.99%	14	100.0%	117	100%

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 9. Sentimiento con respecto al delito y la violencia

Opciones de respuesta	Jóvenes		Adultos		Adultos Mayores		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Muy seguro	5	8.33	0	0.00	9	64.29	14	12.0
Parcialmente seguro	9	15.00	28	65.12	5	35.71	42	35.9
Ni seguro ni inseguro	33	55.00	9	20.93	0	0.00	42	35.9
algo inseguro	13	21.67	6	13.95	0	0.00	19	16.2
muy inseguro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0
Total	60	100.0	43	99.99	14	100.0	117	100

Fuente: elaboración propia.

8.El empoderamiento y la acción política

El sentimiento de felicidad de una persona influye en las posibilidades de que ésta reconozca el derecho de tomar las riendas de su futuro, tomar la iniciativa para realizar acciones a favor de mejores condiciones de vida. Los jóvenes expresan sentirse felices (91.6%), en mayor proporción que los adultos (63%); en cambio los adultos mayores, en un 71% dicen sentirse poco infelices. Las principales causas tienen que ver con sus problemas de salud y la incertidumbre provocada por la situación económica precaria en la que viven.

La forma en que las personas se conciban con el derecho de tomar decisiones que les permitan cambiar el curso de su vida, tiene una influencia en las relaciones que establezcan con otros actores sociales de su comunidad. El 95% de los adultos perciben que tienen algunos derechos y por tanto el poder de realizar cambios en su vida, en comparación a los jóvenes (37%). Los adultos mayores en su mayoría (85.7%), consideran que tienen muy pocos derechos y poder, debido a su edad.

La iniciativa de los habitantes para formular peticiones en forma conjunta en la localidad de Analco, no es una práctica común. En un año la frecuencia de reuniones grupales para solicitar a los funcionarios beneficios para la comunidad, se limitó a dos ocasiones para los adultos y adultos mayores. No existen en la localidad antecedentes de peticiones por parte de los jóvenes, y con ello se evidencía el desconocimiento del derecho ciudadano de solicitar rendición de cuentas.

Un espacio tradicional de participación ciudadana es el derecho a votar en las elecciones municipales, estatales y nacionales. En la localidad los jóvenes participantes no tienen edad para votar. Los adultos son las personas con mayor presencia en las urnas, con un abstencionismo considerable (30.2%); para el caso de los adultos mayores éste se incrementa a un 71.4% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Frecuencia con que las personas ejercen su derecho al voto

Opciones de respuesta	Jóvenes		Adultos		Adultos mayores		Total	
	f	%	f	%	f	%	f	%
Si	0	0.00%	29	69.77%	4	28.57%	33	28.2%
No	60	100.00%	14	30.23%	10	71.43%	84	71.8%
Total general	60	100.00%	43	100.00%	14	100.00 %	117	100%

Fuente: elaboració propia.

Los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores que componen el cuestionario del capital social del Banco Mundial (2004), permiten evidenciar las condiciones reales en las que se desarrollan procesos participativos, incluyendo aquéllos que debieran impactar en el desarrollo de capacidades para el trabajo colaborativo, la asociatividad y la búsqueda de soluciones a los problemas más sentidos de la comunidad.

Conclusiones

El objetivo del estudio fue analizar el capital social de esta localidad, como un indicador del estado que guardan los procesos de educación no escolarizada para la participación.

La pertinencia del estudio se justifica ante el desconocimiento de cuáles son las capacidades reales de los habitantes de una comunidad para la participación. En Tlaxcala, los procesos de educación para la participación ciudadana no obedece a una prioridad de los gobiernos locales quienes no desarrollan iniciativas con este propósito explícito.

En Analco, como en otras comunidades, prevalecen condiciones de marginalidad que impiden la acción colectiva. Un hallazgo en este sentido es que se logró evidenciar que más allá del aparente desinterés de los habitantes de la localidad por participar en asuntos de interés público, existen condiciones desfavorables para que los habitantes se relacionen, tomen la iniciativa, se organicen y establezcan relaciones como una respuesta a temas o problemas que les resulten de interés.

El tejido social de Analco es muy frágil debido a una actuación limitada de sus actores sociales de todas las edades, pero sobre todo de los jóvenes, su población mayoritaria. Espacios tradicionales para el disfrute del tiempo de ocio y actividades recreativas, están limitadas a la práctica de deportes por jóvenes mayores de 18 años y sólo del sexo masculino, lo que reproduce relaciones inequitativas de género.

El papel limitado de los jóvenes para asumirse como parte de la comunidad, establecer compromisos y responsabilidades al interior de grupos afines a ellos, imposibilita su organización futura, ya que no se ensayan ni desarrollan capacidades para la participación comunitaria, que implican la toma de decisiones en consenso o construidas en forma colectiva. La participación en una comunidad requiere del desarrollo de capacidades de diálogo, de argumentación, de puesta en común de ideas.

En relación a la confianza hacia la autoridad local, representa una de las fortalezas de Analco que está sujeta a los periodos gubernamentales. Es necesario considerar que la dinámica de una comunidad es cambiante, como lo es el proceso en el que se configura la participación ciudadana, misma que está condicionada a la forma en que diferentes momentos las personas perciben su entorno y lo que para ellos les resulta de valor.

La solidaridad de los habitantes se constituye también en una fortaleza a considerar en iniciativas que demanden la percepción que tienen los habitantes como miembros de una comunidad. Se considera importante profundizar en la percepción de los habitantes acerca del ejercicio del liderazgo de las autoridades y de actores sociales reconocidos por el colectivo por su liderazgo.

Un tema de investigación derivado de la presente investigación tiene que ver con el estudio de capaciades y potencialidades de los grupos locales; esta recuperación de saberes es una condición para romper con políticas asistencialistas o paternalistas, que sólo diagnostican necesidades para una actuación del gobierno que debe responder o subsanar carencias.

A la luz de los temas que en este trabajo se han analizado y los resultados del trabajo de campo, se considera importante avanzar en el establecimiento de agrupaciones de base en las comunidades que permitan tejer relaciones solidarias entre iguales, asunto que está al alcance de las autoridades locales.

La información generada en esta investigación representa un referente para abordar el estudio de las localidades y comprender los procesos que sustentan la participación ciudadana, en virtud de que éstos dependen de las condiciones reales del tejido social.

Bibliografía

Arguello, M. (2004). *Introducción al desarrollo local sustentable*, Centro de Investigaciones CIUDAD, Quito, Ecuador.

Banco Mundial (2004). *Cuestionario integrado para la medición del capital social (INQUESOC)*, Grupo de expertos en capital social.

Benedicto, J. (2003). *Aprendiendo a ser ciudadanos. Experiencias sociales y construcción de ciudadanía entre los jóvenes*, Prisma, Ecuador.

Bourdieu, P. (1983). "Forms of capital", en JC Richards (ed.), *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education*, New York, Greenwood Press; citado por Durston, J. (2002), *Capital social y gestión participativa en la Cuenca de Pátzcuaro*, CEPAL, Santiago de Chile.

Burt, Ronald (2000). *Structural Holes versus Network Closure as Social Capital*, University of Chicago and European d´Administration d´Affairs, United States of America.

Cabrero, E. (2001). *La experiencia descentralizadora reciente en México.* Documento de trabajo, CIDE, México.

Castilla, G. (2008). "Educación popular —juventud— participación: una alianza posible", en Moacir, G. (Ed.), Paulo Freire, *Contribu-*

ciones para la pedagogía, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Buenos Aires, pp. 47- 64.

Coleman, J. (1990). *Foundations of Social Theory,* Cambridge, Mass, Harvard University Press, citado por Durston, J. (2002), *Capital social y gestión participativa en la Cuenca de Pátzcuro*, CEPAL, Santiago de Chile.

Conrado, M. (2000). *Hacia un enfoque teórico y metodológico de la educación no formal de adultos en la Administración Pública*, Prisma, Perú.

Docuba (2000). *La educación no formal. Documento de base para una política de juventud*, Consejo de Juventud de la Región de Murcia, España.

Durston, J. (2000). *¿Qué es el capital social comunitario?,* Serie Políticas, CEPAL, Santiago de Chile.

Field, J. (2003). *Social Capital*, London, Routledge, citado por Durston, J. (2002). *El capital social campesino en la gestión del desarrollo rural*, LC/G.2185-P, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, Santiago de Chile.

Gomá, R. y Font J. (2001). *La democracia local: un mapa de experiencias participativas,* Ariel Ciencia Política, Venezuela.

Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*, Mc Graw Hill, México.

Illich, I. (1974). *La sociedad desescolarizada*, Barral editores, España.

INEGI, (2005). *II Conteo de Población y vivienda*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

Jiménez, M. (2002). *Nuevos escenarios de democracia local. Las experiencias de presupuestos participativos,* Ariel Social, Barcelona, España.

Naghi, Mohammad (2000). *Metodología de la Investigación,* Limusa, México.

Nirenberg, O. (2006). *El diagnóstico participativo local en intervenciones sociales,* Centro de Apoyo al Desarrollo Local, CEADEL, Argentina.

Nirenberg, O. y Brawerman J. (2003). *Programación y Evaluación de Proyectos Sociales; aportes para la racionalidad y transparencia*. Colección Tramas Sociales, vol. 19, Ed. Paidós, Buenos Aires, Argentina.

Núñez, C. (1996). *¿Qué es la educación popular?,* Investigación participativa y educación popular en América Latina hoy, IMDEC, México.

Palma, D. (2000). *La participación y la construcción de ciudadanía*, CLACSO, Chile.

Paré, L. y Lazos, E. (2003). *Escuela Rural y organización comunitaria instituciones locales para el desarrollo y el manejo ambiental,* Plaza y Valdés, México.

Pieck, E. (1996). *Función social y significado de la educación comunitaria, una sociología de la educación no formal*, El Colegio Mexiquense-UNICEF, Estado de México, México.

Putnam, R. (2000). *Aproximaciones conceptuales e implicaciones del enfoque del capital social*, Panel 1: Aproximaciones conceptuales e implicancias del enfoque del capital social, Serie Seminarios y Conferencias, CEPAL, Chile.

Ramos, M. y Reyes, M. (2005). "Gobiernos locales y participación ciudadana: hacia un enfoque de gestión estratégica asociada", en *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad,* vol. XII, núm. 34, septiembre-diciembre de 2005, Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, México, pp. 39-66.

Triglia, Carlo (2003). "Capital Social y desarrollo local", en Bagnasco, Arnaldo; Piselli, Fortunata, Pizzorno Alejandro y Triglia, Carlo. *El Capital Social, Instrucciones de uso*, FCE, Argentina, pp. 123-152.

UNESCO (1999). *Objetivos de la Educación para el Desarrollo Sostenible*.

Villasante, T. (2001). *Prácticas locales de creatividad social,* vol. 2, Construyendo ciudadanía, El Viejo Topo, Barcelona.

Woolcock, Michael y Narayan, Deepa (2000). *Capital Social: Implicaciones para la teoría, la investigación y las políticas sobre desarrollo,* PREVAL, Perú.

Ziccardi, A. (2004). *La participación ciudadana como componente de la gobernabilidad democrática: el caso del Distrito Federal,* tomo II, INEHRM, México.

Informantes clave entrevistados y citados en el documento:

Entrevista con el Señor Mariano Cordero responsable de la Liga de futbol de Analco, el día 10 de enero de 2008.

Entrevista realizada al Señor Agustín Ramírez Badillo, Presidente de la comunidad, el día 3 de enero de 2008.

Entrevista realizada al Sr. Félix Reyes Luna, líder de Analco.

Entrevista realizada el día 6 de febrero de 2008, al Señor Antonio Tlahuis, mayordomo de la Iglesia de la Candelaria de Analco.

La atracción migratoria reciente y acumulada y su contribución en el manejo de la cuenca Atoyac-Zahuapan, Tlaxcala

José Dionicio Vázquez Vázquez[1]

Introducción

A pesar de que la Tierra se cubre del 70 % de agua, la mayor parte es salada el 2% es dulce y sólo el 1% se considera apta para el uso y consumo humano. Del agua dulce casi el 70% se encuentra congelada en los casquetes polares y en glaciares (CONAGUA, 2010). Ya desde los años 90 se señala que varios de los países desarrollados (Estados Unidos, China, India y Rusia) son quienes extraían el mayor volumen de agua y cerca del 63% se utilizaba para irrigar las tierras de uso agrícola. México era uno de los mayores consumidores de tal uso. Los Estados Unidos también son quienes extraían más agua *per cápita*, siguiéndoles Canadá, Australia, Rusia, Japón y México. También el uso doméstico y municipal es importante, pues un 7% se extrae a nivel mundial, sin dejar de lado el alto volumen de aguas de desecho que se generan por el consumo doméstico, municipal e industrial, de tal forma que

> a medida que crecen la población y la industrialización en los países subdesarrollados, el volumen de aguas de desecho que necesita tratamiento, aumentará enormemente en áreas en donde la mayor parte de las aguas de desecho que se produce en la actualidad sólo se tratan de manera parcial o no reciben tratamiento alguno (Miller, 1994: 367-369).

No se puede dejar de mencionar la importancia que tienen los bosques que representan la tercera parte de la cubierta de la Tierra, quienes generan materias primas, permiten conservar la biodiversidad, producen agua, impiden la erosión del suelo y aminoran los efectos del cambio climático. A nivel nacional, la cubierta forestal de bosque y selvas era

1 El Colegio de Tlaxcala, A.C.Correo electrónico: josedioniciovaz@gmail.com

de 48.2 millones de hectáreas al año 2007, representando casi el 30% de la superficie vegetal total, perdiendo anualmente una 348 mil hectáreas por el efecto de la deforestación (CONAGUA, 2010). La falta de agua, el crecimiento de la población, la industrialización y el desabasto de alimentos pueden provocar mayor subdesarrollo en las regiones más desprotegidas socialmente, siendo una alternativa a mediano y largo plazos, pagar por los servicios ambientales brindados.

A nivel estatal, la región de la cuenca Atoyac-Zahuapan es la base territorial donde coexisten los recursos hídricos, biológicos, ecológicos y sociales. Dentro de este último, ubicamos a la parte demográfica que ejerce presión sobre varios recursos; entre ellos destaca el del uso del agua, que através de la inmigración reciente y acumulada, puede generar otros problemas que se esbozan en el presente trabajo, inscrito dentro del desarrollo sostenible y enfocado a tratar algunos aspectos socioambientales como la relación entre la población y el agua. Trabajos importantes han abordado el recurso agua en la cuenca del Alto Balsas, en los estados de Morelos y Tlaxcala, del cual forma parte la Cuenca a analizar (Oswald, 1999; 2003; Oswald y Hernández, 2005). En dichos materiales se aborda con detalle los aspectos hidrogeológicos, socieconómicos y de contaminación del agua. Éste no es el objetivo del presente material de alcances más limitados.

El análisis resalta la importancia de la inmigración (reciente y acumulada) y su relación con el uso del agua. No se analiza el impacto de la inmigración y el uso del agua en el territorio de la cuenca Atoyac-Zahuapan (CAZ), pues tal empresa requeriría de una investigación profunda que arrojara resultados sobre el antes y después de tal relación. Lo que se presenta es la localización de la afectación probable de la inmigración sobre el uso del agua, entre otros aspectos, con base en trabajos que se relacionan con tal vínculo, como la instalación de fábricas textiles (con información histórica) y de Ciudades, Corredores y Parques Industriales; éstos son factores que han posibilitado la inmigración de población de otros estados incrementando la demanda del recurso agua. El orden de la exposición abarca los siguientes puntos: en el primero se presenta la región de la cuenca Atoyac-Zahuapan justificando el análisis de los datos sobre la migración reciente y acumulada. En el segundo se comentan los antecedentes de la migración interna de la cual forman parte tanto la migración reciente como la acumulada, donde se hace notar que a nivel estatal en la inmigración hay mínimas variantes. En el tercero, se presentan algunos datos generales sobre los lugares de residencia y de nacimiento de la población de 1995 y 2000. Por último, se desmenuza al interior de la región de la cuenca Atoyac-Zahuapan la información sobre la migración reciente y acumulada, dando cuenta de los lugares donde se han asentado los residentes y lo nacidos en otros estados, pero que en la actualidad viven en los diferentes municipios del estado de Tlaxcala.

Los datos presentados posibilitan comprender los niveles de atracción que presenta la cuenca para personas que vivían en estados como Puebla, Estado de México, Distrito Federal y Veracruz en 1995, o quienes habiendo nacido en estados como Puebla, Distrito Federal, Estado de México y Veracruz, decidieron asentarse en la cuenca. El trabajo da una idea básica de la problemática de demanda de servicios como el agua, que sobre la cuenca pueden generarse debido a la atracción de personas de otros lugares.

1. Consideraciones generales

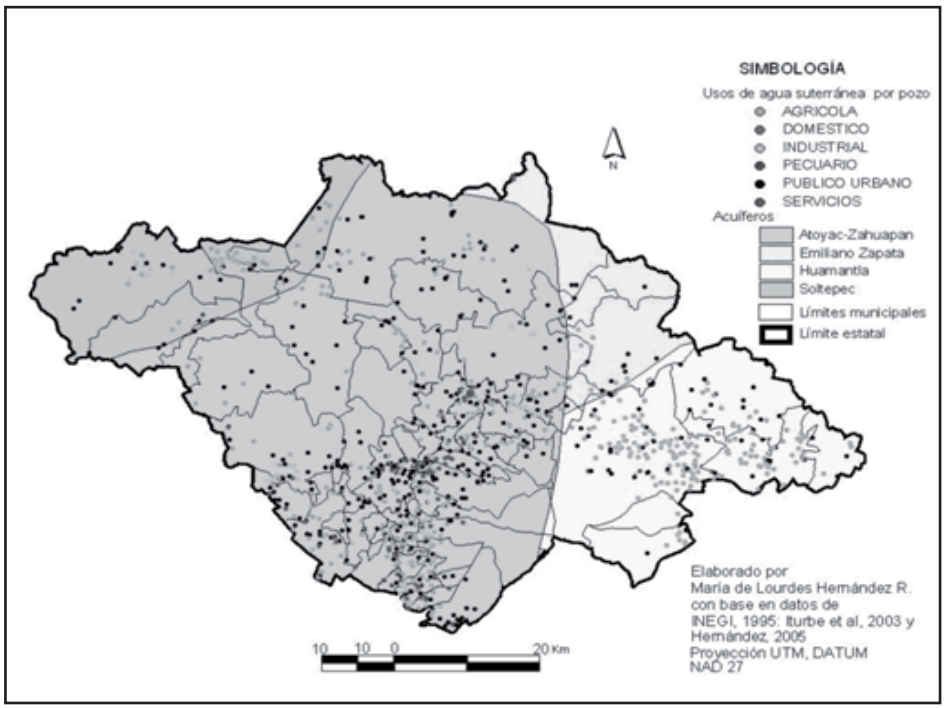
Información del 2007 reporta que México recibe 1.51 billones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De ésta, el 72.5% se evapora, transpira y regresa a la atmósfera; mientras que el 25.6% escurre por los ríos o arroyos y el 1.9% que resta, se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal manera que los acuíferos reciben 78.5 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable. La extracción de 27. 5 mil millones de metros cúbicos se efectúan a través de pozos, norias, galerías filtrantes y manantiales. Sin embargo, el agua subterránea no es infinita, pues tanto los acuíferos nacionales como los estatales se encuentran en sobreexplotación constante, sin considerar incluso que del 70% del volumen que se suministra a la población, el 33% se destina a la agricultura y el 62% lo utiliza la industria. La sobreexplotación viene creciendo a nivel nacional desde los años 70, pues en esa década pasó de 35 acuíferos sobreexplotados a 104 al año 2006, considerando el dato relevante que casi el 60% de esa agua subterránea se extrae para todos los usos.

Las aguas subterráneas en México se dividen en 653 acuíferos o unidades hidrogeológicas, conforme a lo publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, el 5 de diciembre de 2001 (IMTA-SEMARNAT, 2010). De tal forma, la unidad básica para el manejo del agua es la cuenca hidrológica, donde se considera la forma en que escurre el agua en la superficie (cuencas hidrográficas) y en el subsuelo (acuíferos). La cuenca Atoyac-Zahuapan del estado de Tlaxcala, forma parte de la cuenca del Alto Balsas, una las trece regiones hidrológico-administrativas en que se organiza el país para fines de administración del agua (IMTA-SEMARNAT, 2010; Saldaña, 2003: 255).

La región de la cuenca Atoyac-Zahuapan está integrada por 50 municipios y abarca desde el municipio de Tlaxco donde nace el río Zahuapan, hasta la frontera con el estado de Puebla hacia el sur del estado de Tlaxcala. También atraviesan la cuenca los acuíferos de Emiliano Zapata ubicado al noreste, el de Huamantla al este y el de Soltepec al noroeste del estado; sin embargo, los datos sobre migración reciente y acumulada del presente trabajo, se concentran sólo en la parte de la cuenca Atoyac Zahuapan. Resaltan también los usos del agua subterránea de pozos, donde

en la cuenca se localizan la mayor diversidad y uso de los mismos, donde se aglomeran del centro hacia el sur los de uso público urbano, combinado con los usos agrícola, doméstico, pecuario y de servicios. También contiene la cuenca los 5 módulos en un sólo distrito de agua de riego, uno en el norte y 4 hacia el sur. Mención importante merece el agua proveniente de pozos de uso industrial que se autoabastece para la extracción, conservación, transformación de materia primas o para el acabado de productos. Esto es posible debido a que la cuenca Atoyac-Zahuapan (CAZ) contiene la mayor cantidad de industrias del estado autoabastecidas (112), donde al menos cuentan con un pozo de agua cada una de ellas. El mayor uso de agua de origen superficial y subterráneo lo tiene el agrícola, seguido del uso urbano, rural y doméstico, tal como lo indica el mapa presentado abajo (Hernández y Santacruz, 2007).

Mapa 1. Cuenca Atoyac-Zahuapan



Fuente: Hernández, *et al*. (1995, 2003, 2005).

Según lo anterior, la cuenca Atoyac-Zahuapan se puede considerar una región si se le define como "un espacio territorial delimitado por el uso de una misma fuente hidráulica y por las relaciones sociales que se generan en torno a la misma", sin coincidir necesariamente con delimi-

taciones administrativas y límites precisos. Tal cuenca "se define como el territorio por el que drenan las aguas superficiales hacia un punto en común que desemboca" en el mar del Océano Pacífico (Dávila *et al.*, 1998). Al parecer no hay al momento, mayor claridad de una región que la natural para partir hacia el análisis de la misma, debido en parte a que las regiones que se construyen mediante la abstracción se diseñan a partir de objetivos que no preceden al conocimiento del investigador.

Por lo tanto, el estudio de la atracción migratoria reciente y acumulada dentro de la cuenca Atoyac-Zahuapan se justifica debido a las relaciones que establece ésta con los asentamientos humanos, a través del agua —y no sólo de ella—, como recurso aprovechable, desde el punto de vista físico y geográfico. De hecho, la evolución de las cuencas hidrológicas mexicanas explica gran parte del desarrollo regional del país que inicia en los años 40, según estudios efectuados por Barkin y King en los años 70 (Rionda, 2009).

2. Antecedentes de la migración interna del estado de Tlaxcala

La migración reciente y acumulada forma parte de la metodología de la medición que se utiliza para analizar la migración interna. La fuente indirecta se integra de los datos censales, en este caso del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. En este apartado los presentes datos están referidos al proceso de migración interna a nivel general, y tienen como finalidad presentar una descripción de los principales elementos que la componen. Señala también las principales características que la migración tuvo en el estado de Tlaxcala en dos períodos que van de 1950-1970,1980 y datos comparativos con el período de 1990[2].

2.1 Migración e inmigración de 1950 a 1990

Para 1950, más del 10 % de inmigrantes provenían de los estados de Puebla, Hidalgo, y del estado de México, mientras que en la migración, el estado destino, que recibió a más del 10 % de ellos fue Puebla. En las corrientes migratorias netas, los estados que más recibieron migrantes (de 20 000 a 30 000) fueron los de Puebla y el Distrito Federal.

En 1970, quienes colaboraban con el 10% de inmigrantes eran los estados de Puebla, Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo y Veracruz.

2 Se extrajo la información (en tanto no se mencione lo contrario), mediante la lectura de mapas y tablas referidas a la migración interna de Tlaxcala, del documento de Gutiérrez de Mac Gregor María Teresa *et al.* (1998). *Nuevo Atlas de migración interna en México, 1990,* Ed. UNAM y Plaza y Valdés Editores, México.

Por otro lado, los que partían, se dirigían hacia los estados de Puebla, Estado de México, Distrito Federal, Hidalgo y Veracruz, representando a más del 10% de migrantes, los tres primeros estados. Referente a los estados que recibieron a la población que se movilizó desde el estado de Tlaxcala, los que recibieron a más de 30 000 personas fueron, Hidalgo y el Distrito Federal. Los tlaxcaltecas que emigraron hacia alguna ciudad o municipio en 1970 en las áreas metropolitanas con fuerte atracción[3], llegaron a instalarse principalmente a la ciudad de México y al municipio de Tepeapulco, Hidalgo con 67 952 y 860 personas, respectivamente.

Siguiendo con la información censal consignada en el *Nuevo Atlas de Migración interna en México, 1990*, el estado de Tlaxcala, como la mayor parte de los estados, sufre variaciones en la movilización de la población, donde los principales componentes de la migración interna acumulada[4] en México son la inmigración acumulada, la emigración y la migración neta. Con respecto a la primera, el estado de Tlaxcala estaba considerado como de inmigración baja, donde la cantidad de inmigrantes oscilaba entre 93.6 a 186.3 mil personas. Forma parte del grupo de entidades del sureste: Campeche, Tabasco, Chiapas, Oaxaca; o con los del centro-norte del país: Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Querétaro y Nayarit; además de Baja California Sur, Colima, Guerrero e Hidalgo. En ellos se concentra el 14.5 % de la inmigración acumulada de 1990, con una población no oriunda de los mismos de 2 millones de personas. Lo anterior indica que estas entidades han sido atractivas para residir o trabajar en ellas, aún cuando la inmigración sea catalogada como baja.

Dentro de la migración, se consideraba al estado de Tlaxcala con la categoría de baja, pues a diferencia de los migrantes y con destinos diversos como Baja California Sur, Sonora y Chihuahua, Nayarit, Aguascalientes, Querétaro, Morelos y Tabasco, suman un total de 1.3 millones de migrantes. En la migración neta acumulada, la entidad se cuenta entre las que tienen un saldo negativo pero bajo, es decir, que tuvo una migración menor a los 40 mil individuos, emigrando sobre todo habitantes que van de los 19 a los 39 años de edad.

3 Se consideran así a los centros urbanos que en el período de 1960-1970, se distinguieron por su elevado crecimiento demográfico medio anual, superior al 6.6 %, equivalente al doble del promedio nacional. Por otro lado, existen algunas áreas metropolitanas integradas por varias unidades político-administrativas, como municipios o delegaciones, como en el caso del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara.

4 Se refiere a la población de la suma total que registra a los que llegan y se van del estado. No se refiere a la fecha en que se realizó el censo. No permite identificar las tendencias generales de la movilidad interna en un período más cercano de la población.

En la evolución de la población inmigrante y de su proporción con respecto a la total de la entidad, en el período de 1900 a 1990, en Tlaxcala, los inmigrantes no alcanzan a representar el 20 % de la población total. En relación con el sexo, para el mismo periodo en la entidad representa variaciones, donde en 1900 existía un equilibrio tanto de hombres como de mujeres inmigrantes (o sea, la relación entre el número de inmigrantes hombres por cada 100 mujeres), predominando los hombres en la etapa revolucionaria, llegando a un equilibrio en la siguiente década, volviendo a dominar el sexo masculino hacia la década de los 30. Es en los 40 donde existe una disminución en las mujeres y hacia los 50, se tiende de nuevo hacia el equilibrio; predominando las mujeres hacia los próximos cuarenta años, es decir, hasta 1990. La edad a la que inmigraron en 1970 y 1990, osciló entre los 20 y 29 años, siguiéndole en importancia el grupo de edad, de 30 a 39 años.

Específicamente, para el año 1990, la composición por edad de la población inmigrante se presenta de la siguiente manera: el 30 % fue de 0 a 14 años, el 40 % de jóvenes de 15 a 34 años, mientras que los adultos comprendidos entre los 35 y los 64 años, llegaban al 23 % y, finalmente, los ancianos de 65 años y más, apenas llegaba al 5 %. Para los años de 1950, 1970 y 1990, el estado de Tlaxcala se caracterizó como expulsor de población, aunque ha ido disminuyendo esa tendencia hacia el último período, lo que para los estudiosos significa decremento social, pues sale a otros lugares fuerza de trabajo capacitada, desarrollando e impulsando la economía de otros estados, municipios o localidades debilitando al estado de origen. Lo cierto es que el estado de Tlaxcala, va en franco descenso como entidad de expulsión de población.

2.1.1 Migración reciente y acumulada de 1985 a 1990 a nivel estatal

Respecto al proceso de la inmigración y emigración neta reciente, para el período que va de 1985 a 1990 se consideran los siguientes datos. Existe una diferencia entre la migración acumulada y la migración reciente, pues mientras que la primera abarca períodos más largos y no permite identificar las tendencias generales de la movilidad interna en un período más cercano de la población, la migración reciente indica un período de tiempo más corto para su análisis, por ejemplo: población mayor de 5 años que en 1985 residía en otra entidad; lo anterior permite identificar las tendencias generales de la movilidad interna en un período más cercano, y establecer cuáles son las entidades con mayor atractivo para los inmigrantes, las de mayor expulsión de emigrantes y el balance migratorio de cada entidad, sin el peso de anteriores movimientos demográficos.

La entidad de Tlaxcala en el período de 1985 a 1990 recibió a 35, 906 personas provenientes de otros lados, cifra que representa el 41.24 %[5] de inmigración reciente, que es fuerte en relación con la inmigración acumulada. Sin embargo, el estado se cataloga como de muy baja atracción y también como de baja expulsión, pues en ese período emigraron 25 028 personas a otros lugares. La diferencia entre los saldos anteriores dio como resultado una migración reciente positiva (10, 878), pues fue más la gente que ingresó al estado, que la que salió (INEGI, 1990 y 1992).

Hacia 1990, la población que entró a Tlaxcala fue de 93 595, mientras que los que emigraron hacia otros estados fueron 162 477, los cuales optaron por instalarse en estados como el Distrito Federal, el Estado de México, Puebla, Hidalgo y Veracruz, respectivamente. En los períodos, de 1950, 1970 y 1990, la migración neta acumulada da a conocer cifras negativas, lo cual significa que existió más gente que salió del estado de la que entró.

Las principales corrientes migratorias netas, muestran de dónde provino la gente que llegó a Tlaxcala y hacia dónde se dirigió la que decidió abandonarla. Así, notamos que la mayor población que se desplazó hacia Tlaxcala provino de Puebla, Distrito Federal, Estado de México, Veracruz e Hidalgo y, la que optó por dejar el estado de Tlaxcala, se dirigió hacia el Distrito Federal, el Estado de México, Puebla, Hidalgo y Veracruz, en ese orden.

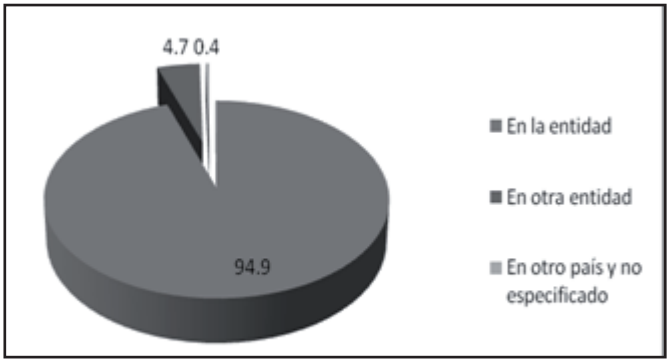
El crecimiento medio anual del período de 1950 a 1970 fue del 2%, al igual que para la inmigración, y del 3.8% para la migración, creciendo la población estatal poco más del doble en ese lapso. Para el período de 1970 a 1990, el crecimiento medio anual fue de 3%, del 6.7% para la inmigración y del 2% para la migración. Los períodos muestran un incremento en la inmigración y una leve disminución en la migración.

3. Lugares de residencia y nacimiento de 1995 y 2000 a nivel estatal

Cinco años antes del 2000, la población de cinco años y más que tenía su lugar de residencia en otros estados y otros países, aún cuando es menor la inmigración y por lo tanto la atracción que históricamente ha tenido el estado, sin grandes cambios de los lugares de origen, siendo la mayor parte residentes en el territorio tlaxcalteca desde 1995.

5 Se refiere al porcentaje con respecto a la inmigración y emigración acumuladas de la población mayor de 5 años.

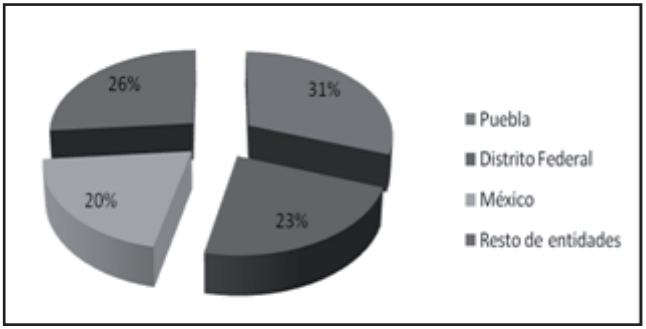
Gráfica 1. Población estatal de 5 años y más por lugar de residencia en 1995



Fuente: INEGI (2000).

Si se toma el 4.7% como el 100% de la población que residía en otros estados de la república mexicana en 1995, se considera lo siguiente: quienes residían en el estado de Puebla representaron el 31%, el resto de entidades un 26%, los residentes del Distrito Federal sumaron 23%, en tanto que 20% residía en el estado de México, como se muestra en el gráfico. La atracción del estado sigue sin variaciones a lo largo de al menos tres décadas, tanto de quienes nacieron en otra entidad, como de los que residían en otros lugares en el año 1995.

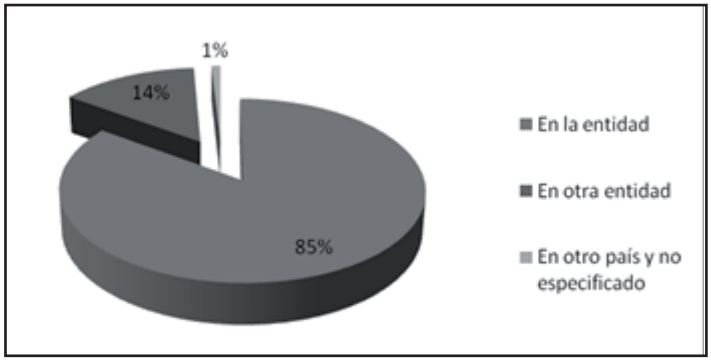
Gráfica 2. Población estatal por lugar de residencia en 1995



Fuente: INEGI (2000).

Hacia el año 2000, la población que residía en el estado de Tlaxcala pero que había nacido en otros estados y en otros países, sumaban el 14% respecto de la población total estatal, al mismo tiempo que los residentes en la entidad eran el 85% de la población. Mientras, la población que nació en otro país y los no especificados representaron el 1%.

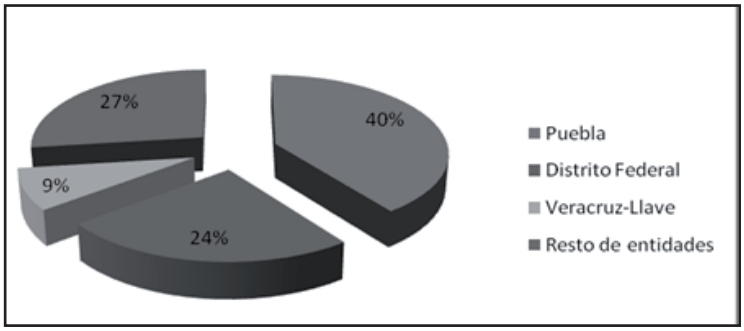
Gráfica 3. Población estatal por lugar de nacimiento al 2000



Fuente: INEGI (2000).

Del 14% arriba mencionado que nacieron en otra entidad, al considerarlo como el 100% de la población originaria de otros estados, pero que vive en Tlaxcala, se considera que 40% proviene de Puebla, 24% del Distrito Federal, 9% de Veracruz-Llave, y el 27% corresponden al resto de entidades, como lo muestra la sigueinte gráfica.

Gráfica 4. Población originaria de otros estados al 2000 en Tlaxcala



Fuente: INEGI (2000).

Podría parecer baja la población inmigrante con residencia reciente (1995 al 2000), sin embargo si se estudiara con datos empíricos a la cuenca Atoyac-Zahuapan, podrían extraerse datos de quienes señalaron vivir en otro estado al año 2000, es decir, ubicando desde cúando llegaron a Tlaxcala, qué servicios han demandado desde entonces, entre muchos otros aspectos de los cuales carece la información indirecta.

4. La región de la cuenca Atoyac-Zahuapan y su relación inmigración-uso del agua

4.1 Población total

La población total de la cuenca Atoyac-Zahuapan al 2000[6] fue 850, 108, correspondiendo al 88.3% de la población total que era de 962, 646 personas, es decir que los 50 municipios acumulan la mayor parte de la población del estado, y de ahí que resida su importancia para el análisis del estudio. En tanto, para el año 2005, la población de la cuenca ascendió a 953, 142, correspondiendo al 89% de la población total que era de 1,068,207, creciendo al menos un punto porcentual, es decir que la cuenca alojó a poco más de 100 mil personas en cinco años, del 2000 al 2005.

4.2 Atracción migratoria reciente municipal

La atracción migratoria reciente municipal se refiere a la proporción de la población en otra entidad, respecto a la población total del municipio. Se le llama migración reciente debido al período de corte que se establece en los cinco años antes al levantamiento censal, obteniéndose los datos a partir de la cantidad de personas que optaron por cambiar su lugar de residencia entre el año 1995 y el 2000[7]. Estos datos permiten el análisis de los flujos migratorios a partir de la entidad de expulsión y del municipio o municipios atractivos.

Los datos se presentan en forma descendente, de tal forma que se tenga la idea de cuáles son los municipios donde existe mayor inmigración por cada estado expulsor, donde sus pobladores decidieron cambiar su lugar de residencia hacia los municipios del estado de Tlaxcala, es decir cuáles estados expulsaron población y cuáles municipios resultaron atractivos para las personas que cambiaron su residencia en un período de 5 años. La metodología aplicada fue la siguiente:

6 Los datos que se analizan son del 2000, pues son datos precisos que se presentan a nivel municipal, aún cuando se hace una comparación con los del 2005.

7 El INEGI para extraer los datos de la residencia en 1995 de las personas preguntó en el año 2000: *Hace 5 años, en enero de 1995 ¿en qué estado de la República o en qué país vivía?* En este trabajo se dan a conocer los datos que corresponden a la inmigración interna y no a la migración internacional.

4.2.1 Metodología

Se extrajeron los datos tanto de los residentes que en el año 1995 (atracción migratoria reciente) vivían en otro estado, como de los que nacieron en otra entidad pero que al 2000 ya vivían en Tlaxcala (atracción migratoria acumulada). Ambos datos se extrajeron de la fuente del INEGI 2000, del XII Censo de Población y Vivienda. Únicamente se trabajaron los datos correspondientes a los 50 municipios que integran la región cuenca Atoyac-Zahuapan, seleccionando a los 3 municipios con los mayores valores de inmigrantes, tanto de residentes como de nacidos en otros estados, con el criterio de que la sumatoria de los 3 valores diera como resultado más del 50% de la población total de cada municipio. De esa forma, la base de datos sirvió para construir los mapas donde se reflejan las tendencias tanto de expulsión como de atracción de población, así como la consolidación de los centros de atracción de la población.

Los valores totales se calcularon a partir de la siguiente fórmula:

Atracción Migratoria Reciente

Fórmula: Atracción Migratoria reciente $AMR = \frac{POB\_RES\_OT * 100}{POB\_TOT\_MUN}$

AMR= Atracción migratoria reciente
POB_RES_OT= Población que cambió de lugar de residencia en el período de cinco años anteriores al levantamiento censal
POB_TOT_MUN= Población total de municipio

4.2.2 Residentes que vivían en el estado de Puebla

Antes de iniciar con el desarrollo de este apartado, primero consideramos necesario ubicar el contexto histórico del uso de agua industrial, que no sólo afectó desde mediados del siglo XIX la rivera del Zahuapan, sino que también modificó las relaciones entre la población trabajadora de aquélla época. Desde ese siglo se puede ubicar la presión de la población sobre el recurso agua y el entorno, aun cuando no se ubique presencia fuerte de la población de origen poblano o de otro estado, sin dejar de señalar que los acontecimientos sobre la instalación de fábricas pudieron ser, desde antaño, atractivos para los habitantes de las regiones vecinas de Tlaxcala. De forma más precisa:

> En 1842 se inició la construcción de fábricas textiles en Tlaxcala. Se construyeron en la rivera de los ríos Atoyac, Zahuapan y sus afluentes, edificándose en comunidades específicas donde controlaban la fuerza

de trabajo de las poblaciones (lo mismo que hacían las haciendas). Se construyen con grandes muros de piedra, posteriormente se les agregan torretas de vigilancia, tiendas de raya, casas para obreros y empleados, huerta, iglesia, naves para la maquinaria, patios para el secado de las telas, depósitos para agua, cocina, casas para los propietarios y oficinas" (González,1991:23).[8]

Las citas históricas obedecen a la importancia de los municipios donde se instalaron las fábricas textiles, más que a la presencia de inmigrantes en esos años, es decir que sirven tales datos como ejemplo de la presión poblacional trabajadora sobre el agua.

Por un lado nos referiremos a los datos de 1995 al 2000 de la población inmigrante, y por el otro, haremos énfasis en algunos datos que existen sobre la importancia de los municipios receptores de inmigrantes.

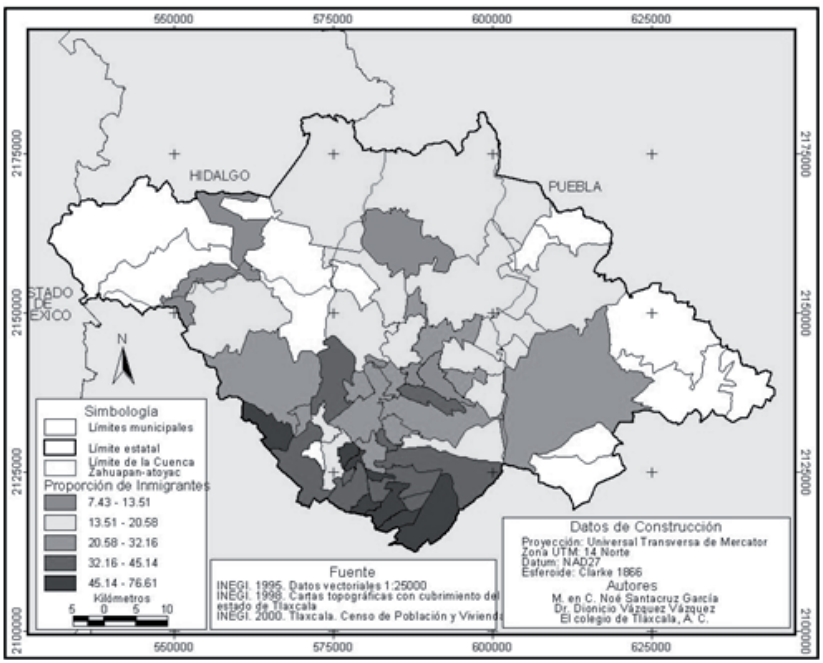
Los rangos de la proporción más importante y más alta de la población de los cuatro estados que se describen, lo representa sin lugar a dudas el estado de Puebla, pues los inmigrantes abarcan casi toda la cuenca Atoyac-Zahuapan del estado de Tlaxcala. El primer grupo (del 7.43% al 13.51%) que en 1995 residía en Puebla pero que ahora residen en Tlaxcala, se ubica en los municipios de Sanctórum, Atlangatepec, Amaxac y Santa Cruz Tlaxcala. Es decir, que en ese rango, el más bajo de los cinco grupos se ubican los residentes que vivían en Puebla, respecto a la población total de cada municipio donde ahora residen. El caso de Santa Cruz es emblemático, pues ahí se instalaron tres de las primeras fábricas como lo fueron "San Manuel" (1877), "La Trinidad" (1880) y "La Estrella" (1890). La segunda trasciende, por lo siguiente: primero, la fábrica se instaló a orillas del río Tequixquiatl, con el objeto de que la fuerza motriz del agua moviera la pesada maquinaria textil; segundo: su dueño Manuel Morales Conde era residente de la ciudad de Puebla, y tercero; las telas de algodón en crudo que se producían se enviaban a la planta de acabados de la fábrica "Los Ángeles" ubicada en Puebla (González, 1991: 13-24). La fábrica tuvo una influencia regional, pues en su cuenca "se edificaron fábricas de hilados y tejidos y más adelante, uniéndose al Zahuapan y al Atoyac, otras prósperas fuentes de algodón entre Tlaxcala y Puebla" (Grande, 1991: 184-185). La fábrica no sólo se constituyó como centro de trabajo, sino que destacaron los aspectos culturales como el traslado de las formas de organizar el trabajo a través de tiendas de raya, práctica particular de las haciendas; el fervor religioso mediante la construcción de una capilla; las relaciones entre trabajadores de la

8 Las fechas y datos son tomados de González (1991), en tanto no se señale lo contrario.

región y quienes ahí se hospedaban; organización para el deporte, y las luchas por los derechos laborales que inician en 1907 y que persisten hasta el cierre del fábrica en diciembre de 1967 (cfr. Valencia, 1991: 189-206). Aun cuando Amaxac recibió poca población que vivía en Puebla al 2000, no se debe olvidar su importancia histórica debido a que desde el año 1900 con la instalación de la fábrica textil de "Santa Elena", debió necesitar agua para la producción y secado de telas que producía.

El segundo grupo (del 13.51% al 20.58%), se ubica sobre todo en Tlaxco, Españita, Xaltocan, Muñoz de Domingo arenas, Yauquemehcan, Tetla, Terrenate, Xalostoc, Tocatlán y Tzompantepec. De este grupo, resalta el municipio de Tetla, pues hacia 1901 junto con Apizaco, se instaló en su territorio en las márgenes de la cuenca Atoyac-Zahuapan, la fábrica "San Luis Apizaquito", requiriendo de agua tanto para la fábrica como para la población trabajadora de los alrededores. El grupo inmigrante con mayor diversidad de municipios que alojan a población poblana al 2000, un poco más hacia el sur, son San José Teacalco, Tetlanohcan, Tetlatlauhca y Texoloc.

Mapa 2. Inmigrantes con residencia en el estado de Puebla en 1995



Fuente: Santacruz y Vázquez (2010).

El tercer grupo (del 20.58% al 32.16%), se ubica —trazando una línea imaginaria de oeste a este del estado de Tlaxcala—, en los municipios de Ixtacuixtla, Nopalucan, Totolac, Tlaxcala, Apetatitlán, Chiautempan, La Magdalena, pasando por Apizaco, Huamantla, y un poco hacia el sur, en los lugares de Coaxomulco y Tepeyanco. Dentro de estos rangos tiene relevancia histórica el municipio de Chiautempan, pues ahí se instalaron dos fábricas importantes: nos referimos a "La Xicohténcatl" (1894), y "La Providencia", que producían textiles de lana.

El cuarto grupo (del 32.16% al 45.14%) se localizan hacia el sur del estado a los residentes de Puebla, en lugares como Panotla, Nativitas, Zacatelco, Axocomanitla, Ayometla, Texoloc, Mazatecochco y Acuamanala. El último grupo (del 45.14% al 76.61%), es el que tiene mayor presencia, aún cuando son pocos municipios con residentes de Puebla, como son los de Tepetitla, Zacualpan, Huactzinco, Quilehtla, Tenancingo, Papalotla, Xicohtzinco y San Pablo del Monte. Siguiendo con las notas históricas cabe señalar la instalación de la fábrica "El Valor" (1842), ubicada entre Papalotla de Xicohténcatl y Xicohtzinco, donde en éste último también se instalaron "La Josefina" (1885), "La Alsacia" (1885) que trabajaba estampados y "La Tlaxcalteca" (1885) (González, 1991:24).

2.4.3 Residentes que vivían en el Estado de México

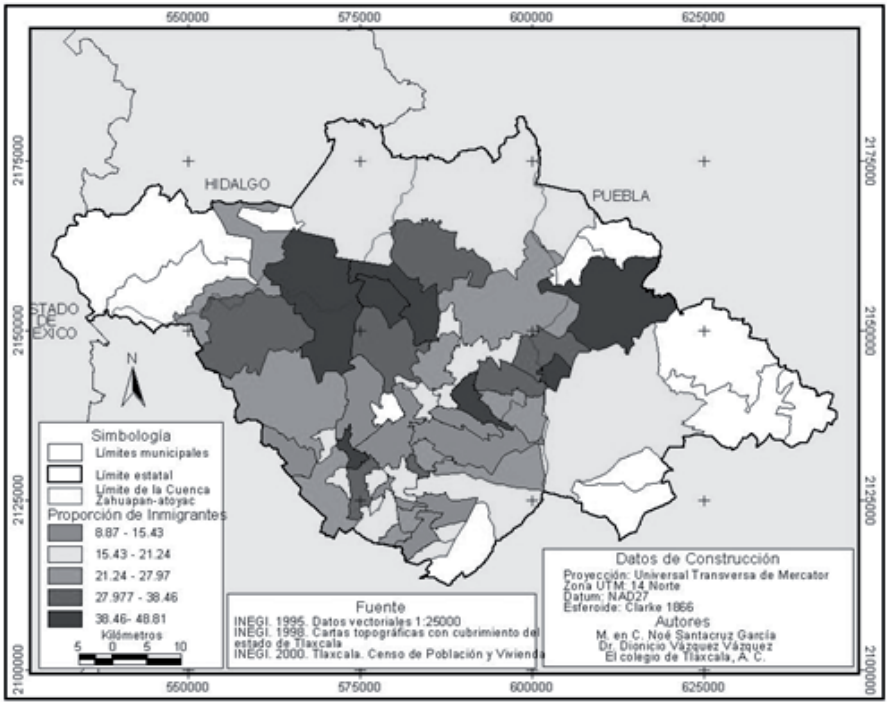
Los primeros rangos de residentes provenientes del Estado de México (del 8.8% al 15.43%) son la proporción más pequeña que llegaron a Tlaxcala y la segunda menos diversa, pues llegaron a Panotla, a la cabecera municipal de Tlaxcala, instalándose en este municipio la fábrica Textil "La Tlaxcalteca" en 1877[9]. Los mexiquenses también llegaron a los municipios de Contla, Chiautempan, Tepetitla, Huactzinco, Acuamanala, Quilehtla y Papalotla de Xicohténcatl. El segundo rango de residentes (del 15.45% al 21.24%) es el más nutrido y diverso que llegó a Tlaxco, Apizaco, Amaxac, siguiendo hacia Apetatitlán, Huamantla al oriente, regresando un poco hacia el sur rumbo a Nopalucan, Santa Apolonia Teacalco, Zacualpan, Xiloxoxtla, Axocomanitla, Zacatelco, Teolocholco, Mazatecochco y Tenancingo.

El tercer rango (del 21.24% al 27.97%) se ubica a partir del Este desde Sanctórum e Ixtacuixtla, bajando hacia Nativitas, luego hacia el sur por Xicohtzinco, Ayometla, La Magdalena y Tetlanohcan. Un poco más arriba de estos municipios los residentes originarios del Estado de México suponemos, decidieron vivir en San José Teacalco, Coaxomulco, Yauquemeh-

9 Se debe recordar que en San Toribio Xicohtzinco ocho años después se instala una fábrica de igual nombre (ver detalles en González (1991: 24 y ss.).

can y Tetla. En cuarto lugar, y en forma ascendente se localiza al grupo (del 27.97% al 38.46%) que reside en el norte en municipios variados como Atlangatepec y Xaltocan, hacia el poniente Españita, y rumbo al oriente Xaloztoc, Tzompantepec; hacia el sur Tetlanohcan y Xiloxoxtla.

Mapa 3. Inmigrantes con residencia en el Estado de México en 1995



Fuente: Santacruz y Vázquez (2010).

2.4.4 Residentes que vivían en el Distrito Federal

El primer grupo del rango menor (del 4.94% al 15.94%) de residentes provenientes del Distrito Federal llegaron a asentarse del centro del estado y hacia el sur en los municipios de Panotla, Tetlanohcan, Teolocholco, Tenancingo, Xiloxoxtla, Zacatelco, Xicohtzinco y Ayometla. Luego, otra proporción (del 15.94% al 23.38%) llegó de norte a oriente y descendiendo al sur, en los lugares de Muñoz de Domingo Arenas, Tepetitla, Nativitas, Texoloc; yendo un poco hacia el centro del estado, en la cabecera Tlaxcala y Totolac; regresando hacia el sur con Zacualpan, Contla, Chiautempan, La Magdalena y Acuamanala. El siguiente grupo (del 23.38% al 30.07%), con diversidad de lugares del centro y del sur, lo integran los municipios de Ixtacuixtla, Nopalucan, Tetlanohcan, Santa Apolonia Teacal-

co, Tepeyanco, Mazatecochco, Yauquemehcan, Apizaco, Tzompantepec y Coaxomulco. En el centro Apetatitlán, Santa Cruz Tlaxcala y al oriente, sobresale Huamantla. El cuarto grupo se asentó con una proporción mayor (del 30.07% al 39.92%) en el poniente en Españita y Hueyotlipan; en la parte central en Amaxac, Tetla, Terrenate, Xaloztoc y Tocatlán, hacia el norte en Atlangatepec. El quinto grupo más importante (del 39.92% al 48.02%) se ubicó en lugares disímbolos como Sanctórum, Tecopilco, San José Teacalco y Tetlanohcan.

2.4.5 Residentes que vivían en Veracruz

Este conjunto de rangos que son los de menor proporción respecto a la población total municipal, llegaron residentes de Veracruz a San Lucas Tecopilco (del 0 al 2.38%), Totolac (del 2.38% al 5.35%), y Papalotla de Xicohténcatl (del 5.35% al 11.81%). Yendo en ascenso en San Pablo del Monte (del 11.81% al 15.29%) y finalizando en San Lorenzo Axocomanitla (del 15.29% al 16.90%).

4.3 Atracción migratoria acumulada municipal

Esta atracción se refiere a la población que nació en una entidad distinta a aquélla en la que reside al momento de ser captada por el censo, y se define como la proporción de la población nacida en otra entidad, con respecto a la población total de un municipio. Cabe aclarar que este indicador no capta la fecha en la que se efectuó el desplazamiento de la población a su lugar de residencia en el período de levantamiento[10]. Sin embargo, este dato de atracción migratoria acumulada nos indica, al menos, qué regiones o municipios se han consolidado a lo largo del tiempo como polos de atracción poblacional. En orden descendente es como se presentan los siguientes datos de atracción acumulada, es decir del estado con mayor presencia en los municipios de la cuenca, al estado con menor presencia, respecto a la población total del municipio al que llegaron, a sabiendas que la cuenca de la región Atoyac-Zahuapan en ocasiones sólo abarca una mínima porción del municipio atractivo. La metodología aplicada fue la siguiente:

Atracción Migratoria Acumulada

Fórmula: $AMA = \frac{POB\_NAC\_OT * 100}{POB\_TOT\_MUN}$

10 La pregunta que hizo el INEGI en el censo del 2000 fue *¿en qué estado de la República o en qué país nació?* En este caso sólo se hace referencia a los estados de origen de los residentes.

Donde:

AMA= Atracción migratoria acumulada
POB_NAC_OT= Población nacida en otra entidad
POB_TOT_MUN= Población total del municipio

4.3.1 Residentes nacidos en Puebla

En este apartado se dará especial énfasis a los usos del agua localizada en los distintos municipios que integran la región Atoyac-Zahuapan, ejemplificando la importancia que tiene en su relación con la migración acumulada. De la población nacida en Puebla, pero que al año 2000 residían en varios municipios de la cuenca, se tiene que la población de esa entidad atraída hacia San Lucas Tecopilco, Hueyotlipan, Españita, Tetla, Tzompantepec, Tocatlán, San José Teacalco, Santa Cruz Tlaxcala y San Damián Texoloc, entre otros, iban del 12, 76% al 22.78% con respecto a la población total de los mismos. Quienes decidieron vivir en los municipios de Tlaxco, Atlangatepec, Muñoz de Domingo Arenas, Yauquemehcan, Xaloztoc, Tlaxcala y Teolocholco, estaban en el rango de 22.78% al 35. 66%, respecto a la población total de llegada o de destino. De estos municipios destaca el de Atlangatepec, pues ahí se localiza tanto población atraída del estado de Puebla como una de las principales presas de la cuenca Atoyac-Zahuapan como lo es San José Atlanga. El agua se aprovecha principalmente para la agricultura y se distribuye a través de 161 kilómetros de canales y de cinco módulos ubicados al suroeste del estado (Hernández y Santacruz (2007: 86).

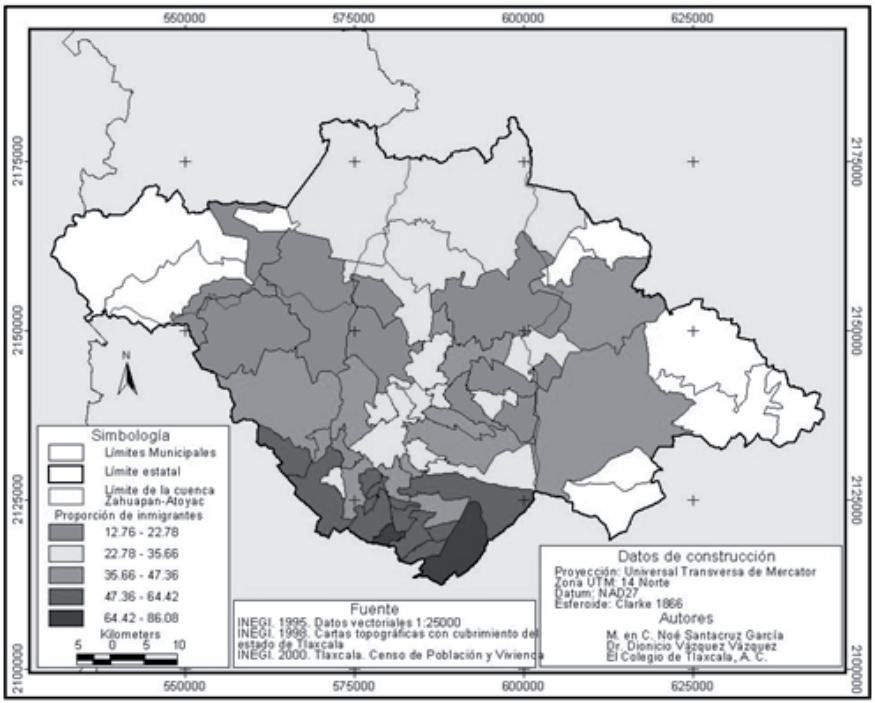
Hubo otros pobladores que iban incrementando su llegada hacia Terrenate, Apizaco, donde existe el corredor industrial Apizaco-Xalostoc-Huamantla, que tiene pozos de agua para su proceso productivo. Los inmigrantes también llegaron a Huamantla, Contla, Chiautempan, Ixtacuixtla, Panotla y Santa Ana Nopalucan, así como en Tetlatlauhca, Tepeyanco, Xiloxoxtla y Acuamanala, con un porcentaje que iba del 35.66% al 47.36%; quienes se iban concentrando más hacia el sur se asentaron en Tepetitla, Nativitas, Teolocholco, Zacatelco, Papalotla de Xicohténcatl y Tenancingo, entre otros. De este grupo destaca Huamantla que aloja una proporción considerable de habitantes poblanos, pero además porque para la actividad agrícola utiliza la mayor cantidad de agua del pozo.

Sin lugar a dudas, los lugares más atrayentes por su cercanía al estado de origen fueron los de Xicohtzinco y San Pablo del Monte, siendo éste último el asentamiento más natural de los poblanos, pues culturalmente es más cercano al estado de Puebla que a Tlaxcala. La población asentada era del 64.42% al 86.08% con respecto a la población total de los municipios atractores, es decir, que proporcionalmente son los municipios que atrajeron más población del estado de Puebla. Lo anterior no

quiere decir que el resto de entidades no tuvieran presencia, pero en menor proporción tales como Coahuila, Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, San Luis Potosí y Sinaloa.

Es en Panotla donde se encuentra la presa derivadora (Módulo IV) que abarca parte de Nativitas y en conjunto abarcan el 90% de la superficie del Distrito de Riego 056 Atoyac-Zahuapan. En el supuesto de que en esta zona se localiza la mayor parte de la proporción de población de origen poblano, es necesario planear el recurso agua, de tal manera que a mediano o largo plazo se considere la incidencia de los inmigrantes de otros estados a través de un proyecto metropolitano, pues los municipios arriba mencionados se encuentran conurbados con los municipios del estado de Puebla.

Mapa 4. Inmigrantes que nacieron en el estado de Puebla al 2000



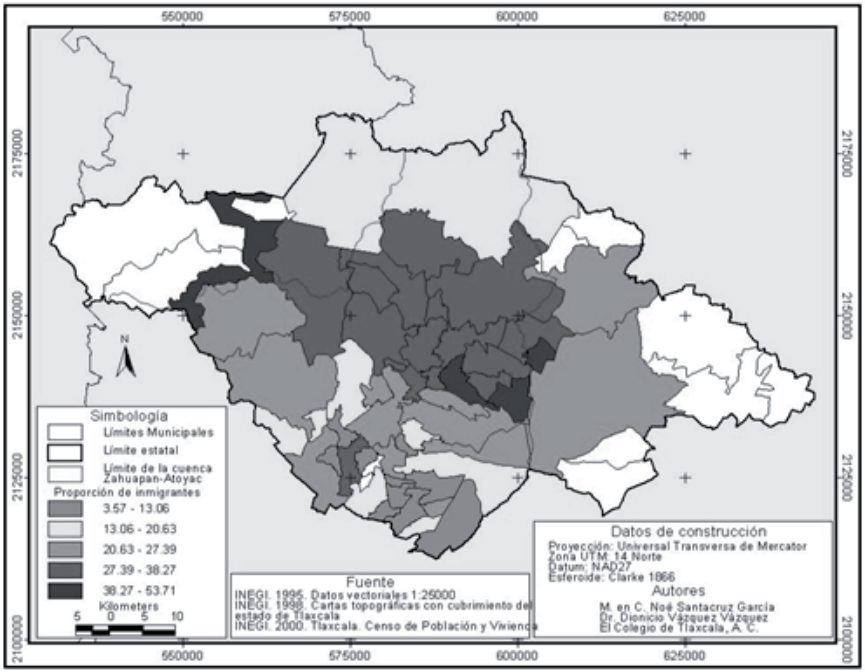
Fuente: Santacruz y Vázquez (2010).

4.3.2 Residentes nacidos en el Distrito Federal

Quienes nacieron en el Distrito Federal optaron por residir en los municipios Santa Apolonia Teacalco, San Damián Texoloc, San Jerónimo Zacualpan, Santa Isabel Xiloxoxtla Ayometla y Quilehtla, entre otros, en una

proporción que iba del 3.57% al 13.06%. Hacia el norte se asentaron en el municipio de Tlaxco, donde se instaló la Ciudad Industrial Xicohténcatl III, y hacia el sur llegaron a Panotla, Nopalucan, Teolocholco, Zacatelco, La Magdalena Tlaltelulco y Tenancingo con un rango del 13.06% al 20.63%. En esta zona de la cuenca (la mayor parte ubicados al sur del estado de Tlaxcala), existen más de 20 pozos de agua destinado a la agricultura, donde Zacatelco destaca al menos con 10 pozos, debido en parte a que la dinámica poblacional y socioeconómica es más importante. La racionalización del agua y su cobro deben ser considerados en la planeación, pues es considerable la población del Distrito Federal en esta zona.

Mapa 5. Inmigrantes que nacieron en el Distrito Federal al 2000



Fuente: Santacruz y Vázquez (2010).

Quienes optaron por Terrenate, Ixtacuixtla, Españita, Huamantla, Chiautempan, Tetlanohcan y Contla, entre otros, oscilaba el rango entre el 20.63% al 27.39%. Habrá que señalar que el Corredor Industrial Malintzi abarca desde Chiutempan, La Magdalena, Xiloxoxtla, Teolocholco y Acuamanala, requiriendo grandes cantidades de agua para su proceso productivo. Este puede ser uno de los factores para que los individuos del Distrito Federa fueran atraídos hacia esta zona. Los pobladores que llegaron hacia parte del centro-sur hacia el norte se establecieron en mu-

nicipios como Amaxac, Apetatitlán, Cuaxomulco, Tzompantepec, Tetla, Muñoz de Domingo Arenas y Tecopilco, por mencionar algunos. Representando el rango entre el 27.39% y el 38.27%, con respecto a la población total del municipio. Donde más se concentraron los oriundos del Distrito Federal fue en los municipios de Nanacamilpa, al poniente y rumbo al oriente en los de Tocatlán, Teacalco y Santa Cruz Tlaxcala con el rango del 38.27% al 53.71%.

No se debe olvidar el uso de agua en la industria, pues si bien se autoabastecen a través de 136 pozos, concentrados sobre todo de norte a sur del estado, la presión que ejerce sobre los mantos acuíferos es sin duda preocupante, pues en Tetla se encuentra en funciones la Ciudad Industrial Xicohténcatl-I que explota el agua para sus distintos procesos productivos. A lo anterior hay que agregar la inmigración de población originaria del Distrito Federal, aún cuando se desconoce la fecha en que llegaron a vivir a los municipios mencionados arriba.

4.3.3 Residentes nacidos en el Estado de México

Los nacidos en el Estado de México que llegaron a residir en la cuenca se asentaron en Tocatlán, Santa Cruz Tlaxcala, Tetlatlauhca y Xicohtzinco, representando un rango bajo, respecto a la población total de aquéllos (6.15% al 9.47%).

Siguiendo en importancia los que tuvieron por destino Atlangatepec, Muñoz de Domingo Arenas, Españita, Nativitas y Nopalucan, Zacualpan y Huactzinco (del 9.47% al 12.72%). Entre tanto, otros decidieron vivir en Tetla, Terrenate, Tzompantepec e Ixtacuixtla (del 12.72% al 16.62%), y hacia el sur del estado de Tlaxcala les atrajeron los municipios de Axocomanitla, Zacatelco, Ayometla y Mazatecochco (del 16.62% al 22.97%). El rango mayor lo representan (del 22.97% al 29.10%), lo pobladores quienes se asentaron en los municipios de Tecopilco hacia el norte y hacia el sur en las localidades de Texoloc y Xiloxoxtla. La atracción probable de los mexiquenses que llegaron a Tlaxcala, pudieron ser Los parques industriales de Ixtacuixtla y Xiloxoxtla, siendo una proporción de población que de algún modo requiere de agua, entre otros servicios. De similar manera, pudieron llegar los inmigrantes al corredor de Panzacola donde aglutina a los municipios de Zacatelco, Xicohtzinco, Papalotla y Tenancingo.

4.3.4 Residentes nacidos en Veracruz

Aunque se presentan rangos menores, son datos que dan una idea de los residentes nacidos en Veracruz. Así pues, llegaron de Veracruz a los municipios de Tepetitla, San Pablo del Monte y Mazatecochco (de 4.14% al 5.57%). También les atrajeron los lugares de Axocomanitla y Tenancin-

go (del 5.57% al 7.01%), Amaxac, Coaxomulco, Contla y Tepeyanco (del 7.01% al 9.15%). El rango ascendente (del 9.15% al 10.55) los representan los municipios con personas nacidas en Veracruz tales como Apizaco, Yauquemehcan, Panotla, Huamantla (donde se instaló la Ciudad Industrial Xicohténcatl II demandando agua), Teolocholco y Papalotla de Xicohténcatl. Finalmente, el rango que va del 10.55% al 13.71 está representado por los municipios de Totolac, Tlaxcala, Chiautempan, Axocomanitla y Quilehtla.

Conclusiones

Dada la ubicación de las áreas de migración reciente y acumulada, para efecto de revertir procesos a través de una planeación del uso del agua en el territorio de la cuenca Atoyac-Zahuapan y los elementos que se le asocian, se concluye lo siguiente: Con el análisis de fuente indirectas (1995-2000) se localizó que la mayor migración reciente en la cuenca Atoyac-Zahuapan proviene del estado de Puebla y del Estado de México, sin dejar de lado al Distrito Federal y Veracruz. En la migración acumulada, quienes destacan son los lugares de Puebla —que incluso presenta mayor proporción de población de Puebla que la migración reciente—, y del Distrito Federal, considerando de similar manera a las entidades del Estado de México y Veracruz. En el supuesto de que por efecto de la migración, crecen las demandas de mayores servicios como el agua, que no sólo abarcan las ejercidas por la instalación de fábricas y de ciudades, parques y corredores industriales, sino por las demandas que abarcan tales procesos de migración hacia el estado de Tlaxcala, en una planeación integral deben considerarse los siguientes aspectos.

1. Sobre el medio ambiente habrá que cuidar en la cuenca del Atoyac-Zahuapan las superficies de bosque existentes, los cuerpos de agua, mantos acuíferos sobreexplotados, los pastizales, las áreas reforestadas y otros tipos de vegetación, incidiendo en la reversión de procesos negativos por medio de estudios específicos como el de Mokondoko y Manson (2010), quienes cuantificaron el costo que genera el deterioro de la calidad del agua en la cuenca río la Antigua del estado de Veracruz.

2. La inmigración requiere de una mayor demanda de alimentos, por lo tanto es necesario una mayor superficie a sembrar, construcción de centrales de abasto regionales, mercados municipales e instalación de tianguis.

3. Se demandan más viviendas y con ellas, el incremento de construcción de las mismas, construcción de presas con mantenimiento adecuado, infraestructura para el suministro de agua potable, e instalación de plantas potabilizadoras. Al interior de las viviendas para generar uno uso racional del agua, deben instalarse equipos domésticos “como lavabo, fregadero, regadera y llaves de nariz” (Almaraz, 2010), con el objetivo

de reducir el consumo irracional del líquido en las necesidades cotidianas.

4. Por lo anterior, los servicios de educación y cultura (infraestructura escolar, bibliotecas), deberán incrementarse. La presión de la población inmigrante en los municipios atractivos deben considerarse los servicios de salud para evitar muertes maternas y bajar la tasa de mortalidad infantil. Garantizar en la población derechohabiente el acceso a los servicios de salud, número de médicos, enfermeras, incremento de unidades médicas, etcétera.

5. También deberá considerarse la inversión pública para generar electricidad tanto para la industria y la población en general (bombas de extracción de agua que requieren electricidad), así como otros servicios como el de las oficinas postales. Y tal vez el factor más importante que atraviesa las demandas por inmigración y las presiones que se ejercen sobre los recursos ambientales como el agua, es el factor trabajo, ya que su generación es básica y la planeación urgente, pues en los "próximos 20 años, unas mil millones de personas serán migrantes ambientales. Es la población que estará obligada a dejar su tierra por el cambio climático, las privatizaciones de los recursos naturales, la construcción de megaproyectos, el despojo, la criminalización y la guerra" (Marzo, 2010), entre muchos otros hechos que no son ajenos a nuestro estado y que requieren de estudios aplicados para revertirlos.

Bibliografía

Almaraz Moreno, Guillermo (2010). "Ahorradores de agua en México", en *revista Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de México*, año 3, núm. 61, 12 de septiembre del 2010, http://pcti.mx , consulta del 4 de octubre de 2010.

Comisión Nacional del Agua (2010). *Segundo coloquio internacional. Cuencas sustentables*, del 29 de septiembre al 1 de octubre del 2010, en http://www.conagua.gob.mx/coloquio/, consulta del 13 de septiembre de 2010.

Dávila, Sonia; Ana Elena Treviño y Sergio Vargas (1998). "Gestión integral del recurso hidráulico a nivel de cuenca: el caso de la cuenca del río La Laja, Guanajuato", en Rodríguez y Rodríguez *et al*. (coords.), *El Desarrollo regional en México. Antecedentes y Perspectivas*, AMECIDER/UAQ/IIEC-UNAM, México.

Enkerlin C., Ernesto *et al*. (1997). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible, International Thomson Editores, México.

González Jácome, Alba (1991). "Evolución de la indistria textil en Tlaxcala. Siglos XIX y primera mitad del XX", en González Jácome Alba (comp.), *La economía desgastada. Historia de la produc-*

ción textil en Tlaxcala, UAT/Universidad Iberoamericana, México.

Grande, Domingo (1991). "Se construye una fábrica: La Trinidad", en Valencia Valencia Enrique (coord.)...*y esto tan grande se acabó. Testimonios y relatos de los trabajadores de la fábrica textil La Trinidad*, Gobierno del estado de Tlaxcala/IMSS, Cía. Editorial Electrocomp, S.A.

Gutiérrez de Mac Gregor María Teresa, *et al*. (1998). "Nuevo Atlas de migración interna en México, 1990", Ed. UNAM y Plaza y Valdés Editores, México.

Hernández Rodríguez, María de Lourdes y Noé Santacruz García (2007). "Capítulo IV. Medio Ambiente", en *Diagnóstico Situacional del Estado de Tlaxcala*, CES/COLTLAX, Mimeo.

INEGI (2000a). "Tabulados básicos. Población de 5 años y más por municipio de residencia actual y lugar de residencia en enero de 1995, y su distribución según sexo (migración por lugar de residencia en enero de 1995)", en INEGI, *XII de Población y Vivienda*, México.

_____ (2000b). "Población total por municipio de residencia actual y lugar de nacimiento, y su distribución según sexo (migración por lugar de nacimiento)", en INEGI, *XII de Población y Vivienda*, México.

Instituto Mexicano de Tecnología del agua (IMTA), SEMARNAT (2010). *Agua subterránea*, en http://www.imta.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=181:agua-subterranea&catid=52:enciclopedia-del-agua&Itemid=80, consulta del 13 de septiembre del 2010.

Instituto Nacional de Ecología (INE)/SEMARNAT (2007). *Proyecto. Indicadores socioeconómicos de las cuencas hidrográficas de México como insumo para el diagnóstico ambiental*, Reporte Técnico, México, D.F.

Marzo de Giuseppe (2010)."Habrá mil millones de migrantes ambientales en 2030: economista", en periódico *La Jornada* 4 de octubre del 2010.

Miller Jr., G Tyller (1994). *Ecología y medio ambiente*, Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Mokondonko Delgadillo, Simón Pierre y Robert H. Manson (2010). "Valoración de servicios ambientales hidrológicos: caso río La Antigua", en revista *Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de México*, año 3, núm.62, 12 de septiembre de 2010. http://pcti.mx , consulta 4 de octubre de 2010.

Oswald Spring, Úrsula (1999). *Fuenteovejuna o caos ecológico*, COLTLAX/CRIM-UNAM/Fundación Heinrich Böll. Tlaxcala, México.

_____(2003) (edit.).El recurso agua en el Alto Balsas, UNAM/CRIM-UNAM/COLTLAX/Fundación Heinrich Böll, México.

Oswald Spring, Úrsula y María de Lourdes Hernández Rodríguez (2005). *El valor del agua: Una visión socioeconómica de un conflicto ambiental*, COLTLAX/FOMIX, Tlaxcala.

Rionda Ramírez, Jorge Isauro (2009). *La migración en la reestructuración económica actual*, en www.eumed.net/libros/2009c/598/, consulta 20 de julio de 2010.

Saldaña Fabela, Pilar (2003). "Calidad del agua en la cuenca Alta del río Balsas en Tlaxcala y Puebla", en Oswald Spring, Úrsula (edit.), *El recurso agua en el Alto Balsas*, UNAM/CRIM-UNAM/COLTLAX/Fundación Heinrich Böll, México.

Santacruz García, Noé y José Dionicio Vázquez Vázquez (2010). *Construcción de mapas con base en datos del INEGI, 1995, 1998, 2000, 2005*, COLTLAX, Tlaxcala.

Secretaría de Desarrollo Económico (2010), en http://www.tlaxcala.gob.mx/sedeco/pdf/xicohtencatll.pdf, consultado el 30 de septiembre de 2010.

Valencia Valencia, Enrique (coord.) (1991)....*y esto tan grande se acabó. Testimonios y relatos de los trabajadores de la fábrica textil "La Trinidad"*, Gobierno del estado de Tlaxcala/IMSS, Cía. Editorial Electrocomp, S. A.

Capítulo

4

Propuestas de aprovechamiento

Lo que se pierde por la contaminación del río Zahuapan. Estrategias de evaluación

Américo Saldívar Valdés[1].
Sazcha. Marcelo Olivera Villarroel.[2]

Introducción

El agua natural es un recurso renovable; sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada, por el uso en las ciudades como por las actividades productivas, que ya no sea útil para otros propósitos, y por lo mismo, tenga un efecto nocivo para la salud pública y para los organismos que viven en los cuerpos de agua.

En la actualidad las actividades dentro de la cuenca del río Zahuapan están en riesgo de frenarse, debido a la escasez y mala calidad del agua que se vincula con la sobreexplotación de los acuíferos de la región y las aportaciones de aguas residuales municipales e industriales que no reciben tratamiento alguno. Entre los factores de presión del recurso hídrico en la cuenca, se pueden señalar: a) la fuerte concentración poblacional, y b) el desarrollo de las actividades industriales, agropecuarias y comerciales. Como consecuencia de esto se derivan descargas de aguas residuales que en la mayoría de los casos no reciben tratamiento o el mismo no es adecuado.

Las fuentes puntuales de contaminación en la cuenca del río Zahuapan son las poblaciones de los 36 municipios que la conforman. De acuerdo al *Estudio de Clasificación del río Zahuapan* (CONAGUA, 2005) las localidades con mayor población y desarrollo industrial cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales, siendo éstos, principalmente, lagunas aireadas y lagunas de estabilización. También el sector industrial cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales como procesos

1 Facultad de Economía, UNAM. Correo electrónico: americo@oikos.unam.mx

2 Profesor Investigador del Departamento de Teorías y Procesos del Diseño, UAM-Cuajimalpa. Correo electrópnico: satzcha@msn.com

* Para la elaboración del estudio se contó con la activa participación del Lic. Economista Adán Isidro Casas. Se agradece al Msc. Eric Gutiérrez de la Comisión Nacional del Agua por su apoyo en el desarrollo de la investigación, y a la Organización Mundial de Meteorología por permitir el uso de información sobre los estudios de costos-beneficio en la cuenca del río Coatzacoalcos.

biológicos aerobios y fisicoquímicos. Los mayores gastos corresponden a los giros de celulosa y papel, mineral no metálica y petroquímica. Sin embargo, los sistemas presentan problemas de diseño y operación, por lo que generalmente la calidad del agua no cumple con la NOM-001-SEMARNAT-1996, además que se vierten otros contaminantes que no están regulados por dicha norma y que se encuentran en concentraciones altas (ver Cuadro 1).

Las descargas de aguas residuales provenientes de procesos industriales y asentamientos humanos en los ríos Zahuapan y Atenco, vierten 59.14 toneladas al día de materia orgánica con una alta demanda química de oxígeno; 25.84 toneladas al día de sólidos suspendidos totales; 15.55 toneladas al día de nutrientes; 0.012 toneladas al día de metales pesados, entre otros, como la contaminación microbiológica; no obstante, podría ser mayor dado una cobertura de alcantarillado en la zona urbana del 87.7% y en la zona rural del 69.3% (CONAGUA, 2005).

De acuerdo a lo señalado en el *Estudio de Clasificación de los ríos Zahuapan y Atenco, y sus afluentes* y dada la alta concentración de contaminantes, se determinó que aun con el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996, no es suficiente para alcanzar la calidad del agua requerida para los usos de dichos cuerpos de agua (CONAGUA, 2005).

La contaminación producida que afecta a los principales cuerpos de agua de la cuenca impactan negativamente en:

a. Disponibilidad de agua para la población.
b. A la salud (morbilidad y mortalidad).
c. Actividades económicas asociadas a: turismo y recreación, pesquerías, riego, procesos industriales; etcétera.
d. A la biodiversidad en áreas y territorios de conservación patrimonial y de valor ambiental, así como en términos de oferta intergeneracional de los recursos.
e. A la ocupación eficiente del suelo: pérdidas y deseconomías de escala; menor valor catastral de los espacios ribereños, etcétera.

Todo ello conlleva a situaciones de:

- Vulnerabilidad.
- Stress social.
- Daño ambiental, económico, cultural.
- Situaciones indeseables de insatisfacción social en general.

Las principales consecuencias de ello son la progresiva reducción de la base material/ambiental imprescindible para la convivencia humana y comunitaria, además de poner en riesgo la viabilidad económica y social a mediano plazo. Todo ello derivado de la reducción de las funciones y

servicios ecosistémicos (de soporte, provisión y asimilación) que se manifiestan en una cuenca hidrológica.

Cuadro 1. Concentración de tóxicos inorgánicos, orgánicos y límites permisibles en el río Zahuapan

Metal	Concentración máxima medida en las descargas (mg/l)	Límite en descargas* (mg/l)	Concentración máxima en muestras del río (mg/l)	Límites para abastecimiento y vida acuática (mg/l)	Límite para abastecimiento y pesca NWQC** (mg/l)
Aluminio	0.001	-	0.001	0.02-0.05	-
Arsénico	0.0255	0.1-0.2	0.0255	0.05-0.2	0.000018
Cadmio	0.05	0.1-0.2	0.05	0.004-0.01	0.005[1]
Cromo	0.05	0.5-1.0	0.05	0.05-0.05	0.1
Mercurio	0.05	0.005-0.01	0.025	0.0005-0.001	0.002
Níquel	0.3	2-4	0.075	0.01-0.6	0.61
Plomo	0.11	0.2-0.4	0.06	0.03-0.05	0.015[1]
Zinc	0.1756	10-20	0.02	0.02-5	7.4
Cianuro	0.02	1-2	0.02	0.02-0.005	0.7
Sustancia	**Orgánicos**				
1,2-Diclorobenceno	0.001	ND	0.001	0.01-0.4	2.7
Dietil ftalato	No se analizo	ND	-	0.0094-0.35	17
2,4 Dimetilfenol	No se analizo	ND	-	0.02-0.4	0.38
Fenol	0.13	ND	0.0	0.001-0.1	21
Hexacloroetano	0.001	ND	0.001	0.01-0.02	0.0014
2,4,5 Triclorofenol	0.001	ND	0.001	-	1.8
Benceno	0.001	ND	0.001	0.05	-
Tolueno	0.001	ND	0.001	0.2	-
Etil benceno	0.001	ND	0.001	-	-

*PM: Promedio mensual.
** NWQC: Criterios Nacionales de Calidad del Agua de Estados Unidos de América.
ND: No determinado en la norma.
[1] No son límite de los NWQC, se extrapolan de los límites de agua potable.

Fuente: elaboración a partir de CONAGUA, 2005.

Dada esta problemática resulta imprescindible y urgente la aplicación de inversiones en el tratamiento de las aguas residuales para reducir la contaminación de dichos cuerpos de agua[3]. El objetivo de este trabajo es

3 Puntualizamos que el tema de aspectos técnicos como lo es el tratamiento de las aguas residuales debe formar parte de un universo más amplio de análisis referido al manejo y la gestión integral de una cuenca hidrológica que, a su vez, debe tomar en consideración la problemática del Cambio Climático (CC) global y el llamado efecto invernadero. Ambos constituyen, hoy por hoy, el más grave problema ambiental del planeta, debido a que la existencia de riesgos y vulnerabilidad requieren de la necesidad de implementar medidas de mitigación y adaptación en un contexto integral.

mostrar que tales inversiones podrían recuperarse rápidamente gracias al monto de beneficios que se obtendrían si la cuenca funcionara con criterios ecológico-ambientales.

Al respecto, la Subdirección General Técnica y la Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), decidió realizar y establecer la Declaratorias de Clasificación de Diversas Cuencas, en la que destaca la del río Coatzacoalcos y se encuentra la del río Zahuapan (2005), a través de la cual se pueda controlar las fuentes puntuales de contaminación que actualmente afectan a dicho cuerpo de agua, estableciendo para ello los parámetros y sus concentraciones máximas permisibles. Gracias a ello se puede aplicar el Manifiesto de Impacto Regulatorio (MIR) mismo que complementa y mejora la NOM-001-SEMARNAT-1996. En este caso, dadas las condiciones particulares y especiales de dicha clasificación, y por ley, se puede levantar la moratoria aplicada. Con ello, las autoridades responsables podrán regular las descargas en cuestión. Esto permitirá mejorar paulatinamente la calidad del río y el poder usar, aprovechar y/o explotar el recurso para otros usos[4].

Para contribuir a esta tarea, el trabajo propone una metodología de evaluación de los beneficios económicos que potencialmente se obtendrían a partir del tratamiento de aguas residuales. Para ello, se incorporaron instrumentos económico-financieros, de mercado, así como valoraciones cualitativas e intangibles destacando también las dimensiones sociales y ambientales. Los criterios e indicadores para cuantificar los beneficios, en las tres dimensiones mencionadas, aportan en general una nueva visión que permite ver la integralidad y conveniencia de aplicar tratamientos a las aguas residuales del país y en especial de la cuenca del río Zahuapan.

1. Descripción del área de estudio

La subcuenca del río Zahuapan pertenece a la cuenca del Alto Balsas en la Región Hidrológica No. 18. El río Zahuapan es la corriente principal del estado de Tlaxcala y se considera el origen del río Balsas. Sus principales

4 Se debe subrayar que, durante el gobierno del presidente Fox, se dieron dos moratorias consecutivas a la entrada en vigor de la *NOM-001-SEMARNAT-1996*. Esta norma establece la obligatoriedad a municipios e industrias de dar tratamiento a sus aguas residuales antes de descargar en un cuerpo de agua nacional. Frente a esta realidad, afortunadamente la Ley de Aguas Nacionales (LNA) ofrece una salida alternativa al indicar en su Artículo 86.- "La CONAGUA" tendrá a su cargo: *Establecer y vigilar el cumplimiento de las Condiciones Particulares de Descarga que deben satisfacer las aguas residuales vertidas directamente en aguas y bienes nacionales* (LAN, 2004). Cuando tales "condiciones particulares de descarga" no se definen por la NOM, es posible hacerlo a través de una "Declaratoria de Clasificación", mediante un estudio particular y específico de calidad de agua.

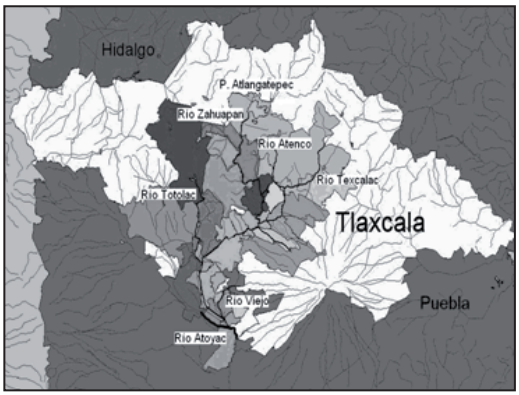
afluentes son los ríos Atenco, de los Negros, Totolac y Viejo. La longitud del río, desde su nacimiento (2,750 m.s.n.m.) y hasta su confluencia con el río Atoyac, es de aproximadamente 90 km. (2,200 m.s.n.m.), siendo de aproximadamente 66 km. la distancia entre la presa San José Atlangatepec y dicha confluencia. El área de la subcuenca del río Zahuapan es de 1,493 km^2.

Los municipios considerados en el área de estudio fueron 35 del estado de Tlaxcala y uno del estado de Puebla. De acuerdo al *II Conteo de Población y Vivienda 2005* del INEGI, la población total fue de alrededor de 700,095 habitantes

El río Zahuapan, junto con los ríos Alseseca y Atoyac dentro de los estados de Puebla y Tlaxcala, son clasificados o considerados como los cuerpos de agua (más) fuertemente contaminados del país, según la medición de DBO5 > 120 mg/l (SEMARNAT, 2006). En la actualidad, la cuenca del Zahuapan está en serio riesgo de frenar su desarrollo. Ante esta situación, es necesario implantar acciones graduales que disminuyan las cargas actuales de contaminantes y que, en el mediano plazo, se pueda aprovechar de manera más eficiente y sustentable en actividades productivas, sin poner en riesgo la viabilidad de los ecosistemas ni la salud de las personas.

El río Zahuapan se origina con los escurrimientos que descienden de la vertiente sur del accidente orográfico conocido como Sierra de Tlaxco, que se localiza en los límites entre los estados de Puebla y Tlaxcala. 20 km. aguas abajo escurre inicialmente al suroeste hasta la población de Atlangatepec en donde se encuentra la presa de San José Atlangatepec, con una capacidad de almacenamiento de 54.5 millones de m^3 y una superficie inundada de 1,065.51 has. Mapa 1.

Mapa 1. Delimitación del área de estudio de la cuenca del río Zahuapan



Fuente: CONAGUA, 2005.

2. Criterios y métodos de análisis

2.1 Criterios de análisis

La contaminación de los cuerpos de agua puede ser contabilizada y estimada en términos del daño ambiental anual causado y aportado por las cuencas, e incluso el asociado a la degradación en su trayecto final, cuando se trata de presas o de zonas costeras del país.

La economía como ciencia aporta diversas metodologías que permiten abordar el análisis en el deterioro y degradación de un recurso natural, cuyo origen principal son las actividades antropogénicas.

La metodología central del estudio, se basó en el análisis de Beneficio-Costo (BC) utilizado en la evaluación social y económica de un proyecto de inversión y desarrollo, buscando indicadores que permitieran tomar la decisión de realizar o no dicho proyecto. La evaluación económica y social del método beneficio-costo consiste en determinar si los beneficios, al incluir un proyecto cualquiera, son suficientes para cubrir los costos de inversión necesarios para su realización, en donde todos los valores serán determinados a una misma referencia en valor presente, calculados a partir de dos tasas de descuento: una ambiental del 5% que considera la proyección de daños y beneficios en el largo plazo y otra del 12% establecida como referencia por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

Sin duda una limitante de este tipo de estudios es la existencia de una buena cantidad de beneficios intangibles cuya cuantificación en términos crematísticos es difícil, dadas las actuales condiciones técnicas y del conocimiento, por lo que en este estudio se privilegian sólo aquellos beneficios tangibles e intangibles posibles de medir, destacando y contabilizando los primeros; pero de cualquier manera que se analice el tema, la sola acción de descontaminar la cuenca del río Zahuapan, representa innumerables beneficios eco-sistémicos y sociales que trascienden y superan con mucho la función utilitaria o de orden crematístico que pudieran tener las generaciones presentes. Ello es más cierto aun si consideramos que el recurso hídrico responde a los principios de seguridad nacional:

> "El agua es un asunto estratégico y de seguridad nacional"; a partir de este principio se han definido los objetivos y las estrategias a implementar, así como los indicadores y metas asociadas (CONAGUA, 2006: 13).

A lo anterior debemos agregar el muy importante *principio 15* de la Declaración de Río, adoptada por la ONU y signada por nuestro país, que a la letra estipula el *Principio Precautorio* para el manejo de los recursos naturales:

> "Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible; la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente" (ONU, 1992).

En consecuencia, consideramos que el análisis de beneficios del proyecto regulatorio debe privilegiar el siguiente orden de importancia:

a. Beneficios Económicos
b. Beneficios Sociales
c. Beneficios Ambientales

La intangibilidad en la medición de los beneficios no significa que los mismos no tengan una importancia sustancial para la sociedad. Esto conlleva a que si bien el estudio de costo-beneficio puede resultar negativo, la imposibilidad de cuantificar todas las ventajas posibles hacen que la decisión final sobre la ejecución de un proyecto tenga no sólo un carácter meramente técnico-económico, sino también social, ético y político. Todo ello resulta aún más relevante si agregamos que el río Zahuapan constituye el origen de la formación de la gran cuenca del Balsas.

En el cuadro 2, se presentan las actividades seleccionadas en la cuenca del río Zahuapan como indicadoras de los beneficios potenciales de la descontaminación de este cuerpo de agua, así como los indicadores de desempeño y el método de valoración.

Cuadro 2. Metodologías y criterios de evaluación de beneficios

Actividad	Indicadores	Método de valoración	Modalidad de valoración
Salud	Número de enfermos relacionados a la contaminación del agua.	Costo evitado por daños a la salud.	Costos de tratamiento médico y pérdida de días laborales, actualizados al año de desarrollo del estudio.
Agricultura de riego	Rentabilidad de los principales cultivos de tallo corto y tallo largo.	Función de producción.	Aumento en la rentabilidad económica por la sustitución de cultivos de tallo largo a tallo corto.
Pesca	Valor de la producción pesquera.	Función de producción.	Mejora en la captura, aumento en el stock y el valor de la producción pesquera.
Turismo	Afluencia total de turistas y su gasto medio realizado en la región.	Costo de viaje.	Estimación de la pérdida potencial de turistas y de la derrama económica en la región.
Biodiversidad	Pérdida y agotamiento del agua a precios del mercado.	Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA).	Proporción de la pérdida y agotamiento del recurso agua a precios de mercado de acuerdo al porcentaje de los CTADA.

Fuente: elaboración propia.

2.2 Métodos para la cuantificación de beneficios

La valoración de bienes, como la calidad del agua de un río, depende de los usos actuales y potenciales de sus aguas, como recreación, uso industrial, etcétera. El proceso de valoración de los beneficios que se obtienen o pueden obtenerse por el aumento en la calidad del agua de un río, implica cuantificar en el mismo marco conceptual tanto los beneficios con valor en el mercado, como aquéllos que no lo tienen de manera explícita. En este sentido, los beneficios que tienen un valor comercial y que, por lo tanto, pueden ser estimados en términos monetarios por medio de su precio, son aquéllos que provienen de la pesca, el turismo, la valoración catastral, el riego en el caso de que exista un precio bien definido para el agua en el mercado, entre otros. Los beneficios para los cuales no se tiene un precio de mercado, pueden provenir de la recreación, de preferencias escénicas (belleza), de la valoración que los individuos hacen de la existencia de una adecuada calidad del agua que podrían disfrutar en el futuro, independientemente de sí lo hacen o no, y del valor que la sociedad asigna a la existencia de la vida acuática en un entorno sano y adecuado.

Dependiendo de los beneficios a estimar, en función de una determinada calidad de agua, es posible utilizar distintas estrategias que nos permitan identificar el valor de los beneficios de esa calidad del recurso. De esta forma, en el análisis propuesto aplicamos los siguientes métodos.

2.2.1 Costo evitado por daños a la salud

El método de costo evitado, se refiere a la aplicación del análisis costo/beneficio en el que en toda alternativa de inversión existe un costo de oportunidad del capital, que implica considerar como beneficio a los costos evitados.

Los beneficios por este proyecto se reflejarían en:

- Disminución de las tasas de morbilidad provocadas por enfermedades relacionadas con la calidad de agua.
- Mejoramiento de hábitos y actitudes de la población con respecto al uso del agua potable.
- Promover el desarrollo económico, social e intelectual de las comunidades a través de las mejoras sanitarias, etcétera.

El esquema marco desarrollado por la OECD denominado Presión-Estado-Respuesta (PER) se utiliza aquí como criterio general y amplio[5] en la

5 Sobre particularidades en la aplicación de este método, ver Saldívar *et al.* (2002).

estimación de los beneficios económicos derivados de la reducción de los daños en la salud por la mejora en la calidad del agua del río. La decisión de utilizar el método PER se fundamenta en las limitaciones en información y en tiempo para utilizar la función dosis-respuesta, la cual permite conocer el impacto en la salud como una función de la calidad del agua, infraestructura (alcantarillado), factores culturales (nivel de educación), entre otros. Debido a la falta de información periódica en los niveles de contaminación del río, así como a las limitaciones para establecer una relación causa-efecto se decidió utilizar el método PER.

Este método plantea una aproximación a la relación causa-efecto entre el medio ambiente y la salud. En términos generales "manifiesta que aunque la exposición a un contaminante u otro peligro ambiental pueda ser la causa inmediata de algún efecto adverso en la salud, la fuerza conductora y las presiones que originan la degradación ambiental pueden ser los elementos más efectivos para su control" (INE-PNUMA, 2004; 203).

Se reconoce el hecho de que la relación salud-calidad del agua es multicausal, cuyo efecto es resultado de distintos factores. De manera que ante la falta de información disponible, es necesario modificar nuestro acercamiento a la relación salud-calidad del agua. El enfoque asumido es determinar entonces la proporción de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua a consecuencia de un fenómeno concreto. El factor de atribución relacionado con factores ambientales para las enfermedades diarréicas es del orden del 80% a 90% para países en vías de desarrollo (Smith, citado en INE-PNUMA, 2004).

Para este estudio es necesario identificar el factor atribuido a la calidad del agua del río. Para el caso de las enfermedades diarréicas, dichofactor incluye múltiples aspectos, de manera que en este caso se decidió utilizar el factor de atribución promedio de 35%, el cual es considerado por el Plan Nacional de Salud 2001, como la carga o suma total de enfermedades que tienen su origen en factores ambientales. Los costos evitados por la mejora en los niveles de salud se ven reflejados en costos privados y sociales.

En primer lugar, para el cálculo de los beneficios, se procede a cuantificar los costos privados evitados, es decir, los costos directos que las personas gastarían por enfrentar la enfermedad en gastos médicos y en medicinas.

$$Bpr = (N)\ (Ct)\ (Fa)$$

Donde:
Bpr = Beneficios económicos privados en pesos.
N = Casos relacionados con enfermedades de origen hídrico.
Ct = Costo de tratamiento para enfrentar la enfermedad.
Fa = Factor de atribución.

Por otro lado, se contabilizan los costos sociales evitados, es decir, aquellos costos que como sociedad se deben soportar y cubrir como consecuencia de la morbilidad y mortalidad que se ven reflejados en ausentismo laboral, y la pérdida de años productivos. El cálculo de estos costos puede estimarse como se indica a continuación:

Bpu = (AVISA*365) (Sm) (Fa)

Donde:
Bpu = Beneficios económicos públicos.
AVISA=Años de vida saludables perdidos.
Sm= Salario mínimo de la zona.
Fa= Factor de atribución.

2.3 Métodos basados en la función de producción: agricultura, pesca y turismo

Estos métodos parten del hecho de que el bien ambiental que se quiere valorar entra a formar parte de una función de producción de un bien privado como un insumo productivo; alternativamente, el bien ambiental entra a formar parte de una función de utilidad de una persona, una familia o empresa. Por ejemplo, el aire o el agua de determinada calidad son bienes públicos y son necesarios para producir un bien privado (sean productos agrícolas). A través de esta dependencia, se pueden elaborar funciones *dosis-respuesta* que reflejan cómo una variación en la calidad del bien público (que se incluye como insumos productivos) afectan a final de cuentas la productividad de los otros factores y a la producción en sí misma. De esta manera, si por ejemplo, hubiere contaminación del aire o del agua (dosis), lo más probable es que tendría efectos sobre la producción agrícola (respuesta). Una bondad de estos métodos es que permiten obtener posibles *costes evitados o inducidos* derivados de las actividades económicas que dependen directamente de calidad del medio ambiente (Cuerdo y Ramos, 2000).

En el caso planteado, efectivamente, se llega a la conclusión de que la mala calidad del ambiente (agua-suelo), influye negativamente en la producción agrícola. Una vez conocida la función de producción, se trataría de valorar los costes evitados o inducidos por la baja producción. Así, por ejemplo, si se implementa la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en la cuenca, se reducirían drásticamente los niveles de contaminación en el agua, con lo que se podrían evitar muchos costos relacionados con la pérdida o baja productividad del resto de los insumos y de la misma producción final.

Este método también puede aplicarse en los casos de pesca y turismo. Dependiendo de la calidad del medio ambiente (dosis) se tendrán

determinados niveles y variedades de producción pesquera (respuesta) para un lugar determinado. De la misma forma, en el caso del turismo, las condiciones favorables para practicar actividades recreativas y deportivas en lugares atractivos por sus condiciones ambientales por las personas (respuesta), estarán en función de las condiciones naturales en donde se practican dichas actividades (ríos, lagos, playas, etcétera).

2.4 Método del coste de desplazamiento o del "coste de viaje"

Este método se utiliza básicamente para valorar espacios recreativos. El sentido del mismo es que aunque no se paga una entrada para acceder a un espacio natural determinado (cosa que sí se hace cuando se va al cine o a visitar un parque de atracciones), el disfrute de sus servicios dista mucho de ser gratuito: la persona realiza una serie de gastos para poder hacerlo, incurre en una serie de gastos de viaje, de desplazamiento. Computando estos gastos, se podría analizar cómo varía su demanda y preferencia del bien ambiental (el número de visitas, por ejemplo) ante cambios en este coste de disfrutarlo, y cualquier otra variable relevante (Azqueta, 2002).

En consecuencia, este método trata de detallar la función de demanda de dichos espacios por medio de encuestas y entrevistas: "cuanto más cerca se reside del espacio que se quiere valorar, menores son los gastos (desplazamiento) en que se incurre y mayor es, en consecuencia, el número de visitantes". Partiendo de este hecho, se calcula una función de demanda (por procedimientos econométricos), expresando el número de visitantes en función del coste de desplazamiento (que viene dado básicamente por los precios del transporte público o el coste de la gasolina, la depreciación del vehículo, en caso de utilizarse un medio de transporte privado, y los gastos discrecionales relacionados con la longitud del viaje y las diferentes formas de pernoctar).

Una vez que se tiene dicha función de demanda, se procede a calcular el excedente del consumidor y sus variaciones ante posibles cambios en la calidad ambiental del parque o espacio natural en cuestión.

3. Beneficios por concepto de conservación de la biodiversidad

Para la valoración económica del patrimonio natural se recurrió a la metodología del Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM) desarrollado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Dicha metodología contabiliza tanto en términos físicos como monetarios las pérdidas por agotamiento y degradación de los recursos naturales en el sistema productivo nacional, ajustando el PIB. En este sentido, el Producto Interno Neto Ecológico (PINE), que en realidad es un PIB "ajustado ecológicamente", constituye, dentro de las

cuentas satélite, uno de los mejores indicadores económicos de los recursos proporcionados por el medio ambiente en nuestro país.

El PINE es un indicador que registra los costos incurridos en el agotamiento y degradación de los recursos, que se traducen en un costo adicional para la economía. Sus resultados ofrecen elementos muy valiosos para estimar de manera objetiva y directa el costo que significa para la economía nacional la degradación y el agotamiento de los recursos naturales y sistemas biofísicos, y permite valorar la situación real de nuestro país en un escenario de "sustentabilidad débil".

Para realizar el cálculo del PINE se toman en cuenta los siguientes temas relativos al medio ambiente: Petróleo; Recursos forestales (maderables) y Cambios en el uso del suelo; Recursos hídricos (agua subterránea); Erosión del suelo; Contaminación del agua; Contaminación del suelo; y Contaminación del aire.

Los aspectos de la degradación toman en consideración los niveles de contaminación provocada por la emisión de diversos contaminantes en tres activos ambientales no producidos que son: el aire, el suelo y el agua. En la parte del agua se incluyen los principales contaminantes, tales como demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos, sólidos disueltos totales, sólidos totales y nitrógeno.

Importa destacar que el PINE, si bien se determina a partir del PIB del país, constituye un indicador más comprensivo, de ajuste y reducción del crecimiento económico, que se integra con una perspectiva de desarrollo sustentable (sustentabilidad débil) al tomar en consideración los recursos naturales y el medio ambiente.

El método para calcular el PINE se da a partir del Producto Interno Neto (PIN), tomando en cuenta el costo por agotamiento de los recursos naturales y el deterioro del medio ambiente. La fórmula es la siguiente:

$$PINE = PIN - (Cag + Cdg)$$

Donde:

PINE = Producto Interno Neto Ecológico.

PIN = Producto Interno Neto. Es igual al Producto Interno Bruto (PIB) menos la depreciación (consumo de capital fijo).

Cag = Costos por agotamiento. Representa los costos en que tendría que incurrir la sociedad para reparar al medio ambiente por la disminución y pérdida de los recursos naturales, resultado o consecuencia de su continuo empleo en los procesos productivos.

Cdg = Costos por degradación. Representan los costos en que tendría que incurrir la sociedad en su conjunto para remediar o prevenir el deterioro de la calidad del ambiente, producto de las actividades económicas.

Como se ha señalado, el PINE es un indicador macroeconómico que a su vez es calculado por sector productivo. Para 2005, los costos por degradación y agotamiento fueron del 9.2% del PIB de acuerdo al SCEEM

2006. Durante los últimos 6 años, el promedio ha sido del orden del 10%, mientras que la proporción de los costos por degradación del agua con respecto a los Costos Totales por Agotamiento y Degradación fue del orden de 3.5%.

Para nuestro estudio se ha tomado este último dato. Es decir, la mejora en la calidad del agua tendría como beneficio inmediato el evitar los costos por degradación y agotamiento de los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos. Los beneficios económicos se estiman simplemente como:

$$Bec = (Cda)*(PIBreg)$$

Donde:

Bec = Beneficios económicos en pesos.
Cda = Costos por degradación relacionados a la contaminación del agua.
PIBreg = PIB de la región (o el Valor Agregado Censal Bruto (VACB)).

4. Discusión de resultados

Como lo mencionamos en la sección anterior, sólo se procederá a cuantificar aquellos beneficios tangibles, es decir, que se pueden medir y monetizar, dadas las condiciones técnicas actuales y la existencia de datos, usando para ello interpolaciones de estudios previos desarrollados en la cuenca del río Coatzacoalcos (Saldívar, 2006), así como información secundaria desarrollada por SAGARPA, la Comisión Nacional del Agua, o los levantamientos de información primaria en la cuenca.

4.1 Población y salud: enfermedades relacionadas con el agua

Un estudio de la ONU señala que en los países en vías de desarrollo se debe invertir primero en el suministro y la provisión de agua de calidad, inclusive antes que en gastos a la salud, a la educación, el comercio, etcétera.

> "Donor nations should focus on providing water and sanitation in developing countries before trying to improve education, health and trade. evelopment aid would be much better spent if you tackle the water and sanitation issue first."[6]

6 http://www.ft.com/cms/s/0/e1f28d18-9e3f-11dd-bdde-000077b07658.html?nclick_check=1

Existen otros planteamientos donde se señalan que la relación beneficio/costo por daños a la salud derivados de la mala calidad del agua es una relación de 1/12, es decir, invertir hoy un peso en calidad de agua significa ahorrarse doce pesos en costos por salud (Congreso de Geografía del INEGI, 2008). Otro estudio señala que una mejora en potabilización y drenaje acarrea beneficios incuestionables.

El Instituto Tropical de Suiza, calculó que por cada dólar invertido en mejoras de agua y saneamiento, los beneficios económicos alcanzarían de 3 a 34 dólares, según el tipo de sistema de agua y la región donde se produce la inversión.[7]

Por su parte, en la ciudad de San José de Costa Rica, se realizó La Consulta de San José, promovida por el BID el año 2007, dentro del actual Consenso de Copenhague. Dicho consenso, acordó el establecimiento de una clasificación prioritaria de las soluciones a los mayores retos que enfrenta Latinoamérica y el Caribe. Estos retos son los siguientes: la democracia, la educación, el empleo y la seguridad social, el medio ambiente, los problemas fiscales, la salud, la infraestructura, la pobreza y desigualdad, la administración pública y las instituciones, y la violencia y la criminalidad.

En este planteamiento se observa que la carencia de infraestructura y el mantenimiento de la misma, son una de las primeras prioridades que deberían tomarse en cuenta dentro de las políticas públicas en Latinoamérica. El tomar medidas en la creación de infraestructura afecta directamente a otros sectores de la economía que generan el bienestar para la población, entre ellos la salud y la educación.[8]

Así, de acuerdo al estudio de clasificación (CONAGUA, 2005: 297) de los contaminantes inorgánicos presentes en las descargas que recibe el río Zahuapan, sobrepasan el límite permitido en los criterios de calidad del agua: el cromo, el níquel y el zinc; en tanto que el cianuro alcanza el límite permitido según los criterios para abastecimiento de agua y protección de la vida acuática. La contaminación microbiológica se presenta a lo largo de todo el río; en algunos tramos los niveles de los indicadores son muy altos.

Como se puede apreciar del estudio, la calidad actual del agua del río Zahuapan implica serios problemas para la salud humana de la población[9]. Para la cuantificación de beneficios en salud por una mejora en

7 Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level (Estudio realizado en 2004).

8 http://www.copenhagenconsensus.com/Default.aspx?ID=917

9 La evidente y excesiva contaminación en los cauces de los ríos Zahuapan, Atoyac y Xochiac, en los estados de Tlaxcala y Puebla, que pone en riesgo la vida de las y los

la calidad del agua nos basaremos en el método del costo evitado. Este método refiere la aplicación del análisis beneficio/costo, cuando en toda alternativa de inversión existe un costo de oportunidad del capital que implica considerar como un beneficio potencial a los costos evitados. En este caso, se valora el proyecto consistente en la mejora de la calidad del agua del Zahuapan y su repercusión esperada en mejora de la salud de la población asentada en la zona de estudio.

Los beneficios por este proyecto se reflejarían en:

- Disminución de las tasas de morbilidad provocadas por enfermedades debidas o relacionadas con la mala calidad de agua.
- Mejoramiento de hábitos y actitudes de la población con respecto al uso del agua potable.
- Promoción del desarrollo económico, social e intelectual de las comunidades a través de las mejoras sanitarias.

En este sentido, los municipios incluidos en la declaratoria se verían beneficiados al evitar enfermedades asociadas con la calidad de agua suministrada, como son la amibiasis intestinal, la fiebre tifoidea, paratifoidea, salmonelosis, así como otras Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) en general[10], así como cierto tipo de hepatitis y dermatosis. Para el cálculo de los beneficios indicados se utilizaron los siguientes datos estadísticos de la región:

- Los beneficios (costos evitados) por las enfermedades indicadas no padecidas por la población.
- Las pérdidas productivas[11] (costos sociales) se reducen al evitar tales enfermedades (reflejadas en el ausentismo laboral por enfermeda-

habitantes de más de 11 comunidades de la región y de todo el estado de Puebla, particularmente ha provocado que alrededor del 10% de las mujeres presenten problemas de infertilidad, así como abortos repentinos. Además está latente la posibilidad de que la madre gestante pueda trasmitir al producto daños genotóxicos. Estos afluentes, particularmente el Atoyac y el Xochiac, se han trasformado en depósitos de sustancias tóxicas y químicas de las industrias y pequeñas lavanderas, por el derrame de los contaminantes tanto de origen industrial, agrícola y urbano que afectan además a las comunidades como Villa Alta, Tepetitla, San Mateo Ayecac, San Rafael Tenanyecac y Santiago Michac (Comunicación e información de la Mujer (CIMAC)).

10 La evidencia empírica es que en aquellas poblaciones donde se carece de alcantarillado y red de agua potable, se presenta una alta morbilidad por enfermedades relacionadas con la calidad del agua.

11 Las pérdidas productivas por mortalidad anticipada no se consideran, ya que las defunciones relacionadas con la calidad de agua son muy poco significativas u ocurren a edades avanzadas (mayores de 65 años) de lo que resulta que los efectos productivos sean irrelevantes.

des relacionadas con la calidad del agua) y por la reducción de la tasa de mortalidad.

La población asentada en la zona de estudio de la cuenca del río Zahuapan en 2005, fue de 700,095 habitantes. El 92.1% de ésta se concentra en el estado de Tlaxcala y el 7.9% restante en el estado de Puebla. Por otra parte, el porcentaje de viviendas que carecen de los servicios sanitarios como agua entubada y drenaje es relativamente bajo con el 5% y 2.5%, respectivamente.

Del total de la población en la zona de estudio, los casos atribuibles a enfermedades relacionadas con la calidad de agua superaron cinco mil setecientas consultas al año, lo que representó un costo *per cápita* anual de 3 pesos; que en realidad, podría ser visto como el beneficio potencial total por el concepto de costos evitados privados en gastos médicos y medicinas. El cálculo se elaboró a partir del Boletín Epidemiológico del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE)[12]. Se consideró un factor de atribución de 35% en cada caso con base en el análisis "Salud, vulnerabilidad humana y desastres ambientales" en el *Informe GEO 2004* (INE-PNUMA, 2004). El costo que se utilizó es de $369 por gastos médicos y medicina de acuerdo con datos proporcionados por el INE (2002).

Por otra parte, considerando los Años de Vida Saludable Perdidos (AVISA) en la población dentro de la cuenca, el costo social derivado por no perder productividad debido a enfermedades de origen hídrico, supone un beneficio económico que asciende aproximadamente a 18 pesos *per cápita* anuales. El cálculo se elaboró a partir del *Boletín Epidemiológico* del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE). Se consideró, como ya se señaló, un factor de atribución de 35% en cada caso con base en el análisis "Salud, vulnerabilidad humana y desastres ambientales" en el *Informe GEO 2004* (INE-PNUMA, 2004). El total se basa en multiplicar los AVISA por 365 días del año y con base en un salario mínimo diario de 48.6 pesos para la zona C (de acuerdo al 2009).

4.2 Agricultura: sustitución de cultivos poco rentables

De acuerdo a CONAGUA (2005), el uso del agua del río es principalmente para la agricultura. Según la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (edición 2005), el río Zahuapan está clasificado como tipo A, para uso en riego agrícola. En cuanto a la presa San José Atlangatepec su propósito

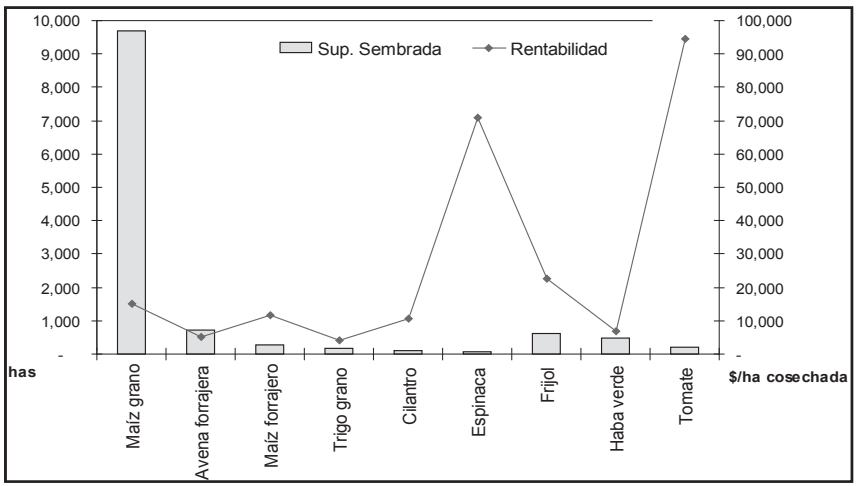
12 http://www.cenave.gob.mx/

es el control de avenidas, el riego, la pesca y otros, y en la Ley Federal de Derechos está clasificada como tipo B, para uso en riego agrícola. La capacidad de la presa es de 54.4 Mm^3 con una capacidad útil de 50.9 Mm^3 y una superficie inundada de 1,065.51 has.

Para nuestro análisis nos centramos en los cultivos bajo riego. En los municipios de la cuenca del río Zahuapan se siembran 44 cultivos de riego en una superficie de 12,972 has. en donde, el maíz de grano, la avena forrajera, el frijol, el haba verde, el maíz forrajero, el ebo, el trigo grano, el cilantro y el tomate verde orgánico, son los que tienen mayor representatividad por el número de hectáreas sembradas. A su vez, el maíz en grano en sus variedades blanco y amarillo representa el 75% del total de la superficie sembrada.

De otra parte, los cultivos que tienen mayor rentabilidad económica son la gladiola, el chile verde serrano, la papa, la calabaza, el betabel orgánico, la espinaca, el elote, la cebolla blanca, el chile verde serrano, la zanahoria y el tomate verde que en conjunto representan el 2% de la superficie total sembrada. Como puede apreciarse en la siguiente figura, no existe una correlación lineal entre la superficie destinada a la siembra de los cultivos con mayor superficie sembrada con un nivel de rentabilidad relativamente más alto.

Gráfica 1. Principales cultivos según superficie sembrada y rentabilidad



Fuente: elaboración a partir de datos de la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS-Tlaxcala).

De esta manera, los beneficios en agricultura se obtendrán a partir de la sustitución de una superficie determinada de hectáreas sembradas de cultivos de tallo largo por cultivos más rentables de tallo corto. Lo que

suponemos con esto es que si se mejoraran los parámetros de calidad del agua en los municipios de la cuenca, sería posible sustituir una parte de los actuales cultivos de tallo largo que tienen una rentabilidad relativamente baja por cultivos de tallo corto más rentables.

El número de hectáreas posibles a sustituir con respecto al total de has sembradas de tallo largo son 1,154 has. considerando un factor de atribución de cambio de cultivos del 10% de la superficie cultivable de tallo largo gracias a un aumento en la calidad del agua del Zahuapan[13]. Se estima un periodo de cinco años de transición para la sustitución de cultivos. Por ello, la utilidad se calcula sólo a partir del quinto año. Remarcamos la idea de una mejoría en el sector de la agricultura de riego por el solo hecho de aumentar la calidad del agua del río, independientemente de la sustitución de cultivos, al tener la posibilidad de obtener un sobre precio.

Tabla 3. Rentabilidad de los principales cultivos en la cuenca del río Zahuapan, según tipo de tallo

Cultivo	Rentabilidad ($/ha)
Promedio de cultivos de tallo largo	13,295
Promedio de cultivos de tallo corto	41,546
Diferencia de rentabilidad	28,251

Fuente: elaboración a partir de datos de la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS-Tlaxcala).

4.3 Turismo: uso recreativo del agua

En este rubro hay pocas actividades recreativas relacionadas con el agua y los ríos de esta cuenca. De los establecimientos hoteleros instalados y en servicio, en sus diferentes categorías en cada uno de los municipios ,destacan Apizaco como el municipio con mayor infraestructura hotelera, sumando un total de 30 establecimientos, seguido de Tlaxcala con 23 de ellos, y teniendo un total de 118 establecimientos dentro de la zona de estudio, lo cual habla de su capacidad para brindar este servicio (CONAGUA, 2005). Sin embargo, no se encontraron usos recreativos del

13 Se toma el 10% de la superficie sembrada a partir del quinto año. Otros estudios consideran hasta una tercera parte la sustitución de superficie regada de todas aquellas hectáreas que son social o económicamente menos rentables como el maíz (JAPAM, 2007).

agua representativos dentro de la cuenca. Se infiere que ello se debe a los niveles altos de contaminación en la cuenca.

En este sentido, una recuperación en la calidad del agua del Zahuapan traería consigo servicios recreativos que podría proporcionar la rivera de todo el río como la pesca recreativa, convivencia ambiental, pistas, ciclopistas, camino para transeúntes, lugares de esparcimiento y consumo de alimentos.

Una vez que esto pueda realizarse dentro de la cuenca, sería posible estimar la derrama económica por los visitantes o turistas a través del método del costo de viaje lo que implicaría contar con información relativa a la frecuencia de visitas con que cada familia o individuo visitaría un determinado lugar durante un período específico de tiempo; los costos incurridos para acceder al lugar como la compra de boletos, alimentos, hospedaje, transporte y actividades recreativas; así como la distancia y el tiempo invertido en el viaje.

4.4 Biodiversidad: agotamiento y degradación de los recursos naturales

De acuerdo con los proyectos del Plan Nacional de Desarrollo (PND), se destinan importantes sumas de dinero para inversión en limpieza y descontaminación de los cuerpos de agua nacionales y mejora de la política hídrica.

> "Agua para el desarrollo, agua para la alimentación, agua y saneamiento para todos, agua para el medio ambiente, manejo de riesgos y gestión integral del agua, son algunos de los retos que se plantean en el corto, mediano y largo plazos (…) sin afectar al medio ambiente, pues es uno de los mayores retos que se plantean hacia el futuro" (CONAGUA, 2006: 22-23).

De ahí que una gestión integral de la cuenca hidrológica deba apoyarse no sólo en el establecimiento de tarifas sustentables para el agua (recuperación del costo económico de producción y de los costos ecológicos), sino también en las medidas de manejo y conservación de la parte alta de la cuenca.

Consideramos a la par la preocupación tanto en el tema de la salud de la población, como de la salud y bienestar de los ecosistemas y de la cuenca. De tal suerte que los beneficios por conservar la biodiversidad en los márgenes del río Zahuapan, se pueden valorar según la metodología del Producto Interno Neto Ecológico (PINE), aplicando para ello una parte alícuota del 3.5% del valor del Producto Interno Bruto (PIB) o el

valor Agregado Censal Bruto (VACB) [14] que correspondería a la pérdida del recurso biótico dentro de la cuenca[15].

Dentro de la cuenca, para el año 2004, se estimó un VACB de poco más de 35.7 mil millones de pesos. Para derivar el valor del PINE se consideró un factor del 10% de acuerdo al valor promedio de los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA) con respecto al PIB nacional (INEGI, 2006: 17). De esta manera, se obtuvo un valor del PINE de 3.5 Mil millones de pesos para la región, de los cuales a su vez, por el concepto de contaminación del agua (PINE agua), se aplicó un factor del 3.5% con respecto al PINE, lo que nos da un valor de 184 pesos *per cápita* a precios de 2007 por el concepto contaminación del agua en la cuenca.

4.5 Beneficios totales *per cápita*

El análisis beneficio/costos esperado por el saneamiento del agua de la cuenca del río Zahuapan aporta un coeficiente de aproximadamente 1.12, lo que representa que los beneficios esperados por el saneamiento de la cuenca son mayores a los costos de construcción y operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en la cuenca. Ello aún sin considerar la valoración económica de actividades como la pesca o el turismo, actividades marginales en la cuenca que son complejas de cuantificar al actual nivel de información existente.

Tabla 5. Beneficios económicos totales *per cápita* por la descontaminación de la cuenca del río Zahuapan

Concepto	Anual		5 años		10 años		20 años	
Tasa de descuento	*5%*	*12%*	*5%*	*12%*	*5%*	*12%*	*5%*	*12%*
Salud privada	3.02	3.02	13.09	10.90	23.35	17.08	37.68	22.58
Salud pública	17.99	17.99	77.88	64.84	138.90	101.64	224.18	134.36
Agricultura de riego	-	-	-	-	130.15	95.23	300.21	179.93
Biodiversidad	184.60	184.60	799.24	665.46	1,425.47	1,043.06	2,300.58	1,378.89
Beneficios Totales	205.62	205.62	890.21	741.20	1,717.87	1,257.01	2,862.65	1,715.78
Costos totales [a]	-	-	-	-	-	-	2,563.12	1,536.25
Beneficio/Costo	**1.116861055**							

Nota: a Estimado a partir de interpolaciones de costos obtenidos para el caso de la cuenca del río Coatzacoalcos.
Fuente: elaborado a partir de datos primarios y secundarios aplicando la estrategia de evaluación propuesta.

14 El promedio para el periodo 2003-2006 es del 5%.

15 En este caso, tomamos como referencia el VACB y no el PIB, como medida del valor de la producción en la región que conceptualmente se aproxima más a este último, dado que no existe una contabilización de PIB municipal.

5. Conclusiones

En este estudio se valoran beneficios monetarios posibles derivados de una mejora en la calidad del agua del río Zahuapan. Sin embargo, se infiere que, aun y cuando los beneficios económicos no fuesen evidentes, la acción de no contaminar y el tratamiento de aguas residuales es un imperativo ético y moral, necesarios para lograr una gestión social sustentable y legítima de la región.

El análisis beneficio/costo se inscribe dentro del principio "el que contamina paga". Sin embargo, ello no es una condición suficiente ya que se le debe agregar el "dejar de contaminar", así como la reparación de los daños causados. Tomando en cuenta una población cercana a las setecientas mil personas en la cuenca del río Zahuapan y un beneficio de cerca de doscientos cinco pesos *per cápita* anuales, monto no despreciable en un contexto de inversiones, mismas que recomendamos deben ser desarrolladas en forma inmediata propiciando así la aplicación actual de la ley.

La primera gran conclusión plausible es que resulta más económico descontaminar que contaminar el agua. Así, el coeficiente beneficio/costo es de 1.12. Es decir, por cada peso que se invierten en tratamiento y descontaminación se obtienen o ahorran (por costos evitados) 1,12 pesos. La calidad del agua en la cuenca del río Zahuapan es bastante deficiente. Actualmente, actividades como el turismo no son representativas[16]. Sin embargo, los beneficios que se esperarían de un aumento en la calidad del agua de la cuenca suponen, además de los económicos, también aportes nada despreciables en términos de protección y conservación de la biodiversidad, la sustitución de cultivos en la agricultura por otros de mayor rentabilidad, así como los costos evitados en salud.

Adicionalmente, se esperarían beneficios en pesca, los cuales han decrecido hoy en día debido a la falta de políticas claras de conservación de los cuerpos de agua de la cuenca, que se ven afectados directamente por descargas municipales e industriales a lo largo de la mancha urbana de las ciudades de Tlaxcala y Puebla. Por su parte, la política de desarrollo pesquero de la cuenca, tuvo un auge hace más de 20 años, mismo que se vio limitado por la caída en la calidad de las aguas superficiales de la cuenca, lo que se evidencia en el cierre repentino de muchas granjas acuícolas; sobre todo de peces como las truchas que requieren niveles de calidad del agua muy elevados.

Existen serias deficiencias en la aplicación de la normatividad y de los instrumentos legales derivados de la LAN y sus últimas reformas del

16 Ello incluye también la afectación a la presa Valsequillo.

2004. Dichas leyes no son garantía de avances efectivos en la gestión adecuada del agua y del manejo integral de las cuencas hidrológicas. La Ley debe ser el reflejo normativo de las definiciones básicas. En muchos casos estas definiciones deben ser alcanzadas y promovidas por consenso social en materia de gestión hídrica.

Debemos insistir en que la gestión del agua debe realizarse en su integralidad considerando que ésta contiene una racionalidad tanto económica como social y ambiental.

Los acuerdos de distribución del agua, su tratamiento y disposición final deben hacerse, no en base a negociaciones de poder o siguiendo el carácter temporal de permanencia de los administradores hídricos (consejos, comités, operadores de agua, etcétera), sino con criterios y objetivos fundamentales de sustentabilidad del mediano y largo plazos, así como la racionalidad ya mencionada y considerando, al mismo tiempo la problemática y efectos del cambio climático como marco general.

En el tema de las concesiones y el establecimiento de las tarifas del agua, resulta crucial el considerar los volúmenes supuestamente disponibles, ya que en la actualidad existe una sobreexplotación de los mantos freáticos. Concesionar el agua y proteger los cuerpos receptores de descargas debe hacerse de acuerdo a estrictos controles de disponibilidad, de los niveles permisibles de contaminación, así como del balance hídrico de las cuencas. Más aún, sanear la cuenca permitiría romper con la dicotomía perversa entre desarrollo económico y riqueza natural.

Bibliografía

Acquatella, J. (2004). *El rol conjunto de las autoridades ambientales y las autoridades fiscales en la construcción de una plataforma operativa para la aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en países de América Latina y el Caribe*. Documento de trabajo, Chile.

Azqueta, D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental,* McGraw-Hill Interamericana de España, S. A., España.

Azqueta, D.; Becerra C. E.; Martínez O. J.; Mendoza F.; Valencia J. C. y Vivas H., (2002). *Introducción a la economía ambiental*, McGraw-Hill-Interamericana de España, S. A. España.

Banco Mundial (2006). *Análisis Comparativo de Políticas Relacionadas con el Sector Agua: exploración sobre los impactos en la productividad del agua*, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento-Banco Mundial Departamento de México y Colombia-Región de América Latina y El Caribe, Washington, D.C.U.S.A.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2005). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente LGEEPA*, México.

Cees van de Guchte y Veerle Vandeweerd (2001). http://www.gpa.unep.org/

CONABIO (2006). *Capital natural y bienestar social*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONAGUA (2005). *Estudio de Clasificación del río Zahuapan, Puebla-Tlaxcala*.

_____(2007). *Estadísticas del agua en México*, SEMARNAT, México.

_____(2008). *Estadísticas del agua en México*, SEMARNAT, México.

_____(2009). *Estadísticas del agua en México*, SEMARNAT, México.

Costanza, Robert (1999). *Una introducción a la economía ecológica*, CECSA, México.

Cuerdo, M. M. y José L. Ramos (2000). *Economía y Naturaleza. Una historia de las ideas*, Ed. Síntesis, España.

Diario Oficial de la Federación 26 de octubre de 1998.

Emerton, L. y Bos, E. (2004). *Value: Counting ecosystems as water infrastructure*, IUCN, Gland Switzerland and Cambridge, UK.

Emily, Arnold y Janet, Larsen (2006). *BOTTLED WATER: Pouring Resources down the Drain*, Earth Policy Institute.

Fernández, A. y Valentín B. (2002). *Economía y política medioambiental. Situación actual y perspectivas en la Unión Europea*, Ediciones Pirámide. Madrid, España.

Field, C. Barry y Martha K. F. (2003). *Economía Ambiental*, McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A., España.

Francke, S. 1997. *Economía ambiental y su aplicación a la gestión de cuencas hidrográficas, Chile*, CONAM, ERM, DFID.

García Á., G. (1992). "Instrumentos económicos para ejecutar políticas ambientales", en SEDESOL, INE, *Los instrumentos económicos aplicados al medio ambiente*, SEDESOL, INE, México.

Hauwermeiren, S. V. (1999). *Manual de economía ecológica*, ILDIS, Friedrich Ebert Stiftung, Instituto de Ecología Pólítica-Chile, Abya-Yala, Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo-Ecuador, Santiago de Chile.

Ibáñez, M.; G., Brachet; S., Cortina y L., Quiñónez (2005). *Instrumentos de política. Aplicables a océanos y costas*, México, Instituto Nacional de Ecología, DGIPEA México.

INE (1995). "La tragedia de Los Comunes", en *Gaceta Ecológica*, núm. 37.

_____(2002). *Estimación del valor económico de reducciones en el riesgo de morbilidad y mortalidad por exposiciones ambientales*, México.

INE-PNUMA (2004). "Salud, vulnerabilidad humana y desastres ambientales", en *Perspectivas del medio ambiente en México*, GEO-INE-PNUMA, México.

INEGI (1999). *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México, 1993-1997*, México.

_____(2003). *Estadísticas del Sector Salud y Seguridad Social*, Cuaderno núm. 20, México.

_____(2005). *Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México 199-2004*, México, D. F.

_____(2006). *Anuario de estadísticas por entidad federativa*, México.

Landell-Mills y Porras (2002).“Silver Bullets or Fools´Gold?“, en *A global review of markets for forest environmental services and their impact on the poor*, International Institute for Environment and Development, London, UK.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Art. 21, México.

OEIDRUS (s/f). http://www.oeidrus-tlaxcala.gob.mx

ONU (2003). *Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*, http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index_es.shtml

Organización Mundial de la Salud (2004). “Evaluación de los costos y beneficios de los mejoramientos del agua y del saneamiento a nivel mundial”.

Nigenda, G.; E. Cifuentes; P. Duperval (2002). *Estimación del valor económico de reducciones en el riesgo de morbilidad y mortalidad por exposiciones ambientales*, Instituto Nacional de Ecología, México.

Pape, E. y L. Ixcot (2003). “Guatemala: valoración económica del Lago Amatitlán”, en Ávila, S., S. Colín y C. Muñoz (comp.) (2003), *Economía de la biodiversidad*, Memoria del Seminario Internacional de La Paz, BCS, Instituto Nacional de Ecología-Semarnap, México.

Saldívar, V. A. (2007). *Las aguas de la ira: Economía y cultura del agua en México ¿sustentabilidad o gratuidad?,* Facultad de economía, UNAM, México D. F.

_____(2006). *Manifestación de Impacto Regulatorio para las Declaratorias de Clasificación del Río Coatzacoalcos, Veracruz*, INFORME OMM/PREMIA No. GSCA0202-normal-b/2006, septiembre 2006.

Saldívar, V. A. *et al*. (2002). “Tres Metodologías para Evaluar Sustentabilidad”, en *Revista Investigación Económica*, F. Economía, UNAM, # 242, octubre-diciembre.

Secretaría de Salud, varios años. *Reporte mensual de casos nuevos de enfermedad acumulados*, Sistema Nacional de Salud, Secretaría de Salud, Dirección de Epidemiología, Jurisdicciones Sanitarias 3 y 11, México.

Secretaría de Turismo y ARCOP (2002). *Resultados del Estudio de Opinión Pública sobre Temas de Coyuntura Turística: Turismo Familiar Ciudades de México, Guadalajara y Monterrey*.

_____(2002). *Resultados del Estudio de Opinión Pública sobre Temas de Coyuntura Turística: Turismo juvenil Ciudades de México*, Guadalajara y Monterrey.

SEMARNAT (2005). *Informe de la situación del Medio Ambiente en México*, México, D. F.

_____(2005b). *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005*, México D. F.

_____(2006). *Ley Federal de Derechos- Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales*.

Toledo, A. y F. Morosini (coord.) 1987. *Petróleo y medio ambiente en la región de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá*, Centro de Eco desarrollo, México.

Agricultura protegida, una alternativa de producción en el Atoyac-Zahuapan

Juan José Castellón Gómez[1]

Introducción

El empleo de prácticas para la protección de cultivos contra las condiciones climatológicas adversas, que impidan el desarrollo de la agricultura como una actividad fundamental del desarrollo económico de una región, es una práctica tan antigua como las primeras civilizaciones agrícolas (China, Egipto, India, etcétera). Sin embargo, el desarrollo histórico de esta actividad ha mostrado que este tipo de agricultura ha sufrido cambios significativos en cuanto a la concepción de producir alimentos; incluyendo además de los elementos del clima, la nutrición de los cultivos, control de plagas y enfermedades y la economía en el uso de los recursos hídricos, siendo este último de gran importancia en cuanto a la disminución del consumo y aumento de las reservas, aprovechamiento de agua de lluvia que cae sobre las cubiertas plásticas, lo que supone en algunos casos el ahorro del 50 % de las necesidades totales de agua y finalmente el uso de aguas residuales tratadas para eliminar patógenos y mezcladas con aguas de buena calidad puede suponer una alternativa en función del cultivo (Tognoni, 2003:11).

Los avances en la agricultura, están íntimamente relacionados con el desarrollo de la tecnología agronómica, entre los que destaca el uso de semillas mejoradas genéticamente, niveles elevados de abonos y pesticidas, mecanización, gestión del riego, infraestructura rural y gestión de las unidades de producción, lo que ha permitido incrementar en forma significativa los rendimientos y la productividad de las tierras de labor (Trueba, 2002:111). La agricultura, además de proporcionar alimentos, juega un papel importante en la creación de riqueza, aunque esto implica un reordenamiento de la fuerza laboral y del orden social.

En México, se estima que la superficie de invernaderos, incluidas las casas sombra, asciende a 8,934 hectáreas; esta cifra no contempla la superficie de invernaderos con ornamentales ni los macrotúneles, cuya

1 Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Correo electrónico: jcastellon@colpos.mx

superficie puede ser del orden de 550 y 2,000 hectáreas, respectivamente, con un crecimiento significativo sólo en los últimos seis años, sobresaliendo Sinaloa, Baja California, Sonora y Jalisco con una superficie de 6,610 has., que representan el 74 % de la superficie protegida en el país (Castellanos y Borbón, 2009:02).

Sin embargo, Sánchez (2010), indica que en México se siembran cerca de 15,000 hectáreas, donde se cultiva principalmente jitomate, pepino, pimiento, fresas, flores como crisantemos, rosas, claveles y alstroemeria, incluyendo los estados de Puebla, Oaxaca, México, Michoacán y Morelos.

El registro de superficie protegida, en el estado de Tlaxcala es de 40 hectáreas, pero existe la posibilidad de un incremento significativo en la superficie cultivada debido a su ubicación geográfica estratégica, cercanía a los mercados nacionales más importantes, tierra, mano de obra barata y disponibilidad de agua limpia para la producción.

El objetivo del presente trabajo, es analizar la situación de la agricultura en la cuenca Atoyac-Zahuapan, la disponibilidad de recursos para la agricultura y proponer un esquema de agricultura protegida como una alternativa para el desarrollo económico de la región.

1. Marco conecptual

1.1 Definición de agricultura protegida

La agricultura protegida se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Este sistema permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad. La agricultura protegida contribuye a sustentar y fomentar el desarrollo agroindustrial, a generar divisas y empleo para la región, y una vida más digna entre la gente del medio rural (Sánchez, 2008).

Este sistema de producción se apoya en estructuras que permiten disminuir las restricciones que el medio impone en el desarrollo de las plantas cultivadas. En tal sentido, se han desarrollado estructuras que plantean alternativas para recrear las condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos, de acuerdo a las necesidades de cada especie y condiciones climáticas de cada región.

Bastida (2006:2), hace referencia a estructuras construidas con la finalidad de crear condiciones óptimas del medio para el desarrollo adecuado de los cultivos, con variaciones de acuerdo a los requerimientos climáticos de cada especie, en concordancia con los elementos climáticos en cada región. En tal sentido, los principales componentes para proteger los cultivos se agrupan en: a) cubiertas flotantes, b) cubiertas plásticas,

c) casas sombra, d) mini invernaderos o túneles y, e) invernaderos de diversos tipos. Además de dispositivos de apoyo como los acolchados, las pantallas térmicas y mallas de diversos tipos que se usan con diferentes fines de producción.

1.2 El uso de materiales plásticos en la agricultura

Los plásticos juegan un papel central en la agricultura protegida, de tal manera que se ha desarrollado el concepto de "plasticultura" haciendo referencia al empleo de materiales plásticos como elementos de apoyo en diferentes actividades agrícolas. Los plásticos en la agricultura tienen una amplia variedad de usos, desde las cubiertas para invernaderos y casa sombra, hasta los sistemas de riego con tuberías, mangueras, cintillas y goteros de plástico o charolas para la producción de plántula y materiales para el empaque de frutas y productos agrícolas (Bastida, 2006:3).

Las técnicas y estructuras para proteger los cultivos se enfocan a minimizar el efecto de los elementos que afectan la producción agrícola, como el viento, el granizo, las heladas, bajas y altas temperaturas, el exceso de radiación luminosa, la evaporación y la protección del suelo, entre otras.

El uso de materiales flexibles para la cubierta de invernaderos, es un aspecto relevante, ya que condiciona el microclima que se genera en su interior y consecuentemente la respuesta de los cultivos, modificando la cantidad y calidad de la radiación incidente y con ello los procesos fisiológicos de las plantas, específicamente la fotosíntesis y la respiración (López, 2003:121).

Uno de los conceptos más ampliamente asociados al uso de plásticos en la agricultura son los invernaderos, que se definen como sigue:

Es una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica traslucida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en el interior. Los invernaderos pueden contar con un cerramiento total de plástico en la parte con un cerramiento total de plástico en la parte superior y malla en los laterales (AMCI,2008:1).

Bajo la norma española, se define un invernadero como el conjunto formado por estructura ligera y cubierta, que permite la protección y/o crecimiento de las plantas mediante el uso de energía solar y la defensa contra el frío y otras condiciones climáticas adversas (Papaseit, 1992:76).

Matallana y Montero (1995:21), definen un invernadero como el sistema productivo capaz de obtener cosechas fuera de la época normal en la que aparecen en el mercado. Para lo cual se requiere, realizar un análisis de los recursos naturales y humanos disponibles en la zona donde se pretenda construir el invernadero y realizar un estudio riguroso sobre las posibilidades del mercado y de la comercialización de los productos agrícolas obtenidos.

Se define el cultivo forzado o protegido como aquél que durante todo el ciclo productivo, o en una parte del mismo, se actúa en el acondicionamiento del microclima que rodea la planta, también engloba todas aquellas técnicas, fertirrigación, densidad y época de siembra, sanidad vegetal…, que inciden sobre la producción, la mejora de la calidad y la precocidad de la cosecha.

1.3 El uso de agua en la agricultura protegida

La situación en el uso del agua refleja una seria preocupación por el alto desperdicio que se presenta en los diferentes sectores económicos y sociales, consumidores del recurso. El 77 % del recurso concesionado se consume en la agricultura; el 14 % es de uso doméstico y el 9 % restante es de uso industrial; con un desperdicio del 50 % del agua que se consume en los tres sectores. Un análisis general en el consumo de agua en la agricultura, permite concluir que al pasar del riego rodado al riego por compuertas se podría regar el doble de superficie; si se usará riego por aspersión la superficie regada sería del orden de cuatro hectáreas y con sistemas de goteo la superficie regada sería de seis hectáreas (Morales *et al.,* 2008:3).

Las pérdidas de agua para la agricultura de riego en el país, son del orden del 40 al 75 %, lo que se debe fundamentalmente a la evaporación y conducción en canales largos y no revestidos, azolve de presas y canales, y salinización de suelos, entre otros.

El uso del agua debe enfocarse a un uso más eficiente, en términos de la eficiencia transpirativa de las plantas, lo cual está asociado a la estructura genética de la especie y condicionado por el manejo agronómico del cultivo. En el Cuadro 1, se presentan valores de consumo de agua para producir un kg. de materia seca de diferentes especies.

Para el caso de jitomate, se han evaluado diferentes sistemas de producción en cuanto al uso eficiente del agua, logrando cambios significativos. En Israel y Almería, España, a campo abierto se ha logrado producir un kg. de producto con 60 litros de agua; en plásticos sin calefacción (Almería) la eficiencia se ha incrementado con un consumo de 40 litros de agua; mientras que con cristal sin calefacción (Israel) se ha logrado producir un kg. de materia seca con 30 l de agua. En cambio en Holanda, en invernaderos de cristal con control climático y aplicación de CO_2

se utilizan 22 l de agua, y el mismo sistema, pero con reutilización del drenaje la eficiencia permite el uso de 15 l de agua por kg. de producto (Stanghellini, 2003:29).

Cuadro 1. Consumo de agua de diferentes especies para producir un kg. de materia seca

Especie	Consumo de agua por kg de materia seca (l)
Papa	500
Trigo	900
Sorgo	1100
Maíz	1400
Arroz	1900
Soya	2000
Jitomate (cielo abierto)	1000

Fuente: Stanguellini, 2003.

El uso del agua para la agricultura protegida, está íntimamente relacionada con el concepto de fertirrigación, a través del parámetro de calidad, lo que engloba aspectos químicos como concentración de sales disueltas (CE), presencia relativa de sodio (RAS), contenido de carbonatos y bicarbonatos (lo que condiciona el pH), concentración de cloro, boro, hierro y manganeso. De igual manera, el agua de riego puede contener nutrimentos como calcio, magnesio y sulfatos; lo que determina el balance final en la aplicación de fertilizantes para la preparación de la solución nutritiva (Castellanos y Ojodeagua, 2009).

Estos parámetros son de utilidad para determinar el uso del agua para la agricultura. Así, un agua de buena calidad debe contener ente 0.7 y 1.5 $dS.m^{-1}$, es decir; entre 595 y 1,275 $mg.L^{-1}$ de sales. El boro no debe rebasar 0.5 ppm, ya que representa serios problemas para el desarrollo de las plantas. El pH debe estar ubicado en un rango de 5.5 a 7.0 con la finalidad de favorecer la absorción de nutrimentos. La RAS debe ubicarse hasta 18, siempre y cuando la CE no esté por encima de 250 ppm de sales.

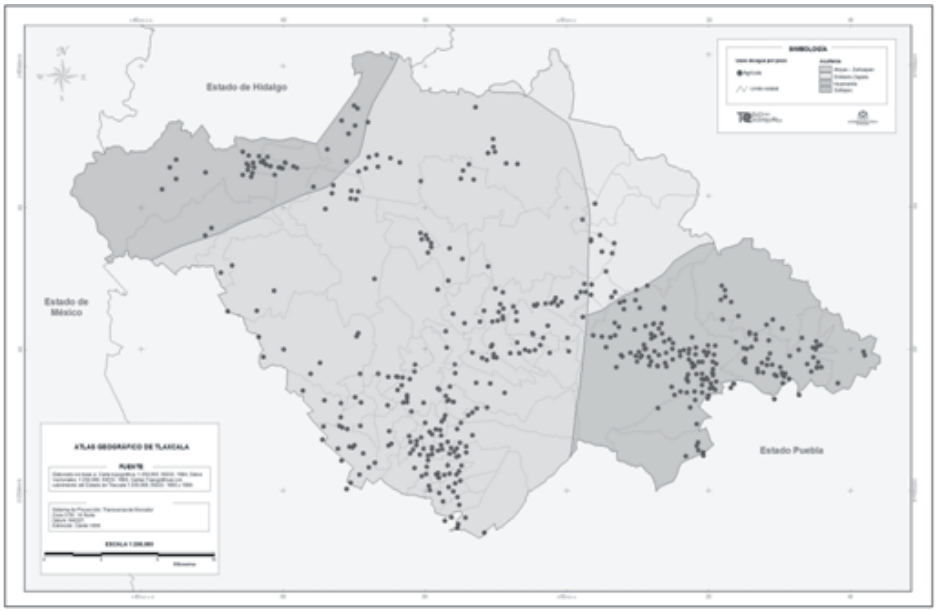
2. Metodología

2.1 Universo de trabajo

El área de estudio corresponde a la región Atoyac-Zahuapan, en el estado de Tlaxcala, abarcando los 39 municipios que la conforman en forma

total y 11 municipios en forma parcial. La superficie para el primer caso es de 1,376.89 km.^{2}, y en el segundo caso representa una superficie de 1003.17 km.^{2}, con un total para toda la cuenca de 2,380.06 km^2. Los municipios que se encuentran en la cuenca en forma parcial son: Nanacamilpa de Mariano Arista, Sanctorum de Lázaro Cárdenas, Tlaxco, Huamantla, Hueyotlipan, Terrenate, Tetla, Tocatlán, Xaloztoc y Tetlanohcan. Los municipios que se encuentran fuera de la cuenca en su totalidad son: Calpulalpan, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas, Emiliano Zapata, Trinidad Sánchez Santos, Ixtenco, El Carmen Tequexquitla, Cuapiaxtla y Altzayanca y dada la superficie tan pequeña del municipio de Huamantla, que se encuentra dentro de la cuenca, se decidió dejarla fuera para los fines del presente estudio.

Mapa 1. Delimitación de cuencas en el estado de Tlaxcala



Fuente: elaboración propia.

En el Mapa 1, se presenta la delimitación de cuencas en el estado de Tlaxcala, sobresaliendo la región Atoyac-Zahuapan en la parte central con mayor superficie. Asimismo se identifican los pozos de agua para uso agrícola en cada una de las cuencas.

2.2 Análisis de la agricultura

Se realizó una revisión de información secundaria y análisis de datos estadísticos con énfasis en los cultivos que ocupan una mayor superficie sembrada, un análisis de costos, rendimientos y rentabilidad de la tierra en función del manejo tradicional de la agricultura en la región. Asimismo, se analizó la superficie manejada bajo el esquema de agricultura protegida considerando cubiertas plásticas y acolchados, con apoyos otorgados tanto por el gobierno federal y estatal, e inversión privada.

Con la finalidad de determinar la disponibilidad de recursos para la implementación de la agricultura protegida en la cuenca Atoyac-Zahuapan en el estado de Tlaxcala, se realizó una revisión de información secundaria, considerando la disponibilidad de agua para el riego; con base en la concesión otorgada por la CONAGUA a los grupos de productores, así como su calidad para el uso en el riego; los rendimientos obtenidos tanto con grupos de productores independientes como la experiencia adquirida durante diez años de trabajo en agricultura protegida en el estado; así como, la información obtenida por el grupo de trabajo de la Agencia de Gestión de Innovación Red Agricultura Protegida en Tlaxcala.

3.Panorama de la agricultura en Tlaxcala

En el estado de Tlaxcala se cultivan 232,809 hectáreas, de las cuales, el 89 % se realiza en condiciones de temporal y el 11 % restante bajo condiciones de riego. Con respecto a la superficie de riego, las 25,609 hectáreas se encuentran bajo el control de 29,710 usuarios que tienen concesionados 188.23 millones de m^3 de agua al año, de los cuales 36.4 % son de origen superficial y 63.4% provienen de 552 pozos profundos.

De la superficie total cultivable en el estado, 161,654 hectáreas corresponden a la cuenca Atoyac-Zahuapan, con 145,209 hectáreas cultivadas en condiciones de temporal y 16,445 hectáreas cultivadas en condiciones de riego (SIAP, 2008).

Los principales cultivos y la superficie establecidos por régimen de humedad, en la cuenca Atoyac-Zahuapan se presentan en el Cuadro 2, donde se puede observar que el maíz, trigo y cebada representan el 84 % de la superficie sembrada en la región.

Con respecto al valor de la producción estatal (2,219,730.76 miles de pesos) proveniente de la agricultura; el valor de la producción de los seis cultivos mostrados en el Cuadro 2, de la cuenca Atoyac-Zahuapan, representan el 47.2%, lo que refleja la importancia en el ingreso estatal; en tal sentido, el maíz, trigo y cebada ocupan la mayor superficie sembrada en el estado y la cuenca.

Ahora bien, al comparar la superficie de temporal y riego se observa una diferencia de 112,731 hectáreas, mientras que dicha diferencia para

los ingresos es de 683,631 miles de pesos, con valores relativos de 11.67% y 20.98 %, respectivamente. Esta tendencia refleja que la agricultura bajo riego tiene un mayor potencial con respecto a la agricultura de temporal, sin considerar la disponibilidad de agua y los costos ambientales.

Cuadro 2. Principales cultivos y superficie sembrada en la cuenca Atoyac-Zahuapan

Cultivo	Superficie (ha)			Valor de la producción (Miles de pesos)		
	Temporal	Riego	Total	Temporal	Riego	Total
Maíz	58,282	10,820	69,102	408,630.00	112,753.00	521,383.00
Trigo	36,073	155	36,228	200,259.00	1,093.00	201,352.00
Cebada	30,848	26	30,874	219,529.00	170.00	219,699.00
Frijol	2,250	739	2,989	26,334.00	11,356.00	37,690.00
Tomate verde	175	376	551	10,423.00	5,515.00	15,938.00
Alfalfa	-	2,781	2,781	0	50,657.00	50,657.00
T o t a l	**127,628**	**14,897**	**142,525**	**865,175.00**	**181,544.00**	**1046,719.00**

Fuente: elaborado con datos de SIAP (2008).

Esta panorámica general sobre la composición de la agricultura en el estado de Tlaxcala, es suficiente para aportar elementos de análisis y comprender el significado de desarrollar una agricultura intensiva, donde se involucren cambios tecnológicos, económicos y sociales, y verter el peso del desarrollo regional sobre la actividad primaria de la producción de alimentos.

Si se sigue con un desarrollo rural, basado en la agricultura tradicional, con cultivos de temporal, se puede afirmar, con un alto grado de precisión, que la región Atoyac-Zahuapan será una zona económicamente atrasada, ya que como se ha demostrado en reiteradas ocasiones, que la agricultura protegida representa un incremento muy superior en la rentabilidad de la tierra.

3.1 Situación de la agricultura protegida en Tlaxcala

En el estado de Tlaxcala, se estima que la agricultura protegida cuenta con más de dos décadas que dio inició, ya que existen datos que señalan que a mediados de la década de los ochenta, se construyeron invernaderos para la producción de ornamentales, como objetivo central para el establecimiento de este tipo de tecnología; sin embargo, a partir del año 2001, se iniciaron actividades promovidas por la Secretaría de Educación Pública, Fundación Produce Tlaxcala, A.C., la Secretaría de Fomento Agropecuario en el estado y la empresa ASTAM S.A. de C.V para la construcción de microtúneles (48 m^2), instalándose en un periodo de

cinco años, alrededor de 1,400 unidades, 600 módulos de 1,000 m^2 a cielo abierto con microgoteo y 38 cubiertas plásticas con sustrato y microgoteo de 330 m^2. Asimismo, el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, apoyado por la Secretaría de Economía, instaló 60 unidades de 40 m^2 y 16 unidades de 215 m^2, en el mismo periodo.

Es a partir del año 2005 cuando se presenta un fuerte crecimiento en la superficie con cubiertas plásticas, con unidades desde 50 hasta 30,000 m^2, utilizados preferentemente para la producción de jitomate (88 %); sin embargo, la actividad ha mostrado una baja rentabilidad y competitividad debido fundamentalmente a: 1) Habilidades técnicas, organizativas, administrativas y comerciales poco desarrolladas; 2) Vinculación incipiente de los productores con las instituciones de investigación y educación; 3) Manejo irracional de fertilizantes y pesticidas; 4) Las redes sociales y técnicas se encuentran desarticuladas y 5) Sólo el 20 % de los productores adoptan más del 80 % de las innovaciones requeridas en este sistema de producción (Castellón *et al.*, 2008:10)

A partir de 2008, se dio inicio al proyecto "Agencia de Gestión para la Innovación", con el objetivo de analizar la dinámica de innovación en la red de invernaderos de Tlaxcala, con énfasis en los productores de jitomate a través del diseño de estrategias que permitan integrar innovaciones a la red de agricultura protegida y que éstas impacten de manera directa en la rentabilidad de este tipo de agricultura, lo que permitió realizar un diagnóstico de la agricultura protegida en el estado y proponer una estrategia de gestión de innovación en esta actividad.

4.Análisis de imapctos y propuesta

4.1 La agricultura protegida en la economía de la cuenca Atoyac-Zahuapan

La población en la cuenca Atoyac-Zahuapan es de 950,878 habitantes, es decir, el 82.71 % de la población estatal (INEGI, 2010), de la cual 452,613 habitantes representan la Población Económicamente Activa (PEA). Durante el periodo 2003-2008, se observa un incremento en la población de alrededor de 60,000 habitantes, lo que significa un aumento del 7.5%. La PEA ocupada en el sector primario representa el 17.7 % (SEDECO, 2010).

La evolución en la economía de Tlaxcala, en términos del PIB agropecuario es muy baja, ya que representa tan sólo el 4.4 % promedio en el periodo 2003-2008, mientras que el PIB *per cápita* sigue la misma tendencia con un valor promedio de 40,804 pesos anuales; es decir, que se tiene un ingreso diario de dos salarios mínimos en la cuenca. Es evidente que durante 2005, se observa una baja considerable, lo que se debe probablemente al cambio de gobierno en el estado, provocando una ligera recesión en la economía.

Cuadro 3. Crecimiento poblacional y producto interno bruto en el estado de Tlaxcala

Año	Producto interno bruto (millones de pesos)			Población (No. habitantes)	
	Estatal	Agropecuario	Per cápita*	Estatal	Cuenca
2003	41,937	1,954	40,269	1041,432	861,368
2004	43,940	1,887	41,540	1057,784	874,893
2005	42,215	1,705	39,324	1073,525	887,912
2006	44,885	1,953	41,213	1089,107	900,800
2007	45,639	1,973	41,318	1104,580	913,598
2008	46,094	2,182	41,162	1119,819	926,202

*Este valor está dado en pesos.
Fuente: elaboración propia.

4.1.1 Infraestructura disponible

En el Cuadro 4, se presentan los valores asociados con los diferentes tipos de cubiertas, considerando el número de usuarios y la superficie en la cuenca Atoyac-Zahuapan.

Cuadro 4. Número de beneficiarios y superficie bajo el esquema de agricultura protegida en la cuenca Atoyac-Zahuapan

TIPO Y RANGO	NÚMERO DE BENEFICIARIOS	SUPERFICIE (m^2)
Cubiertas plásticas		
Inactivos	454	93,043
< 100	178	10,964
100-500	72	21,565
500-1000	22	21,790
>1000	18	81,364
Subtotal	744	228,726
Acolchados con goteo*	4	35,000
T O T A L	**748**	**263,726**

Fuente: elaborado con datos de SEFOA (2010). * 2.5 hectáreas se establecieron con recursos propios.

En 2007, con el Proyecto Estratégico de Agricultura Protegida implementado por el gobierno federal, se dio un fuerte impulso a la construc-

ción de invernaderos en el estado; sin embargo, después de tres años, sólo 1.6 hectáreas fuera de la cuenca Atoyac-Zahuapan están funcionando; de las 7.4 hectáreas que fueron aprobadas para el estado de Tlaxcala.

Se ha dado una fuerte inversión por parte de instituciones gubernamentales para el apoyo en la construcción de microtúneles (48 m^2) enfocado básicamente a la producción de hortalizas para el autoconsumo y, en el mejor de los casos, como atención a la demanda vecinal. El Cuadro 4, refleja la infraestructura realizada durante el periodo 2005-2010.

Con base en los datos obtenidos por la Agencia de Gestión de Innovación (2008), de los invernaderos construidos antes del 2003, el 50 % se encuentran activos; el 30 % en paro temporal y el 20 % restante en paro definitivo. En cambio, las estructuras establecidas en 2007, el 85 % están operando normalmente y 15 % en paro temporal, lo que refleja que después de tres años de operación ante la falta de liquidez para sustituir plásticos y completar la fase de inversión, no permite la operación continua, provocando el abandono de la actividad (Cuadro 5).

Cuadro 5. Nivel de operación de los invernaderos en función del periodo de instalación

Instalación (año)	Condición (%)		
	Activo	Paro temporal	Paro definitivo
≤ 2003	50	30	20
2004	67	17	17
2005	63	33	4
2006	67	30	4
2007	85	15	0
2008	66	25	9

Fuente: Castellón *et al*. (2008).

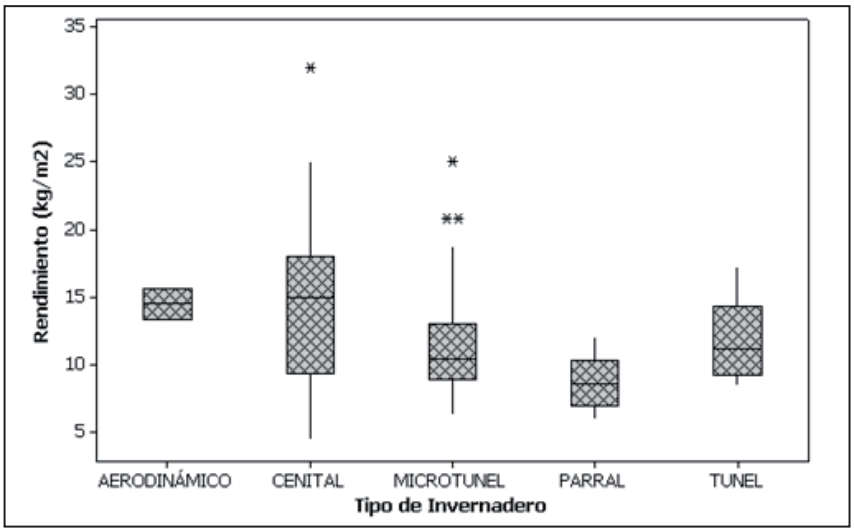
De las estructuras que se encontraban activas durante el 2008, el 88 % estaban cultivando jitomate, el resto de la superficie se cultivaba con nopal, lechuga, rosal, papa, coliflor, brócoli y chile poblano.

Con respecto a la producción de jitomate (cultivo que se toma como referencia para el presente análisis), los datos encontrados por la Agencia de Gestión de Innovación (2008), muestran que los rendimientos por unidad de superficie se encontraron en un rango de 6.7 a 30 kg/m^2 (Gráfica 1); sin embargo, no existe una correspondencia directa entre el nivel de tecnificación y el rendimiento unitario, lo que refleja un serio proble-

ma de ausencia de capacidades, ya que la experiencia se ha obtenido básicamente por prueba y error.

Con respecto a la participación de la agricultura protegida en la cuenca Atoyac-Zahuapan, es aún incipiente, ya que como se observa en el Cuadro 3, solamente se tiene una superficie de 26.73 hectáreas, de las cuales 9.3 hectáreas se encuentran en total abandono y 3.2 hectáreas corresponden a superficies menores a 500 m^2, y no entran en una agricultura empresarial que permita un ingreso suficiente para el desarrollo de las familias involucradas. Asimismo, 3.5 hectáreas son sistemas de acolchado con riego por goteo a cielo abierto, lo que representa un mayor riesgo comparado con las cubiertas plásticas.

Gráfica 1. Rendimiento de jitomate con base en el nivel de tecnificación del invernadero



Fuente: tomado de Castellón *et al.*, 2008.

Se puede afirmar que con las 13.56 hectáreas que se encuentran activas en la cuenca, con un rendimiento unitario de 20 kg.m^2, se pueden nproducir 2,712 toneladas a un precio de $7.00 por kilogramo, se generan $18,984,00.00 en forma bruta, menos el 50 % de costos asociados a la infraestructura y operación de la actividad, es factible obtener un beneficio de $9,492,000.00, siempre y cuando haya capacitación y acompañamiento permanente.

La adopción de la agricultura protegida como una estrategia de desarrollo económico y social en el estado de Tlaxcala, muestra un crecimiento lento y con dificultades para su implementación, debido funda-

mentalmente a cuestiones de tipo político, financiero, transferencia de tecnología, consultoría ineficiente y capacitación limitada.

Este tránsito de la agricultura tradicional a la agricultura protegida, se ha dado en un periodo de 25 años; sin embargo, ha sido sólo en los últimos 10 años cuando ha tenido un desarrollo más significativo.

4.2 Disponibilidad de agua para la fertirrigación

Unos de los puntos fundamentales para la producción de hortalizas bajo el esquema de agricultura protegida, es la disponibilidad de agua de buena calidad para el riego. En tal sentido, en el Cuadro 6, se evidencia una disponibilidad de 105,112, 927 m^3 de agua concesionados para el riego en la cuenca Atoyac-Zahuapan, que permiten regar 16,445 hectáreas de cultivos. Sin embargo, los sistemas utilizados son aún ineficientes en cuanto a la rentabilidad para la producción de cultivos, ya que en su mayoría utiliza riego rodado con altos desperdicios del recurso, por conducción, evaporación, sistemas en mal estado, etcétera; y se riega solamente durante las etapas iniciales de los cultivos hasta el establecimiento de las lluvias o en su defecto bajo un esquema de tandeos en el servicio de distribución de agua.

No obstante, la disponibilidad de agua para riego, es conveniente señalar que el agua concesionada en el Distrito de Riego 056, presenta problemas para su uso en la producción de hortalizas, ya que las descargas municipales e industriales se vierten sobre los cauces por donde circulan los ríos Atoyac y Zahuapan, por lo que se deben considerar los riesgos en la salud pública.

Cuadro 6. Volumen anual de agua concesionada para uso agrícola en la cuenca Atoyac-Zahuapan

Fuente de agua	Número de fuentes	Volumen (m^3)
Distrito de riego 056 Atoyac-Zahuapan*	-	24,730,000
Manantiales	57	36,347,843
Presas**	6	6,477,250
Pozos profundos	192	37,557,834
T OT A L	**255**	**105,112,927**

Nota: *Incluye agua de los ríos Atoyac y Zahuapan. **No incluye la presa Recova.
Fuente: elaborado con datos de CONAGUA, 2007.

La calidad del agua para riego, es un factor que se utiliza cotidianamente para determinar el contenido nutrimental y la salinidad como parámetros de riesgo en el desarrollo del cultivo.

En el Cuadro 7, se presentan los parámetros que se deben evaluar para decidir si un agua es susceptible de usarse para el riego y el grado de restricción.

Cuadro 7. Parámetros de calidad del agua de riego para uso agrícola

Parámetro	Unidad	Grado de restricción		
		Ninguno	Leve a moderado	Severo
Salinidad				
Conductividad eléctrica	$dS.m^{-1}$	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0
Sólidos disueltos totales	$mg.L^{-1}$	< 450	450-2000	> 2000
Efecto de iones específicos				
Relación de absorción de sodio		< 3.0	3.0-9.0	> 9.0
Sodio	$meq.L^{-1}$	< 5.0	5.0-10.0	> 10.0
Bicarbonatos	$meq.L^{-1}$	< 1.5	1.5-8.5	> 8.5
Cloruros	$meq.L^{-1}$	< 4.0	4.0-10.0	> 10.0
Boro	$mg.L^{-1}$	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0
Manganeso	$meq.L^{-1}$	< 0.1	0.1-1.5	> 1.5
Hierro	$mg.L^{-1}$	< 0.1	0.1-1.5	> 1.5
Sulfuro de hidrógeno	$mg.L^{-1}$	< 0.5	0.5-2.0	> 2.0

Fuente: tomado de Castellanos (2009:145).

En el cuadro 8, se presentan los análisis de aguas subterráneas de diferentes lugares en la cuenca Atoyac-Zahuapan, donde se observan algunos parámetros utilizados para evaluar la calidad del agua para riego. Con respecto a la CE, todas las aguas cumplen, ya que los valores son menores a 0.7 $dS.m^{-1}$, con respecto al pH; sólo las aguas de Apizaco, Españita, Hueyotlipan, Ixtacuixtla, Sta. Cruz Tlaxcala, San Pablo del Monte y Tlaxco cumplen con el parámetro. Los niveles de sodio y cloruros no representan restricción alguna para el uso del agua en el riego, y en el caso de bicarbonatos las aguas presentan una restricción moderada para el riego; sin embargo, no es un problema serio en términos de la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Cuadro 8. Análisis de la calidad del agua para riego en diferentes lugares de Tlaxcala

Lugar	pH	CE	Cationes (meq.L^{-1})				Aniones (meq.L^{-1})		
			Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}
Apizaco	6.8	0.40	2.0	1.6	0.91	0.25	3.8	0.6	0.13
Yauhquemecan	7.5	0.60	4.2	2.4	1.06	0.37	4.4	2.1	0.69
Españita	6.5	0.31	1.4	1.4	0.91	0.21	3.2	0.6	0.07
Tepeyanco	7.0	0.12	1.6	1.3	0.30	0.08	2.2	0.8	0.40
Hueyotiplan	6.5	0.42	2.2	3.0	1.06	0.26	4.4	0.6	0.19
Ixtacuixtla	6.8	0.56	2.6	3.5	2.17	0.59	5.0	1.3	2.40
Nativitas	7.0	0.50	2.2	2.4	1.13	0.24	4.8	0.8	0.20
Sta. C. Tlaxcala	6.5	0.26	0.8	1.1	0.20	0.06	2.0	0.5	0.03
S. P. del Monte	6.6	0.48	1.2	2.2	0.31	0.08	1.6	0.5	0.06
S. L. Tecopilco	7.1	0.41	1.6	1.8	1.31	2.74	4.2	0.6	0.23
Tetla	7.5	0.43	1.8	1.4	0.81	0.21	4.4	0.3	0.05
Tetlatlahuca	7.0	0.53	2.4	2.8	1.30	0.26	5.2	0.8	0.31
Tlaxco	6.8	0.28	1.2	1.4	0.95	0.18	3.0	0.6	0.08
Zacatelco	7.0	0.28	1.2	2.4	0.92	0.23	2.0	0.8	0.26

Fuente: datos proporcionados por Roberto Bernal Muñoz (2010).

Otro aspecto de suma importancia es la eficiencia en el uso del agua, que ha generado la creación de programas de gobierno tendientes a usar menos agua para producir más materia seca, como es el "Uso eficiente del agua" propuesto por CONAGUA y FIRCO. Sin embargo, estos programas han sido poco eficientes, ya que no han logrado tener el impacto deseado, debido al desarrollo de avances sucesivos en lugar de dar un salto significativo, es decir, cambiar el riego rodado por el riego presurizado de alta frecuencia y no a los sistemas por aspersión y luego a los presurizados.

En el Cuadro 9, se presentan datos que reflejan la eficiencia en el uso del agua para la producción de materia seca, bajo distintos sistemas de producción y los costos asociados para la construcción de la infraestructura necesaria. Es claro, que los sistemas protegidos permiten una intensificación en la producción; sin embargo, los costos son muy elevados, pero la eficiencia también lo es, entonces reflexionemos sobre el alcance del recurso agua y las necesidades de producir alimentos.

Cuadro 9. Eficiencia en el uso del agua de riego en diferentes sistemas de producción intensiva

Sistema de producción	Rendimiento ($t.ha^{-1}$)	Consumo de agua ($m^3.ha^{-1}$)	Eficiencia de uso de agua ($kg.m^3$)	Costo de inversión ($\$.ha^{-1}$)
Riego por gravedad	50	15,000	3.3	0
Fertirrigación a campo abierto	100	8,000	12.5	32,400.00
Invernadero Almería España	250	7,000	35.7	3,240,000.00
Invernadero Holanda	600	7,500	80.0	6,480,000.00

Fuente: Sánchez (2010).

En el Cuadro 10, se presentan en forma clara las pérdidas económicas asociadas a diferentes porcentajes de drenaje, que junto con éstos arrastran una cantidad considerable de fertilizantes, que provocan serios problemas en la dinámica natural del suelo.

Cuadro 10. Pérdidas económicas por drenaje de la solución nutritiva ($\$.ha^{-1}$)

Porcentaje de drenado	Pérdidas ($)
0	0
10	28,471
20	56,942
30	85,412
40	113,883
50	142,354

Fuente: Sánchez (2010).

González (1996:46), con respecto a la eficiencia de los sistemas intensivos, menciona que uno de los problemas que se deben atender es la pérdida de fertilizantes junto con el agua de drenaje en los sistemas abiertos, lo que provoca un serio impacto ambiental. En tal sentido, menciona que las pérdidas de agua por drenaje son del orden de 2,000-3,000 $m^3.ha^{-1}$, es decir, cerca del 40 % del aporte total para el cultivo y 17 toneladas de fertilizante de los cuales 0.7 t corresponden a residuos nitrogenados.

Con base en los datos de análisis de agua del Cuadro 8, dada la calidad de las aguas para riego en la agricultura protegida en el estado de Tlaxcala, no se requiere que realizar drenajes en los sistemas hidropónicos, lo que permite un ahorro de recursos económicos por concepto de fertilizantes del 40 al 50%.

4.3 Implementación de la agricultura protegida en la cuenca

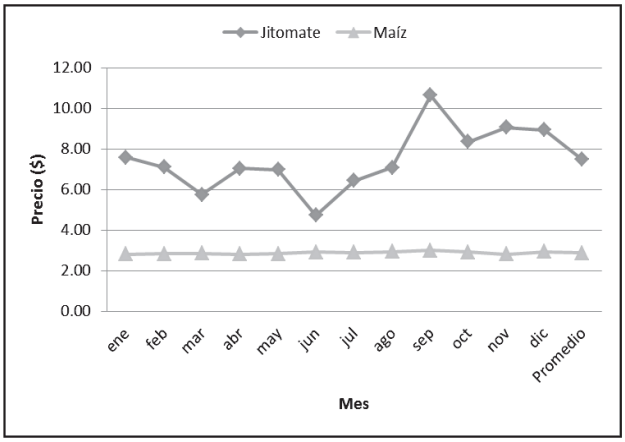
El desarrollo de la agricultura protegida en el estado de Tlaxcala ha mostrado una dinámica muy heterogénea en cuanto a su distribución, ya que un mayor porcentaje de estructuras se ha establecido en la cuenca Libres-Oriental, en los municipios de Huamantla, Cuapiaxtla, El Carmen Tequexquitla y Altzayanca; con serios problemas de operatividad por falta de desarrollo de capacidades de los productores.

Debido a lo expuesto con anterioridad, de la importancia de la cuenca Atoyac-Zahuapan en términos de población, superficie agrícola y disponibilidad de agua para riego, se propone un análisis para implementar un esquema de agricultura protegida que permita utilizar en forma eficiente los recursos disponibles; y por otro lado, plantear la posibilidad de generar empleos en forma permanente y permitir que la población se pueda ocupar en sus lugares de origen, a través de programas gubernamentales que atiendan el desarrollo de capacidades para una atención más específica de la agricultura en el estado.

4.3.1 Precios de mercado de cultivos de referencia

Un punto fundamental para el presente análisis lo constituyen los precios de los principales cultivos producidos en forma tradicional y bajo cubierta, el maíz y el jitomate, respectivamente. En tal sentido, se considera la dinámica anual de los precios y la estacionalidad en el año para determinar las ventanas de oportunidad de venta.

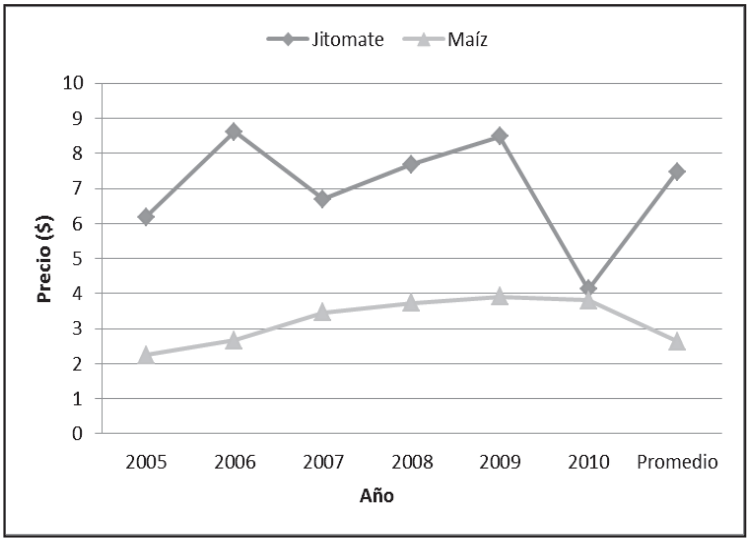
Gráfica 2. Precio mensual promedio de jitomate y maíz en la República Mexicana en el periodo 2005-2010



Fuente: elaborado con datos de SNIIM, 2010.

La Gráfica 2, muestra en forma clara, la estacionalidad de precios del cultivo de jitomate saladet, los cuales repuntan después del mes de junio alcanzando su máximo en el mes de septiembre con cierta estabilidad hasta el mes de enero, periodo en el cual inicia la cosecha a "cielo abierto" en el estado de Sinaloa, que desploma los precios muy por debajo de los valores mostrados en la gráfica anterior. En cambio, el maíz muestra una estabilidad durante todo el año, a pesar de que no existen precios de garantía para este producto como en años anteriores.

Gráfica 3. Precio promedio de jitomate y maíz en la República Mexicana en el periodo 2005-2010



Fuente: elaborado con datos de SNIIM, 2010.

En la Gráfica 3, se muestra el comportamiento anual de los precios de jitomate y maíz en los últimos seis años, donde se puede apreciar, en el caso de jitomate, tres puntos críticos, dos de ellos que corresponden a los años 2006 y 2009 con precios máximos cercanos a los $ 9.00 por kilogramo de producto y un tercer punto para el año 2010 donde el precio alcanzó un valor bajo histórico cercano a $ 4.00 por unidad. En cambio, el precio del maíz prácticamente ha ido aumentado de 2005 a 2010, sin sobrepasar los $ 4.00 por kilogramo. Los precios promedio para el periodo en cuestión, son de $ 7.48 y $ 2.64 por kg, para jitomate y maíz, respectivamente.

4.3.2 Comparación de sistemas de cultivo a través de ingresos

En el cuadro 11, se presentan en forma general los costos e ingresos asociados a los sistemas de cultivo de jitomate bajo cubierta plástica con tecnificación media y el cultivo de maíz para condiciones de temporal.

Cuadro 11. Costos de producción para el cultivo de jitomate en invernadero con tecnología intermedia en suelo

Cultivo			
Jitomate en invernadero*		Maíz temporal[tt]	
Concepto	Costo ($)	Concepto	Costo ($)
Infraestructura y equipo de apoyo	2,800,000*	Preparación del suelo	1,000
Instalación eléctrica (Acometida)	12,800*	Siembra	310
Preparación del terreno	19,379*	Fertilización	987
Cimentación	68,864*	Labores culturales	750
Instalación de estructura	236,058*	Herbicidas	410
Acolchado	20,800	Control de plagas y enfermedades	160
Fertilizantes	150,912	Cosecha	1,370
Pesticidas	53,896		
Caja y empaque	301,316		
E. eléctrica	12,000		
Agua	6,000		
Mano de obra	351,000		
Comercialización	60,000		
Administración	72,360		
Asesoría técnica	96,000		
Amortización de estructura	392,368		
Subtotal	1,516,652	Subtotal	4,987
Ingreso ($7.48.kg^{-1})	1,870,000	Ingreso	3,789.67
Utilidad neta	353,348	Utilidad neta	-1,054.73

Nota: La infraestructura se amortiza a 10 años y los conceptos relacionados a 3 años.
Fuente: Castellanos (2004), FIRA (2007) y María y Rojas (2003).

Existen diferencias abismales en los ingresos de ambos sistemas de producción, inclusive se reportan pérdidas significativas para el cultivo

de maíz. Estos valores pueden cambiar en función de parámetros climáticos, técnicos y varietales que condicionan la productividad de los cultivos, tal como se muestra en la Gráfica 1.

Otro aspecto fundamental en la construcción de invernaderos, que repercute en el éxito de la actividad, es la poca vigilancia que existe respecto al cumplimiento de las promesas que se realizan en los contratos, por lo que existe más del 50 % de insatisfacción de los productores respecto a las empresas constructoras. En tal sentido, debe exigirse por parte de las instituciones otorgantes de apoyos y créditos una observancia estricta a la Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos (NMX-E-255-CNCP-2008).

Independientemente de la problemática que exhibe la agricultura protegida en el estado de Tlaxcala, existen casos de éxito, donde queda de manifiesto la bondad del sistema con capacitación y acompañamiento durante todo el proceso de cultivo.

Ahora bien, considerando el agua disponible y los costos de producción, se ha realizado un ejercicio tendiente a determinar el alcance de los recursos. En tal sentido, de los datos mostrados en el cuadro 6, se tiene un volumen de agua concesionado de 105,112,927 m^3, pero tomando en cuenta sólo el agua proveniente de pozos profundos, el volumen es de 37,557,834 m^3; si consideramos un volumen anual de consumo de agua de 9,500 m^3 por hectárea para cultivar 25,000 plantas, dicho volumen permite abastecer 3,954 hectáreas.

El rendimiento por unidad de superficie que es posible obtener en un ciclo de 10 meses (periodo libre de heladas) es de 250 $t.ha^{-1}$ a un precio promedio de $7.48, obteniendo un ingreso bruto de $1,870,000.00, por la superficie propuesta que genera la cantidad de $7,393,980,000.00. El costo de la infraestructura por hectárea asciende a $3,137,101.00; por la superficie propuesta asciende a $12,404,097,350.00. Si el periodo de amortización lo consideramos, con fines prácticos a 4 años, el pago anual es de $3,101,024,339.00 más intereses, quedando un ingreso de $4,292,955,661.00.

Comparativamente, el valor de la producción de 115,065 hectáreas sembradas en la cuenca Atoyac-Zahuapan con maíz, es del orden de $839,164,130.00, que representa sólo el 20 % de los ingresos que se pueden obtener con el esquema de agricultura protegida. Este mismo esquema permitiría generar 39,540 empleos permanentes con una derrama en 10 meses de trabajo de $1,423,440,000.00.

4.3.3 Desafíos de la agricultura protegida en la región

La producción de alimentos se realiza con un objetivo fundamental, ofrecer alimentos a la población y con ello paliar uno de los problemas ancestrales: el hambre.

El éxito en la producción de hortalizas en agricultura protegida depende fundamentalmente de las preferencias de los consumidores; por lo que se deben definir estrategias que permitan la diferenciación del producto, a través de la genética de las especies de interés, empaques más atractivos y funcionales; innovación, a través de la producción de productos de distintos colores y formas; mejora de las estructuras productivas, como son el material vegetal, estructuras de invernaderos, trazabilidad, etcétera y la implementación de normas de calidad, incluyendo seguridad alimentaria, buenas prácticas agrícolas y de manufactura y precisión en las características organolépticas (Namesny, 2004: 149).

La posibilidad del desarrollo de la agricultura protegida en la región Atoyac-Zahuapan, se basa principalmente en el hecho de que la zona posee un régimen térmico primavera-verano-otoño, templado que permite obtener productos hortícolas en un ciclo largo, que no es afectado singularmente por las heladas invernales.

Los productores tienen la posibilidad de sembrar a finales de febrero, protegiendo sus cultivos de las últimas heladas con el uso de plásticos, ya sea a cielo abierto como bajo cubierta.

Sin embargo, los mercados globales no están siendo atendidos, por lo que se debe reorientar la actividad para atender mercados más exigentes a través de la planificación y el ordenamiento regional. Desarrollar una estrategia comercial que permita vincular a todos los actores a un mercado común, pero a través de las características enunciadas en el primer párrafo de la presente sección.

Conclusiones

El estado de Tlaxcala cuenta con recursos naturales suficientes para realizar una agricultura intensiva que permita el desarrollo productivo y económico de la cuenca Atoyac-Zahuapan, mediante técnicas avanzadas para obtener productos de calidad, bajo un esquema de inocuidad implementando buenas prácticas agrícolas y de manufactura.

El abandono de la infraestructura dedicada a la producción de hortalizas en forma intensiva se debe fundamentalmente a la falta de técnicos capacitados para atender la agricultura protegida, ausencia en el acompañamiento durante la producción y la heterogeneidad en la calidad y precios de los materiales usados en la construcción de la infraestructura.

La producción de cultivos mediante un sistema intensivo en agua e insumos, permite mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y mejorar la rentabilidad de la tierra a través de procesos de capacitación permanente vinculando a los productores con las instituciones educativas de la entidad.

Bibliografía

AMCI (2008). *Norma Mexicana para el Diseño y Construcción de Invernaderos (NMX-E-255 CNCP-2008)*, Asociación Mexicana de Constructores de Invernaderos A.C., http://www.amci.org.mx/Descargar/Norma.pdf, consultado el 10de agosto de 2010.

Bastida, T. A. (2004). *Los invernaderos y la agricultura protegida. En el III Curso Internacional de Invernaderos. Aspectos Básicos*, Proyectos Agrícolas Especiales, PUIMECII, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Castellanos, J.Z. (2004). "Análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero", en Javier Z. Castellanos (ed.), *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*, 2da. Edición, INTAGRI, S.C., Celaya, Gto., México.

Castellanos, J.Z. y C. Borbón M. (2009). "Panorama de la horticultura protegida en México", en J. Z. Castellanos (ed.), *Manual de producción de tomate en invernadero*, INTAGRI, S.C. México, pp. 458.

Castellanos, J.Z. y J.L. Ojodeagua (2009). "Formulación de la solución nutritiva", en J. Z. Castellanos (ed.), *Manual de producción de tomate en invernadero*, INTAGRI, S.C. México, pp. 458.

Castellón, G.J.J.; E.I. García S.; S. Flores P.; E. González H.; J.L. Mendoza S. y O.S. Ramírez L. (2008). Estrategia de gestión para la innovación en la red de agricultura protegida en Tlaxcala. Agencia de Gestión de Innovación (AGI), ITAT, CECADER, UTE, SEFOA, Gobierno del Estado de Tlaxcala, SAGARPA, Tlaxcala, Tlax.

CONAGUA (2007).*Universo de usuarios de agua en el estado de Tlaxcala*, REPDA CONAGUA, http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Directorio/Default.aspx

FIRA (2007). *Agricultura protegida: Cultivo de tomate en invernadero. Costos de cultivo y análisis de rentabilidad 2006,* http://fira.gob.mx:8081/sas/docs/InformacionSectorial/Analisis_de_Agronegocio/Agricultura%20protegida%20Cultivo%20tomate%20en%20invernadero%20_%20Costos%20de%20Produccion%20y%20Analisis%20de%20Rentabilidad%202006%20-%20Feb%202007.pdf

INEGI (2010). *Perspectiva estadística, Tlaxcala*, junio, http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perspectivas/perspectiva_tla.pdf

López, H. J.C. (2003). "Evolución de las estructuras y cubiertas de invernadero en el sureste español", en Francisco Camacho Ferre, (coord.), *Técnicas de producción en cultivos protegidos*, tomo I, Instituto Cajamar, Ediciones Agrotécnicas, S.L., Madrid, España.

María, R.A. y I. Rojas, M. (2003). *Diagnóstico Sistema-Producto maíz estado de Tlaxcala*, http://www.amsda.com.mx/PREstatales/TLAXCALA/PREmaiz.pdf

Matallana, A. y J.I., Montero (1995). *Invernaderos. Diseño, Construcción y Ambientación*, 2ª. Edición, Ediciones Mundi-Prensa, México.

Morales, P.J.T.; I. Miranda V.; I. Gil V.; A. Bastida T.; A. Ramírez A.; J. Hernández O.; D.S. Reyes R.; G. Flores E. y E. Navarro L. (2008). *Introducción a la Hidroponia,* AGRIBOT, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Namesny, A. (2004). *Tomates, producción y comercio*, Compendios de Horticultura, vol. 15. Ediciones de Horticultura, S.L. Barcelona, España.

Papaseit, T.P. (1992). *Normalización, invernaderos mejores y más seguros*, *La NORMA UNE 76-208/92*, http://www.Mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1992_82_66_80.pdf

Sánchez, C. F. (2010). "Fracasa el 60 % de invernaderos de hidroponía por falta de capacitación: UACh", en *La Jornada*, publicado el 25 de agosto de 2010, México, D.F.

Sánchez, G. P. (2010). *Recirculación de soluciones fertilizantes en cultivos desarrollados en sustratos*, Primer Curso Nacional de Sustratos, 28-30 de julio de 2010, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México.

SEDECO (2010). *Variables económicas del estado*, Gobierno del estado de Tlaxcala, Secretaría de Desarrollo Económico, http:// www.tlaxcala.gob.mx/sedeco/pdf/ind_eco.swf

SEFOA (2010). *Listado de invernaderos agrupados por municipio en el estado de Tlaxcala*, documento inédito, Gobierno del Estado de Tlaxcala, Secretaría de Fomento Agropecuario, San Pablo Apetatitlán, Tlax.

SIAP (2010). *Portales estandarizados estatales del sistema Nacional de Información para el Desarrollo Rural sustentable*, SAGARPA, http://www.campomexicano.gob.mx/portal_SRP/Integracion/EstadisticaDerivada/InformaciondeMercados/Mercados/Modelos/Indicadoresbasicos2009.pdf.

SNIIM (2010). *Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados*, Secretaría de Economía, http://www. Economía.sniim.gob.mx/nuevo/

Stanguellini, C. (2003). "El uso de riego: Su uso, eficiencia y economía", en Fernández Fernández Milagros, Lorenzo Minguez Pilar y Cuadrado Gómez Isabel Ma. (eds.), *Mejora de la eficiencia del riego en el uso del agua en cultivos protegidos*, Curso Superior de Especialización, Dirección General de Investigación y For-

mación Agraria de la Junta de Andalucía, HORTIMED, FIAPA, CAJAMAR, Almería, España.

Tognoni, F. (2003). "El desarrollo de los sistemas de cultivo en horticultura protegida", en Fernández Fernández Milagros, Lorenzo Minguez Pilar y Cuadrado Gómez Isabel Ma.(eds.), *Mejora de la eficiencia del riego en el uso del agua en cultivos protegidos*, Curso Superior de Especialización, Dirección General de Investigación y Formación Agraria de la Junta de Andalucía. HORTIMED, FIAPA, CAJAMAR, Almería, España.

Trueba, I. (2002). *La Seguridad Alimentaria Mundial. Primeras décadas del siglo XXI. El papel de la FAO y el PMA*, Cátedra Alfonso Martín Escudero, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

El modelo de participación dirigida en la conformación del Comité Técnico de Aguas Subterráneas Atoyac-Zahuapan

Sergio Vargas Velázquez[1]
Denise Soares Moraes[2]

Introducción

A partir de 1996 se inicia la creación de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas, (Cotas), teniendo como primeras experiencias la formación de los Cotas de Laguna Seca y Celaya en Guanajuato (Dávila, Treviño, Vargas, 1997), contando con importantes antecedentes en varios acuíferos del norte del país (Oscar y Escolero, 2006), en los cuales se trataron de establecer reglamentos de extracción a través de la organización de los usuarios de las aguas subterráneas, principalmente agrícolas en distritos de riego.

Este esfuerzo por organizar y hacer participar a los usuarios de las aguas subterráneas, se inicia en regiones caracterizadas principalmente por su aridez y el uso intensivo del agua —tanto subterránea como superficial— en agricultura, en donde ya se presentaban problemas por el abatimiento del nivel freático, como son los casos de Santo Domingo en Baja California Sur, la Costa de Hermosillo y la región Lagunera con presencia de arsénico natural. Esto implicaba que ya existiera una organización de usuarios del agua de riego como base social para implementar un plan de manejo de cada acuífero, lo cual le daba cierta homogeneidad en cuanto a los intereses en torno al agua del subsuelo.

Posteriormente se crearon Cotas en regiones donde la situación del agua subterránea está determinada por las necesidades de agua de grandes áreas urbano-industriales en expansión, en situaciones de gran competencia por el agua subterránea, al no existir ya agua superficial que repartir, y el agua subterránea a pesar de estar también sobreexplotada,

1 Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Correo electrónico: kuirunhari@yahoo.com.mx

2 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Correo electrónico: denise_soares@tlaloc.imta.mx

es percibida como un recurso cuyo acceso no depende de la estacionalidad de las lluvias (Vargas, 2007).

De esta manera, se pueden diferenciar los procesos de organización entre los Cotas en donde predominan los intereses agrícolas respecto de aquéllos en donde los grupos de interés urbano-industriales son dominantes. Esta es una condición fundamental, ya que una de las debilidades de nuestro arreglo institucional ha sido la regulación de intereses, ya que no cuenta con herramientas de política similares, ni una estructura operativa en los distintos usos del agua. También es una condición compartida por los acuíferos en los cuales se han constituido Cotas, el estar en la mayoría de los casos, si no es que en todos, en situación de déficit, o cercano a la nula disponibilidad de agua,

Desde su inicio y conforme a la Ley de Aguas Nacionales de 1992, estas instancias de participación y negociación por el agua subterránea tienen por objeto consensuar un reglamento de extracción del agua, el cual es en los hechos una propuesta en donde los propios usuarios deben ponerse de acuerdo en cómo restringir el uso que hacen de su acuífero. Esto implica conformar una organización en donde generalmente se alinean fuertes intereses económicos, políticos y sociales, cada uno con el fin de posicionarse de la mejor manera, asumiendo diversas estrategias de aseguramiento de su acceso al agua.

Las dificultades para alcanzar el acuerdo sobre los reglamentos de extracción son evidentes. Además de las grandes asimetrías socioeconómicas y políticas entre los distintos grupos de interés en torno al agua subterránea, quienes asumen la dirección o las gerencias de los Cotas afrontan las estrategias que asumen muchos de estos intereses para trasladar los costos de dicha reducción de las extracciones a otros usuarios del agua o a las entidades gubernamentales. Se puede afirmar en varios casos que sus principales grupos de interés asumen estrategias de 'ganar tiempo' ante cualquier intento de reducir su consumo o asumir los costos económico-ambientales, retardando cualquier acuerdo al respecto. Entre estos grupos organizados se encuentran tanto intereses urbano-industriales y agrícolas, como el de los distintos niveles de administración del agua y los gobiernos locales y federales. El carecer también de funciones específicas dentro de la administración del agua, como por ejemplo el no poder levantar actas a pozos irregulares, ni llevar un padrón de usuarios o el no fungir como ventanilla para que los usuarios del agua subterránea realicen ahí sus trámites con la CONAGUA, ha limitado considerablemente su intervención en la política hídrica. Se han dado varios intentos por darles a los Cotas una función dentro de la administración del agua, sin haberse logrado los cambios deseados. Esto ha llevado a que varios Cotas sean vistos como instancias vacías, en donde no se logra nada.

A casi tres lustros de iniciada su creación, los Cotas muestran muchas limitaciones para desempeñar una función crítica en la gestión de los

acuíferos. En las reuniones nacionales de Cotas, organizadas varias de ellas por la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato y su Comité Estatal Hidráulico —el cual coordina a los Cotas de Guanajuato—, se manifiesta el papel subordinado que tienen en nuestro arreglo institucional, respecto al rol que juega la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y en algunos casos de la correspondiente Comisión Estatal del Agua.

La creación del Cotas Alto Atoyac se instala en el año 2001, con esfuerzos organizativos de manera intermitente bajo la tutela de la Comisión Nacional del Agua. Este Cotas es ejemplo de muchas de las particularidades que asume el arreglo institucional cuando se trata de vincular usuarios del agua con instancias de planeación o regulación del recurso a nivel federal o estatal. Sus usuarios representados asisten a estos espacios bajo la dinámica y agenda establecida por los mismos actores gubernamentales, principalmente la CONAGUA. La estrategia de quienes asisten es generalmente para monitorear sus propios intereses respecto al recurso, sin que se logre generar un proceso organizativo que permita definir un acuerdo de autorregulación de las extracciones de agua. La diferencia de intereses existente entre los usuarios urbano-industriales de Puebla respecto a los de Tlaxcala, es uno de los ejes centrales que cruza su organización, aunque la disputa por el agua se encuentra subsumida a otras de carácter más generales. Incluso, en ese espacio no se evidencia ninguna disputa, ya que es una instancia desvinculada de tal proceso. También existe otro eje que diferencia las estrategias, marcado por la concentración industrial y de actividades económicas en la región de Puebla, las cuales mantienen una relación de asimetría respecto a estos mismos intereses en un contexto de menor concentración urbano-industrial en la región de Tlaxcala. Si bien los intereses de los agricultores y comités locales de agua —gestionados por sus propios usuarios— son relevantes, en este caso son quienes han manifestado un rol menos activo.

En este trabajo se analiza el papel de los Cotas en la gestión del agua subterránea, mostrando las condiciones bajo las cuales se encuentra en proceso de organización el Cotas Alto Atoyac. Este trabajo es un producto de los resultados de un proyecto financiado por la CONAGUA al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, que tuvo por objetivo generar la base de información básica del comportamiento del acuífero, así como construir de manera participativa con los integrantes del Cotas, un plan de gestión para el manejo sustentable del acuífero.

1. Las características socioambientales del agua subterránea

El agua subterránea tiene características socioambientales distintivas respecto a otras formas de acceder al agua. A diferencia del agua subterránea, el agua superficial de ríos, lagos y humedales es un recurso visible o perceptible de manera inmediata para la mayoría de sus usua-

rios. Se tiene un conocimiento local de los ciclos o variaciones que han condicionado su uso, para los cuales se han desarrollado tecnologías para su manejo estacional, la derivación de estos cuerpos de agua, manejo y distribución para fines agrícolas a través de canales, cajas de agua, drenes y otras obras de captación, recolección o desagüe. Algunas de estas tecnologías son muy antiguas, basadas en el manejo de los escurrimientos siguiendo la topografía de la cuenca, y requiriendo distintos tipos de intervenciones con base en presas, derivadoras, canales, acueductos, obras de control y medición en relación con el manejo de los volúmenes de lluvias y escurrimientos naturales. Esta disposición de elementos determina en gran medida las relaciones sociales del agua entre un "aguas arriba" y "aguas abajo".

En cambio, el agua subterránea siempre ha sido un recurso mucho más difícil de aprovechar, ya que en principio no es directamente perceptible su magnitud y disponibilidad. Hasta hace pocas décadas atrás, el agua subterránea sólo era aprovechable en aquellos casos en donde los acuíferos son lo suficientemente someros, permitiendo la implementación de norias, pozos artesianos o galerías filtrantes. El desarrollo de los pozos profundos se dio con base en tecnologías de extracción que implican mayores costos de operación que el agua superficial, pero una disponibilidad continua durante todo el año. El otro elemento diferenciador es el costo de extracción del agua subterránea, que lo convierte en un recurso hídrico más parcelable y de manejo más individualizado. En nuestro país coincide la reducción de la disponibilidad de agua superficial con la expansión de los pozos profundos, con motores eléctricos o de diesel, a partir de la década de 1960.

Tanto en el uso del agua superficial como subterránea, es muy difícil o costoso definir con precisión derechos sobre volúmenes y excluir a otros que no tienen un derecho pero que comparten el mismo territorio. Pero en el caso de los acuíferos es relativamente más fácil delimitar derechos, con base en los costos de extracción, la ubicación y aparente estabilidad del agua subterránea en un punto del territorio, así como las condicionantes socioambientales y socio-organizativas para su aprovechamiento productivo; es el caso de la importante diferenciación socioeconómica entre los agricultores que riegan con agua de pozo, mucho más individualizados en su acceso al agua y de perfil más agroempresarial respecto a quienes cuentan con agua superficial.

Al mismo tiempo en que el agua es vista como un bien público para ciertos fines, en otros casos ha sido históricamente parcelada y distribuida con los criterios de cada actividad económica que la utiliza, creándose intercambios económicos con base en el valor económico que le agrega el agua al producto final. El agua subterránea es más fácil de individualizar, así como de medir a través de su costo de la energía eléctrica o medidores de distinto tipo a la salida del pozo. De esta manera, sin dejar

de considerar los grupos de productores que en algunas regiones manejan de manera "comunitaria" su pozo, en la mayoría pesa más un manejo regido por costos y productividad del agua.

Estas características diferenciales de los usuarios del agua superficial respecto a los del agua subterránea se tienen que reconocer al momento de quererlos organizar o hacerlos participar en instancias como los COTAS. Las correlaciones de fuerza entre actores son muy distintas de un tipo de organización de agua superficial respecto a una de agua subterránea. En un mismo uso como el agrícola, el acceso a pozos profundos remarcó las diferencias que se observan entre una agricultura campesina y otra orientada completamente al mercado, regida por la rentabilidad que permite el riego.

2. Del modelo de gestión centralizado a la GIRH

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) se plantea como una alternativa a los grandes problemas del agua, entre ellos la escasez, calidad y saneamiento, así como la manera parcial de manejar los recursos hídricos, desvinculándolos de su base natural (bosques, suelos, ecosistemas) y social (participación de los distintos interesados o "*stakeholders*"). Según la Ley de Aguas Nacionales, la GIRH se define como: "proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Dicha gestión está íntimamente vinculada con el desarrollo sustentable".

La GIRH parte de los Principios de Dublín de 1992, que sostienen: a) el agua es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente; b) el aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles; c) la mujer desempeña un papel fundamental en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua y d) el agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos en competencia a los que se destina y debería reconocérsele como un bien económico.

En el manejo del agua subterránea también se muestran los límites del modelo de gestión para garantizar la oferta de agua para el desarrollo económico y se plantea la GIRH como una solución al manejo insustentable de los acuíferos. El imparable agotamiento de un número importante de acuíferos en México (Conagua, 2010; 43), expresa las limitaciones de estas políticas gubernamentales basadas en la gestión centralizada del agua orientada a garantizar la oferta de agua, con poca o nula preocupación sobre sus impactos ambientales y sociales a largo plazo. En las últimas décadas, el agua subterránea, fundamental para la vida y pro-

ducción en zonas de baja precipitación y alta densidad demográfica, ha estado sometida a una fuerte presión a raíz del crecimiento económico y demográfico y a la debilidad de los instrumentos regulatorios establecidos (vedas, concesiones) a través de una política de comando y control, caracterizada todavía por su fuerte centralización y su notoria ineficacia (Marañón y Wester, 2000; Arreguín, 1998). Se llegó a un punto en el que ya no existe agua que repartir ni en la superficial ni subterránea, y aún así se siguen planteando soluciones consistentes en ampliar más las extracciones para seguir abasteciendo las crecientes necesidades humanas.

No obstante, desde los noventa la gestión inspirada en el enfoque de Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), pero sin una suficiente discusión crítica, privilegió una visión integrada por cuenca, la descentralización y la participación, poniendo un especial énfasis en la incorporación de los usuarios como elemento fundamental de política. Esto supuso la creación de los consejos de cuenca, organismos de coordinación entre instituciones gubernamentales y de concertación con representantes de los usuarios de agua, auxiliados por las comisiones de cuenca —cuyo ámbito de acción comúnmente es la subcuenca—, los Comités de Cuenca –a nivel de microcuenca —y los Cotas— que desarrollan sus actividades en relación con un acuífero o grupo de acuíferos determinados. Sin embargo, la gestión del agua continua centralizada, prevaleciendo grandes vacíos en la implementación de acciones a nivel local. En algún momento, cuando se estaban creando los primeros Cotas se planteó la necesidad de vincular el agua superficial con la subterránea en el ámbito local. Fue el Gobierno de Guanajuato el que promovería esta idea, por lo que sus Cotas siguen siendo 'consejos del agua'. El tipo de participación social no implica una transformación de las relaciones entre Estado y sociedad orientada a transferir atribuciones a los usuarios organizados en aspectos centrales de la administración del agua, dejando un espacio de acción de los usuarios del agua poco regulado (Vargas, 2008).

En suma, el esfuerzo por tratar de frenar los graves problemas en la gestión del agua subterránea, a través de instrumentos participativos no arroja resultados optimistas, debido, sobre todo a que se mantiene la verticalidad en la gestión, pues el discurso de las autoridades federales (y estatales) está fuertemente impregnado de imágenes de participación y democratización, pero la visión y la actuación sobre la gestión del agua subterránea, en ambos niveles, sigue siendo administrativa y vertical, impulsándose un tipo de participación formal a través de los Cotas sin capacidad de decisión (Marañón y Wester, 2000; Marañón y López, 2009).

3. La dinámica socioambiental del acuífero

El COTAS Alto Atoyac se ubica en la cuenca alta del río Balsas, en donde se concentra la problemática de abastecimiento de agua para la expansión de las áreas urbano-industriales, generando conflictos y tensiones sociales por el recurso. La cuenca del río Balsas es una cuenca vedada técnicamente, ya que toda el agua que escurre por ella está ya repartida entre distintos usos y usuarios. Este hecho obedece a una política gubernamental de uso del agua hasta sus límites, e incluso más allá de sus límites ecosistémicos. En este caso, a diferencia de cuencas mucho más secas del norte del país, o con mayor densidad de población como el valle de México y la cuenca Lerma-Chapala, la cuenca del río Balsas se cerró por decisión gubernamental de otorgar todos los volúmenes disponibles para el uso de las presas hidroeléctricas construidas aguas abajo, entre la cuenca media y principalmente la cuenca baja.

La orografía accidentada de la cuenca del río Balsas siempre ha obstaculizado los proyectos de infraestructura de riego en amplias zonas, quedando el mismo restringido a las vegas de los ríos principales y algunos valles correspondientes principalmente a la región del Alto Atoyac, Amacuzac, y Tierra Caliente de Michoacán en la subcuenca del río Tepalcatepec. Por esta razón, desde la década de los años 1930, se visualizó que no se podrían ampliar las superficies de riego, como en la llanura costera del noroeste, o al menos como en los valles intermontanos del Bajío. La burocracia hidráulica se concentró en la construcción de presas hidroeléctricas, para lo cual desde 1937 se inició la aplicación de sucesivas vedas al agua superficial —restricción de nuevos aprovechamientos mediante una declaración del ejecutivo federal que restringe nuevos aprovechamiento; puede ser rígida o parcial—, con el fin de apartar los volúmenes necesarios para las hidroeléctricas que se fueron construyendo desde entonces, y que fueron restringiendo cada vez más hasta que en 1966 se publicó el "Acuerdo que declara la veda por tiempo indefinido, para el otorgamiento de concesiones de agua del río Balsas y de todos sus afluentes y subafluentes que constituyen su cuenca tributaria". Este acuerdo, va más allá de los anteriores, ya que restringe en su totalidad la posibilidad de nuevos aprovechamientos de agua superficial para cualquier uso (Parra, 2010).

El hecho de que ya no existiera disponibilidad de agua superficial, llevó a que en su parte más alta, donde se ubica el acuífero Alto Atoyac se expandiera considerablemente el uso del agua subterránea, principalmente para abastecer el enorme crecimiento urbano-industrial de la ciudad de Puebla, así como del corredor industrial entre San Martín Texmelucan-Tlaxcala-Puebla, vinculando toda la región a un proceso de uso intensivo de sus recursos hídricos. Las necesidades de más agua para el crecimiento económico y demográfico se han ido cubriendo con agua

subterránea, concentrada en la cuenca de Amacuzac y Alto Atoyac y la zona de Puebla.

Ahora, desde hace ya varios años, se libra una disputa entre gobiernos estatales y la Conagua, en el seno del Consejo de cuenca del río Balsas, para eliminar la veda que favorece a la hidroelectricidad, y permitirles a los gobiernos del Estado de México construir una presa en Ixtapan de la Sal, a pesar de que existen disponibilidad de agua subterránea, o bien otra con fines agrícolas en la frontera de Puebla y Oaxaca, a pesar de su baja factibilidad económica; otras pequeñas presas se han construido por parte de los gobiernos estatales sin contar con la disponibilidad que se requiere para que Conagua les asigne un volumen (Parra, 2010).

Los cuerpos de agua superficiales localizados en el Alto Balsas presentan en general condiciones de altamente contaminados, que es consecuencia de un acelerado crecimiento de la población de los centros urbanos, de los estados de Morelos, Puebla y Tlaxcala, y la deficiente gestión pública de las descargas de aguas residuales. Este incremento poblacional ha estado acompañado por un creciente desarrollo industrial con importantes secuelas contaminantes. En la zona urbana-industrial de Morelos se generan principalmente contaminantes asociados a las descargas municipales, junto con descargas de industrias manufactureras de la zona de Corredor Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC) (CONAGUA, 2003).

Se estima que el 6.7% del PIB nacional se genera en esta Región. La PEA es del 27% y el 68% y se concentra en la subregión Alto Balsas, esencialmente en los sectores secundario y terciario. Al nivel regional, las actividades económicas predominantes son la agricultura, con el cultivo de maíz, caña de azúcar, hortalizas, frijol y arroz. El sector agrícola, el cual utiliza la mayor cantidad de agua (el 88% del total) sólo genera el 10.4 de Producto Interno Bruto (CONAGUA, 2003).

La situación de los acuíferos de la cuenca alta no es homogénea, ya que existen diferencias en cuanto su deterioro y dinámicas socioambientales. Existen alrededor de 21 unidades geohidrológicas en el Alto Balsas, en las que en conjunto se extrae más del 70% del volumen de recarga.

Cuando se analiza de manera puntual la situación de algunos de los acuíferos como el Alto Atoyac, el Tepalcingo-Axochiapan, el Libres-Oriental o el del Valle de Tecamachalco, en donde se han asentado y desarrollado ciudades importantes como Puebla y Tlaxcala, se puede observar que la escasez de agua subterránea que acusan estos acuíferos, es provocada en buena medida por el crecimiento de la población, la cual demanda cada vez mayores volúmenes, dando como resultado la enorme competencia entre los diferentes usos, principalmente entre el uso público-urbano y el agrícola, éste último inclusive está compitiendo con el cambio de uso del suelo, que esté provocando en algunos casos la disminución de las áreas agrícolas, en los estados de Puebla, Tlaxcala y

Morelos, entre otros. Esta competencia a su vez crea conflictos sociales entre los usuarios.

Mapa 1. Acuíferos de la cuenca alta del río Balsas



Fuente: Parra, 2010.

Cuadro 1. Relación Extracción/Recarga de aguas subterráneas en la subregión Alto Balsas

No	Clave	Acuífero	Recarga (Hm^3/a)	Extracción (Hm^3/a)	Relación Extracción/ Recarga	Situación
A1	1201	Tlapa-Huamuxtitlan	11.0	4	0.36	4
A2	1202	Huitzuco	10.1	3.9	0.39	4
A3	1203	Poloncingo	5.0	0.5	0.10	4
A4	1204	Buenavista De Cuellar	1.0	0.7	0.70	3
A5	1206	Chilapa	3.0	2.5	0.83	1
A6	1701	Cuernavaca	395.0	180.5	0.46	4
A7	1702	Cuautla-Yautepec	319.2	279.9	0.88	1
A8	1703	Zacatepec	378.0	359.1	0.95	1
A9	1704	Tepalcingo-Axochiapan	43.8	66.6	1.52	1
A10	2014	Huajuapan De Leon	44.6	7.2	0.16	4
A11	2015	Tamazulapan	SD	SD	SD	
A12	2017	Juxtlahuaca	SD	SD	SD	
A13	2023	Mariscala	SD	SD	SD	
A14	2101	Valle De Tecamachalco	157.1	279.0	1.78	1
A15	2102	Libres-Oriental	179.3	103.0	0.57	3
A16	2103	Atlixco-Izúcar	244.3	129.1	0.53	3
A17	2104	Valle De Puebla	339.6	307.0	0.90	1
A18	2106	Ixcaquixtla	SD	SD	SD	
A19	2901	Alto Atoyac	199.9	100.5	0.50	4
A20	2903	Huamantla	98.3	58.5	0.59	3
A21	1504	Tenancingo	12.5	11.1	0.89	1
		TOTAL	**2,441.6**	**1,893.0**	**0.71**	

Notas: * (1) Se extrae > 100% del agua que se recarga; (2) Se extrae entre el 100 y 75% del agua que se recarga; (3) Se extrae entre el 75 y 50% del agua que se recarga; (4) Se extrae entre el 50% o menos del agua que se recarga.
Fuente: Parra, 2010.

Cuadro 2. Disponibilidades de aguas de los acuíferos de la cuenca del río Balsas publicados durante 2003 en el Diario Oficial de la Federación

UNIDAD HIDROGEOLÓGICA (ACUÍFERO)	Recarga media anual	Descarga natural compro-metida	Volumen concesio-nado de agua subte-rránea	Volumen de extracción consignado en estudios técnicos	Disponibi-lidad media anual de agua subterrá-nea	Déficit
	CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES					
Puebla						
Valle De Tecamachalco	157.10	0.00	189.19	159.20	0.00	-32.09
Libres Oriental	179.30	20.00	142.03	103.00	17.27	0.00
Atlixco Izúcar De Matamoros	244.30	83.88	152.07	129.10	8.35	0.00
Valle De Puebla*	339.60	58.30	265.09	247.10	16.21	0.00
Tlaxcala						
Alto Atoyac **	199.90	22.90	138.38	100.50	38.62	0.00
Huamantla	98.30	20.50	63.90	58.50	13.89	0.00

* El acuífero 2104 Valle de Puebla y el 2901 Alto Atoyac, aparecen con disponibilidad 0 en la actualización de disponibilidad publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 29 de agosto de 2009. No coinciden con lo consignado por Parra (2010).
** En el Decreto de disponibilidad publicado en el DOF el 31 de enero del año 2003, se calcula una disponibilidad de 38.616391 millones de metros cúbicos.
Fuente: Parra, 2010.

El río más contaminado de la cuenca Balsas, es el Río Atoyac, principalmente en su parte alta, considerado como altamente contaminado y con presencia de tóxicos, derivado de las descargas de las zonas conurbadas de las ciudades de Puebla y Tlaxcala. Consideradas como contaminados, destacan la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) donde se embalsan las aguas del río Atoyac; el río Nexapa que recibe aguas provenientes del río Atoyac a través de la presa derivadora Chavarría, además de recibir las descargas de las ciudades de Atlixco e Izúcar de Matamoros entre otras, y de descargas industriales derivadas del proceso de la caña de azúcar.

Es importante señalar que en el Alto Balsas se concentra el 69% de la población, misma que superficialmente ocupa el 39.4 por ciento. Existe un notable desarrollo industrial concentrado en las zonas adyacentes a los principales núcleos urbanos (Puebla, Cuernavaca y Tlaxcala), en los que son elevados los niveles de servicio de agua potable y alcantarillado. Las ramas principales son la industria textil, metalmecánica, automotriz, química, azucarera, alimenticia y papelera. Las zonas claramente identificadas son el Corredor Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC), la zona conurbada de la ciudad de Puebla y el estado de Tlaxcala.

Cuadro 3. Distribución poblacional en la cuenca del río Balsas

Subregión	2000	2006	2012	2030
Alto Balsas	6'895,640	7´356,988	7'731,068	8'544,336
Población en el territorio de los acuíferos Alto Atoyac y valle de Puebla	2 799 119	3 019 519	3 217 900	3 709 245
Participación de Puebla	72.2%	71.5%	70.8%	69.3%
Participación de Tlaxcala	27,8%	28,5%	29,2%	30,7%
Medio Balsas	1'809,240	1´643,171	1'680,255	1'696,441
Bajo Balsas	1'382,955	1´371,678	1'389,811	1'390,118
Total	10'087,836	10'371,838	10'801,134	11,630,895

Fuente: CONAGUA, 2008.

La población de Puebla dentro del acuífero es dominante, incluso dentro de toda la cuenca del río Balsas. Del total de población de la cuenca del río Balsas, se estima que en 2012 habrá poco más de 10 millones de habitantes, de los cuales 7 se ubicarán en la cuenca alta, y de éstos, casi la mitad en el área del acuífero Alto Atoyac.

4. La conformación del Cotas

Todo proceso de planeación está orientado por una metodología específica; de la selección de ésta depende en buena parte los resultados que se buscan o se logren alcanzar. Las metodologías no son neutras, su diseño lleva intrínseco un punto de vista, una concepción sobre la realidad que se trabaja y el cómo se está buscando modificarla. De ahí que la metodología que se elija para llevar a cabo una planeación, debe tener clara la naturaleza del proyecto y cuáles son los objetivos que se quieren lograr.

La participación de quienes van a implementar un plan en la etapa de diseño, es un planteamiento relativamente nuevo que surge a mediados del siglo pasado, paralelo al desarrollo de una concepción cada vez más democrática de los estados, las instituciones y los grupos familiares y comunitarios. Además de esta influencia ideológica, está el descubrimiento de que cuando los implementadores participan en la planeación, hay una apropiación de todas y cada una de sus partes y de sus estrategias que motivan y llevan, no sólo a asumir responsabilidades a todos los niveles sino a también a ejecutarlas con más calidad.

Por otra parte, ¿quién conoce mejor las problemáticas, obstáculos y posibilidades de un trabajo, que quienes están involucrados cotidianamente con ese fragmento de la realidad que la planeación está buscando modificar o mejorar? La época en que los planes de trabajo, aun los más técnicos, se elaboraban en un escritorio aislado de la realidad, ya está sobrepasada; se reconoce que esta forma de planear no-participativa, conlleva el riesgo de cometer graves errores por no incluir datos u opiniones de quienes conocen o sufren de cerca la problemática.

Este trabajo se basa en los resultados de un proyecto específico para la Conagua y dirigido a los miembros del Cotas del Acuífero Alto Atoyac y Valle de Puebla, donde la Conagua solicitó expresamente que en todo el proceso de facilitación se utilizara el método ZOPP (por sus siglas en alemán que significan Planeación de Proyectos Orientados a los Objetivos), adoptado por esta institución. Los procesos de organización de la mayoría de las instancias de participación de los usuarios en la gestión del agua se han realizado bajo el supuesto instrumental de que la participación social se logra en primera instancia haciendo que un grupo seleccionado de usuarios del agua, organizados de acuerdo a los criterios establecidos por la Ley de Aguas Nacionales, se involucren en la determinación de los objetivos y acciones principales que deben guiar las políticas públicas de los principales actores gubernamentales.

Pero ¿qué hacer cuando los usuarios seleccionados no perciben necesariamente el agotamiento del acuífero, y más bien se concentran en ´mala gestión´y escasez´? La participación de actores específicos en este tipo de talleres tiene necesariamente una intencionalidad de parte de ellos, como de sus organizadores, la cual queda en la mayoría de los casos escondida en la formalidad de tales reuniones. Sólo cuando aparecen los intereses básicos de una decisión trascendental que cambie su acceso a este recurso, lleva a que se manifiesten en conflictos y tensiones. De otra manera, estas metodologías participativas cumplen una función instrumental en el esquema de su organización.

En los talleres, en los cuales participaron integrantes del Cotas tanto del estado de Puebla como del de Tlaxcala, se llevó a cabo el ejercicio de planeación participativa, con el fin de generar los productos que la metodología ZOPP propone; entre ellos el análisis de los involucrados, las fortalezas y debilidades del Cotas como instancia para definir el manejo del acuífero y un plan de acción a ser desarrollado por el Cotas, con la sinergia de los demás actores relevantes para la sustentabilidad del acuífero.

El análisis de los involucrados es fundamental para contar con una radiografía de quiénes interfieren en el manejo del acuífero. A partir de ahí se reconocen los distintos intereses alrededor del acuífero y se plantean posibles rutas de convergencia o conflictos en torno a las futuras decisiones. En este sentido, la preocupación gubernamental de que ya no existe agua que repartir y que pueda cubrir la demanda futura, no es compartida por determinados sectores de representantes de los diferentes usos del agua, sino más bien, para ellos es más relevante la idea de distribución equitativa y buena gestión del agua. En este sentido resulta evidente el sesgo impartido por quién define la agenda de la reunión y quien realiza las invitaciones. En el caso del taller convocado por la Conagua, con un breve análisis de los asistentes y su red sociopolítica, queda claro

que son personajes vinculados con algún nivel de gestión gubernamental del agua, así como con los procesos sociopolíticos locales.

El cuadro siguiente presenta la caracterización de los actores involucrados en el acuífero por los participantes en el taller. Ello representa un primer acercamiento a un cuadro general de las instancias involucradas, en cuanto a su función y actividades así como un entendimiento de los intereses que las mueven y finalmente un conocimiento más puntual de sus fortalezas y debilidades. Con dicha caracterización los involucrados pueden acercarse más a trabajar en un Plan más anclado no en lo deseable, sino en lo posible.

Cuadro 4. Actores involucrados en el manejo del agua en el Acuífero

Involucrado	Función/ Actividad	Interés	Fortalezas	Debilidades
Conagua	Administrar las aguas nacionales	aprovechar y preservar las aguas nacionales	legislación	Alto rezago administrativo
Conafor	conservación y restauración de los recursos naturales	sustentabilidad de los recursos naturales	promoción y financiamiento de programas forestales	procesos administrativos que no permiten ejercer el recurso en forma y tiempo
Firco	Promoción de agronegocios	promocionar la capacitación y el uso de financiamiento	75% de los financiamientos logran un buen fin uso de tecnología en las actividades agrícolas	tramitología
Sauope	aprobar y administrar usos y destinos del suelo	desarrollo de políticas para un crecimiento urbano bajo criterios de sustentabilidad	legislación	Deficiencias en la aplicación de las normas falta de coordinación institucional
Soapap	Prestar servicios de agua potable y alcantarillado al municipio de Puebla	dotar en cantidad y calidad a la población	organismo descentralizado padrón de usuarios	rezago administrativo
Canaibal	Dar servicio de higiene a la población que carece de agua potable, drenaje o de instalaciones en su hogar, así como hacer uso eficiente del agua	dar los elementos necesarios para hacer uso eficiente del agua tener agua disponible a un precio justo	promover por medio de información a la población sobre la importancia del uso eficiente del agua	falta de información falta de interés falta de unión falta de compromiso
Industrias	producción y transformación	sustentabilidad del recurso a un precio competitivo	generación de empleos promover el desarrollo de la región	reúso del agua
Usuarios Agrícolas	Producción de alimentos	producir alimentos con eficiencia y calidad	Existen organizaciones campesinas. Hay programas de apoyo para la producción conocimiento de prácticas tradicionales de cultivo	Los programas de apoyo no son suficientes, infraestructura de riego insuficiente y obsoleta, falta de conocimiento de tecnologías más eficientes de riego

Fuente: elaboración propia.

Contando con la información de la red de interesados en el manejo del acuífero, el paso siguiente fue una evaluación de las funciones que debe desarrollar el COTAS, así como sus intereses, fortalezas y debilidades. En el siguiente cuadro están volcadas las respuestas trabajadas por el grupo:

Cuadro 5. Análisis del Cotas por sus propios representantes

FUNCIÓN/ACTIVIDAD	INTERÉSES	FORTALEZAS	DEBILIDADES
1.-Actividades relacionadas a la recuperación de los acuíferos Alto Atoyac y Valle de Puebla. 2.-Evaluar y hacer acuerdos de las iniciativas de los usuarios para consolidarlas en norma	1.- Coadyuvar al uso eficiente, manejo, y descargas de aguas. 2.- Involucrar a más participantes en los Cotas, involucrándolos en la solución y en la toma de conciencia.	1.- Grupo multidisciplinario con un mismo objetivo. 2.- Propuestas y compromisos de acciones. 3.- Conocimiento de la información y problemática.	1.- Falta de participación continua de sus integrantes. 2.- Falta de convocatoria y seguimiento a compromisos contraídos por cambios administrativos. 3.- Falta de incentivos a propuestas de prácticas de mejora a favor del acuífero. 4.- Marco legislativo poco adecuado a las condiciones actuales. 5.- Desconocimiento de usuarios que aprovechan aguas subterráneas sin permiso.

Fuente: elaboración propia.

En sesión posterior se añadió una debilidad más: los Cotas no tienen una posición legalmente reconocida. Esto merma su capacidad para incidir en la toma de decisiones y en que sus propuestas tengan un peso sustantivo y no de mera recomendación que puede ser tomada en cuenta o no.

Esta dinámica participativa permite un cierto rango de interacción de los asistentes, obteniendo los organizadores, Conagua y comisiones estatales en primer lugar, productos que les permiten justificar acciones e implementar proyectos. Sin embargo, generalmente fuera de estas dinámicas participativas no ocurren mayores acciones y sinergias entre los representantes de los usos del agua, más allá de lo que sus propios intereses y su posición en el acceso al agua les llevan a hacer. Asimismo, en el caso del acuífero trabajado existe el agravante del conflicto de intereses entre usuarios de Puebla y Tlaxcala, dado que éstos están en

desacuerdo con los usos crecientes de agua que hace Puebla en virtud de su crecimiento. De esa manera, lograr un consenso y trabajo coordinado del COTAS entre los dos estados implica, no sólo el desarrollo de un par de talleres, sino un proceso de sensibilización y definición de compromisos compartidos por los distintos usuarios de ambos estados y el arribo a la comprensión de la necesidad del trabajo conjunto en beneficio de la sustentabilidad del acuífero.

Una vez analizados los distintos intereses en torno del acuífero, así como las fortalezas y debilidades del propio Cotas para promover su manejo sustentable, el paso siguiente fue la elaboración de una matriz de planeación en donde se plasma que el objetivo último de las acciones que se lleven a cabo en el Cotas debe ser el manejo sustentable del acuífero y que dicho manejo deberá promover como resultado el aprovechamiento de fuentes alternas de agua, una suficiente recarga del acuífero, el uso eficiente en todos los sectores, la revisión y aplicación de la legislación, la administración eficiente del agua y finalmente, la asimilación de una nueva cultura del agua. Asimismo se plantean acciones específicas para la obtención de cada uno de los resultados esperados, con sus respectivos indicadores, fuentes de verificación y supuestos (ver anexo 1).

Pese a todo el esfuerzo realizado de planeación participativa, las acciones propuestas en la matriz de planeación se quedaron más como un ejercicio convocado por la Conagua, que como un compromiso compartido para que los integrantes del Cotas dieran seguimiento. De hecho, una vez concluido el ejercicio de planeación, las reuniones del Cotas se hicieron esporádicas, mostrando que ni los actores gubernamentales esperan un mayor cuestionamiento a su gestión del recurso, como tampoco los actores sociales perciben en esta instancia un espacio apropiado para resolver sus problemas y conflictos por el agua. La agenda está dominada por el actor central de todo el proceso, la CONAGUA, la cual requiere de los Cotas y de la interlocución con los usuarios organizados en torno al agua para poder implementar las políticas públicas diseñadas bajo la GIRH, prevaleciendo la dinámica de 'arriba' hacia 'abajo' que vuelve pasivos a los actores locales.

Una de las cuestiones que queda todavía por resolver en el arreglo institucional mexicano respecto al tema, es el de la regulación de intereses, en tanto todavía existe resistencia a la inclusión de procesos de planeación, diseño, implementación o monitoreo de grupos u organizaciones sociales, ya que desde la burocracia hidráulica se perciben las enormes dificultades para regular intereses tan encontrados. Con estas afirmaciones coincide el ingeniero Eduardo Mestre, quien fungiera como gerente regional en Lerma-Balsas a lo largo de todo el proceso de constitución del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala a principios de la década de 1990 y en los últimos años como principal consultor de la reforma a la Ley de Aguas Nacionales de 2004: "a partir del gobierno de 1996-2000 (gobierno de Er-

nesto Zedillo y el Ing. G. Guerrero Villalobos a cargo de la CONAGUA), se crean consejos por todo el país sin ser resultado de necesidades locales, petición de parte y conciliación de voluntades y objetivos".

El análisis que hace García (2004) respecto a la planeación hidráulica también refleja este carácter todavía fuertemente centralizado. Las características del régimen político mexicano y el proceso de transición de su arreglo institucional del agua en particular —todavía desde un esquema muy centralizado— no logran resolver aspectos clave para enfrentar la problemática de una cuenca que ya agotó su disponibilidad de agua y que requiere de nuevos mecanismos para redistribuirla —que no son necesariamente los del mercado—. Los problemas históricos en la regulación de derechos de agua no se resuelven del todo con el proceso de registro de derechos en el Repda, en el cual se dio entrada al registro de muchos derechos irregulares que aumentó el sobreconcesionamiento existente en esta cuenca. Tampoco se ha respondido con soluciones apropiadas a la necesaria transferencia de volúmenes y derechos de manera mediada o negociada sin el centralismo de la decisión de la CONAGUA.

Conclusión

La crisis de la gestión del agua subterránea en México tiene sus raíces en los problemas de sobreexplotación, falta de regulación del número de aprovechamientos legales y de las extracciones que éstos realizan, desconocimiento de los volúmenes extraídos y debilidad del arreglo institucional para generar acciones que lleven al equilibrio entre necesidades humanas y conservación del recurso. Desde inicios de 1990 se busca enfrentar esta situación aplicando los principios de la GIRH, así como de la gobernanza del agua, ambas diseñadas a partir de la experiencia de una multitud de expertos asociados a diversos organismos internacionales, con base en un análisis que no reconoce las especificidades sociopolíticas de cada arreglo institucional para la gestión del agua.

El modelo de gestión integrada del agua, en el cual se han establecido espacios a nivel de cuenca y acuífero para establecer procesos de diálogo y negociación, todavía muestra la herencia de muchas décadas de centralización de la gestión en el gobierno federal, y en este momentos no da todavía visos de contar con la capacidad de transformase realmente sino a pasos muy cortos, debido a las posiciones encontradas. Existen numerosos ejemplos de las disputas por el agua para riego o uso potable en esta cuenca en donde se involucra a la población local. El cambio en las formas de acceso, la pérdida de algún recurso estratégico, o la erosión de sus derechos locales a su usufructo, han implicado en muchas ocasiones la disolución de la identidad cultural. El avance del modelo de gestión integrada del agua en nuestro país está marcado por la reforma a la Ley de Aguas Nacionales del 29 de abril de 2004, en donde se establece

una nueva estructura para el arreglo institucional federal y la organización de los consejos de cuenca, lo que supondría un cambio importante en el rol de los COTAS como órganos auxiliares.

Se sigue avanzando muy lentamente de arriba hacia abajo, y desde la parte social no existen las iniciativas suficientes que permitan consolidar acciones que frenen el deterioro del recurso, grupos organizados con la capacidad técnica para monitorear la política del agua. En ese contexto, sólo el impulso de un nivel de gestión en el ámbito local sería capaz de construir un punto de encuentro entre necesidades sociales en torno al agua, respecto de sus formas organizativas y las grandes políticas de gestión de toda la cuenca, y esto está todavía por hacer.

Bibliografía

Arreguín Mañón, José (1998). *Aportes a la historia de la Geohidrología en México, 1890-1995,* CIESAS-Asociación Geohidrológica Mexicana, México.

Comisión Nacional del Agua (2003). *Programa Hidráulico Regional 2002-2006. Región Balsas,* Conagua, México.

_____(2004). *Ley de Aguas Nacionales y su reglamento*, Conagua, México.

_____(2009). *Estadísticas del Agua 2008. Región Hidrológico Administrativa IV Balsas*, Conagua, México.

_____(2010). *Estadísticas del agua en México*, Conagua, México.

Dávila, Sonia; Ana Helena Treviño y Sergio Vargas (1997). *Diagnóstico organizativo y de reglamentación de la operación del acuífero Celaya-Apaseo, Gto.*, Informe final del proyecto CP0720, IMTA-SDAYR.

García Bátiz, Ma. Luisa (2004). *Planeación participativa. La experiencia de la política ambiental en México*, Plaza y Valdez, México.

Garduño, Héctor; Nanni, Marcella; Foster, Stephen; Tuinhof, Albert; Kemper, Karen; Dumars, Charles (2003). *Stakeholder Participation in groundwater management: mobilizing and sustaining aquifer management organizations*, GW-MATE Briefing Note, 6, 1-6.

Guerrero Reynoso, Vicente (1998). "Participación social en el aprovechamiento sustentable de las aguas subterráneas- El caso de Guanajuato", en *Memoria del Simposio Internacional de Aguas Subterráneas*, León, Gto. 7-9 diciembre, México, pp. 33-42.

Hanneman, W.M. (2006). "The economic conception of water", en Rogers, P.; Llamas, R.; L., Martínez-Cortina, *Water Crisis: Myth or reality?,* Londres, Fundación Marcelino Botín-Taylor y Francis, pp. 61-92.

IMTA-Conagua (2007). *Manejo Integrado de las aguas subterráneas en los Acuíferos Puebla- Alto Atoyac en los Estados de Puebla y Tlaxcala. Informe Final de Proyecto*, IMTA, Jiutepec, Morelos.

Marañón, Boris (2004). "La participación social en el manejo del agua subterránea en México: entre el discurso y la realidad", *Hacia una gestión integral del Agua en México: Retos y Alternativas*. Centro del Manejo del Agua para el Tercer Mundo/Miguel Angel Porrúa, México.

Marañón, Boris y Philippus Wester (2000). *Respuestas institucionales para el manejo de los acuíferos en la cuenca Lerma-Chapala, México*, IWMI, Serie Latinoamericana, núm. 17, México.

Marañón, Boris y Dania López (2009). "Los procesos de reglamentación de acuíferos en México: consideraciones sociopolíticas" en Sergio Vargas, Denise Soares, Ofelia Pérez, Ana Isabel Ramírez (eds.), *La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectivas*. tomo II, Jiutepec, Morelos, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Universidad de Guadalajara, Jalisco.

Oscar, A. y Escolero, F. (2006). "La experiencia mexicana con grupos usuarios aguas subterráneas", en *International Symposium on Groundwater Sustaintability (ISGWAS)*, Alicante, España. http://aguas.igme.es/igme/ISGWAS/Ponencias%20ISGWAS/11-Escolero.pdf consultado en marzo 2007.

Parra, Hugo (2010). *Discusión del Acuerdo de Veda de Agua Superficial en la Cuenca del Río Balsas, a más de 40 años de su establecimiento*, tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias del Agua, imta, Jiutepec.

Sandoval, Ricardo (2004). "A participatory approach to integrated aquifer management: the case of Guanajuato State, Mexico", en *Hydrogeology Journal*, 12, pp. 6–13.

Soares, Denise (2007). *Sistematización del proceso de planeación utilizando la metodología ZOPP para el manejo de un acuífero, Alto Atoyac, Estado de Tlaxcala y Valle de Puebla, Estado de Puebla. Informe de Proyecto*, IMTA, Jiutepec, Morelos.

Vargas, S. (2007). "Participación social en los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas)", en *Taller de análisis de estrategias para la gestión de acuíferos en zonas agrícolas*, Centro de Capacitación IMTA, Jiutepec, Mor., 17-19 de octubre.

Vargas, S. (2008). "La gestión integrada del agua en México: una débil gobernanza y participación social fragmentada", en *IV Congreso Asociación Latinoamericana de Ciencia Política*, ALACIP, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica, del 5 al 7 de agosto.

Anexo 1. Matriz Planeación realizada por integrantes del COTAS, octubre 2007

ESTRATEGIA DEL PROYECTO	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
objetivo superior: INCREMENTO DE LA CALIDAD DE VIDA			
objetivo del proyecto: MANEJO SUSTENTABLE DEL ACUÍFERO	Para el año 2015 se reduce en un 20% las extracciones del acuífero (más realizable)	Conagua Organismos operadores Municipios	• Voluntad política • Recursos financieros suficientes

Resultados: A. Aprovechamiento de Fuentes alternas de agua	A. Para el año 2010 el cien por ciento de las nuevas construcciones de la Región Alto Atoyac cuenta con aprovechamiento de aguas pluviales Para el año 2010 la región Región Alto Atoyac reúsa el 80% de sus aguas tratadas.		• Voluntad política • Legislación Aplicable • Recursos financieros suficientes • Cambio de legislación • Voluntad de los usuarios • Recursos para la aplicación de tecnologías alternas que favorezcan el uso sustentable del agua • Mantenimiento y monitoreo permanentes por parte de las autoridades • Reducción de la corrupción
B. Suficiente recarga	B. Para el 2010 se cuenta con la instalación de pozos de absorción.	Gobiernos federal, estatal y municipal	
C. Uso eficiente en todos los sectores	C. En un periodo de cinco años se incrementa en un 90% la cobertura en la instalación de macromedidores. En un periodo de siete años se duplica la instalación de micromedidores.	Conagua, COTAS y organismos operadores REPDA CFE	
D. Revisión y aplicación de la legislación	D. Para el año 2015 no existen usuarios irregulares Para el año 2012 se uniforma la veda del acuífero	Conagua, COTAS, gobierno de los estados	
E. Administración eficiente del agua	E. Para el año 2009 se cuenta con estudio geohidrológico actualizado F. Para el año 2012 existen programas de educación ambiental dentro de los planes de estudio en los diferentes niveles del sector educativo	SEP, gobierno del estado (congreso de los estados) y la unión Organismos operadores	
F. Asimilación de nueva cultura del agua	Para el 2012 se reduce al 15% la cartera vencida por pago de derechos de organismos operadores		

Fuente: elaboración propia.

Actividades: **Resultado A: Aprovechamiento de Fuentes alternas de agua** A1. Incrementar la captación de agua de lluvia A2. Reúsar agua tratada residual A3. Aprovechar aguas sulfurosas previamente tratadas A4. Vincularse con centros de investigación e iniciativa privada, a fin de identificar nuevas tecnologías para el aprovechamiento de fuentes alternas de agua A5. Buscar/usar nuevas fuentes de financiamiento (deuda ecológica) A6. Promover incentivos a los usuarios que apliquen este plan **Resultado B: Suficiente recarga** B1. Realizar programas de reforestación, previo estudio, con métodos y especies adecuados B2. Construir, previo estudio, pozos de absorción B3. Construir represas en barrancas o ríos intermitentes (previo estudio) B4. Respetar el Plan de desarrollo para uso de suelo B5. Proteger, controlar y vigilar áreas reforestadas B6. Regular la explotación forestal B7. Exigir profesionalismo y ética de las instituciones y dependencias, así como de los prestadores de servicios **Resultado C: Uso eficiente en todos los sectores** *C1 Uso eficiente del agua en el sector industrial:* a. promover el reuso y tramiento del agua; b. promover la aplicación de la normatividad vigente; c. promover la medición de todos los aprovechamientos; d. promover el intercambio de agua entre sectores; e. promover modernización de la infraestructura. *C2. Uso eficiente del agua en el sector Agricola:* a. desarrollar talleres de capacitación técnica para el uso racional del agua y aplicación de nuevas tecnologías; b. promover la difusión de los programas y apoyos al sector; c. gestionar y facilitar los trámites administrativos entre usuarios y dependencias; d. promover la aplicación y homologación de la macromedición; e. promover la modernización de la infraestructura *C3. Uso eficiente del agua en el sector Público urbano:* a. promover la elaboración de los programas municipales y regionales de desarrollo urbano (coadyuvar); b. difundir los programas y apoyos al sector; c. gestionar y facilitar los trámites administrativos entre usuarios y dependencias; d. desarrollar campañas de cultura de pago y uso racional del agua; e. actualizar el padrón de usuarios activos; f. actualizar micro y macromediciones; g. promover la aplicación de auditorias externas (transparencia); h. promover la modernización de la infraestructura. **Resultado D: Revisión y aplicación de la legislación** D1. Establecer estrategias de difusión de leyes y normas que regulan el agua D2. Promover la aplicación de normas y leyes D3. Elaborar propuestas para la actualización de normas y leyes D4. Actualizar la zona de veda del acuífero Alto Atoyac y Valle de Puebla D5. Proponer la reglamentación del acuífero D6. Promover la coordinación entre usuarios y Conagua para monitorear los volúmenes concesionados **Resultado E: Administración eficiente del agua** E1. Actualizar los estudios de disponibilidad del agua en el acuífero E2. Actualizar las concesiones de los diferentes usos E3. Establecer acciones y programas de reúso del agua E4. Coordinar acciones entre diferentes instituciones que promuevan el uso eficiente del agua E5. Reducir tramitología institucional E6. Promover la vigilancia y denuncia de los servidores públicos, a fin de reducir la corrupción	• Voluntad política • Legislación Aplicable • Recursos financieros suficientes • Cambio de legislación • Voluntad de los usuarios • Recursos para la aplicación de tecnologías alternas que favorezcan el uso sustentable del agua • Mantenimiento y monitoreo permanentes por parte de las autoridades • Mayor eficiencia en los trámites institucionales

Fuente: elaboración propia.

Puerto interior Tlaxcala en Atlangatepec; motor del desarrollo de la región centro-este de México. Criterios para el manejo del agua

Francisco J. Guerra y Rullán[1]
José Luis Medina Aguiar[2]

"Recordando a Miguel Ángel Cuadra Palafox, ilustre potosino, quien nos enseñó a comprender y apreciar el campo Mexicano".

Introducción

Puerto Interior Tlaxcala (PIT) es una plataforma logística-productiva que aprovecha infraestructura existente en Atlangatepec-Tlaxco, al Norte del Estado de Tlaxcala. Se ubica estratégicamente al centro de la región Centro-Este del país, cercano a importantes vías de comunicación, centros urbanos, zonas industriales y mercados. Sus características y ubicación lo determinan como un polo de desarrollo de impacto macro-regional en una ubicación intermedia entre el Golfo de México y la Ciudad de México; está vinculado al *cluster* automotriz de centro del país y a otras regiones con actividades productivas de relevancia nacional en la zona. Por su ubicación, es el punto de articulación —a la vez que detonador potencial— entre las economías del Centro del país y las actividades productivas del Sur y Península de México.

Los trabajos para el desarrollo de Puerto Interior Tlaxcala se iniciaron en 2006, a partir de la premisa de hacer un uso efectivo de la infraestructura disponible en Atlangatepec, la capacidad industrial en el estado y el interés por invertir en Tlaxcala. Para los trabajos de planeación del territorio y perfil de actividades logísticas-productivas, se llevaron a cabo estudios en materia de logística-aduanal en el país, infraestructura de comunicaciones nacional y regional, operación industrial y logística en Tlaxcala; actividades industriales en la región, infraestructura educa-

1 Correo electrónico: FJMGyR@gmail.com

2 Decide Soluciones Estratégicas, S.C.(www.decidesoluciones.com.mx). Correo electrónico: anidemjl@hotmail.com

tiva y de investigación y perfil de la oferta de técnicos calificados; también se llevaron a cabo estudios sobre el perfil socioeconómico y visual de Atlangatepec, el perfil de la infraestructura social —vivienda, salud, educación y abasto—, la situación en materia de suelos, flora y fauna, disponibilidad de energía eléctrica y gas, sismicidad, manejo de desechos y disponibilidad-uso de agua. La información que se utiliza en este texto corresponde a la disponible en 2006-2007; el rango de información utilizada para el análisis fue mucho más amplio que el descrito aquí.

Este texto tiene el propósito de describir los criterios de diseño aplicados para el componente agua y su impacto en el proceso de planeación de Puerto Interior Tlaxcala; asimismo —y más importante— se refiere a las limitaciones que se enfrentan al llevar a cabo trabajos de planeación regional – urbana y socioeconómica, en términos del perfil y la disponibilidad de información sobre cuestiones ambiéntales —en este caso agua, lo que obliga a tomar decisiones que de inicio se sabe no están totalmente sustentadas, pero que deben adoptarse a partir de la mejor —o debemos decir única— información disponible. Las tareas de planeación en países como México ubican al planeador como el punto de articulación entre dos sistemas de pensamiento que no necesariamente tienen la capacidad de dialogar: políticos e inversionistas frente a científicos; la tarea del planeador es aplicar sus conocimientos y conciencia —especialmente hoy en cuestiones ambientales— para que las decisiones políticas y las inversiones obtengan —sí— un rendimiento correcto, pero también y más importante, para que esas inversiones cumplan con los propósitos sociales que corresponden y sean amigables al medio ambiente.

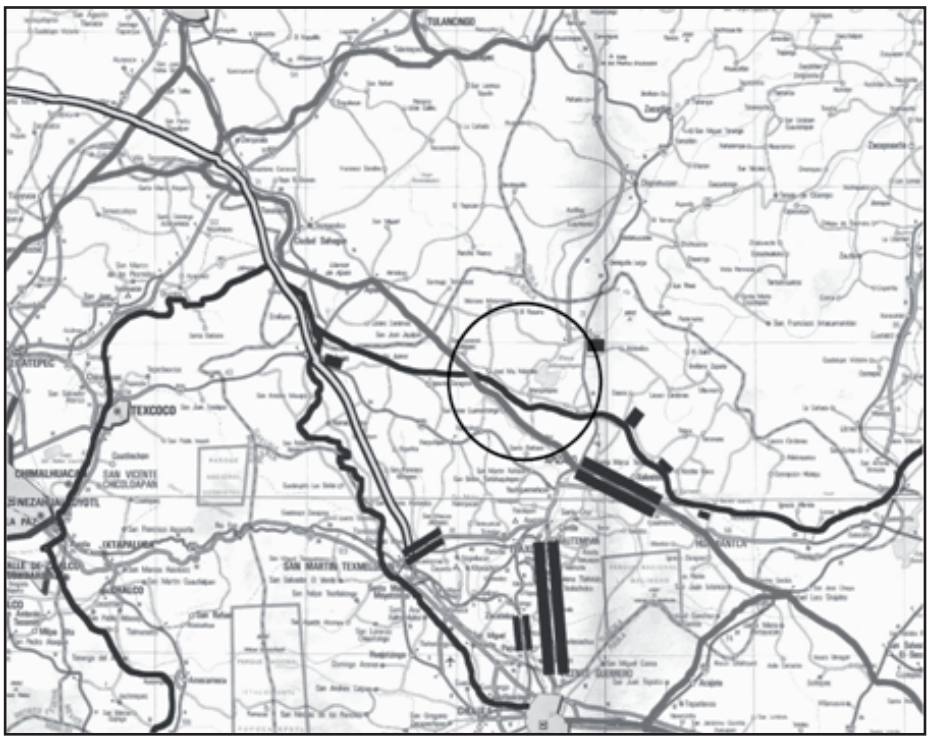
El eje articulador determinante en la planeación de Puerto Interior Tlaxcala, es que este desarrollo logístico debería ser sustentable en un doble sentido. Por una parte el perfil de la infraestructura y de las actividades productivas propuestas deberán responder de manera eficiente y rentable a la demanda actual y futura de infraestructura productiva y logística en México, en el contexto de una visión avanzada del desarrollo regional, garantizando la rentabilidad de la inversión; por la otra, derivada de la anterior, la visión de sustentabilidad económica se entiende en el contexto de la sustentabilidad ambiental-social, a partir de la cual los criterios de diseño para PIT deberán considerar la situación del medio ambiente natural en la ubicación territorial de las actividades productivas, considerando aquéllas con un menor impacto ambiental y con criterios para la mínima afectación al medio ambiente en su operación cotidiana. De esta manera, el aspecto disponibilidad de agua en la región, su uso en Puerto Interior Tlaxcala y la reposición de acuíferos, se convirtieron en criterios fundamentales de la planeación territorial y la determinación de actividades productivas.

Puerto Interior Tlaxcala está localizado en la Micro Región Atlangatepec, en el área del corredor carretero Altiplano–Golfo y el Arco Norte

de la ZMCM —obra de infraestructura en forma de gran libramiento que articula Este-Oeste y Norte-Sur del país— y se vincula además fácilmente con otros ejes carreteros hacia el Norte y el Sur del país. La micro región cuenta con un aeropuerto y uno de los cinco cruces existentes en el país entre dos líneas ferroviarias, Ferrosur y KCSM (Figuras 1 y 2).

El municipio de Atlangatepec se sitúa en el Altiplano Central Mexicano a 2,500 metros sobre el nivel del mar al norte del Estado de Tlaxcala, lindando al Norte por el municipio de Tlaxco y al sur con los municipios Muñoz de Domingo Arenas y Tetla de la Solidaridad. El acceso a la cabecera municipal —Atlangatepec— es por la carretera federal 119, que comunica Apizaco con Tlaxco. La superficie del municipio es de 124 km^2. —12,406 has.— el 3% de la superficie de Tlaxcala.

Figura 1. Plano de ubicación de Puerto Interior Tlaxcala

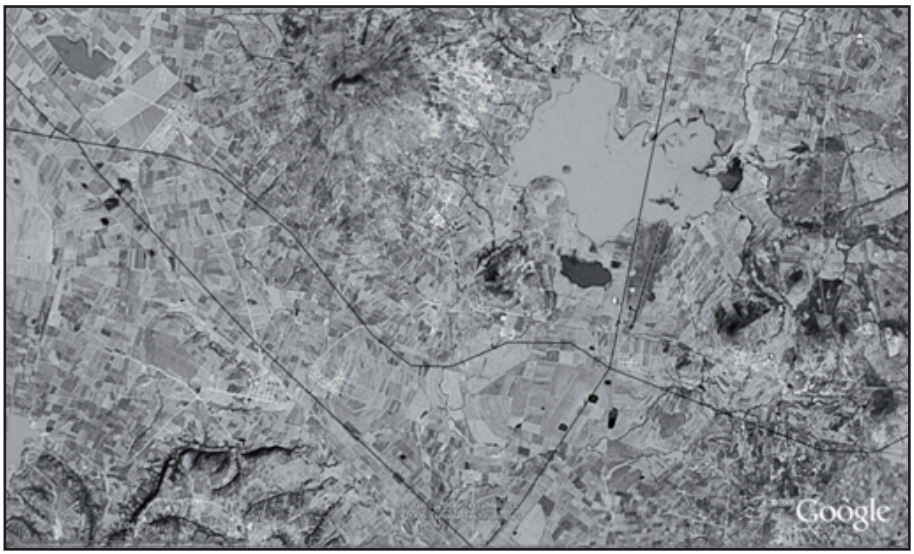


Nota: El círculo muestra la parte central del proyecto en el cruce de las dos líneas de ferrocarril (Ferrosur en verde y KCSM en azul) y en el área de la Laguna de Atlangatepec. Las zonas rojas son parques industriales y la línea roja-amarilla es el Arco Norte.
Fuente: elaboración propia.

La orografía de la región combina promontorios de tamaño mediano, con el 60% del territorio con zonas planas, lo que facilita el trazado urbano, la edificación y las vialidades. En términos hidrográficos, el municipio cuenta con el Lago y la Presa de Atlangatepec —la más importante en Tlaxcala— y la laguna de Jalnene con niveles de agua variable. El río Zahuapan cruza Atlangatepec de norte a sur en 7 km. y se tienen también arroyos en las barrancas El Coladero, El Cenizo, y Barranca Grande; el municipio cuenta con importantes mantos freáticos a poca profundidad.

La vegetación predominante es bosque de junípero, fuertemente perturbado o desplazado por la agricultura; los suelos son de tipo barro con sedimentos, de labrado difícil, y suelos tipo tepetate con ventajas para la edificación y vialidades, ambos con bajo nivel de productividad agrícola. El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano, temperatura máxima anual 20.7ºC, una precipitación promedio máxima 130.7 mm. y mínima 6.9 mm.; los vientos dominantes son del Norte. En uso del suelo, la actividad rural ocupa 5,959 has., 48% del municipio y 2.5% del estado; 4,554 has., el 76% son agrícolas, 1,113 has. son pasto, bosques 2 has. y 290 has. no tienen vegetación

Figura 2. Fotografía satelital de la micro-región donde se ubica Puerto Interior Tlaxcala



Nota: En la parte superior derecha está la Laguna de Atlangatepec y las líneas negras corresponden a las líneas de ferrocarril Ferrosur y KCSM. La línea negra vertical que cruza la Laguna de Atlangatepec es un error del plano, pues no hay tal ferrocarril.
Fuente: elaboración propia.

Los censos de 2002 registraban 5,450 habitantes en Atlangatepec, 2,741 el 50.3% hombres y 2,709 el 49.7% mujeres; el crecimiento de la población es el más bajo del estado, duplicando su población en 43.7 años, frente a Tlaxcala que se duplica en 25.9 años. En los últimos 20 años, Atlangatepec no registra un proceso de urbanización, siendo rural; la densidad de población es de 26.14 hab./km^2, 4.43 veces inferior al promedio estatal. La tasa de migración es Media, de 106.5 inmigrantes por cada 1,000 habitantes, cuando a nivel estatal fue de 122.9 personas.

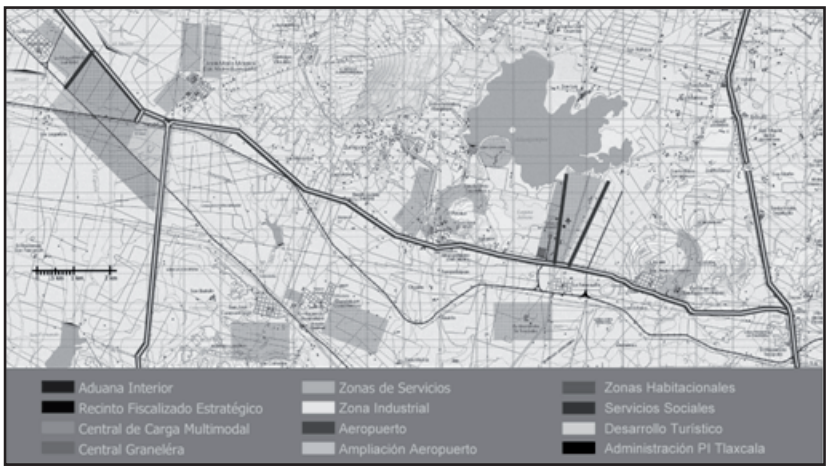
1. Perfil de Puerto Interior Tlaxcala

Puerto Interior Tlaxcala —en forma coordinada entre los gobiernos Estatal y Federal y el sector privado—, es un proyecto que hace un uso rentable y competitivo de la infraestructura actual que se encuentra en la región de Atlangatepec, Tlaxcala —Aeropuerto, Terminal Granelera, Cruce Ferrocarrilero—, aprovechando suelos de baja capacidad productiva y buscando no alterar los flujos naturales de flora y fauna, para conformar el proyecto de un Puerto Interior Logístico.

En términos físico-espaciales, (Figura 3) Puerto Interior Tlaxcala tiene dos componentes que se articulan por una carretera de 15 kilómetros, en la forma de Eje Troncal, que actúa también como vínculo con las principales vialidades de la macro-región y con el Eje Transversal de PIT.

- El Cruce Ferrocarrilero
- La Zona Aeropuerto

Figura 3. Plan Maestro de Puerto Interior Tlaxcala



Fuente: elaboración propia.

A parir de este perfil operacional, el propósito es dar en el mediano plazo los servicios de:

- Aduana Interior Multimodal.
- Terminal de Carga Multimodal Ferrocarril-Carretero y Aeropuerto.
- Terminal Granelera.
- Recintos Fiscalizados Estratégicos.
- Conjuntos Industriales Tradicionales y para Alta Tecnología.
- Zona de Servicios-Negocios y soporte Información-Comunicación.

En la zona Aeropuerto, la sección Este de PIT, se tiene el Aeropuerto de Atlangatepec, ocupando una extensión de 115 has., que cuenta con una pista de aterrizaje de 2.5+ kilómetros de longitud, la cual por sus características técnicas permite el aterrizaje de aviones de pasajeros y de carga medianos; cuenta con un edificio terminal, torre de control y un hangar de más de 1,500 metros cuadrados, con posibilidad de extensión. El acceso es a través de una vialidad de cuatro carriles, que comunica al Aeropuerto con el eje troncal del PIT. Sobre esta vialidad, en el lado Oeste del Aeropuerto y vinculado a éste, se dispone de un Aduana Interior, lo que da un carácter potencial de internacional al Aeropuerto, cumpliendo el propósito de facilitar las actividades de comercio internacional por la vía aérea, vinculando ésta a la transportación carretera y ferroviaria.

Al lado Este del Aeropuerto se tiene una zona de ampliación de sus servicios con una superficie de 46 has. destinadas esencialmente a actividades de almacenamiento y —de requerirse— también a actividades administrativas aduanales, a la cual se puede acceder desde el Aeropuerto o a través de una vialidad de cuatro carriles que comunica con el eje troncal de PIT. También al Oeste y vinculado por esta vialidad, se tiene un Desarrollo Industrial con una superficie de 290 has. que cuenta además con una espuela de ferrocarril.

En el Cruce Ferrocarrilero, sección Oeste de PIT, se tiene uno de los cinco cruces existentes en el país entre dos líneas ferroviarias, que son FC del Noreste / Transportación Ferroviaria Mexicana (TFM) actualmente propiedad de Kansas City Southern Railway (KCSR), que conecta al Centro del país con el Noreste y Veracruz, y sube hacia USA —que en 2004 transportó 33.6 millones de toneladas netas de carga— y FC del Sureste (Ferrosur) que conecta la zona Centro de México con el Sureste del país —que en 2004 movilizó 15.5 millones de toneladas netas de carga—; toda esta carga cruzó por la red ferroviaria de Tlaxcala, lo que le da a TPI una ventaja estratégica que difícilmente puede ser igualada por otra ubicación en el país.

En el punto de cruce de las vías de KCSM-TFM y Ferrosur, es que se ubican los principales componentes de Puerto Interior Tlaxcala. El área de articulación del conjunto, es la Aduana Interior Multimodal que en forma de triángulo de 39 has. tiene uno de sus vértices en el cruce de ferro-

carriles hacia el Este, dos lados colindando con los Recintos Fiscalizados Estratégicos Fases I y II, de donde también se desprenden laderas de las dos líneas de ferrocarril, y un tercer lado colindando con la Terminal de Carga Multimodal, a la cual según se requiera se puede tener acceso; el acceso carretero a la Aduana Interior es por un tramo de cuatro vías que la vincula con el Eje Troncal del PIT. Los dos Recintos Fiscalizados Estratégicos, por normatividad tienen colindancia con la Aduana y cuenta la fase I con 160 has. y la Fase II con 194 has., ambos de forma de rectángulo irregular; el acceso a ambos, por normatividad, es a través de la Aduana Interior Multimodal.

En la zona oeste del vértice del cruce de ferrocarriles, teniendo también forma de triangulo en sentido simétrico a la Aduana, se tiene la Terminal Granelera que dispone de una superficie de 34.5 has.; esta terminal cuenta con un acceso carretero exclusivo hacia el Eje Troncal de PIT y laderas de ambas líneas de ferrocarril. Hacia el Este de la Aduana, se tiene la Terminal de Carga Multimodal disponiendo de una superficie de 82 has en forma de rectángulo irregular, cuyo acceso principal es a través del Eje Transversal de PIT —carretera de cuatro carriles—, siendo posible acceder a la Terminal de Carga desde la Aduana Interior una vez que se cumplan los trámites aduanales correspondientes. Al otro lado de la carretera Eje Transversal de PIT, frente a la Terminal de Carga y con acceso desde el mismo Eje Transversal, se tiene un Desarrollo Industrial que dispone de una superficie de 300 has. y dos espuelas de ferrocarril, una de cada línea ferroviaria.

Sobre el Eje Transversal de PIT y en algunos segmentos del Eje Troncal, se ubican las zonas de servicios; éstas funcionan como corredores de negocios con accesos en los puntos que determine el servicio ofrecido sin limitaciones. Se disponen inicialmente de 135 has. con infraestructura para servicios de todo tipo, desde hoteles, oficinas, servicios, recreación y centros comerciales de todo tipo; su organización y dimensiones permiten un uso óptimo de la disponibilidad de suelo y las vialidades, siendo posible su crecimiento a lo largo de los dos ejes de vialidades de PIT.

En tanto que la actividad económica en Puerto Interior Tlaxcala generará una oferta importante de empleos, estimulando la migración, se tienen zonas para vivienda en los niveles y perfiles socioeconómicos esperados en PIT, cuyo desarrollo está abierto a organismos de vivienda social federal y estatal, así como promotores inmobiliarios privados. Para los desarrollos habitacionales se dispone de más de 1,000 has. en el área de influencia de PIT, ubicadas en las reservas territoriales de los planes de desarrollo municipal, sin alterar las estructuras urbanas actuales, vinculadas a los centros de población a fin de consolidar la estructura social y en algunos casos asociadas a atractivos naturales —como la laguna de Atlangatepec— e históricos locales, como cascos de haciendas.

Vinculado en forma indirecta con el Puerto Interior Tlaxcala y como un proyecto independiente que agrega un atractivo adicional a la región, se tiene el desarrollo turístico-habitacional del Lago de Atlangatepec; para este desarrollo turístico se estiman disponibles 350 has. que forman un arco al Norte del lago y que actualmente se utilizan parcialmente como zona recreativa con accesos vía caminos rurales de 2 carriles; las opciones son las actividades acuáticas, cascos de hacienda, cría de toros de lidia, *camping* y vivienda recreacional.

En forma complementaria a las zonas habitacionales, los servicios sociales se ubican de manera estratégica en los centros poblacionales del municipio como complemento y refuerzo a las instalaciones existentes y en las reservas territoriales marcadas en los planes de desarrollo municipal, sin alterar y fortaleciendo las estructuras urbanas actuales. Para los servicios de educación, salud, abasto y otros, se dispone por lo menos de 75 has. ubicadas en la región de influencia de Puerto Interior Tlaxcala, los que podrán ampliarse según la demanda en los centros de población; el rango de servicios y su vinculación a los perfiles socioeconómicos, estará determinado por la misma demanda, sin que existan limitantes de infraestructura o normativas.

2. Disponibilidad de agua para Puerto Interior Tlaxcala

Al considerar las cuestiones ambientales y de recursos naturales en términos de su influencia en la planeación territorial de Puerto Interior Tlaxcala, se llevó a cabo una valoración de las condiciones de suelos, vegetación y fauna en la micro-región, en la forma de una Manifestación de Impacto Ambiental en la Modalidad Regional, identificando cuatro zonas:

- Zonas de Protección no modificables y usos permisibles.
- Zonas de Conservación de procesos biológicos.
- Zonas de Restauración recuperando la condición natural.
- Zonas de Aprovechamiento Productivo con uso racional.

Adicionalmente, se llevó a cabo un proceso de análisis de la disponibilidad de agua, tanto en términos directos de su uso potencial en actividades productivas en el puerto interior, como también —muy importante— en términos de la demanda que generaría el crecimiento poblacional en la zona y micro-regiones circundantes, derivado de la creación de empleos directos e indirectos generados por el proyecto. Al hacer las proyecciones de crecimiento de Puerto Interior Tlaxcala en el mediano y largo plazos, se identificó su efecto en un importante desarrollo socioeconómico en la zona, impulsando el crecimiento de las aglomeraciones urbanas existentes y la ampliación de las pequeñas concentraciones

rurales; este crecimiento no solamente será poblacional asociado a vivienda, sino que también implica servicios de educación, salud, abasto, recreación y similares, lo que en consecuencia tendrá un impacto importante en la demanda de servicios, dentro de las cuales está el agua potable y el manejo de aguas residuales.

De esta manera, como el impacto esperado de Puerto Interior Tlaxcala es de dimensiones mayores a mediano y largo plazo, se volvió relevante considerar la cuestión agua con una visión macro-regional e inclusive nacional para efectos de contraste con otras regiones del país con desarrollos logísticos.

En el contexto nacional, Atlangatepec, Tlaxcala, se ubica en la región hidrológica 18 Balsas, con el cuarto lugar en el país por extensión en km^2. En precipitación media anual 1941-2005, la región 18 Balsas ocupó el quinto lugar por región administrativa con 959.3 mm. arriba del promedio nacional de 773.5 mm.; en precipitación por región hidrológica en el período 1941–2005 la región 18 Balsas ocupó el lugar quince con 1,015.4 mm. y en cuanto a escurrimiento natural medio superficial interno en hm^3., millones de metros cúbicos, la región 18 Balsas ocupa el cuarto lugar.

La precipitación acumulada ocurrida en la República Mexicana durante el lapso del 1° de enero al 31 de Diciembre 2005, alcanzó una lámina de 804.8 mm., 4% por arriba de la media histórica, que fue de 773.5 mm. Tlaxcala ocupa el lugar veintiuno con una precipitación anual promedio 1941-2005 de 705.3 mm., 0.91 % debajo de la media histórica nacional de 773,5 mm., lo que debe considerarse en el contexto de su superficie total. En términos del grado de presión sobre el recurso hídrico, en promedio, en el país se utiliza el 16% del volumen de disponibilidad natural media de agua; sin embargo, en la porción norte se utiliza más del 40%, lo que se considera por la ONU, como una fuerte presión sobre el recurso hídrico. La región hidrológico-administrativa IV Balsas tiene un grado de presión de 37% y una clase de presión Media Fuerte.

En cuanto a la situación frente a sequías, éstas se presentan en México con mayor intensidad cada diez años con duración variable, siendo las regiones más afectadas las áridas y semiáridas, en las cuales la precipitación promedio es de 400 mm. al año, en las zonas áridas y semiáridas; las sequías se localizan en 14 estados del norte y centro del país incluido Tlaxcala, donde se ubica PIT. En la cuantificación de daños por sequía a la agricultura, ganadería y sector forestal, realizado entre los años 1988 y 1994, para los 10 estados más afectados, no aparece Tlaxcala.

La importancia del agua subterránea para la disponibilidad de agua en México, queda de manifiesto por la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios, ya que el 36%, que corresponde a 27,737 hm^3./ año del volumen total concesionado para usos fuera del cuerpo de agua, es de origen subterráneo. A partir de la década de los setentas se ha teni-

do un incremento alto en el número de acuíferos sobreexplotados; de 32 acuíferos que presentaba esta situación en 1975, se pasó a 36 acuíferos en 1981, a 80 acuíferos en 1985, a 97 acuíferos en 2001, a 102 acuíferos en 2003 y a 104 acuíferos en el 2005, con niveles de sobre-explotación de importancia. De éstos acuíferos se extrae casi el 60% del agua subterránea para todos los usos en México.

La información disponible sobre los volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua, en cifras acumuladas a diciembre de 2005 en hm^3. anuales, indicaron que la región IV Balsas representó el 13.7% del total nacional, ocupando el 48.3% del total nacional en Industria autoabastecida, con usos industria, agroindustria, servicios, comercio y termoeléctricas.

Cuadro 1. Región Hidrológica Administrativa Balsas. Volumen Total Concesionado *vs* Total nacional

Región Hidrológico Administrativa	Volumen total concesionado	Agropecuario	Abastecimiento público	Industria autoabastecida
IV Balsas	10,474.2 / 13.7%	6,209.2 / 10.6%	842.4 / 8%	3,422.5 / 48.3%
Total Nacional	76,508.4	58,721.3	10,703.5	7,083.6

Fuente: elaboración propia a partir de CONAGUA, 2006.

Por su parte, los volúmenes de agua concesionados para la industria autoabastecida, en cifras acumuladas a diciembre de 2005 en hm^3. anuales, indicaron que el mayor consumo de agua en la industria provenía de aguas superficiales en un 95% del total de la Región IV Balsas.

Cuadro 2. Región Hidrológica Administrativa Balsas. Volumen Total Concesionado vs Total nacional.

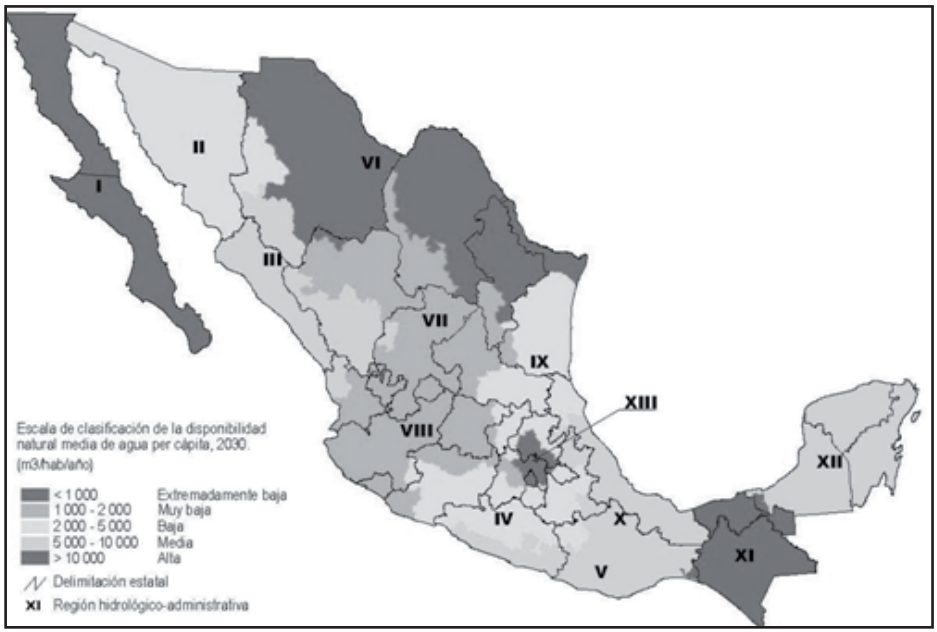
Región Hidrológico Administrativa	Agua Superficial	Agua Subterránea	Total
IV Balsas	3,271.4 / 61.2% / *95%*	151.1 / 9% / *5%*	3,422.5 / 48.3% / *100%*
Total Nacional	5,347.2	1,736.4	7,083.6

Fuente: elaboración propia a partir de CONAGUA, 2006.

La disponibilidad de agua a futuro está asociada a la demanda del crecimiento poblacional, la evolución de las actividades agropecuaria y el desarrollo industrial. De acuerdo con el Conteo 2005 del INEGI y las estimaciones de CONAPO, entre 2005 y 2030 la población del país se incrementará en 24.2 millones de personas; de éstas, aproximadamente el 79% se asentará en localidades urbanas y prácticamente el 86% se

ubicará en la zona centro, norte, noroeste y noreste del país, regiones hidrológico-administrativas I, II, III, IV, VI, VII, VIII, IX, X y XIII.

Mapa 1. Disponibilidad natural media de agua per capita en México a 2030



Fuente: CNA, 2006-3: 153.

La disponibilidad total media de agua estimada para México en 2005 era de 472,194 hm^3., por lo que el incremento de población hará que la disponibilidad natural media de agua por habitante a nivel nacional disminuya de los 4,573 m^3/hab/año que se tenían en el 2005 a 3,705 m^3/hab/año en el año 2030; los valores más críticos se presentarán en las regiones XIII en el Altiplano, con I y VI al norte del país. La disponibilidad natural media de agua *per cápita* en México en promedio debe clasificarse como Baja de acuerdo a estándares internacionales; éstos clasifican la disponibilidad media *per cápita* de la siguiente manera: menor de 1,000 Extremadamente baja, 2,001 a 5,000 Baja, 10,001 a 20,000 Alta, 1,000 a 2,000 Muy baja, 5,001 a 10,000 Media y Mayor de 20,000 Muy alta. La Región IV. Balsas tiene una clasificación de Baja para 2005 y 2030.

Considerando la situación nacional en materia de disponibilidad de agua, la conclusión inicial es que el perfil esencialmente logístico de Puerto Interior Tlaxcala, es correcto pues estas actividades son de bajo consumo de agua y generación controlada de desechos con baja capaci-

dad de dañar los acuíferos y el medio ambiente en general; sin embargo, en lo que respecta a las actividades productivas dentro de los recintos fiscalizados estratégicos y los conjuntos industriales, deberá cuidarse el perfil productivo, hacia actividades con alto valor agregado y bajo consumo de agua. En el caso de los recintos fiscalizados estratégicos, este perfil será mas fácil de lograr, ya que por su naturaleza fiscal, las actividades productivas se refieren a agregar valor a un producto en un proceso intermedio, que generalmente no implica procesos industriales de alto consumo de agua. En el caso de los conjuntos industriales, sí es factor determinante definir un perfil productivo que no sea gran demandante de agua y que se oriente a procesos con bajo impacto ambiental; con esto en mente, se analizó el rango y potencial de convocar a la zona a empresas de alta tecnología con bajo impacto ambiental, aprovechando la oferta de profesionales calificados en los tecnológicos de la región.

3. Hidrología y acuíferos en la región Atlangatepec

En la región de influencia de Puerto Interior Tlaxcala se tienen dos importantes acuíferos o unidades hidrogeológicas, cuyas características se estimó debieran ser analizadas a fin de identificar factores determinantes en la planeación territorial y el perfil de actividades productivas; estos son:

- Acuífero Soltepec, localizado en la parte Norte del estado de Tlaxcala.
- Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan, localizado en el centro del estado de Tlaxcala.

Como insumo para la planeación de Puerto Interior Tlaxcala se obtuvo información que permitió hacer un análisis detallado de ambos acuíferos, describiendo sus características y la disponibilidad de agua para actividades agrícolas, urbanas e industriales. La fuente de información para el análisis, fueron los estudios mencionados en la Bibliografía; para efectos de este texto, se mencionan a continuación solamente las partes de los estudios relevantes al proceso de planeación, en tanto que los mismos están disponibles para su consulta y seguramente serán comentados en esta publicación.

En la zona del proyecto, se tienen también aguas superficiales en la forma de tres ríos: San Fernando, El Centenario y Zahuapan, de los cuales el inicio del río San Fernando se encuentra en el área de Puerto Interior Tlaxcala. El río Zahuapan es el de mayor importancia; forma parte de la cuenca alta del río Atoyac, con una corriente de agua con origen en la sierra de Tlaxco que atraviesa Tlaxcala de norte a sur, hacia el estado de Puebla, donde desemboca finalmente en el río Atoyac.

Figura 4. Acuíferos en el ámbito de influencia de Puerto Interior Tlaxcala en Atlangatepec- Tlaxco



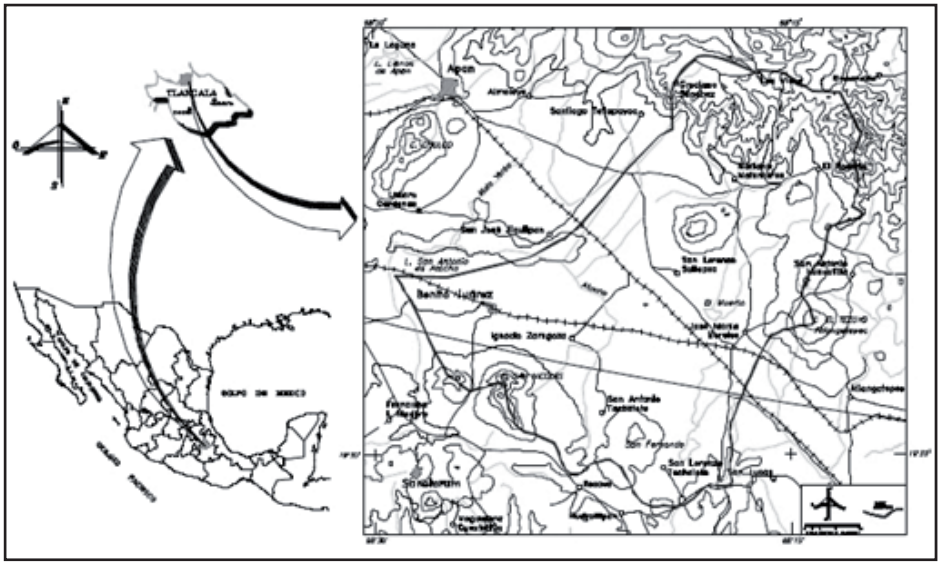
Fuente: elaboración propia.

3.1 Acuífero Soltepec

El Acuífero de Soltepec se localiza en la parte norte del estado de Tlaxcala. Comprende los municipios de Tlaxco, Benito Juárez, Hueyotlipan, Calpulalpan, Sanctorum, y una pequeña parte de Atlangatepec y Muñoz de Domingo Arenas. Las poblaciones más importantes en la región son Benito Juárez, Mariano Matamoros y José María Morelos. Cubre una superficie de 429 km^2. Toda la información para este apartado se obtuvo de CNA, 2002-1. "Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero Soltepec, Estado de Tlaxcala" (CONAGUA, 2002).

En el año 1983 se realizó el estudio geo-hidrológico de la zona de Calpulalpan, Tlaxcala, con el objetivo de determinar de manera preliminar las condiciones geo-hidrológicas de la zona. Se determinaron cuatro unidades hidrogeológicas, explotado principalmente el acuífero del Terciario volcánico; la profundidad del nivel estático variaba entre 80 y 150 metros; la recarga proviene de las zonas altas y la descarga natural tiene lugar hacia la laguna Tochac. La extracción en la zona fue estimada en 2.88 Mm^3/año, llegando a la conclusión de que el acuífero se encontraba en equilibrio.

Figura 5. Ubicación y plano del Acuífero de Soltepec



Fuente: CONAGUA, 2002.

En el Acuífero de Soltepec, los niveles del agua subterránea y las profundidades del nivel estático varían de 112 a 30 metros, correspondiendo los más profundos a las inmediaciones del cerro San Nicolás, en el suroeste de la configuración, y los niveles someros en la porción oriental, entre los poblados Mariano Matamoros y José Ma. Morelos. La configuración de las curvas de igual elevación del nivel estático, indican un gradiente del flujo de agua subterránea en dirección preferente de sureste a noroeste, desde la altitud 2,495 metros, hasta 2,440 metros en la parte baja de la cuenca, cerca de la laguna de Tochac. Los datos históricos del nivel del agua subterránea en el Acuífero de Soltepec disponible eran de 1972 a 1987, manifestando recuperaciones de hasta 1.5 m.

El aprovechamiento por usos del agua subterránea en el Acuífero de Soltepec es prioritariamente agrícola. La recarga natural del Acuífero Soltepec, se ha calculado en 16.2 Mm^3/año. El cálculo de la recarga por infiltración del agua de lluvia, consideró un área de valle de 180 km^2, una precipitación de 700 mm. y un coeficiente de infiltración de 0.1, lo que da como resultado una recarga natural de 12.6 Mm^3/año; la recarga horizontal por flujo lateral que proviene del oriente es de 3.6 Mm^3/año. Se incluyeron como componentes de la recarga inducida las fugas en la red de canales de riego y de agua potable y drenaje en las ciudades, las infiltraciones por excesos de riego directamente en las parcelas, ya sea

por riego mediante pozos como por las aguas residuales. El monto total de la recarga inducida se ha calculado en 2.9 Mm^3/año.

Las salidas del sistema acuífero se han calculado en 19.1 Mm^3/año, de las cuales 18.3 Mm^3/año corresponden a la extracción de agua subterránea y 0.8 Mm^3/año a descargas por flujo subterráneo. En su momento se estimó que en el Acuífero de Soltepec no se registraron abatimientos de niveles piezométricos, por lo que su cambio en el almacenamiento es prácticamente nulo. La recarga total media anual, calculada para el Acuífero Soltepec como la suma de la recarga natural de 16.3 Mm^3/año, más la recarga inducida de 2.9 Mm^3/año, arrojó un valor de 19.1 Mm^3/año. Esta descarga natural comprometida, se determinó por los volúmenes captados para diferentes usos en los manantiales y el flujo subterráneo que es un aporte importante hacia otros acuíferos; para el cálculo de la disponibilidad de agua subterránea no se consideró ninguna descarga natural comprometida, aunque pudiera pensarse en una pequeña aportación subterránea al Acuífero de Apan.

Para el Acuífero de Soltepec, el volumen de agua subterránea concesionado e inscrito en el Registro Público de Derechos del Agua [REPDA], al 30 Abril 2002, consiste en 17´854,472 m^3/año. La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología de la "Norma que establece la metodología para calcular la disponibilidad de aguas nacionales" indica una disponibilidad de 1'245,528 m^3/año: esto resulta de 1'245,528 = 19'100,000 – 0.0 – 17'854,472. La conclusión para efectos de la planeación territorial de las actividades productivas en Puerto Interior Tlaxcala es que, aun y cuando éste no es un acuífero de gran tamaño, existe volumen disponible de 1'245,528 m^3 anuales de agua para nuevas concesiones en el Acuífero de Soltepec, Tlaxcala.

3.2 Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan

El Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan, se encuentra en el centro del estado de Tlaxcala, su limite al Este es el Acuífero de Huamantla, su límite al Sur es el estado de Puebla en donde es notoria la presencia del volcán La Malintzin, su límite al Oeste es el Acuífero de Soltepec, mientras que su límite al Norte es el estado de Puebla y el Acuífero Emiliano Zapata. Los municipios que conforman el Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan son en total 50, entre los que se encuentra Tlaxco y Atlangatepec, ubicación de Puerto Interior Tlaxcala. Toda la información para este apartado se obtuvo de CNA, 2002-2. "Disponibilidad de aguas subterráneas en el Acuífero Alto Atoyac, Estado de Tlaxcala" (CONAGUA, 2002).

La superficie aproximada del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan es de 2,031 km^2. El Acuífero se ubica en la Región Hidrológica 18 río Balsas, que incluye parcialmente a los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, México, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Distrito Federal y la totali-

dad de Morelos, a su vez esta región se divide en las sub-regiones de Alto, Medio y Bajo Balsas.

El estado de Tlaxcala es el inicio de cuenca de río Atoyac en el alto Balsas, en esta parte se incluye el Acuífero Alto Atoyac – Zahuapan; la principal corriente en este acuífero, es el río Zahuapan cuya cuenca de drenaje tiene una superficie de 1,493.9 km^2, que corresponden a la cuenca dentro del estado de Tlaxcala, hasta su confluencia con el río Atoyac. Este Acuífero concentra más del 55% de la infraestructura hidráulica del total del estado de Tlaxcala, asociados a las actividades productivas del estado; también, es el más importante de los cuatro acuíferos que hay en el estado de Tlaxcala ya que de él se abastece la mayor parte del sector productivo —riego, agrícola, industrial, comercial-servicios, doméstico-abrevadero y público-urbano—, y representa el 51.89% de la superficie total estatal de 3,914 km^2.

Figura 6. Plano del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan



Fuente: CONAGUA, 2002.

Los niveles del agua subterránea o estáticos van de 1 a 180 metros de profundidad. La zona sur con niveles de 1.10 a 16 metros, en el norte de 20 a 50 metros, en el este, varía de 30 a 80 metros y en el oeste, entre los municipios de Hueyotlipan y Españita de 70 a 180 metros. Las zonas de recarga, se localizan principalmente en la zona norte de la Sierra de Tlaxco, en el este en las faldas del Volcán La Malinche y por el oeste las faldas de los volcanes Popocatpetl e Iztaccíhuatl. La elevación del nivel estático del Acuífero Alto Atoyac, con referencia al nivel medio del

mar, se encuentra entre las elevaciones 2,170 y 2,560, determinándose un gradiente hidráulico de 0.008355; la dirección del flujo subterráneo proviene del norte, este y oeste convergiendo en la zona sur del estado, lugar donde se presenta una amplia zona de saturación, sitio que identifica como una zona de tránsito natural de este acuífero, pues el agua subterránea fluye hacia el estado de Puebla.

En un período de observación de 12 años, de 1987 a 1999, el nivel estático del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan presentó una evolución con abatimiento predominante, en el acuífero varía de 0.10 a 0.40 m/año, siendo los municipios de Españita, Xaltocan y Cuaxomulco, los que presentan mayor descenso de los niveles con 1.16, 0.75 y 0.84 m/año respectivamente. Por otra parte, y en el mismo lapso de observación, se detectó una ligera recuperación del nivel estático del orden de 0.36 m/año en el área de influencia de la presa de almacenamiento de Atlangatepec, lo que se puede deber al efecto de recarga por infiltración del embalse hacia el acuífero. También se observa que en la parte norte del estado de Tlaxcala en el Municipio de Atlangatepec, hubo recuperaciones del nivel estático del orden de 80 cm; en la parte Sur del estado en el Municipio de Zacualpan, la recuperación fue del orden de 10 cm.

En cuanto a la calidad del agua subterránea, el incremento de la población, la creciente industrialización y desarrollo agrícola en el Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan, han generado fuentes potenciales de contaminación que ponen en riesgo los recursos naturales. Los acuíferos, cada día se ven más amenazados por los efectos contaminantes de las descargas de aguas residuales de las zonas agrícolas en donde se ocupan estas aguas y se emplean sin control fertilizantes, herbicidas y pesticidas; también hay un importante impacto de los tiraderos de basura al aire libre y rellenos sanitarios mal manejados. Aunado a lo anterior, se ha determinado que debido a las características de los suelos, constituidos predominantemente por rellenos aluviales, los acuíferos presentan una alta vulnerabilidad a la contaminación.

Frente a esta problemática, se ha llevado a cabo un monitoreo de la calidad del agua subterránea a partir de 1984, con el muestreo de diversos pozos profundos, observando que en general el agua es de “buena calidad”, apta para el consumo humano y en consecuencia adecuada para otros usos. Sin embargo, en los años 1996 a 1998, en los análisis elaborados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), se detectó que en algunas zonas, principalmente en aquellas donde existe una gran actividad agrícola y tiraderos de basura fuera de control, el agua de ciertos pozos, rebasó ligeramente el parámetro de nitritos y coliformes. En el año de 1998, los resultados de dos muestreos—época de estiaje y temporada de lluvias—, se promediaron y se compararon con los límites permisibles marcados por la norma oficial mexicana NOM-127-SSA-1994 de “Agua

para consumo humano", resultando seis pozos fuera de esta norma y cuatro pozos fuera de la norma por los coliformes.

A partir de los diagramas triangulares de Piper, se clasificó el agua subterránea de acuerdo a los valores de iones principales, resultando que el agua del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan es de tipo Mixta Magnésica Cálcica Bicarbonatada; con relación al parámetro de sólidos totales disueltos, el agua está por debajo de los 1,000 mg/l como lo indica la norma oficial mexicana. Con base en los resultados obtenidos, se concluye en términos generales, que el agua es de buena calidad, apta para el uso y consumo humano y en consecuencia para cualquier uso.

El aprovechamiento por usos del agua subterránea en el Acuífero de Alto Atoyac-Zahuapan es prioritariamente agrícola. La extracción total actual de agua subterránea en la zona del Acuífero Alto Atoyac –Zahuapan, es de 125.05 Mm^3/año, la cual se destina principalmente al uso urbano; sin embargo, como el balance fue realizado para 1999, el valor de la extracción por bombeo en este tiempo es de 100.5 millones de metros cúbicos anuales, por medio de 688 captaciones, dispuestas en 222 para uso agrícola, 324 para uso público-urbano, 38 doméstico-abrevadero y 104 industrial.

La recarga natural del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan considerada como la suma de la infiltración del agua de lluvia más el flujo subterráneo proveniente de las zonas montañosas que rodean el área se ha calculado en 164.90 Mm^3/año. Como componentes de la recarga inducida se incluyeron a las fugas en la red de canales de riego, las fugas en las redes de agua potable y de drenaje en las ciudades, las infiltraciones por sobre riego directamente en las parcelas, ya sea por riego mediante pozos como por las aguas residuales. El monto total de la recarga inducida se ha calculado en 35 Mm^3/año.

Las salidas del sistema Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan se han calculado en 199.90 Mm^3/año, distribuidos de la siguiente manera. En el caso de la zona alta del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan, con base en los nivele piezométricos definidos en dicha zona, se indica que no existe "evapo-transpiración", debido a que los niveles estáticos son del orden de 40 m. En el caso de la porción baja del acuífero, en la zona de estudio se define una evaporación del orden de los 106 millones de metros cúbicos en toda la cuenca que se comparte con el Valle de Puebla. El 60%, que corresponde a 64 Mm^3/año, se "evapo-transpira" en el Alto Atoyac-Zahuapan y el 40% correspondiente a 42 Mm^3/año restante, en el valle de Puebla.

Las descargas naturales de manantiales, concesionado y registrado en el REPDA, tenían a Junio 2000 un volumen de 5.61 Mm^3 para la porción alta del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan, mientras que en la porción baja fue del orden de los 4.79 Mm^3/año, sumando un volumen anual de 10.4 Mm^3. El volumen total bombeado en este acuífero fue de 100.5 Mm^3, de acuerdo con los registros que se encuentran en los archivos de la Gerencia

Estatal en Tlaxcala. La salida de agua subterránea hacia el Acuífero del Valle de Puebla, a partir de la información de la red de flujo, gradiente hidráulico y transmisividades de la zona, definen un volumen de 25 Mm^3. La evolución de los niveles del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan, reflejan una disminución muy pequeña del volumen en el acuífero de 2.495 Mm^3 en 13 años, por lo que el promedio anual es de 0.1919 Mm^3/año, no es representativo en el balance de aguas subterráneas.

La recarga total media anual para este caso es de 199.90 Mm^3/año. La descarga natural comprometida del Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan es de 22.9 millones de metros cúbicos anuales. El volumen anual de extracción concesionado de agua subterránea, de acuerdo con los títulos de concesión inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua, REPDA, en Abril 2002, es de 138,383,609 m^3/año. La disponibilidad de aguas subterráneas, conforme a la metodología indicada en la Norma de Disponibilidad mencionada, resultó ser de 38,616,391 m^3/año, según la formula: 38,616,391 = 199,900,000 – 22,900,000 – 138,383,609. La conclusión para efectos de la planeación territorial de las actividades productivas en Puerto Interior Tlaxcala es que existe un volumen disponible de 38'616,391 m^3 anuales de agua para nuevas concesiones en el Acuífero de Alto Atoyac-Zahuapan; esto sugiere márgenes amplios de disponibilidad de agua para el perfil de usos en PIT, incluyendo las actividades complementarias al mismo proyecto logístico, así como para el abasto del desarrollo urbano asociados, sin comprometer el abasto actual y en el contexto de acciones que propicien la reposición de los acuíferos.

A partir de este análisis inicial de disponibilidad, se buscó conocimiento del uso del agua en la micro-región a fin de definir algún perfil de actividades productivas; de esta manera, para el análisis del uso del agua subterránea y la ubicación de pozos en Tlaxcala, se utilizó información del estudio «Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala», de la Doctora María de Lourdes Hernández Rodríguez y su asesoría en la materia.

3.3 Usos del agua subterránea en Tlaxcala

En términos de acceso al agua, Tlaxcala cuenta con una cobertura promedio del servicio de agua potable de 94.8%, la cual es abastecida mediante 69 Mm^3 de agua subterránea, caudal suministrado a través de 318 sistemas formales, que emplean 423 fuentes de abastecimiento de las cuales el 84% son pozos profundos y 16% manantiales.

De la superficie cultivada en el estado, sólo 10% se considera como superficie susceptible de regar. Para el aprovechamiento del agua subterránea destinada a la agricultura, Tlaxcala contaba con 490 pozos profundos distribuidos en 427 unidades de riego tanto ejidales como particulares, con una superficie dominada de 18,180 has. en beneficio de 17,440 usua-

rios. La mayoría de las unidades de riego ejidales regaba menos del 50% de la superficie proyectada y se estimaba un desperdicio de 6 Mm^3/año, debido a que la mayor parte de la infraestructura de riego era deficiente, aun y cuando se habían rehabilitado 100 pozos y operaban 179 pozos con sistema de riego presurizado.

De las 92 industrias registradas ante la CNA como usuarias de aguas subterráneas en Tlaxcala en el año 2000, 32 corresponden a la industria textil, 18 a la industria química, 14 a la de alimentos y 5 a la fabricación de papel; el resto corresponden a otro tipo de industrias, menos demandantes de agua en su proceso de producción y/o servicio. Las industrias de mayor consumo en la entidad eran: Loreto y Peña Pobre 1.7 Mm^3/año, Celulosas de Fibras Mexicanas 1.1 Mm^3/año, Industrias Alimenticias Club 0.7 Mm^3/año, Bebidas Azteca de Oriente 0.7 Mm^3/año, Politel 0.6 Mm^3/año, Industria Química del Istmo 0.6 Mm^3/año y Polaquimia de Tlaxcala 0.6 Mm^3/año, las cuales se ubican en el acuífero Alto Atoyac-Zahuapan; Cebadas y Maltas 1.4 Mm^3/año en el Acuífero Soltepec. Destaca que el 62% del volumen concesionado para uso industrial se localiza en zonas de veda, además de que algunas de estas industrias consumen más agua de la concesionada.

3.4 Ubicación de pozos en Tlaxcala

Como parte del proceso de planeación territorial de Puerto Interior Tlaxcala, se identificaron 166 de los 250 pozos registrados y finalmente muestreados, por acuífero, municipio y uso del recurso, encontrándose que 126, el 76%, se ubican en el Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan, 15, el 9%, están en el Acuífero Soltepec; los 25 restantes, 15%, pertenecen al acuífero Huamantla, sin que se seleccionaran pozos del Acuífero Emiliano Zapata por efectos de la variabilidad de la muestra.

El análisis con cifras de 2003 indicó que en cinco pozos registrados como agrícolas, los usuarios los utilizaban para uso público-urbano y/o doméstico y que un pozo declarado como doméstico, era utilizado con fines agrícolas; en los usuarios industriales y de servicios, los registros coincidan con el uso reportado. El riego es el mayor usuario de agua subterránea en Tlaxcala, con un volumen concesionado de 14.75 Mm^3, aunque la extracción es ligeramente menor en 0.036 Mm^3, pues el agua concesionada se usa para riego de auxilio o en terrenos que no son irrigados porque los agricultores no se encuentran en su lugar de origen o bien no pueden pagar las cuotas de riego.

La perforación de pozos profundos en Tlaxcala coincide con la llamada segunda etapa del desarrollo geohidrológico en México —1935 a 1966—, donde en el Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan el pozo con mayor antigüedad data de 1936, aun y cuando la etapa más importante en el Acuífero fue en el periodo 1968 a 1979; en el Acuífero Soltepec la perforación

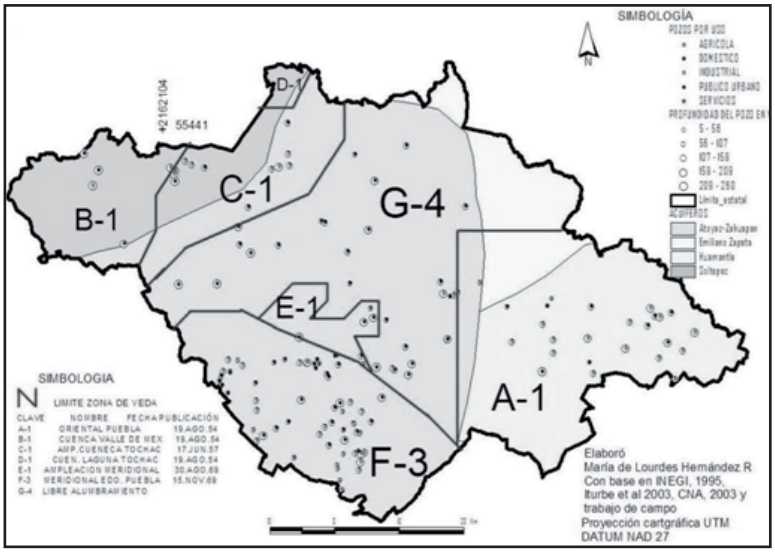
comienza en 1972. La extracción de agua para consumo humano vía pozos profundos en Tlaxcala se inició al principio de los años 40, seguido de la irrigación a finales de los años 50, en un tercer lugar, los servicios a mediados de los años 70 y en cuarto lugar el uso industrial a principios de los años 80.

De los pozos en la muestra, 52%, pertenecen al público-urbano y doméstico, con lo que el agua subterránea en Tlaxcala se dedica principalmente al consumo humano directo, 39% al riego agrícola, 7% a la industria autoabastecida y 3% servicios. El agua para uso público-urbano y doméstico con 52% de los pozos registrados, es el único usuario que extrae más agua de la que tiene concesionada, con 0.15 Mm^3 en 79 pozos, lo que sin representar una cantidad de agua significativa en el conjunto, sí es un indicador de la importancia que cobra para el consumo humano. Los usuarios de industria y servicios son los que menos agua concesionada tienen y menos agua extraen.

En términos de espacio territorial, se encontró que sólo 16% de los pozos muestreados se encuentran en la zona de libre alumbramiento, ubicada principalmente en la región nororiente del Acuífero Atoyac-Zahuapan, mientras la mayor densidad de pozos está en la parte centro-sur del mismo considerada como Zona de Veda F-3 desde Noviembre de 1969, ubicada en la zona centro-sur del estado en el contexto de las 6 zonas de veda en Tlaxcala, la primera de ella decretada en 1954, aun y cuando existe una zona de disponibilidad o libre alumbramiento denominada G-4.

De los 152 pozos con datos de profundidad, el uso público-urbano cuenta con perforaciones a mayor profundidad, en un promedio de 146 metros; hay pozos de mayor profundidad con 260 metros en el Municipio de Españita en la zona de disponibilidad G-4, en la ciudad de Huamantla, en la zona de veda A-1 y en la ciudad de Calpulalpan en la zona de veda B-1, ambos de 250 metros de profundidad. Los pozos para uso agrícola se han perforado a 140 metros de profundidad en promedio; los de profundidad mayor a 200 metros, se localizan en las zonas de veda C-1 en Benito Juárez y Sanctórum de Lázaro Cárdenas, así como en la A-1 en el área de Huamantla, Cuapiaxtla y Altzayanca, donde según el Plan Estatal Hidráulico 2000-2020, se localizan abatimientos de 1.5 a 6.0 metros en los estudios de la evolución del nivel freático en Tlaxcala de los últimos 12 años.

Figura 7. Pozos registrados en el estado de Tlaxcala



Fuente: Hernández, 2005.

Para uso industrial, tanto el pozo somero excavado a 15 metros como uno de 200 metros de profundidad, se localizan en el Municipio de Papalotla de Xicohténcatl y son utilizados en la industria química; mientras que los de servicios se localizan en los municipios de Apizaco, Tetlatlahuaca, Tlaxcala y Yahuquemecan, en la zona centro-sur del Acuífero Atoyac–Zahuapan. Cerca de 60% de los pozos registran una profundidad mayor a 138 metros y en todos los casos se destinan a uso agrícola o público-urbano; sólo 16% del total de la muestra, se perforaron en la zona de disponibilidad G-4, lo que esto indica que las zonas de veda no reflejan la realidad de la disponibilidad de agua en el estado o que, pese a las determinaciones federales, la demanda obliga al Estado a otorgar concesiones de agua independientemente de los estudios de disponibilidad, lo que en ambos casos refleja un problema de planificación regional y de destrucción ambiental.

La conclusión para efectos de la planeación territorial en Puerto Interior Tlaxcala es que la zona donde se ubican actividades productivas, es de disponibilidad o libre alumbramiento G-4; de igual manera, las zonas donde se tendrán actividades periféricas y se ubicará la infraestructura social, están también en la zona de disponibilidad G-4. La identificación de la ubicación de pozos en la zona de influencia de Puerto Interior Tlaxcala, indica que en la zona de disponibilidad G-4 esta es la sección que muestra la mas baja concentración en el número de pozos.

4. Puerto Interior Tlaxcala y requerimientos-disponibilidad de agua en Atlangatepec-Tlaxco

Los escenarios sobre la evolución de Puerto Interior Tlaxcala y su impacto en el crecimiento poblacional e industrial en la región Atlangatepec–Tlaxco, proponen tres visiones.

Optimista o Alto	Evolución moderadamente acelerada con un ritmo de crecimiento mayor al 10% anual a partir del segundo año, alcanzando su nivel de operación total y saturación funcional antes de los diez años.
Realista o Medio	Evolución ordenada con un ritmo de crecimiento de alrededor del 10% anual a partir del segundo año, alcanzando su nivel de operación total y saturación funcional en un plazo de diez años o más.
Pesimista o Bajo	Crecimiento inicial importante y disminución del flujo de crecimiento al quinto año para evolucionar paulatinamente a su nivel de operación y saturación funcional en un horizonte de quince a veinte años.

Los resultados numéricos que se desprendieron de los escenarios sobre la evolución de Puerto Interior Tlaxcala, fueron considerados en el contexto de las proyecciones de crecimiento de la población en Tlaxcala, según las proyecciones del INEGI en términos del crecimiento poblacional.

Cuadro 3. Proyecciones de crecimiento poblacional México–nacional *vs* Tlaxcala, sin Puerto Interior Tlaxcala

	2001	2002	2003	2004	2005
Nacional	101,826,249	103,039,964	104,213,503	105,349,837	106,451,679
Tlaxcala	1,004,430	1,021,719	1,038,789	1,055,648	1,072,311
	2006	2007	2008	2009	2010
Nacional	107,525,207	108,576,411	109,607,255	110,619,340	111,613,906
Tlaxcala	1,088,812	1,105,181	1,121,445	1,137,584	1,153,609
	2011	2012	2013	2014	2015
Nacional	112,591,898	113,553,916	114,500,185	115,430,657	116,344,933
Tlaxcala	1,185,305	1,200,959	1,216,466	1,231,808	1,246,997
	2016	2017	2018	2019	2020
Nacional	117,242,286	118,121,705	118,981,977	119,821,678	120,639,160
Tlaxcala	1,262,004	1,276,806	1,291,371	1,305,709	1,319,779
	2021	2022	2023	2024	2025
Nacional	121,432,566	122,200,071	122,939,920	123,650,367	124,329,636
Tlaxcala	1,169,522	1,333,549	1,347,026	1,360,184	1,373,000
	2026	2027	2028	2029	2030
Nacional	124,975,961	125,587,863	126,164,122	126,703,740	127,205,586
Tlaxcala	1,385,435	1,397,510	1,409,167	1,420,423	1,431,234

Fuente: elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2002.

Las proyecciones del Inegi respecto al crecimiento de la población en el Estado de Tlaxcala, del 2001 al 2030, registraban una población de 1'072,311 habitantes en 2005, correspondiente al 1.0% del total nacional y para el año 2010 se proyecta una población en Tlaxcala de 1'153,609 habitantes correspondiente también al 1.03% del total nacional; para el 2020 se proyecta una población de 1'319,779 habitantes, correspondientes al 1.09% del total nacional.

Estas proyecciones se construyen sin contemplar acciones diferenciadas en el estado de Tlaxcala y asumiendo el ritmo de crecimiento tenido a la fecha; en consecuencia, las tasas estimadas de crecimiento de la población en el estado de Tlaxcala, deberán verse modificadas de manera significativa en función de los escenarios de crecimiento de Puerto Interior Tlaxcala y sus repercusiones en el entorno socioeconómico y urbano-regional. Las estimaciones del impacto de Puerto Interior Tlaxcala, modificarán seguramente la población del estado de Tlaxcala en el rango de 250 mil habitantes adicionales en un plazo de veinte años, por encima de las proyecciones actuales sin Puerto Interior Tlaxcala, lo que correspondería a un incremento adicional de 18.2% a la proyección estimada para la población del estado de Tlaxcala en el año 2025.

Atlangatepec tenía en 2005 6,107 habitantes y los municipios de Calpulalpan, Tlaxco, Zacatelco e Ixtacuixtla de Mariano Matamoros tenían registro de población de 30 mil y 40 mil personas, que representan el 13.84% del total de la población del estado. El crecimiento de la población por el efecto de Puerto Interior Tlaxcala, a veinte años equivale a multiplicar la población en Atlangatepec-Tlaxco por mas de seis veces.

A partir de los escenarios del perfil de desarrollo de Puerto Interior Tlaxcala, es posible formular las proyecciones de crecimiento de la población en la micro región de Atlangatepec-Tlaxco; esto con el propósito de determinar las necesidades en cuanto a servicios urbanos-industriales y determinar el impacto socioeconómico y ambiental. La determinación de los rangos de población en la zona y su tasa de crecimiento en el tiempo en los tres escenarios, se define en función de las diversas superficies destinadas a cada uno de los componentes del proyecto, y el perfil unitario de empleo generado por tipo de actividad económica por hectárea, según estándares generalmente aceptados en la planeación regional-industrial.

La experiencia de diversas actividades económicas en México y el mundo, sugiere que las actividades económicas que se estima se desarrollarán en Puerto Interior Tlaxcala —en actividades productivas modernas y con los servicios correspondientes— generarán por hectárea el siguiente número de trabajadores y empleados.

Actividad Económica	Trabajadores / empleados por hectárea
Industria Automotriz y Textil	50 trabajadores por hectárea, incluyendo planta, almacenamiento y servicios, administración y recreación y vialidades generales.
Industria Maquiladora	50 empleados por hectárea, incluyendo planta, almacenamiento y servicios, administración y recreación y vialidades generales.
Servicios Aduanales	Hasta 5 empleados por hectárea, incluyendo revisión, almacenamiento y servicios, vialidades y administración.
Servicios de Logística	Hasta 3 empleados por hectárea, incluyendo vialidades, carga-descarga, almacenamiento, servicios y administración
Servicios Aeroportuarios	Hasta 3 empleados por hectárea, incluyendo vialidades, pista, carga-descarga, almacenamiento, servicios y administración.
Servicios de Oficina y Administrativos	Entre 75 (un nivel) y 200 empleados (tres niveles) por hectárea, incluyendo áreas de trabajo, vialidades y servicios
Servicios Comerciales	Entre 3 y 5 empleados por hectárea en varios niveles, incluyendo áreas de exhibición, almacenamiento, servicios y administración.
Servicios Turísticos	Entre 3 y 5 empleados por hectárea incluyendo áreas de recreación, almacenamiento, servicios y administración.

De esta manera, a partir de estos parámetros, a continuación se desglosan las cifras de población máxima estimada de empleados y trabajadores involucrados directamente por cada uno de los componentes de Puerto Interior Tlaxcala; estas cifras, no contemplan a las familias de trabajadores y empleados ni los otros incrementos de población que surgen naturalmente en un desarrollo de este tipo, los cuales se consideran mas adelante para establecer el total del crecimiento de la población generado en la micro región por Puerto Interior Tlaxcala.

Cruce Ferrocarrilero			Población x hectárea	Población máxima estimada
Aduana Interior	39	has	5	195
Recinto Fiscalizado Estratégico I	160	has	50	8,000
Recinto Fiscalizado Estratégico II	194	has	50	9,700
Terminal de Carga Multimodal	82	has	3	246
Central Granelera	34.5	has	3	103
Parque Industrial	300	has	50	15,000
Zona de Servicios y Oficinas	135	has	50	6,750
Total Cruce Ferrocarrilero	944.5	has		39,994

Aeropuerto			Población x hectárea	Población máxima estimada
Aeropuerto	115	has	3	345
Ampliación Aeropuerto	46	has	3	138
Zona Industrial	290	has	50	14,500
Total Aeropuerto	451	has		14,983

En función de este análisis y desglose, la población máxima estimada en términos de empleos directos mínimos que generará Puerto Interior Tlaxcala es la siguiente:

- Total Puerto Interior Tlaxcala: 1,395.5 has

- Población máxima estimada: 54,977 hab.

A esta estimación debe agregarse la población correspondiente a los familiares de aquellos que son empleados directamente en Puerto Interior Tlaxcala y la población adicional que migra a la micro-región para brindar los servicios que se requerirán como demanda, generada alrededor de las actividades socioeconómicas, de acuerdo con los siguientes parámetros.

Desarrollo Regional			Población x empleo directo	Población máxima estimada
Zonas habitacionales [familiares]	1,000	has	3	164,991
Servicios, educación, salud…	75	has	.5	27,498
Total Habitacional y Servicios				192,489
Desarrollo turístico [hectárea]	350	has	5	1,750
Total Desarrollo Regional	1,425	has		194,239

En función de este análisis y desglose, la población máxima estimada en un horizonte de diez a veinte años en la región Atlangatepec-Tlaxco como resultado del desarrollo de Puerto Interior Tlaxcala, en términos de empleos directos mínimos que generarán las actividades productivas de Puerto Interior Tlaxcala, a la que se agrega la población complementaria que se crea por los empleos directos, en términos de familiares y servicios, así como la población que es atraída a brindar servicios complementarios, es la siguiente.

Atlangatepec – Tlaxco			Población máxima estimada
Puerto Interior Tlaxcala. Cruce Ferrocarrilero y Aeropuerto.	1,395.5	has	54,977
Desarrollo Regional Zonas habitacionales, Servicios, educación, salud… Desarrollo turístico	1,425	has	194,239
Total Puerto Interior Tlaxcala y Desarrollo Regional			249,236

Bajo los criterios establecidos y comúnmente aceptados —que sin embargo varían por país y región climática y como tales pueden ser cuestionados—, los requerimientos de dotación de agua potable para uso urbano doméstico son:

• Rango de población de 30,000 a 70,000 = 200 litros / habitante al día, 0.20 m^3.
•Rango de población de 70,000 a 150,000 = 250 litros / habitante al día, 0.25 m^3.

Esto nos da el consumo siguiente diario en un plazo de entre diez y veinte años.

• 249,236 habitantes x 0.20 m^3 diarios = 49,847.2 m^3 diarios.
• 49,847.2 m^3 diarios x 365 días = 18'194,228 m^3 anuales.

En términos de la utilización del agua para usos industriales en Puerto Industrial Tlaxcala, como al momento de definir los consumos de agua para uso industrial, no se tenía aun la definición clara del perfil de las industrias a instalarse y su consumo estimado de agua, se hicieron diversos análisis de consumo de agua por tipo de industria y se llevo a cabo el diseño de una proyección en función de la relación en el consumo de agua de industrias en zonas con un nivel medio-alto de urbanización, cuyos resultados resultaron similares; este último corresponde parcialmente a la distribución promedio en México de uso de agua, que es:

- Agropecuario 48%
- Urbano – Habitacional 46%
- Industrial y autoabastecida 6%

De esta manera, un cálculo proyectado de los requerimientos posibles de agua por la planta industrial de Puerto Industrial Tlaxcala, se puede formular a partir de la relación entre consumo Urbano-Habitacional y consumo Industrial, que en este caso es las relación entre 46% y 6% que

nos indica que el consumo industrial probable es del 13% del consumo Urbano-Habitacional, lo cual es equivalente a:

• Consumo Urbano-Habitacional 18'194,228 m^3 anuales x 13% = 2,365,250 m^3.
• Consumo Industrial = 2'365,250 m^3 anuales.

A partir de estos dos consumos, que combinan el de Puerto Interior Tlaxcala y el Desarrollo Regional, el consumo de agua en la micro región Atlangatepec-Tlaxco es de 20'559,478 m^3 anuales en un horizonte de diez a veinte años. La disponibilidad de agua para nuevas explotaciones en los acuíferos en la región, según se analizó en capítulos anteriores es de 39'861,919 millones de metros cúbicos anuales de agua, lo que contrastado con la demanda de Puerto Interior Tlaxcala y el Desarrollo regional, nos da la siguiente disponibilidad de agua en un horizonte de diez a veinte años.

	Disponibilidad		Demanda	
Acuífero Soltepec	1'245,528	m^3		
Acuífero de Alto Atoyac	38'616,391	m^3		
Región de Atlangatepec – Tlaxco	39'861,919	m^3		
Consumo Industrial			2'365,250	m^3
Consumo Urbano – Habitacional			18'194,228	m^3
Consumo Puerto Interior Tlaxcala y Desarrollo Regional			20'559,478	m^3
Disponibilidad después de Puerto Interior Tlaxcala y Desarrollo Regional en horizonte de diez – veinte años	19'302,441	m^3		

Derivado del análisis conjunto del consumo de agua en Puerto Interior Tlaxcala y el Desarrollo Regional que la actividad económica generará en la micro-región, se hizo un desglose de la evolución del crecimiento de la población, en un horizonte de veinte años para cada uno de los tres escenarios y para las dos secciones de Puerto Interior Tlaxcala, a fin de tener elementos para dar un seguimiento a la construcción de infraestructura en todos los rubros, anticipando el crecimiento poblacional, a fin de evitar problemas sociales.

La evolución estimada del crecimiento población en la micro-región Atlangatepec-Tlaxco es la siguiente.

Puerto Interior Tlaxcala + Desarrollo Regional			
Escenario	Alto	Medio	Bajo
Años			
1 - 2	14,770	11,770	8,770
3 - 4	23,910	13,700	8,422
5 - 6	23,700	21,252	9,660
7 - 8	23,742	21,020	12,070
9 - 10	23,566	21,196	11,860
11 - 12		20,936	11,860
13 - 14			11,850
15 - 16			12,026
17 - 18			11,818
19 - 20			11,618
Población	249,216	249,216	249,216

Conclusiones del proceso para el manejo del agua en Puerto Interior Tlaxcala

El proceso descrito en los incisos anteriores y los cálculos que se derivan de la información utilizada —vinculada a otros elementos y variables—, sirvieron como base para la planeación territorial de Puerto Interior Tlaxcala y para definir un acercamiento a la identificación de actividades productivas sustentables recomendables en función de la disponibilidad de agua y otros parámetros ambientales asociados; también normaron criterios respecto a la planeación de infraestructura, así como para la definición de criterios sobre el perfil de actividades e infraestructura social —vivienda, salud, educación y abasto—. De este análisis se desprende que se cuenta con agua suficiente en la región Atlangatepec-Tlaxco para sustentar cómodamente el desarrollo regional de la micro-región donde se ubica Puerto Interior Tlaxcala, con disponibilidad para otras actividades, formulándose la conclusión natural de que esta disponibilidad de agua debe administrarse a partir del establecimiento de políticas de uso correctas y criterios-acciones para la recarga de acuíferos.

Analizando críticamente el proceso descrito sumariamente en este texto, se obtiene una sombra de insuficiencia en cuanto a lo que se hizo y lo que debiera haberse hecho, si de lo que se trataba era de establecer la congruencia correcta entre recursos acuíferos y actividades productivas. Destaca lo limitado y —literalmente— superficial del análisis posible que, por lo menos con las herramientas disponibles, no permitió más

que considerar con buenas intenciones una parte —la superficial— de la relación entre actividades humanas y procesos naturales, en este caso alrededor de la dinámica del agua en el Acuífero Alto Atoyac-Zahuapan y el Acuífero Soltepec.

La preocupación surge no solamente acerca de lo que este proyecto pudo haber alcanzado al tratar de establecerse como un desarrollo emblemático en materia de sustentabilidad socioeconómica y ambiental, sino —más importante— sobre lo que sucede en otros ámbitos de desarrollo regional donde no se tiene la preocupación por una visión sustentable del desarrollo. En este contexto, lo que se presentan como conclusiones del texto son comentarios sobre los vacíos e insuficiencias que se enfrentan al llevar a cabo acciones de planeación territorial en México, agrupados en tres ámbitos:

A. Marco general en la forma de un instrumento regulador.
B. Disponibilidad oportuna y efectiva de información.
C. Garantía y certeza en los procesos de planeación.

A. Marco general en la forma de un instrumento regulador

La literatura relacionada con el agua en México —oficial y no oficial—, destaca que el agua es un recurso estratégico asociado a la seguridad nacional. Los gobiernos del mundo y con ellos el Gobierno Mexicano, reconocen que el agua es uno de los recursos principales del crecimiento económico y elemento indispensable para la renovabilidad de muchos otros recursos naturales necesarios en la transformación productiva y para la vida misma. Por esto, se indica una de las bases del desarrollo de la nación debe ser la administración sustentable de recursos hidráulicos. De esta manera, siguiendo estos parámetros, el criterio del manejo del agua en Puerto Interior Tlaxcala, que se determinó deberá ser en términos de un uso racional del agua con criterios de rentabilidad, buscando garantizar la recuperación de los niveles de los acuíferos y evitando su contaminación.

Esto, que se perfila como una actitud razonable —que no impide ser percibido como concepto borroso— enfrenta lo que estimamos es un vacío de visión estratégica real para el manejo del agua en México, y la disponibilidad de instrumentos para ejecutar alguna estrategia en la materia. El punto de partida es que en México no se tiene ni se ha tenido una visión de lo que son los "recursos estratégicos" y cómo debe ser su tratamiento diferenciado frente a otros recursos "no-estratégicos", vinculado a la creación de "reservas estratégicas" en una visión de seguridad nacional; en los planes de desarrollo de México, desde su primera versión a la más reciente, no se ha contemplado una visión de estado en torno a garantizar la disponibilidad de "recursos estratégicos" como

podrían ser reservas estratégicas de energía— gasolinas, petróleo, gas, carbón, metales y minerales, alimentos básicos —excepto lo que alguna vez fue el Sistema Alimentario Mexicano— y otros productos de origen natural necesarios para dar sustento y mantener la actividad económica y garantizar el bienestar de la población.

Estimamos que este es el caso del agua como recurso ciertamente estratégico en el contexto de la seguridad nacional, para el cual solamente se tienen criterios para medir y conocer su disponibilidad, como los que dicta la "Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000. Conservación del recurso agua. Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales", entre otros ordenamientos. No se cuenta, sin embargo, con instrumentos reguladores efectivos que vinculen la disponibilidad de agua —y otros recursos estratégicos— con el perfil de actividades en una determinada región y sub-región que es abastecida —en nuestro caso—por un acuífero; ciertamente casi la mitad del consumo de agua se destina actividades agrícolas y un poco menos a usos urbano-habitacional, siendo una fracción menor la que se utiliza en actividades industriales, lo que hace difícil acotar su uso cuando se vive en un país con un mediano nivel de urbanización. En este contexto, las acciones en materia de uso y consumo de agua han sido esencialmente persuasivas —campañas publicitarias y precio del servicio—, orientadas a consumidores actuales; sin embargo no se tienen criterios técnicos y normativos para determinar qué zonas del país —microrregiones u otra unidad territorial— no tienen la capacidad de suministrar agua a usuarios futuros, a riesgo de agotar las reservas en el corto plazo, como ya ha sucedido en regiones de México. No se tiene la herramienta técnica y normativa "disponibilidad de agua y capacidad de ecosistemas" para determinar el soporte correcto de las actividades humanas.

Al considerar los criterios para regular el uso y disposición de agua para actividades productivas en Puerto Interior Tlaxcala, se tuvo que enfrentar un vacío en el rango de los instrumentos disponibles para el conocimiento y control correcto de la capacidad de recuperación de acuíferos y otros recursos hídricos, a fin de poder diseñar perfiles de usos y acciones correctivas. Los planeadores y administradores enfrentamos —por ignorancia o no-disponibilidad efectiva— la carencia de herramientas para un control correcto de las variables ambientales, desde la perspectiva de parámetros para establecer balances entre la actividad humana y el medio ambiente natural que la alberga. La referencia natural en el ámbito del desarrollo urbano es la normatividad reguladora que determina cuestiones como el porcentaje de la superficie de un predio que puede construirse, el uso del suelo, la densidad de población, emisiones y otras cuestiones orientadas a mantener algún equilibrio en la zona sujeto de un proyecto de infraestructura; también se tienen parámetros similares

en materia de desarrollo regional, la mayoría de los cuales son criterios de auto-regulación para una mayor rentabilidad, los cuales están basados en la experiencia y no en criterios que buscan asociar y balancear actividades humanas con sistemas ambientales.

Se formulan manifestaciones de impacto ambiental en términos de cómo sería afectado un ecosistema natural al llevar a cabo trabajos de infraestructura —que se hicieron para Puerto Interior Tlaxcala en su oportunidad—, pero no se incorpora de manera normativa los criterios que deberán adoptarse en la infraestructura para garantizar la sustentabilidad del medio ambiente natural, una vez que opera la infraestructura en cuestión; menos aun se tienen indicadores de cómo es afectado paulatinamente el medio ambiente natural —en nuestro caso la disponibilidad de agua— con la acción del hombre en la operación de la infraestructura. Llevando la pregunta al extremo, no hemos identificado la existencia —e inclusive la capacidad de formularlos, si es el caso— de índices de resiliencia de los ecosistemas afectados, incluyendo acuíferos y otros recursos hídricos, que permitan actuar de manera oportuna para mantener el balance correcto.

La conclusión de los párrafos anteriores es que, aun y cuando existe un marco legal en torno al agua —que podría considerarse correcto—, éste es en esencia limitado y en nuestra percepción reactivo, pues no recupera la esencia del concepto estratégico que se asigna al agua. Las acciones de planeación del desarrollo regional no podrán ser efectivas en materia de agua, si no se establecen parámetros reguladores que vinculen la disponibilidad de recursos hídricos con el perfil y dimensiones de las actividades que harían uso del agua, acotando correctamente sus balances y las acciones necesarias en la operación para un desempeño sustentable; esto es, construir herramientas para formular y consolidar la sana relación entre actividades humanas y procesos naturales.

B. Disponibilidad efectiva de información en formatos que permitan su uso en la planeación

En la visión para el desarrollo de Puerto Interior Tlaxcala, se ha puesto un énfasis especial en los aspectos ambientales, no sólo por la convicción de su relevancia intrínseca, sino también porque son factores determinantes en el éxito económico del proyecto a largo plazo, lo cual también se enfatiza de manera particular en la promoción del proyecto hacia inversionistas. La premisa fundamental para el proyecto es que “no hay alternativa a la visión de sustentabilidad”, pero aceptando que en el contexto de negocios hoy en México y el mundo, esta sustentabilidad debe construirse en función de criterios de rentabilidad económica.

A fin de establecer criterios para la gestión del agua en Puerto Interior Tlaxcala —según criterios aceptados— se determinó que la unidad básica

para la administración del agua en Puerto Interior Tlaxcala es la cuenca hidrológica. La sustentabilidad del desarrollo debía asociarse, además de a una serie de objetivos claros, a un territorio definido que contenga los elementos y recursos naturales necesarios para la subsistencia del hombre, así como a los procesos de gestión que se deben dirigir para alcanzar dichos objetivos. La cuenca hidrológica es el territorio natural, delimitado por las zonas de escurrimiento de aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce y en el que se observan condiciones particulares en aspectos físicos, biológicos, económicos, sociales y culturales; el factor de planeación, por lo tanto, es que las cuencas hidrológicas poseen un valor único como base de coordinación de actores ligados a un recurso común, como es el agua. Este concepto se utilizó en el análisis y en lo que se trabaja como los criterios para la gestión de agua en Puerto Interior Tlaxcala.

Sin embargo, al tratar de resolver los aspectos operativos del manejo del agua, nos seguimos encontrando con que la información es escasa y difícil de obtener; cuando se obtiene carece de la vigencia necesaria para tomar decisiones con un nivel correcto de certeza y su nivel de agregación-desagregación no facilita el análisis correcto. Percibimos que no se dispone de criterios y herramientas de monitoreo para conocer en forma continua la situación de los acuíferos y otros recursos hídricos a fin de poder aplicar medidas preventivas y —si es posible— correctivas; por la experiencia en ámbitos de la inteligencia territorial, sabemos que con la tecnología actual es posible llevar a cabo el seguimiento y control de la recuperación de acuíferos, pero no hemos encontrado disponibles esas alternativas tecnológicas ni se ha podido identificar a investigadores que trabajen en la materia.

Durante el proceso de promoción de PIT, en el ultimo trimestre de 2008, se invitó al Gobierno del Estado de Tlaxcala a participar en la convocatoria para seleccionar la ubicación para una nueva refinería de Petróleos Mexicanos. Para esto, se revisaron todos los antecedentes, criterios y perfil de Puerto Interior Tlaxcala, a fin de contextualizarlos para este propósito; como resultado de los trabajos, PIT fue calificado en el quinto lugar de diez ubicaciones potenciales, todas las otras con antecedentes de inversiones petrolíferas. Entre los trabajos desarrollados se llevó a cabo una revisión y actualización del componente ambiental y en particular el agua, en tanto que las actividades petrolíferas, sin requerir cantidades inusuales de agua, sí requerían de un tratamiento especial asociados a la prevención de derrames de combustibles y su potencial filtración a los acuíferos. El resultado de este análisis fue que, desde la perspectiva de la planeación territorial, los criterios para prevenir y controlar estas situaciones se valoraron como significativamente limitadas y poco útiles para un manejo serio de contingencias para proteger un recurso estratégico como son los mantos acuíferos; en un nivel más

cercano a la edificación misma, si se cuenta con criterios específicos en el diseño de suelos y el control de derrames en la operación interna de refinerías, aun y cuando la experiencia sugiere que no son suficientes para evitar la contaminación de acuíferos.

El punto a destacar con los párrafos anteriores es que en materia de planeación —como sucede en todos los ámbitos— las decisiones se toman a partir de la mejor información disponible, aun y cuando se estime que esta pueda no ser suficiente o totalmente correcta. La toma de decisiones, en especial cuando involucran muchas variables, no se detienen; cuando no se tiene conocimiento completo sobre algunas de las variables involucradas, se asume una conclusión y ésta se incorpora al resto del proceso, donde se diluye su importancia.

En consecuencia, el reto más importante en la planeación territorial en los aspectos asociados al agua, no está en el perfil de acciones a asumir, sino en la disponibilidad de información actualizada en un formato que permita el uso real para efectos de definir acciones en el territorio; se estima que hay un cúmulo de información sobre el agua en México, pero ésta no es fácilmente obtenible ni tiene el formato para la toma de decisiones estratégicas. A partir de ésta y otras experiencias, estimamos que un patrón que debe normar los trabajos de carácter científico-tecnológico en materia de cuestiones ambientales —en este caso agua—, es el desarrollo de herramientas de planeación, monitoreo y control efectivas para el manejo del agua en la planeación territorial y la operación de infraestructura; también se estima que el factor sustentabilidad debe presentarse asociado a esquemas de rentabilidad económica y capitalización política para quienes van a invertir su capital en los dos sentidos. Solamente así se tendrá capturado el interés y compromiso por actuar en congruencia con las variables ambientales.

C. Garantía y certeza en los procesos de planeación

Como se desprende del texto, el impacto regional de Puerto Interior Tlaxcala, absorberá gran parte de la disponibilidad de agua en la micro-región, como el más importante proyecto en la zona, sin que sea probable que se tengan otros en la cercanía, a la vez que PIT ofrecerá oportunidades económicas a la población en las regiones circundantes y las absorberá como conjunto regional. Como se concibió en su diseño, el desarrollo de la micro-región Atlangatepec-Tlaxco debe darse en un marco de sustentabilidad que garantice simultáneamente la rentabilidad de la inversión, la generación de un desarrollo socioeconómico sano que beneficie a la población y la preservación-enriquecimiento de los ecosistemas. Por esto, parte central de lo que es la promoción de Puerto Interior Tlaxcala entre inversionistas potenciales e instancias de gobierno, así como de lo que será en su desarrollo y operación a futuro, se orienta

a propiciar la instalación de sistemas productivos de bajo impacto ambiental. Esto, sin embargo, no siempre es posible controlar, pues se está subordinado a la línea de negocio de los inversionistas, aun y cuando para brindar certeza a la visión de sustentabilidad, se está actuando definiendo el sistema de administración de PIT y el perfil de operación de las empresas involucradas.

Para enfrentar el reto de un desarrollo sustentable, en los criterios para la gestión del agua se busca que la interacción con el medio ambiente natural en Puerto Interior Tlaxcala corresponda a una lógica de interdependencia, enfatizando la concepción de ecosistema donde todos los involucrados tienen relaciones de dependencia mutua, sin los cuales el todo y las partes dejan de funcionar; con este manejo integrado de los recursos naturales se espera generar la condición o necesidad de restaurar y mantener el equilibrio de los ecosistemas, vistos éstos desde un enfoque sistémico en el que cualquiera de sus partes genera efectos en el sistema completo. La interrelación que guardan el agua, el bosque, el suelo y el aire hace necesario que las estrategias de manejo de la relación con el medio ambiente natural sean diseñadas para el conjunto y no para elementos aislados.

Como el sistema logístico Puerto Interior Tlaxcala se concibe con una visión regional, el enfoque natural es que las decisiones de mayor relevancia deban tomarse con la participación de las partes interesadas en Puerto Interior Tlaxcala y la región de influencia. La inclusión del punto de vista de los usuarios del agua en la elaboración de programas de manejo hidráulico es deseable, como lo es el que se involucren y asuman su responsabilidad para el desarrollo sustentable de la micro-región, ya que son ellos los afectados principales al aplicarse los criterios de manejo de agua, tanto en su uso directo como en sus actividades productivas y en la calidad de su entorno. Para esto, lo que se deberá buscar es la participación responsable del conjunto socioeconómico en la micro-región, quienes además de tener derechos, deben asumir obligaciones en el manejo sustentable del agua; ésto, cuidando que la participación en la toma de decisiones sobre el manejo del agua, no se convierta en foro de confrontación sobre cuestiones ajenas a las ambientales y recursos naturales.

Todo lo anterior, formulado como recomendaciones de un proceso de planeación que buscan garantizar una visión original y transfiere a los administradores y usuarios subsecuentes la responsabilidad de hacer efectiva un política de manejo del agua, se presenta como ético pero es en esencia poco efectivo —si no es que irrelevante— como proposición que garantice en términos reales el manejo correcto del agua en el contexto de un ciclo efectivo de "extracción uso-reposición". Es aquí donde los retos —léase las limitaciones— de la planeación se hacen más evidentes, particularmente en el ámbito de cuestiones ambientales. Esta planeación se da en un contexto donde quienes tienen el conocimiento científico y

técnico no son quienes hacen los planes territoriales y socioeconómicos, aquellos que hacen los planes con frecuencia participan en la ejecución pero no tienen el control sobre las variables determinantes, los que operan los resultados físicos de la planeación lo hacen bajo un mandato que probablemente no comparten ni comprenden cabalmente y que les representa una confrontación con los usuarios finales. Las premisas de origen suelen ser tan validas como las decisiones intermedias que las hacen efectivas combinadas con otros criterios de valor, pero los resultados al final suelen traicionar la intención original; en esencia, toda planeación carece de la capacidad de garantizar la integridad de las ideas de principio a fin, por lo menos en México.

Para que proyectos como Puerto Interior Tlaxcala sean realmente sustentables en el sentido amplio del término, su concepción, diseño y gestión no deberá subordinar el conjunto de los componentes —político, social, económico o ambiental— a uno de ellos, concebido esto como un sistema interdependiente de variables en una interrelación similar a la de un ecosistema. Esto es relevante, pues es frecuente anteponer uno de los componentes por encima de los demás, según sea la trinchera desde donde se percibe el desarrollo sustentable; ambientalistas y políticos con frecuencia se perciben como adoptando posiciones irreconciliables, de igual manera que inversionistas y grupos de la sociedad se perciben como enemigos, cuando en todos los casos se necesitan unos de los otros. La alternativa para dar garantía y certeza a un proceso de planeación está precisamente en establecer claramente los elementos de interdependencia de los factores que comprometen la sustentabilidad del proyecto —político, social, económico o ambiental— de tal manera que la viabilidad de cada uno de ellos dependa del correcto desempeño de los demás.

Bibliografía

CONAGUA (2006a). *El Agua en México*, Comisión Nacional del Agua, México.

_____(2006b). *La gestión de Agua en México, avances y retos*, México.

_____(2006c). *Estadísticas del Agua en México*, Edición 2006, México.

_____(2002a).*Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero Soltepec, Estado de Tlaxcala*, México.

_____(2002b).*Disponibilidad de aguas subterráneas en el Acuífero Alto Atoyac, Estado de Tlaxcala*, México.

Hernández R., M. de Lourdes (2005). *Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala*, Tesis doctoral, Colegio de Postgraduados, campus Puebla, México, Edumed-Uni-

versidad de Málaga, http://www.eumed.net/tesis/2007/lhr/index.htm

La edición de esta obra estuvo a cargo
de Guillermo Aragón Loranca,
Elodie Aragón Gohory-Villain,
Julia Isabel Eissa Osorio
y Joanna Carmona flores.

Se terminó de imprimir en abril de 2011
en los talleres de Conciencia Gráfica S.A. de C.V. Primera sección,
Lt. 2, Oasis, Valsequillo, Puebla. C. P. 72400. Tel./Fax: 01 222 281
7083. Se emplearon tipos: Calibri Regular, Bold e Italic de 10, 11
y 14 puntos.

Tiraje: 1000 ejemplares.

Tipo de impresión: Offset.

Se utilizó papel bond ahuesado de 90 g.

Diseño de portada: Alberto Saldaña Trujillo.