

REPORTE DEL PROYECTO MULTIDISCIPLINARIO

**DESARROLLO DE ALTERNATIVAS
COMPLEMENTARIAS PARA LA REMEDIACIÓN DE
EFLUENTES TEXTILES, PARA REUTILIZAR EL AGUA Y
LA EVALUACIÓN DE SU IMPACTO AMBIENTAL Y
ECONÓMICO**

REPORTE 1

**DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO QUE PROVOCA LA
CONTAMINACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA, AL MEDIO
AMBIENTE, A LAS POBLACIONES Y A LAS ACTIVIDADES
ECONÓMICAS EN EL ESCURRIMIENTO DE LA PRESA
Valsequillo**

**RESPONSABLES: LILIA RODRÍGUEZ TAPIA
JORGE A. MORALES NOVELO**

Coordinadora de grupo de trabajo: IBI Patricia Zavala Vargas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

2010

ÍNDICE

No.	Título	Página
	Introducción	5
1.1	Descripción del área de estudio: Escurrimiento de la presa Valsequillo (incluye el municipio de Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala)	6
1.1.1	Región de estudio: escurrimiento de la presa Valsequillo o cuenca de Valsequillo	7
1.2	Nivel de contaminación de los ríos y la presa Valsequillo	9
1.2.1	Zonas con diferente nivel de contaminación y población afectada	10
1.3	Determinación de los Impactos Ambientales que provoca la contaminación en los cuerpos de agua del escurrimiento de la presa Valsequillo	13
1.3.1	Impactos ambientales en la población, actividades económicas, biodiversidad y ecosistemas	14
1.3.1.1	<i>Impactos ambientales ubicados en la región</i>	15
1.3.1.2	<i>Impactos sobre la población afectada por la contaminación en la región</i>	16
1.3.1.3	<i>Impactos sobre las actividades económicas afectadas negativamente o positivamente por la contaminación en los cuerpos de agua de la región</i>	17
1.4	Cuantificación de los impactos ambientales en la región	18
1.4.1	Medición de los impactos sobre la población	19
1.4.2	Medición de los impactos en las actividades económicas	22
1.4.3	Impactos sobre la biodiversidad, los ecosistemas y sobre la calidad de las aguas subterráneas y superficiales que se usan para consumo humano y riego	24
1.4.3.1	<i>Afectación a la biodiversidad en flora y fauna de la presa Valsequillo</i>	25

1.4.3.2	<i>Alteración en el Ecosistema de la presa Valsequillo</i>	27
1.4.3.3	<i>Agua subterránea</i>	30
1.4.3.4	<i>Agua superficial</i>	31
1.5	Recomendaciones	32
	Referencias	34
Anexo	Municipios y localidades de las Zonas I, II y III	38

Lista de figuras

No.	Título	Pág.
1.1	Subregiones de planeación de la región Balsas	7
1.2	Subregión del Alto Balsas o escurrimiento de la presa Valsequillo	8
1.3	Región de escurrimiento de la presa Valsequillo distribuido en zonas	9
1.4	Identificación de impactos generados por las descargas de aguas residuales (doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo	14
1.5	Impactos ambientales por las descargas de aguas residuales (doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo. Región Tlaxcala-Puebla	15
1.6	Impactos sobre la población por las descargas de aguas residuales (doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo. Región Tlaxcala-Puebla	16
1.7	Impactos económicos por las descargas de aguas residuales doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo. Región Tlaxcala-Puebla	18
1.8	Comparación de la flora y fauna presente en 1950 y la existente en el 2005 en la presa y su región aledaña	25
1.9	Especies animales afectadas en la región	26
1.10	Ciclo de la materia en un ecosistema sano	28
1.11	Impactos de la reproducción excesiva del lirio acuático en la presa Valsequillo	29
1.12	Reproducción de parásitos por contaminación del agua en la presa Valsequillo	30

Lista de tablas

No.	Título	Pág.
1.1	Clasificación de la región de estudio escurrimiento de la presa Valsequillo por zonas con diferente nivel de contaminación y población afectada	10
1.2	Impactos a la Salud	20
1.3	Impactos en Ingresos familiares	20
1.4	Impacto en Migración	21
1.5	Impacto en Recreación	21
1.6	Impacto en la Agricultura	22
1.7	Impacto a la Pesca	23
1.8	Impacto al Turismo	23
1.9	Impacto a la Ganadería	24
1.10	Impacto a la Industria	24
1.11	Balance de agua subterránea del Acuífero del Alto Atoyac	31
1.12	Balance de agua subterránea del Acuífero del Valle de Puebla	31

Introducción

El objetivo original de la investigación se centró en investigar la problemática ambiental del municipio de Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, preocupados por el grave problema de contaminación del río Atoyac, en principio explicado por las descargas de sus aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento al mismo río. Sin embargo, en el trabajo de campo realizado en la región, se determinó que la contaminación del río se explica por las descargas de no solo Tepetitla sino también por las descargas acumuladas de las aguas residuales de los pueblos e industrias que se ubican aguas arriba de la comunidad de nuestro interés. Es así que se concluyó que la problemática de Tepetitla en lo que se refiere a su dinámica ambiental, económica, y social es similar a la de la región en que se encuentra inmersa y resulta difícil separar la problemática del municipio de la problemática regional. Esto es particularmente cierto en lo que se refiere a las actividades económicas que se desarrollan en el área como la industria, la agricultura, ganadería, la silvicultura, el turismo y el comercio. Resalta la importancia de la producción industrial relacionada a la actividad textil y de costura, ya que en la región es común encontrar talleres de costura y de lavado de la mezcilla, y cuyo impacto ambiental se presenta sobre los cuerpos de agua y en el suelo de la región donde operan.

La región denominada escurrimiento de la presa Valsequillo es la que se investiga en el estudio, respecto a los niveles de contaminación de sus cuerpos de agua y los impactos ambientales o daños que provocan en el medio ambiente, la población y las actividades económicas. La contaminación de los ríos, resultado de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales (como las de las lavanderías de Tepetitla, entre otras descargas de otras localidades), no solo se refleja en un punto geográfico como la presa Valsequillo, sino forma parte del gran problema regional de contaminación del río Atoyac, por eso es necesario ampliar la región de estudio, medir la magnitud de la contaminación de las comunidades e industrias a los cuerpos de agua para derivar acciones de limpieza y tratamiento de aguas en sitios muy puntuales, y evitar los impactos ambientales que provoca dicha situación.

En el estudio se corrobora la estrecha relación que existe entre crecimiento económico y contaminación, y en particular en este informe se identifican y miden los impactos adversos que ocasiona la contaminación de los cuerpos de agua de la región de estudio, sobre la población asentada en la región, sobre el medio ambiente natural que se ha visto afectado y sobre las mismas actividades económicas.

Sin embargo, siempre está en mente el hecho de que un desarrollo económico exitoso depende del uso racional de los recursos ambientales y de la minimización hasta donde sea técnicamente posible de los impactos adversos de los procesos de producción económica. Esto puede lograrse aplicando la tecnología adecuada, ya sea en los mismos procesos o al

final del tubo como es el caso de las técnicas para el tratamiento de las aguas residuales, y mejorando la planificación, diseño e implementación del desarrollo de las regiones del país. El objetivo último de la presente investigación es llegar a cooperar en esta dirección del desarrollo económico.

1.1 Descripción del área de estudio: Esguerrimiento de la presa Valsequillo (incluye municipio de Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala)

El municipio de Tepetitla de Lardizábal (Tepetitla en adelante), se ubica en el estado de Tlaxcala en la subregión del Alto Balsas. Esta subregión, conjuntamente con la del Medio Balsas y el Bajo Balsas integran la Región Hidrológico-Administrativa¹ IV, Balsas (Figura 1). El Alto Balsas es la región más significativa de las tres subregiones, está integrada por 334 municipios (lo que representa el 79% del total regional) incluye territorios de seis Entidades Federativas (24 municipios de Guerrero, 16 del estado de México, 33 de Morelos, 78 de Oaxaca, 127 de Puebla y 56 de Tlaxcala) y en ella se ubican los cuerpos de agua motivo de este proyecto.

La cuenca del río Balsas, se ubica entre las principales corrientes de México, tiene una superficie hidrológica total de 117,405 km², distribuida en las tres subregiones antes mencionadas. El río Balsas en su largo recorrido también se le conoce como Atoyac, Grande o Mezcala; nace unos 40 Km. al norte de la ciudad de Tlaxcala, en los límites con Puebla, se forma a partir de los deshielos de la sierra Nevada, en las faldas orientales del volcán Iztaccíhuatl. Este río tiene como afluente intermedio al río Zahuapan, nace en las elevaciones de la sierra de Tlaxcala, se forma con los esguerrimientos que bajan por la vertiente norte del Iztaccíhuatl desde una altitud de 4,000 msnm, cerca de la población de Tlaxco y, que al unirse con el Atoyac, unos 10 km al norte de Puebla, toma el nombre de este último. Su altitud desciende unos 1,000 m entre el lugar de su nacimiento y la presa Valsequillo. Ambos cuerpos de agua son los directamente afectados por la actividad humana e industrial de los alrededores y es donde se ubican las lavanderías de mezclilla, motivo de este estudio.

¹ En México se han identificado 1,471 cuencas hidrográficas, las cuales (considerando la disponibilidad de las aguas superficiales) se han subdividido en 728 cuencas hidrológicas. Las cuencas se organizan en regiones hidrológicas (37), y finalmente estas se agrupan en 13 Regiones Hidrológico-Administrativas (CONAGUA, 2008a).



Figura 1.1 Subregiones de planeación de la región Balsas

Fuente: CONAGUA, 2009.

1.1.1 Región de estudio: escurrimiento de la presa Valsequillo o cuenca de Valsequillo

En la subregión del Alto Balsas -que es la que nos interesa-, ambos ríos, Atoyac y Zahuapan, confluyen cerca de Santo Toribio Xicohtzingo y entran a la llanura de Puebla. El río Atoyac, recorre la zona de las antiguas fábricas textiles poblanas, dando paso a zonas agrícolas, antes de dirigir sus aguas hacia la presa Valsequillo, ya en Puebla. En su trayecto, el río Atoyac, atraviesa por Izúcar de Matamoros, une sus aguas con el río Mixteco, en donde se nombra como río Poblano, sigue hacia los estados de Morelos y Guerrero recibiendo a su paso varios afluentes temporales y permanentes, desemboca finalmente en el Océano Pacífico, donde llega con el nombre de río Balsas.

Esta subregión se caracteriza por captar los escurrimientos que se generan en ríos, arroyos y afluentes diversos que se conectan con los ríos Atoyac o Zahuapan y que depositan sus aguas en la presa Valsequillo, región a la que denominamos escurrimientos de la presa Valsequillo, por ser ésta su receptora final. Así mismo, el río Alseseca agrega sus aguas al río Atoyac aguas abajo y por tanto sus aguas hacia la presa Valsequillo (Figura 1.2).



Figura 1.2 Subregión del Alto Balsas o escurrimiento de la presa Valsequillo

Fuente: 4th World Water Forum, 2006.

Actualmente el panorama geográfico e hidrológico de la región es de una gran afectación por la infinidad de descargas de aguas residuales producto de la actividad humana que se descargan sin tratamiento a los ríos, y que ha visto rebasada su capacidad de recuperación natural dejando un importante fuente de recursos hídricos en calidad de “zona de un alto grado de afectación”.

La región denominada escurrimiento de la presa Valsequillo es la que se investiga en el estudio, se considera la problemática de la contaminación de los ríos Atoyac y Zahuapan en el escurrimiento de la región, suponiendo a la presa Valsequillo como “punto final” donde se depositan la mayor cantidad de contaminantes que se trasportan por los ríos. Los tres principales ríos que fluyen hacia la presa Valsequillo son el Atoyac, Zahuapan, Alseseca.

La presa Valsequillo es una presa artificial de almacenamiento, fue construida entre 1941 y 1946 sobre el río Atoyac, tiene una corona de cortina de 425 m y una altura de cortina de 82 m. Su embalse, originalmente fue de 405 millones de m³ de capacidad para captar agua, el fin de su construcción era irrigar 35,000 has de cultivos en los valles altos de Puebla, en la zona de Tecamachalco-Tehuacán. A la fecha la presa embalsa 228 millones de m³ (Cedeño V., Téllez N., Pacheco G., Rosano O., & Ascencio G., 2006; Cabrera, Bonilla, Tornero, & Castro, 2005; Gómez B., y otros, 2002).

1.2 Nivel de contaminación de los ríos y la presa Valsequillo

La región estudiada denominada escurrimientos de la presa Valsequillo, incluye parte de los estados de Puebla y Tlaxcala, cubriendo un área de alrededor de 4,011 km², donde se asientan 22 municipios en Puebla y 48 municipios en Tlaxcala. Esta región, Tlaxcala-Puebla, es la cuarta zona urbana más grande de México, con una población de más de 3 millones de habitantes.

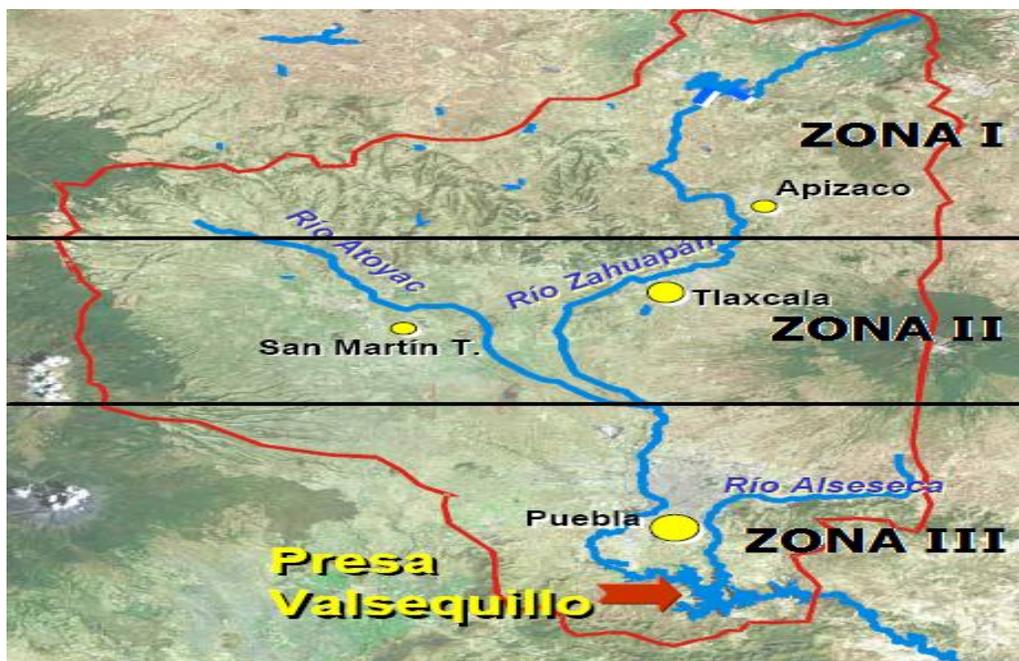


Figura 1.3 Región de escurrimiento de la presa Valsequillo distribuido en zonas

Fuente: 4th World Water Forum, 2006; PueblosAmerica.com; INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005.

La Figura 1.3 divide el escurrimiento de la presa Valsequillo en tres zonas de acuerdo a la diferente altitud de los cuerpos de agua y de acuerdo a indicadores del Índice de Calidad del Agua (ICA)², la parte superior o zona I, incluye los cuerpos de agua de mayor altitud y es donde nace el río Zahuapan y que se caracteriza por recibir las primeras descargas de aguas residuales de las comunidades allí asentadas y que califica a la zona con un bajo nivel de contaminación. La zona I, que abarca al norte, desde el límite del estado de Puebla con Tlaxcala hacia el centro de Tlaxcala, comprende 7 municipios y 22 localidades.

² La calidad del agua se mide mediante tres parámetros, la DBO₅, la DQO y los SST. La DBO₅ y la DQO indican la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales, de origen municipal y no municipal; en el caso de los SST, éstos tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El Índice de Calidad del Agua (ICA) se identifica mediante colores: azul para excelente, verde para buena calidad, amarillo para aceptable, naranja para contaminada y rojo para fuertemente contaminada, y de acuerdo al parámetro variará el rango del valor numérico (CONAGUA, 2008a).

La zona intermedia, es la zona II, en la que el río Zahuapan une sus aguas al río Atoyac (procedente de Puebla) y registran volúmenes de aguas mayores y con una calidad del agua más contaminante por la adición de las aguas residuales de las numerosas comunidades allí asentadas y de la industria que descarga sus aguas residuales sin tratamiento. La zona II se ubica al centro-sur del estado de Tlaxcala e incluye 13 municipios y 52 localidades, una de ellas perteneciente al estado de Puebla.

La zona inferior es la zona más baja de la región y finaliza en la presa de Valsequillo, las aguas de esta región presentan un nivel de contaminación alto pues son el resultado de conjuntar las aguas de las tres regiones (Figura 1.3). La zona III, formada mayoritariamente por municipios del estado de Puebla, compuesta por 14 municipios y 48 localidades (una de ellas del estado de Tlaxcala).

México cuenta con un desafortunado inventario de cuerpos de agua contaminados. Tal es el caso de 18 de los principales cuerpos de agua que se localizan en el Alto Balsas, 12 de ellos (el 67%) observan elevados niveles de degradación, con ICA's que varían entre 10 (San Francisco) y 47 puntos (Apatlaco), (Toledo, 2003). Más detalladamente, en esta región el ICA, para el parámetro DBO₅, indica que el 32% de los cuerpos de agua están contaminados; para el DQO, el 52% está contaminado, y en cuanto a los SST, el 52% de los cuerpos de agua de la subregión se califican como de buena calidad. De acuerdo a la CONAGUA, en la RHA IV Balsas, los cuerpos de agua con sitios de monitoreo fuertemente contaminados son el río Alseseca, el río Atoyac y el río Zahuapan, ubicados en la Cuenca del río Atoyac (CONAGUA, 2010).

1.2.1 Zonas con diferente nivel de contaminación y población afectada

De acuerdo al punto 1.2, la región de estudio se dividió en tres zonas, que se calificaron con diferente nivel de contaminación y que afectan a las comunidades de cada zona y en particular a las que se asientan cerca de los cuerpos de agua contaminados. En la Tabla 1.1, se muestra como se clasifica cada zona con el número de localidades que contiene y la población asentada cerca de los cuerpos de agua contaminados.

Tabla 1.1. Clasificación de la región de estudio escurrimiento de la presa Valsequillo por zonas con diferente nivel de contaminación y población afectada

Zona	Nivel de contaminación	No Municipios	No Localidades	Entidad	Población
I	Baja	7	22	Tlaxcala	107,086
II	Media	13	52	Tlaxcala/Puebla	207,291
III	Alta	14	48	Tlaxcala/Puebla	1,689,265
Total					2,003,642

Nota: La clasificación zonal considera las poblaciones asentadas en los márgenes de los cuerpos de agua (ver Anexo 1).

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005.

De acuerdo a la Tabla 1.1, la zona I registra el menor número de localidades y por lo tanto una menor cantidad de población asentada, y en general se considera una zona rural con baja densidad poblacional que ve afectado su entorno en menor medida al tener cuerpos de agua con bajo nivel de contaminación.

La zona II, se puede considerar una región que incluye centros urbano-industriales y grandes zonas rurales, de tal forma que los cuerpos de agua en su recorrido se ven contaminados por las descargas de la población asentada en sus márgenes y que aunada a la contaminación de la zona I enfrenta importantes niveles de contaminación y deterioro de dichos cuerpos. Esta contaminación desafortunadamente contribuye aún más al daño casi irreversible de los ríos, presas, embalses, etc., que distinguen esta región. El río Atoyac desde su entrada a Tlaxcala, se clasifica como muy contaminado, de acuerdo a la calificación del ICA, lo evalúan con un puntaje de 30 puntos de 100 posibles, lo que limita el uso de sus aguas para actividades que no requieran contacto con el hombre y con restricciones (Gobierno del estado de Tlaxcala-Coordinación general de Ecología Tlaxcala, 2003).

La zona III es una región altamente poblada, con grandes centros urbanos e industriales que deterioran en mayor medida los cuerpos de agua por su elevado potencial contaminante, en esta zona se concentra una población de 1,689,265 aledaña a los cuerpos de agua. Es aquí en donde se ubica mayoritariamente el Valle Puebla-Tlaxcala, zona que abarca áreas de ambos estados, y en donde se asienta más de la mitad de la población de dichos estados. El corredor Puebla-Tlaxcala, como también se le conoce, concentra cerca de 2.3 millones de habitantes y gran parte de la actividad económica de Puebla³ y Tlaxcala⁴. Esta área abarca la región III y parte de la región II.

La industria textil es de suma importancia en el corredor Puebla-Tlaxcala, representa una de las más importantes del país. La relación en el ramo textil entre Puebla y Tlaxcala, específicamente, surge a principios de siglo antepasado, cuando una decena de fábricas fueron instaladas en Tlaxcala por empresarios poblanos (BANCOMEXT, 1999).

³ El estado de Puebla es el quinto más poblado del país con 5 millones de habitantes, se encuentra dividido en 217 municipios y posee una gran cantidad de ríos, que cruzan su territorio en la región sur, además cuenta con 10 cuencas hidrológicas que le permiten su desarrollo en muy diversas actividades económicas. La mayoría de la población está dedicada a la agricultura. Sin embargo es una de las entidades más industrializadas de México, entre sus sectores productivos se incluyen la industria automotriz, textil y manufacturera. La participación porcentual de Puebla en el PIB del país ha crecido ligeramente de 3.51% en el 2000 a 3.56% en el 2006, la participación se incrementa más en el caso del sector textil (COTEIGEP, 2009).

⁴ Tlaxcala se localiza en la región centro-oriental de México, tiene una población de más de 1.06 millones de habitantes. La PEA (población económicamente activa) para el 2000 era de 388,301 habitantes y para 2004 ya había crecido en 1.1% (415 516 habitantes). El PIB de la industria manufacturera no creció para el periodo de 2000 al 2006, exceptuando el sector textil, prendas de vestir e industria del cuero que sí incrementaron su participación porcentual de 1.32% en el 2000 a 1.58% para el 2006 en el PIB nacional. Sus actividades económicas son muy similares a las de Puebla (Tlaxcala, 2008).

En la región III se ubica la región más dinámica de Puebla, incluye su capital, Puebla de Zaragoza en donde se ubica la presa Valsequillo; San Martín Texmelucan, en donde se comercializa una gran variedad de ropa de mezclilla procedente de varias regiones, entre ellas prendas de mezclilla lavadas y maquiladas en Tepetitla; Tecamachalco, uno de los municipios en donde se emplean las aguas residuales de la presa Valsequillo para actividades agrícolas entre otras.

En la región III existían, hasta 1997, más de 360 empresas relacionadas con procesos textiles. Prácticamente es un corredor industrial entre ambos estados. El corredor va de San Martín Texmelucan hasta Amozoc, Tlaxcala. Los municipios de Puebla, San Pedro Cholula, Ocoyucan, San Andrés Cholula, Huejotzingo y San Martín Texmelucan, tienen una gran cercanía con los municipios de Papalotla, Zacatelco, Tepetitla, Ixtacuixtla, Tepeyanco y otros en Tlaxcala (BANCOMEXT, 1999).

En buena parte del territorio de Tlaxcala se han establecido corredores y zonas industriales: al noroeste el corredor industrial Apizaco-San Cosme Xaloztoc-Huamantla, al norte Ciudad Industrial Xicohtécatl. Al sur, los corredores Tlaxcala-Panzacola-Puebla, de textiles, bebidas alcohólicas, alimentos balanceados para animales, mármoles. Al centro del estado; Tlaxcala-Chiautempan-Apetatitlán (industrias textiles y de alimentos). Tlaxcala-Ixtacuixtla-San Martín Texmelucan (textiles, alimentos), entre otras (INAFED, Enciclopedia de los Municipios de México).

El caso de Puebla es semejante, ya que al igual que Tlaxcala, ubica gran cantidad de parques y reservas industriales tanto privados como promovidos por el gobierno. La mayoría de estos parques se localizan en el límite o dentro del estado de Tlaxcala y muchos de ellos cuentan con pozos y/o mantos superficiales y ríos, otros más cuentan con servicio de agua potable, pero no todos disponen necesariamente con sistema de drenaje.

En estos corredores se asientan empresas que requieren grandes volúmenes de agua para sus actividades productivas y que son potenciales generadoras de elevados volúmenes de aguas residuales.

En el caso particular de las lavanderías de mezclilla, aún cuando no se ubican en un parque industrial, si representan una actividad importante y digna de ser evaluada con detenimiento. Hay una relación estrecha y directa entre los lavadores de mezclilla de Tepetitla en Tlaxcala y San Martín Texmelucan en Puebla, ya que buena parte de la mezclilla que es comercializada en San Martín Texmelucan, proviene de los lavaderos y maquiladores de Tepetitla de Lardizábal, de ahí la necesidad de ver este escenario no sólo como un problema aislado de contaminación, sino también como un problema económico y social regional.

La presa Valsequillo ubicada en la zona III, recibe del río Atoyac 69 Ton/día de contaminantes, estas 69 toneladas proceden de sus ríos tributarios Zahuapan (8 Ton/día), del río San Francisco (21.5 Ton/día), y del Alseseca y sus afluentes (28 Ton/día), lo que a final de cuentas propician un severo problema de contaminación en la presa. Esta contaminación de origen doméstico e industrial ha ocasionado la generación de olores desagradables y coloración verde del agua, lo que revela un alto contenido de materia orgánica, nutrientes, sedimentos y contaminantes tóxicos (Díaz R., y otros, 2005). Todo ello se ha evidenciado en la reducción significativa de la capacidad de almacenamiento de la presa. De los 405 millones de m³ al inicio de su construcción, para 1970 la capacidad se redujo a 303 millones de m³, y ya en 1998 el volumen era de 228 millones de m³ y a la fecha esta capacidad se estima deteriorada (Cabrera, Bonilla, Tornero, & Castro, 2005).

1.3 Determinación de los Impactos Ambientales que provoca la contaminación en los cuerpos de agua del escurrimiento de la presa Valsequillo

La degradación del medio ambiente y de los recursos naturales es consecuencia tanto del crecimiento económico de la región, como por el mismo atraso y pobreza de las comunidades asentadas en la región.

El incremento de las actividades económicas en la región de estudio implica mayor producción y beneficios económicos para las familias y las empresas al generar ingresos, empleo y una mayor actividad en los servicios más impactados, sin embargo también se produce contaminación por la generación de desechos ya sean sólidos, aguas residuales contaminadas y gases emitidos al aire sin considerar la problemática de los residuos peligrosos. El crecimiento de las áreas urbanas también aumenta la contaminación, más si este crecimiento no se realiza planeando la disposición adecuada de los residuos sólidos, tratamiento de las aguas residuales domésticas y cuidado de las áreas de recreación de las diferentes comunidades.

La afectación urbana se incrementa a medida que la población crece (incluyendo el desplazamiento de la gente del campo a la ciudad), la urbanización se realiza en forma desordenada y la industrialización se acelera, dando lugar al aumento de la contaminación del agua, del aire y del suelo, y a un incremento en la incidencia de enfermedades. En la medida en que este resultado es consecuencia de un crecimiento inadecuado, parte de la solución es el crecimiento económico organizado y bien planificado. Éste es el caso de la región de estudio en donde el rápido crecimiento económico multiplicó la contaminación.

1.3.1 Impactos ambientales en la población, actividades económicas, biodiversidad y ecosistemas

En el diagrama se muestran los impactos ambientales que el equipo de investigación multidisciplinario determinó como los más importantes a considerar en la región de estudio, y que se clasifica en impactos ambientales, sobre la población e impactos sobre las actividades económicas. Evidentemente existen otros impactos indirectos que no se consideran en la investigación por tener problemas de tiempo y de recursos, pero consideramos que los más significativos se encuentran clasificados dentro del grupo de impactos señalados.⁵

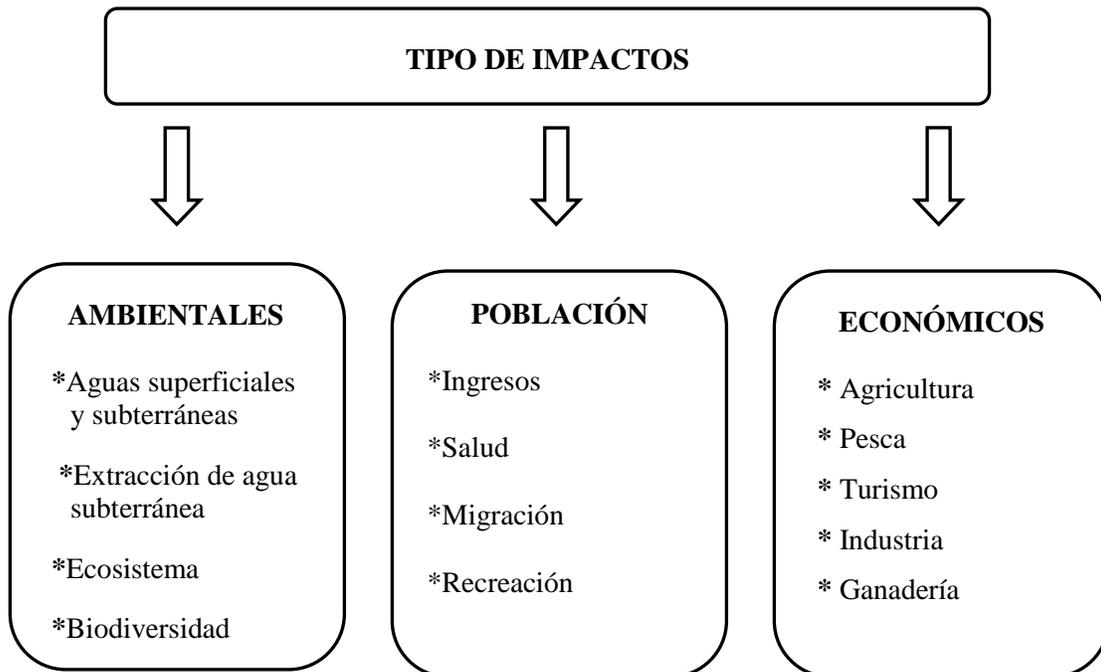


Figura 1.4 Identificación de impactos generados por las descargas de aguas residuales (doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo

Fuente: Elaboración propia.

A partir de observaciones visuales y revisión de las estadísticas de la región, es evidente que el crecimiento industrial y poblacional no ha sido acompañado por la preocupación de proteger al medio ambiente, ya que son muchas las empresas y pobladores que descargan sus aguas residuales sin tratamiento a los ríos Atoyac y Zahuapan, de tal forma que a la fecha estos cuerpos de agua se encuentran con elevados niveles de contaminación. Los

⁵ La contaminación del aire es otra parte de esta realidad, las lavanderías de mezquillo, como parte de su proceso de lavado, emplean y desechan importantes cantidades de piedra pómez que eliminan dejándolas en los caminos como relleno y generan problemas de contaminación al dejar los residuos de la piedra al aire libre (Gobierno del Estado de Tlaxcala-Coordinación General de Ecología, Tlaxcala, 2003).

impactos que se generan por esta contaminación de los ríos y finalmente de la presa están causando daños sobre la población, el medio ambiente de la región y sobre las mismas actividades económicas.

La contaminación de los ríos y de la Presa Valsequillo además de dañar a los mismos cuerpos de agua afectan las áreas aledañas a ellos, como zonas agrícolas y de pastoreo, la pesca, el turismo de la región, así como favorece el desempeño de la industria al eximirlos del tratamiento. Existe también un daño importante en la salud de la población al verse obligada a convivir con aguas negras que antes eran aguas de las que podían disponer, el esparcimiento en los ríos se redujo e incluso desapareció, los ingresos de algunas familias se ven afectadas por la caída de actividades ligadas a los cuerpos de agua. Ni que decir del medio ambiente natural que ve alterada la diversidad de las especies de plantas y animales, llegando a dañar incluso los ecosistemas de la región.

1.3.1.1 Impactos ambientales ubicados en la región

De acuerdo a la Figura 1.5, en la primera columna se sintetiza el problema de como la contaminación de los ríos se ha permeado a los cuerpos de agua subterráneos, -de donde se extrae el agua para el consumo de las poblaciones-, ocasionando que se proporcione agua de baja calidad a la población y/o que se deba tratar el agua antes de suministrarse, ocasionando problemas de abastecimiento a importantes grupos de población ubicados en la región. Este problema se agrega al hecho de que existe un problema de sobreexplotación de los acuíferos debido a que, al no tener acceso al agua superficial se ha recurrido al agua subterránea para usos agrícolas de determinados cultivos, lo que sugiere un fuerte problema de suministro de agua en el mediano plazo en la región de no realizarse los ajustes para un uso sustentable del recurso.

	Extracción de agua subterránea	Biodiversidad	Ecosistema
Tipo de impacto	Amenaza de sobreexplotación	Reducción en la población de especies: carpa, tilapia	Daño al ecosistema acuático
	Problema de abastecimiento de agua a población y cultivos	Baja población de conejos, venados, aves, etc.	Eutrofización
	Baja calidad del agua	Aumenta crecimiento de lirio acuático	
		Migración de especies terrestres: aves	

Figura 1.5 Impactos ambientales por las descargas de aguas residuales (doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo. Región Tlaxcala-Puebla

Fuente: Elaboración propia a partir de Gómez B., y otros, 2002.

En la segunda columna de la Figura 1.5, se registra como la grave contaminación de los ríos y presas ha afectado la biodiversidad de la región, del análisis se deriva que la población de especies acuáticas como la carpa y tilapia se ha reducido hasta casi extinguirse, la población de conejos, venados, aves se ha reducido, la migración de especies como aves se ha modificado, y plantas como el lirio acuático han proliferado afectando otras especies de plantas y animales acuáticos.

En la tercera y última columna (Figura 1.5) se sintetiza el hecho que existe afectación en el ecosistema acuático en razón del proceso de eutrofización en la presa.

1.3.1.2 Impactos sobre la población afectada por la contaminación en la región

La contaminación de los ríos y la presa ha impactado en forma adversa a la población establecida cerca de los cuerpos de agua contaminados, los impactos más claramente detectados son en la salud, en la reducción de los servicios de recreación, en los ingresos de las familias que obtienen tradicionalmente de actividades ligadas a los cuerpos de agua, y en que en casos extremos ha inducido a la migración por razones ambientales (Figura 1.6).

	Salud	Recreación	Ingresos	Migración
Tipo de impacto	Aumenta tasa de enfermedades infecciosas	Se reduce o se cancela el uso de los cuerpos de agua para nadar	Baja ingresos a familias campesinas, urbanas	Aumenta la migración de uno o varios integrantes de la familia porque la contaminación reduce ingresos
	Aumenta gastos para tratar el agua a nivel de hogar	Se reduce el uso de cuerpos de agua para esparcimiento	Baja ingresos a familias dependientes de la ganadería, comercio	
	Aumentan enfermedades de la piel	Aumenta contaminación visual	Baja ingresos por turismo	

Figura 1.6 Impactos sobre la población por las descargas de aguas residuales (doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo Región Tlaxcala-Puebla

Fuente: Elaboración propia.

Los impactos en la salud (Figura 1.6), se deben principalmente al consumo de agua contaminada, en segundo lugar al contacto del cuerpo con agua de los ríos o presa que induce enfermedades de piel, al consumo de verduras regadas con aguas negras, lo que explica la elevada incidencia en la tasa de enfermedades infecciosas gastrointestinales y de

la piel y a los incrementos en los gastos para hervir o tratar el agua a nivel de hogar (Navarro G., 2005).

Los impactos en la recreación (Figura 1.6), se explican por la reducción en el disfrute de los ríos y presas por la población cercana a dichos cuerpos de agua, en razón de que ya dejaron de ser áreas de esparcimiento, al verse frente a cuerpos de agua con malos olores, contaminación visual y la presencia de plagas de animales y moscos. Esta situación explica la reducción o eliminación del uso de los cuerpos de agua para nadar, abandono del lugar como zona de esparcimiento y daño por la contaminación visual.

El siguiente impacto en la población es a través de la afectación de sus ingresos en aquellas familias que tradicionalmente obtienen sus ingresos de actividades afectadas por la contaminación como son las familias campesinas, las familias dependientes de la ganadería y actividades comerciales afectadas, las que dependen del turismo ligado a cuerpos de agua (Figura 1.6).

El último impacto se debe a la situación en la que el impacto en los ingresos de los hogares es tan importante que uno o más miembros de las familias afectadas decide migrar en razón de los efectos ambientales tan adversos que enfrenta la familia (Figura 1.6).

1.3.1.3 Impactos sobre las actividades económicas afectadas negativamente o positivamente por la contaminación en los cuerpos de agua de la región

El último bloque de impactos identificados se presenta sobre las actividades económicas desempeñadas en la región, la que recibe los impactos más directos es la agricultura ya que se ve afectada por la contaminación del suelo al existir importantes áreas de tierra regada con aguas residuales (4th World Water Forum, 2006), el aumento de la erosión y la reducción de la superficie de tierra cultivada incide en cambios en la producción y calidad de granos como el maíz y el frijol, así mismo enfrenta restricciones para el riego de cultivo de hortalizas con agua residual sin tratar (4th World Water Forum, 2006; Gobierno del Estado de Tlaxcala-Coordinación General de Ecología, Tlaxcala, 2003), aspectos que en conjunto a la fecha explican un volumen de la producción agrícola no obtenido explicado por factores ambientales (Figura 1.7).

Los otros sectores afectados negativamente son pesca que ve una baja en su producción de peces y la desaparición de áreas de pesca por la contaminación, el turismo que registra una reducción de visitas por los turistas que tradicionalmente visitaban la presa y los ríos y que dejan de ir por la pérdida de incentivos de disfrute, ganadería que registra una caída en la producción de ganado explicada por las enfermedades de sus animales por agua contaminada y que se observa en la reducción en la producción de carne solo por razones ambientales (Figura 1.7)

El sector afectado positivamente por la situación de la contaminación es la industria (Figura 1.7), ya que contamina con sus aguas residuales a los ríos y a la presa, y dado que no trata sus descargas se ahorra los costos de su tratamiento (Gobierno del Estado de Tlaxcala-Coordinación General de Ecología, Tlaxcala, 2003), lo que se refleja en mayores ganancias, por lo que no existen incentivos para su tratamiento. En resumen la industria ahorra por no realizar gastos de tratamiento de sus aguas residuales y traslada el problema de su contaminación a la población aledaña.

Sector afectado	Agricultura	Pesca	Turismo	Industria	Ganadería
Tipo de impacto	Contaminación del suelo	Baja producción de peces	Reducción de visitas recreativas	Ahorro de costos ambientales al sector al no tratar las descargas	Caída en la producción de ganado
	Aumenta erosión y reducción de la superficie de tierra cultivada	Desaparición de áreas de pesca	Reducción de la actividad turística en presa y ríos	Eleva costos para tratamiento de agua subterránea	Reducción en la producción de carne
	Restricción al cultivo de hortalizas				
	Baja producción y calidad de granos como maíz y frijol				
	Superficie de tierra regada con aguas residuales				
	Baja producción agrícola				
	Aumenta azolve de cuerpos de agua				

Figura 1.7 Impactos económicos por las descargas de aguas residuales (doméstica e industrial) a cuerpos de agua en el escurrimiento de la presa Valsequillo Región Tlaxcala-Puebla

Fuente: Elaboración propia

1.4 Cuantificación de los impactos ambientales en la región

Los diversos impactos detectados y comentados en la sección previa 1.3.1, se medirán en este apartado en la medida en que sea factible y razonable su cuantificación, cuando dicha

medición no sea posible el impacto se considera cualitativamente en tanto que todo impacto detectado es importante.

La cuantificación de los impactos permite dimensionar el daño ocasionado y justificar ampliamente el pretender mitigar la causa original de dichos impactos negativos, de no hacerse y posponer la remediación será más difícil y costoso a medida que los daños se acumulen, de tal forma que las pérdidas pueden ser tan elevadas que harán imposible su recuperación. Finalmente de no regularse la contaminación del escurrimiento de la presa Valsequillo el resultado es un deterioro ambiental cada vez mayor en la región y una reducción en la calidad ambiental de la población afectada.

Las estimaciones se realizaron para el 2005 debido a que fue el año para el cual existía información para los impactos evaluados.

1.4.1 Medición de los impactos sobre la población

Los impactos que la contaminación de las aguas residuales industriales y municipales tienen en la salud es el principal problema y preocupación en la región estudiada, las enfermedades diarreicas son un problema generalizado, las enfermedades de la piel también son frecuentes y la frecuencia en la existencia de cáncer es una posible consecuencia de la dinámica producción industrial.

En este apartado se estimó que 174,811 eventos de diarrea se presentaron durante el 2005, destacando que se incrementa en número de eventos a medida que la población se ubica en las zonas más contaminadas o de mayor exposición a la contaminación (Tabla 1.2). La metodología aplicada se realizó a partir de tres condiciones particulares: uno, la ubicación geográfica de las localidades más cercanas a los cuerpos de agua en cuestión, ríos Zahuapan y Atoyac. Dos, a la clasificación por edades de la población que habita las localidades cercanas a los cuerpos de agua y que proporcionaron **Grupos de exposición** bien definidos. Tres, se aplicaron **Índices de Prevalencia** de acuerdo a problemas de salud detectados en una región comparable (Cifuentes, Blumenthal, Ruíz-Palacios, Bennett, & Peasey, 1994), en la República Mexicana, cuya agua residual es empleada para el riego agrícola.

Los impactos en las enfermedades de la piel y de cáncer se consideran también un problema importante, sin embargo un trabajo serio requiere del levantamiento de encuestas y seguimiento de estudios de caso que resultan caros y requieren de tiempos más largos de investigación.

Tabla 1.2 Impactos a la Salud

Cuantificación de población afectada por enfermedades diarreicas en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005¹				
Zona	Alta exposición	Media exposición	Baja exposición	Total
	Personas afectadas/bimestre			
I	-----	-----	7,632	7,632
II	-----	18,814	-----	18,814
III	148,365	-----	-----	148,365
Total				174,811

¹ El año de análisis fue 2005 por la disponibilidad de información.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Cifuentes, Blumenthal, Ruiz-Palacios, Bennett, & Peasey, 1994; INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005; PueblosAmerica.com.

Los impactos en los ingresos familiares se registran en las zonas II y III que tienen niveles mayores de contaminación, el número de familias afectadas se estimó para el 2005 en 435,990 siendo la región III la de mayor afectación al registrar el 89% de las familias afectadas (Tabla 1.3). Los impactos en los ingresos se explican por recibir menos ingresos por el desempeño de sus actividades económicas que han sido reducidas por la contaminación, tales como el turismo, etc.

Tabla 1.3 Impactos en Ingresos familiares

Cuantificación de familias afectadas en su ingreso por costos derivados de la contaminación en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005		
Zona	Población afectada	Número de familias afectadas
II	207,291	47,653
III	1,689,265	388,337
Total	1,896,556	435,990

Fuente: Elaboración propia a partir de: INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005; PueblosAmerica.com.

La contaminación afecta generando situaciones de migración al incidir en forma grave en el desempeño económico de actividades económicas agrícolas y de turismo, que al no permitir obtener ingresos suficientes para la subsistencia de familias completas, los miembros jefes de familia se ven forzados a emigrar, en el caso de la región se estimaron que 226 personas abandonaron la región por causas de la contaminación. De acuerdo a la Tabla 1.4, el número de migrantes aumenta a medida que la región es más contaminada.

Tabla 1.4 Impacto en Migración

Cuantificación de personas emigrantes a causa de la contaminación en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005	
Zona	Personas
I	12
II	23
III	192
Total	226

Fuente: Elaboración propia a partir de: INEGI, XII Censo de Población y Vivienda 2000; INEGI, Tasas de inmigración, emigración y migración neta por entidad federativa 1995-2000; INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005; PueblosAmerica.com.

Las actividades recreativas desarrolladas por la población en la región se han reducido de forma alarmante, las actividades que tradicionalmente se desarrollaban en los ríos y presas, como nadar, caminar y pescar, prácticamente han desaparecido. La estimación muestra que para el 2005, 1 041,253 veces se dejó de ir a nadar, 1 107,346 veces se dejó de ir a pescar, y 463,467 caminatas se dejaron de practicar, es decir, 2 612,066 actividades de recreación no se realizaron como se venían disfrutando en el pasado, con la consecuente baja en el bienestar de la población de la región. La región III es la región de mayor afectación.

La metodología de estimación consiste en calcular el número de veces que la población, en cada zona de impacto, I, II y III, restringió las actividades de esparcimiento que solía realizar cuando los cuerpos de agua estaban limpios. En este análisis se supone que las actividades como nadar y pescar no son o son mínimamente practicadas por la población en las zonas I y II, debido a las características propias de los cuerpos de agua. Mientras que en la zona III, donde se ubica la Presa Valsequillo, se practican las actividades consideradas como relevantes de la actividad recreativa de la población lugareña, pescar y nadar. Caminar es una actividad que se practicaba y aún se practica en las tres zonas (Tabla 1.5).

Tabla 1.5 Impacto en Recreación

Cuantificación del número de veces que las actividades recreativas se dejan de hacer por la contaminación en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005				
Zona	Nadar	Pesca (autoconsumo)	Caminar	Total
	Número de actividades			
I	0	0	93,507	93,507
II	0	0	181,005	181,005
III	1,041,253	1,107,346	188,955	2,337,554
Total	1,041,253	1,107,346	463,467	2,612,066

Fuente: Elaboración propia a partir de: Gaunt, 2001; PueblosAmerica.com.

1.4.2 Medición de los impactos en las actividades económicas

Los cuerpos de agua contaminados tienen impactos adversos sobre las actividades económicas, de tal forma que existe una reducción de los volúmenes de producción explicados por dicho fenómeno, y en este apartado se estima el volumen de afectación. El caso de la industria que es la principal generadora de la contaminación presenta el comportamiento opuesto, es decir se ve beneficiada al no absorber los costos de la contaminación.

En el 2005, la producción agrícola se redujo en 10 966 toneladas por causa del uso de agua contaminada, 8 502 en granos y 2 464 en hortalizas (Tabla 1.6). Los cultivos de hortalizas son la lechuga, el tomate verde y la cebolla. El cultivo más afectado fue el maíz grano. El método de estimación se hizo en base a los Distritos de Riego de la región que emplean agua procedente de los escurrimientos de la Presa Valsequillo, a saber el de Izúcar de Matamoros y el de Tecamachalco en Puebla y el Distrito de Tlaxcala para la entidad del mismo nombre. Se consideró la superficie siniestrada por causas ambientales. El periodo de análisis contempló los años agrícolas OI+PV (Otoño-Invierno+Primavera-Verano) de 2005 a 2008, para la modalidad de riego (SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2005-2008).

Tabla 1.6 Impacto en la Agricultura

Cuantificación de la pérdida en la producción agrícola en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005				
Cultivos afectados¹		Pérdida de cultivos (toneladas)		Pérdida total
		Región Puebla²	Región Tlaxcala³	
Granos	Maíz grano	8,463	27	-----
	Maíz forrajero	12	0	-----
	Trigo grano	0	0	-----
	Total Granos	8,475	27	8,502
Hortalizas	Cebolla	230.12	0	-----
	Lechuga	1,670.15	0	-----
	Tomate rojo	71.43	0	-----
	Tomate verde	492.30	0	-----
	Total Hortalizas	2,464	0	2,464
Total				10,966

Fuente: Elaboración propia a partir de: SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2005-2008.

En la presa y en los ríos existía una importante actividad pesquera que se ha ido reduciendo a medida que la contaminación ha ido aumentando, actualmente esta actividad ya no es importante en la región. Para el 2005 se estimó una caída de 10.6 toneladas de la

producción pesquera, siendo mayor la caída en el estado de Tlaxcala respecto al estado de Puebla (Tabla 1.7).

La metodología aplicada analiza la producción pesquera de ambas entidades, Puebla y Tlaxcala, para los años 1996, 2006 y 2009 en las localidades y población de impacto, calculando la tasa de pérdida de la producción para el año de referencia 2005.

Tabla 1.7 Impacto a la Pesca

Cuantificación de la afectación en la actividad pesquera en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005			
Región	Producción afectada (Toneladas)		Pérdida total
	Puebla	Tlaxcala	
	4.26	6.317	10.6
Total	4.26	6.317	10.6

Fuente: Elaboración propia a partir de: INEGI (Pesca Tlaxcala), 1996; INEGI (Pesca Tlaxcala), 2007; INEGI (Pesca Tlaxcala), 2009; INEGI (Pesca Puebla), 1996; INEGI (Pesca Puebla), 2006; INEGI (Pesca Puebla), 2009; INEGI, II Censo de Población y Vivienda 2005; PueblosAmerica.com.

El impacto en la actividad turística ha sido significativo, en solo el 2005 43,290 turistas dejaron de visitar la región (Tabla 1.8), contabilizando básicamente las visitas al estado de Puebla. Para realizar la estimación del impacto al Turismo, se delimitó la zona, se considera el estado de Puebla y la afluencia de visitantes al Africam Safari específicamente, como sitio más cercano y representativo dentro de la Presa Valsequillo.

Tabla 1.8 Impacto al Turismo

Cuantificación de la afectación en la actividad turística en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005		
Región	Turistas afectados	Pérdida total
Puebla	43,290	-----
Total	43,290	43,290

Fuente: Elaboración propia a partir de: Machuca, 2009, Paretto, 2009.

El impacto negativo que la contaminación de las aguas superficiales ha provocado sobre la actividad ganadera ha sido significativo, por dicha causa en el 2005 la producción de carne se redujo en 85.35 toneladas, la mayor caída se explica por la carne de bovino, seguida por la carne de porcino (Tabla 1.9). La estimación se realizó considerando los municipios productores de carne que se encuentran cercanos a los márgenes de los ríos en cuestión, Zahuapan y Atoyac; así como de la Presa Valsequillo. Se calculó el porcentaje en la caída de la producción y se estimó cuanto de esa caída se debió a factores ambientales, asociada principalmente a enfermedades provocadas por contaminación.

Tabla 1.9 Impacto a la Ganadería

Cuantificación de la pérdida en la producción ganadera en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005			
Tipo de ganado afectado	Pérdida de producción de carne		Pérdida total
	Región Puebla	Región Tlaxcala	
Toneladas			
Bovino	12.52	44.97	57.49
Porcino	18.24	5.16	23.40
Ovino	1.46	1.31	2.77
Caprino	1.45	0.24	1.69
Total	33.67	51.68	85.35

Fuente: Elaboración propia a partir de: SIAP, sf.

El impacto que la contaminación de los cuerpos de agua ha tenido sobre la actividad industrial ha sido reducirle sus costos de producción, en razón de que las normas ambientales exigen descargas de las aguas residuales industriales cumpliendo la NOM-001-ECOL-1996 y NOM-002-ECOL-1996, y el incumplimiento de dichas normas les evita gastos por el tratamiento de dichas aguas para cumplir las normas. De acuerdo a las estimaciones realizadas para el 2005, la industria de la región dejó de gastar en el tratamiento de 19 831,368 m³/año de aguas residuales contabilizando las descargas de las tres zonas investigadas (Tabla 1.10). La estimación se hizo considerando en principio, el agua suministrada para los diferentes usos (agropecuario, abastecimiento público e industrial) en todos los municipios cercanos a los cuerpos de agua para el año de referencia del estudio, 2005. Se calcularon y aplicaron factores porcentuales de agua residual generada, tratada y no tratada para el caso particular de la industria.

Tabla 1.10 Impacto a la Industria

Cuantificación del volumen de agua residual generada en el área del escurrimiento de la Presa Valsequillo, 2005	
Zona	Agua residual generada y descargada sin tratamiento (m³/año)
I,II, III	19,831,368

Fuente: Elaboración propia a partir de: CONAGUA, 2008b; CONAGUA, 2006; CONAGUA, 2007; Morales. N. & Rodríguez. T., 2007.

1.4.3 Impactos sobre la biodiversidad, los ecosistemas y sobre la calidad de las aguas subterráneas y superficiales que se usan para consumo humano y riego

Evaluar la biodiversidad, los ecosistemas y sobre la afectación de la calidad de las aguas subterráneas utilizadas para el consumo humano y el riego de una región tan amplia y contaminada es una tarea que requiere de un equipo de trabajo multidisciplinario más amplio, más tiempo y más recursos, por lo que en este apartado se anotan los avances alcanzados hasta la fecha. La información reportada solo permite describir aspectos

cualitativos de los daños en la región, sin embargo por su importancia no se pueden dejar de mencionarlos.

El 90% de la población de la región cuenta con el servicio de agua potable, y la mayoría (el 85%) la extrae mediante bombeo de los acuíferos de la región, el resto la obtiene de cárcamos o por pipas (Black & Veatch International, 2006). A la fecha, la calidad del agua extraída de los acuíferos de la región se califica como buena, exceptuando el agua extraída para abastecer a la Ciudad de Puebla en donde el agua contiene sulfuro y sólidos disueltos en concentraciones que exigen un tratamiento especial antes de distribuirse a la población. El problema latente en la región es la sobreexplotación de los acuíferos por lo que está pendiente la necesidad de recurrir a fuentes superficiales de agua para abastecer el consumo humano, sin embargo esta opción no es viable ante el grave problema de contaminación en estos cuerpos de agua.

Otro riesgo latente es que los acuíferos se están contaminando por las corrientes de agua superficiales cada vez más contaminadas, lo que constituye un grave problema al constituir hasta hoy la única fuente de suministro de agua de las localidades. El daño a la biodiversidad de plantas y animales, y en general a los ecosistemas es evidente, sin embargo son aspectos difíciles de medir, y en este trabajo solo damos cuenta de los procesos que se presentan y son observables como consecuencia de los daños ocasionados por la contaminación.

1.4.3.1 Afectación a la biodiversidad en flora y fauna de la presa Valsequillo

La alta contaminación de las aguas en la presa Valsequillo ha provocado una importante alteración en la flora y fauna acuática, así como en la flora y fauna terrestre en la región aledaña a la presa.

En la Figura 1.8, se describe la afectación encontrada en las especies acuáticas y terrestres ubicadas alrededor de la presa Valsequillo, información obtenida de estudios específicos, de fuentes periodísticas.

	Especie	Población 1950	Población actual
Flora dentro y alrededor del embalse¹	Hydrocotyle sp	Inexistente	Aumento en su población
	Eichhomia crassipes (lirio acuático)	Inexistente	Contaminado por lirio acuático en un 65%. La biomasa de lirio acuático en el lago es de 43 kg/m ²
	Scirpus americanus	Inexistente	Aumento en su población
	Tipha domingensis	Inexistente	Aumento en su población
Fauna fuera del embalse²	Aves canoras	Sin problemas importantes para su desarrollo	Algunas en peligro de extinción
	Venado cola blanca	Sin problemas importantes para su desarrollo	En peligro de extinción
	Ardilla	Sin problemas importantes para su desarrollo	Reducción en su población

	Conejo salvaje	Sin problemas importantes para su desarrollo	Población en declive
	Perdiz	Sin problemas importantes para su desarrollo	En peligro de extinción
	Víbora de cascabel	Sin problemas importantes para su desarrollo	En peligro de extinción
	Iguana	Sin problemas importantes para su desarrollo	En peligro de extinción
Fauna acuática ³	Lobina negra	Sin problemas importantes para su desarrollo	Extintos
	Mojarra de agallas azules	Sin problemas importantes para su desarrollo	Extintos
	Blanco de Pátzcuaro	Sin problemas importantes para su desarrollo	Extintos
	Carpa	Sin problemas importantes para su desarrollo	En peligro de extinción
	Tilapia	Sin problemas importantes para su desarrollo	En peligro de extinción

Figura 1.8. Comparación de la flora y fauna presente en 1950 y la existente en el 2005 en la presa y su región aledaña

Fuente: ¹Ahora News, 2002; ²Gobierno de Puebla, sf; SEMARNAT-Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Estado de Puebla-BUAP, 2007; Aguilar R., 2000; ³Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Puebla-Secretaría de Obras Públicas del estado de Puebla, 2010; La Quinta Columna, 2007.

En la Figura 1.9, se comenta la información recopilada respecto a las especies animales que se han visto afectadas adversamente en la región de acuerdo a la información obtenida en fuentes diversas (cuando no existe información para la región se hace referencia a la problemática de las especies a nivel nacional).

Especie	Daño
Aves canoras	La cotorra de frente roja y el loro de cabeza amarilla son las especies más traficadas con un total de 100, 000 individuos por año y los precios que alcanzan en el mercado nacional van desde los 1,000 hasta los 6,000 pesos, y en el mercado internacional desde los 1,500 a los 6,000 dólares. Otro ejemplo de la importancia del grupo de las aves canoras es la exportación, en 1979, de 24,166 individuos de diferentes especies de México a Estados Unidos de Norteamérica.
Ardilla	La ardilla es una especie arborícola, que baja al suelo únicamente para buscar alimento, trasladarse de un árbol a otro más distante o para beber. La ardilla es muy ágil, trepa fácilmente y a gran velocidad a los árboles. La especie se ha reducido por la drástica reducción del número de árboles.
Conejo salvaje	La pérdida de hábitat, las enfermedades, depredación y caza son las principales causas del declive en la población del conejo silvestre, lo cual trae como consecuencia que varias especies se encuentren gravemente amenazadas en su existencia en la zona.
Perdiz	El uso de la perdiz es ornamental y decorativo. Así como el aprovechamiento de su huevo y carne

Víbora de cascabel	La víbora de cascabel goza de una gran reputación en la terapéutica tradicional. Su carne y grasa son los elementos más utilizados, preparados y administrados en distintas formas y dosis, dependiendo del mal que se desee curar.
Iguana	Las iguanas tienen hábitos alimenticios completamente herbívoros, aunque algunas consumen insectos de manera oportunista. Las iguanas verdes prefieren habitar sitios boscosos con abundante vegetación y preferentemente asociados a cuerpos de agua. El papel ecológico de las iguanas es muy importante ya que es uno de los principales dispersores de semilla en los bosques. La dispersión de semillas por especies de iguanas contribuye a la regeneración de bosques y éstas pueden ser utilizadas como medio en la restauración de ambientes perdidos.
Lobina Negra	La lobina negra le da vida a la pesca deportiva, se desarrolla en lugares con una adecuada cantidad de oxígeno disuelto
Mojarra de agallas azules	Es una especie de importancia actual y futura para el hombre, en el aspecto comestible, deportivo y comercial
Blanco de Pátzcuaro	Esta especie se encuentra extinta en la presa de Valsequillo. Actualmente en el estado de Hidalgo se tiene un proyecto de cultivo experimental de esta especie con un costo de 24 millones de pesos.
* Carpa * Tilapia	Estas especies han reducido su población en forma alarmante y su impacto económico en la actividad pesquera se estima en análisis posterior.

Figura 1.9. Especies animales afectadas en la región

Fuente: Contreras B., García S., Guzmán V., & González R., 2001; Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana, 2009; Subcomité técnico consultivo para la conservación, 2008; Aguilera, 2005.

En resumen, se observa una estrecha correlación entre la contaminación de los ríos y presas y la reducción del número de especies, disminución de las poblaciones silvestres; y una pérdida irreversible del hábitat y los ecosistemas en la región. Uno de los mejores indicadores de este impacto ecológico en la biodiversidad es la impresionante reducción de las poblaciones silvestres.

1.4.3.2 Alteración en el Ecosistema de la presa Valsequillo

En la Figura 1.10, se describe la interacción entre las especies cuando se registra un ecosistema sin contaminación. Se observa que existe una fluida interacción entre los diversos componentes del sistema⁶.

⁶ Fitoplancton: conjunto de microorganismo fotoautótrofos que viven en suspensión en el agua. Zooplancton: animales invertebrados diminutos, a menudo microscopios, que flotan libremente en los sistemas acuáticos. Detritus: Restos que quedan de la desintegración y deterioro de vegetales y animales. Macrófitos: Plantas acuáticas macroscópicas (que se pueden ver fácilmente a simple vista) y se clasifican de acuerdo a su forma de fijación en macrófitos fijos al sustrato y los flotantes libres. ITC-Depuranat-Gobierno de Canarias, sf.; glosario.net, 2003.

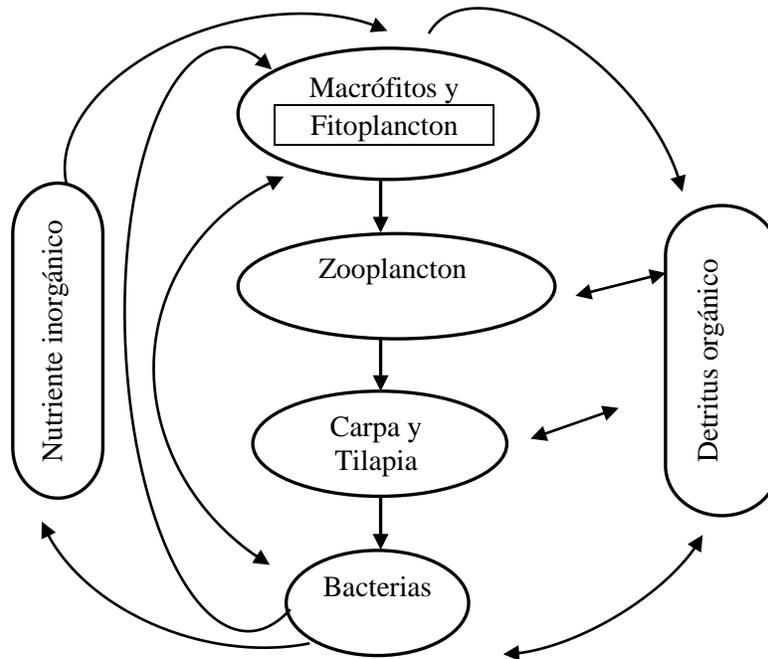


Figura 1.10. Ciclo de la materia en un ecosistema sano

Fuente: Elaboración propia.

En el ecosistema presente en la presa Valsequillo no se puede dar dicho proceso, debido al elevado nivel de contaminación industrial y de residuos domésticos que se depositan desde el nacimiento del río Atoyac hasta la presa, y al contrario, aparecen fenómenos que alteran al mismo ecosistema y que se describen a continuación.

Fenómeno 1: Proliferación de lirio acuático (jacintos) en la presa Valsequillo

En la presa es evidente la abundancia del lirio acuático que se explica por el exceso de nutrientes (nitrógeno) que arrastran las aguas residuales domésticas sin tratamiento. El exceso del lirio acuático impide el paso de la luz solar y afecta el proceso de fotosíntesis de las plantas que habitan la presa, e interrumpe el ciclo de cadenas alimenticias para la flora y fauna que tradicionalmente viven dentro de la presa (Figura 1.11).

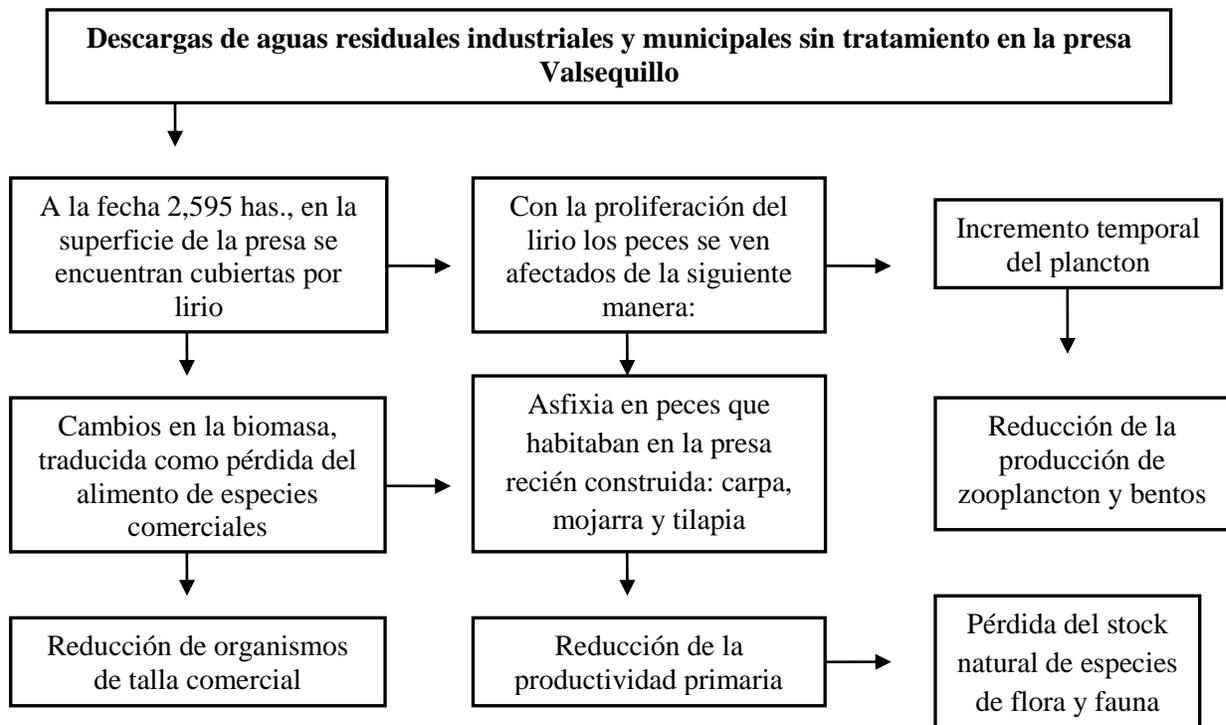


Figura 1.11. Impactos de la reproducción excesiva del lirio acuático en la presa Valsequillo

Fuente: Elaboración propia a partir de Gómez B., y otros, 2002.

Fenómeno 2: Reproducción de parásitos por contaminación del agua en la presa Valsequillo

La Figura 1.12, muestra nuevamente que las especies acuáticas son las más afectadas por la contaminación en este cuerpo de agua, en este caso por parásitos como helmintos.⁷

⁷ El término helminto se usa en un amplio grupo de organismos que incluye a todos los gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales) y de vida libre, con forma y tamaños variados (NMX-AA-113-SCFI-1999, 1999).

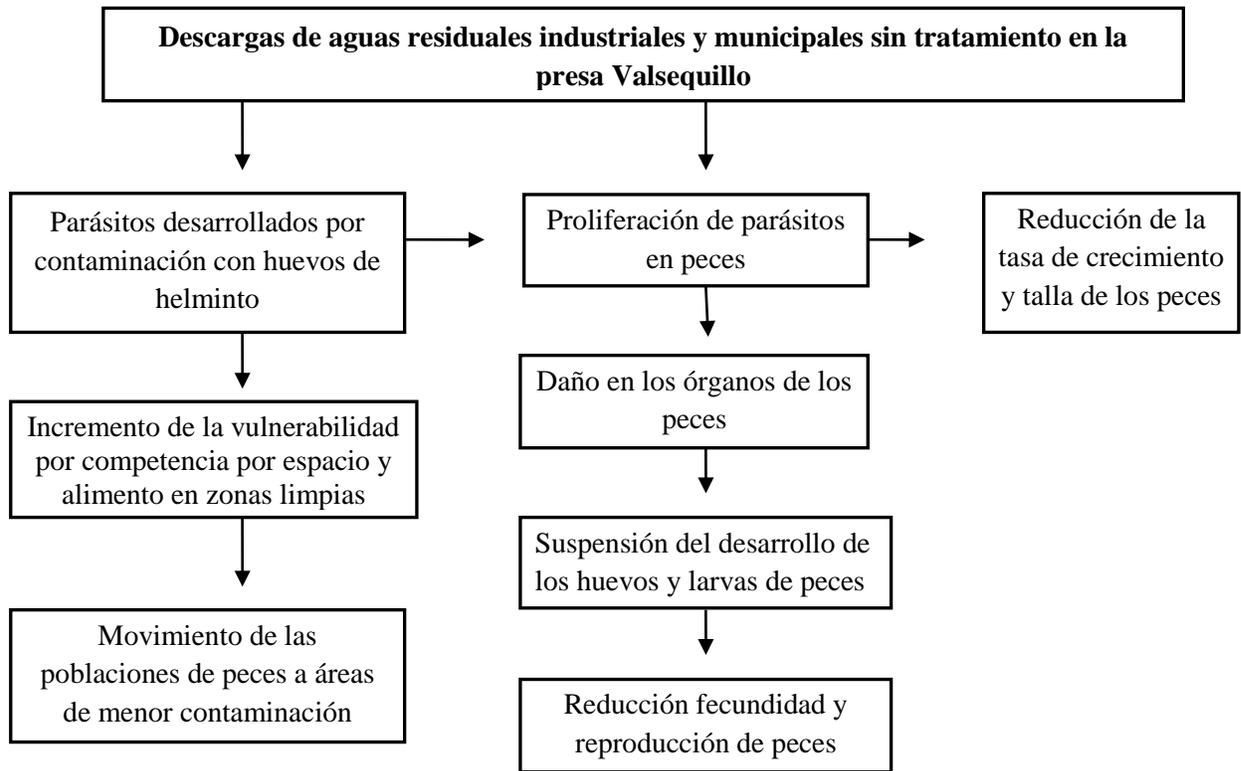


Figura 1.12. Reproducción de parásitos por contaminación del agua en la presa Valsequillo

Fuente: Elaboración propia a partir de Gómez B., y otros, 2002.

1.4.3.3 Agua subterránea

La población ubicada en el escurrimiento de la Presa Valsequillo obtiene normalmente el agua para consumo básicamente de la extracción de los acuíferos, el agua superficial se utiliza para actividades agrícolas, ganaderas, industriales, principalmente.

El Acuífero Alto Atoyac (AAA) es la principal fuente de suministro de agua en la región del escurrimiento de la presa Valsequillo. El balance de agua indica que aún cuando el acuífero actualmente no opera con déficit, si está incluido como uno de los cuatro acuíferos que se están sobre utilizando en la región. El balance muestra los volúmenes de recarga y extracción del agua subterránea en el acuífero (Tabla 1.11).

Tabla 1.11. Balance de agua subterránea del Acuífero del Alto Atoyac

Entradas y salidas	Flujos, millones de m ³ /año
Recarga total promedio anual	199.9
Descarga natural comprometida	22.9
Volumen concesionado de agua subterránea	138.4
Volumen medio anual disponible de aguas subterráneas	38.6

Fuente: Comisión Nacional del Agua. Subdirección general técnica, 2002.

Una segunda fuente de suministro de agua es el Acuífero del Valle de Puebla (AVP) ver Tabla 1.12. La cercanía de los Acuíferos del Alto Atoyac y el de Valle de Puebla hacen suponer que las aguas se combinan. La calidad del agua del AVP es, en general, buena, excepto por algunas zonas localizadas cerca de la ciudad de Puebla, donde el agua tiene sulfitos y sólidos totales disueltos en concentraciones que requieren el tratamiento del agua.

Tabla 1.12. Balance de agua subterránea del Acuífero del Valle de Puebla

Entradas y salidas	Flujos, millones de m ³ /año
Recarga promedio anual	339.6
Descarga natural comprometida	35.7
Concesiones de Volumen de agua subterránea	265.3
Volumen medio anual disponible de aguas subterráneas	38.6

Fuente: Comisión Nacional del agua. Subdirección general técnica, 2003.

1.4.3.4 Agua superficial

Las principales fuentes de agua superficial en la región escurrimiento de la Presa Valsequillo son los ríos Atoyac, Zahuapan y Alseseca. El río Zahuapan es la más importante y más contaminada fuente de agua superficial en el Estado de Tlaxcala. El Zahuapan se une con la parte alta del río Atoyac antes de desembocar en la Presa Valsequillo.

La mayoría de las aguas superficiales en la región norte del Balsas están clasificadas como contaminadas debido al acelerado crecimiento de la población en Puebla y Tlaxcala, además de las descargas industriales que contribuyen a la contaminación. Actualmente, las aguas superficiales no se emplean como fuente de agua potable. Sin embargo, dada la tendencia de agotamiento de las aguas subterráneas, en un futuro habría que considerar el uso del agua superficial como fuente de agua para uso doméstico.

La calidad del agua superficial indica un alto contenido de materia orgánica, lo que afecta a las especies acuáticas y puede afectar la salud de los residentes cercanos a los cuerpos de

agua. En cuanto a las concentraciones de metales, se consideran concentraciones por arriba de los criterios considerados seguros para comunidades acuáticas. Los valores para coliformes fecales muestran valores superiores a los indicados en las guías aceptadas para agua de uso recreacional.

1.5 Recomendaciones

La ausencia de interés real para proteger los cuerpos de agua del escurrimiento de la presa Valsequillo explica el grave problema de contaminación de los cuerpos de agua como son los ríos Zahuapan, Atoyac y Alseseca, y explican la gravedad de la contaminación que se acumula en la presa Valsequillo. Las descargas de las aguas residuales sin tratamiento, ya sean aguas industriales o domésticas explican los elevados ICA de los cuerpos de agua de la región.

De acuerdo a las estimaciones realizadas para el 2005 en la región, los impactos que la elevada contaminación de los ríos y presa de la región causa sobre las actividades económicas explican una reducción en la producción agrícola anual de 2,464 toneladas, en la actividad pesquera la reducción es de 10.6 toneladas, en lo que respecta a la ganadería la caída es de 85.35 toneladas, el turismo disminuyó las visitas de 43,290 turistas. La actividad industria se evitó los costos de tratamiento de 19,831,368 m³/año de aguas residuales, lo que impacta favorablemente los beneficios de las empresas pero afecta a las demás actividades económicas.

En lo que respecta a los daños sobre la población se tiene que el impacto adverso a la salud explica que durante el 2005 se registraran 174,811 eventos de enfermedades gastrointestinales, y una reducción en las actividades de esparcimiento para 2,612,066 habitantes y caída en los ingresos de 435,990 familias de la región. La migración por razones ambientales explica que 226 personas se desplazaran a otras áreas fuera de la región para generar ingresos para sus familias a costa de la reducción de su colaboración para formar el PIB de la región.

El daño a los ecosistemas sabemos que es grande, se estima que los peces tilapia han reducido su existencia en los ríos y presa, y que la planta acuática que ha proliferado es el lirio acuático.

El balance de los fuertes y variados impactos ambientales negativos exige una respuesta rápida para evitar la muerte de los sistemas acuáticos que coadyuvan a la existencia de personas, animales y plantas.

Se recomienda tratar las aguas domésticas e industriales de todas las comunidades e industrias que se ubican alrededor del curso de los cuerpos de agua, y permitir el

saneamiento de los ríos que a la fecha son tratados como verdaderos canales de drenaje. Es evidente que el tratamiento debe ser generalizado, sin embargo se debe iniciar por localidades específicas logrando generar un ambiente de cooperación entre todos los afectados dentro del escurrimiento, esto es, comunidades e industrias deben tratar el agua antes de descargarlos a los ríos lo que ayuda al bien común de la región.

Referencias

4th World Water Forum. (Marzo de 2006). *Mexico 2006:4th World Water Forum*. Recuperado el 11 de Octubre de 2009, de www.worldwaterforum4.org.mx/

Aguilar R., S. H. (2000). Registro de la perdiz veracruzana o Chivizcoyo (*Dentortyx barbatus* Gould) en la sierra norte de Oaxaca, México. (R. Ortíz P., Ed.) *Huitzil*, 1 (1), 3-11.

Aguilera, A. (31 de Mayo de 2005). Logran importantes avances en el rescate del pez blanco de Pátzcuaro. *La Jornada Michoacán*.

Ahora News. (Junio de 2002). *Ahora. El periódico de nuestra comunidad*, <http://www.ahoraneews.net/news.php?nid=1650&pag=1>. (Congreso Puestorriqueño de New Jersey) Recuperado el 13 de Noviembre de 2009, de <http://www.ahoraneews.net>

BANCOMEXT. (1999). *II. Sector textil-confección*. De SECOFI, México.

Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. (2009). *Programa Universitario México, Nación Multicultural*. (S. Mata P., Productor) Recuperado el 18 de Noviembre de 2010, de <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/termino.php?l=1&t=v%C3%ADbora%20de%20cascabel>

Black & Veatch International. (2006). *Feasibility Study for the Valsequillo Watershed Clean-up Program*. Final Report and Implementation Plan, Estados de Puebla y Tlaxcala.

Cabrera, C., Bonilla, N., Tornero, M., & Castro, A. T. (2005). *Monitoreo de coliformes fecales y huevos de helmintos en agua y sedimentos (lodos) de la Presa Manuel Ávila Camacho*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Departamentos de Microbiología, Ciencias Ambientales y Agricultura y Ciencias Químicas. Puebla: nd.

Cedeño V., P. C., Téllez N., D. L., Pacheco G., F., Rosano O., G., & Ascencio G., J. A. (2006). *Química y fitoremediación de la presa Manuel Ávila Camacho "Valsequillo"*, Puebla, Pue. De divulgación, Puebla.

Cifuentes, E., Blumenthal, Ú., Ruíz-Palacios, G., Bennett, S., & Peasey, A. (1994). Escenario epidemiológico del uso agrícola del agua residual: el Valle del Mezquital, México. *Salud Pública*, 36 (1), 3-9.

Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Puebla-Secretaría de Obras Públicas del estado de Puebla. (2010). *Remoción de lirio acuático en el embalse de Valsequillo*. Manifiesto de Impacto Ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Puebla.

Comisión Nacional del Agua. Subdirección general técnica. (2002). *Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero alto Atoyac, estado de Tlaxcala*. Subgerencia de evaluación y modelación hidrogeológica, Gerencia de aguas subterráneas, Tlaxcala.

Comisión Nacional del agua. Subdirección general técnica. (2003). *Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el acuífero Valle de Puebla, estado de Puebla*. Gerencias de aguas subterráneas, Puebla.

CONAGUA. (2006). *Estadísticas del Agua en México, 2006*. México, México: Subdirección General de Programación.

CONAGUA. (2007). *Estadísticas del Agua en México, 2007*. (S. d. Naturales, Ed.) México, México: Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua.

CONAGUA. (2008a). *Estadísticas del Agua en México 2008*. (S. d. Naturales, Ed.) México, México: Talleres Gráficos de México.

CONAGUA. (2008b). *Cubo de Usos del Agua. Comisión Nacional del Agua*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2009, de <http://www.conagua.gob.mx>

CONAGUA. (2009). *Estadísticas del agua 2008. Región hidrológico administrativa IV Balsas*. (S. d. Naturales, Ed.) México, México: Dirección de programación y la subdirección de comunicación y atención social e institucional.

CONAGUA. (2010). *Estadísticas del Agua en México, edición 2010*. (S. d. Naturales, Ed.) México, México: Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua.

Contreras B., A. J., García S., J. A., Guzmán V., A., & González R., J. I. (2001). Aprovechamiento de las aves cinegéticas, de ornato y canoras de Nuevo León, México. *Ciencia UANL*, IV (004), 462-470.

COTEIGEP. (2009). *Puebla en cifras. Estadísticas Oportunas*. Gobierno del estado de Puebla. SFA. SEI. COTEIGEP. Puebla: COTEIGEP.

Díaz R., P., Bonilla, N., Tornero C., M. A., Cabrera M., C., Angeles C., Y., González D., J., y otros. (2005). *Calidad del agua de la Presa Manuel Ávila Camacho utilizada para el riego de los cultivos en el Distrito de riego 030 "Valsequillo"*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Departamento de Agroecología y Ambiente. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Gaunt, P. (2001). *Water recreation needs assessment. Report to the Kansas water office*. Statewide results, Wichita State University, Interdisciplinary Communication Research Institute.

glosario.net. (2003). *HispaNetwork Publicidad y Servicios, S.L.* Recuperado el 19 de Diciembre de 2010, de <http://www.glosario.net>

Gobierno de Puebla. (sf). *Gobierno del estado de Puebla*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2010, de <http://www.puebla.gob.mx/>

Gobierno del estado de Tlaxcala-Coordinación general de Ecología Tlaxcala. (2003). *Análisis e informa de la problemática ambiental en materia de agua residual del municipio de Tepetitla de Lardizábal*. Coordinación general de Ecología, Tlaxcala.

Gómez B., A., Saldaña F., P., Martínez G., A., Gaitán N., J. F., Athala M., J., Lerdo de Tejada B., A., y otros. (2002). *Valuación económica del impacto ambiental de las descargas de aguas residuales municipales*. Subgerencia de Estudios Sociales, Económicos y Ambientales de la Comisión Nacional del Agua. Morelos: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

INAFED. (2009). *Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal*. Recuperado el 17 de Marzo de 2010, de Enciclopedia de los Municipios de México: www.e-local.gob.mx

INEGI (Pesca Puebla). (1996). *Anuario Estadístico de Pesca*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (Pesca Puebla). (2006). *Anuario Estadístico de Pesca*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía .

INEGI (Pesca Puebla). (2009). *Anuario Estadístico de Pesca*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (Pesca Tlaxcala). (1996). *Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala*. México: Instituto Nacional de Estadística Y Geografía, Gobierno de Tlaxcala.

INEGI (Pesca Tlaxcala). (2007). *Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno de Tlaxcala.

INEGI (Pesca Tlaxcala). (2009). *Anuario Estadístico del Estado de Tlaxcala*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno del estado de Tlaxcala.

INEGI. (II Censo de Población y Vivienda 2005). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 11 de Enero de 2010, de www.inegi.gob.mx

INEGI. (Tasas de inmigración, emigración y migración neta por entidad federativa 1995-2000). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 5 de Octubre de 2009, de <http://www.inegi.gob.mx>

INEGI. (XII Censo de Población y Vivienda 2000). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2009, de <http://www.inegi.gob.mx>

ITC-Depuranat-Gobierno de Canarias. (sf). *Sistemas de depuración natural. Aspectos biológicos*. De divulgación, Instituto Tecnológico de Canarias, Canarias.

La Quinta Columna. (8 de Junio de 2007). Marín conocía los daños por polución en Valsequillo. (Y. Cabrera C., Ed.) *laquintacolumna.com.mx* .

Machuca, J. (16 de Noviembre de 2009). Sólo un plan integral salvará a Valsequillo. *Milenio* .

Morales. N., J. A., & Rodríguez. T., L. (2007). Desempeño de la industria manufacturera en el uso del agua en México. En M. N. Coord., L. Rodríguez. T., & L. L. H. Cámara de Diputados (Ed.), *Economía del agua, escasez del agua y su demanda doméstica e industrial en áreas urbanas* (págs. 293, 294). México, México: Miguel Ángel Porrúa.

Navarro G., I. (2005). *Evaluación Ambiental y Epidemiológica para identificar factores de riesgo a la salud por contaminación del río Atoyac, México*. Instituto de Ingeniería, UNAM, Área de Saneamiento y Riesgo en sitios contaminados. México: UNAM.

NMX-AA-113-SCFI-1999. (1999). *Análisis de agua- Determinación de huevos de helminto- Método de prueba*. Norma, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. DGN, México.

Paretto, L. (12 de Enero de 2009). *Emprendedores*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2010, de www.tudecides.com.mx/articulos-y-casos-de-estudio/emprendedores/

PueblosAmerica.com. (Poblaciones cercanas a cuerpos de agua). Recuperado el 23 de Septiembre de 2009, de <http://mexico.pueblosamerica.com/>

SAGARPA. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2005-2008). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2009, de <http://www.sagarpa.gob.mx/Paginas/default.aspx>

SEMARNAT-Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Estado de Puebla-BUAP. (2007). *Dimensión Natural*. Proyecto de Ordenamiento Ecológico para la Región Centro-Poniente del estado de Puebla. POEREPO, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, Puebla.

SIAP. (sf). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. (SAGARPA, Productor)
Recuperado el 23 de Agosto de 2010, de <http://www.siap.gob.mx/index.php>

Subcomité técnico consultivo para la conservación, m. y. (2008). XI Reunión Nacional sobre iguanas., (pág. 9). México.

Tlaxcala, G. d. (2008). *tlaxcala.gob.mx*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2010, de www.tlaxcala.gob.mx/indicadores/index.html

Anexo

Tabla 1. Municipios y localidades de la Zona I

Zonas	Entidad	Municipio	Localidades	Población total
APIZACO				73,097
I	Tlaxcala	Apizaco	Apizaco,	49,459
I	Tlaxcala	Apizaco	Cerrito de Guadalupe	2,447
I	Tlaxcala	Apizaco	Sta. Anita Huiloac,	6,364
ATLANGATEPEC				5,487
I	Tlaxcala	Atlangatepec	Atlangatepec	465
I	Tlaxcala	Atlangatepec	Loma Bonita	212
I	Tlaxcala	Atlangatepec	Zumpango	1,179
MUÑOZ DE DOMINGO ARENAS				4,010
I	Tlaxcala	Muñoz de Domingo Arenas	Guadalupe Cuauhtémoc	574
I	Tlaxcala	Muñoz de Domingo Arenas	Muñoz,	1,880
SAN LUCAS TECOPILCO				2,623
I	Tlaxcala	San Lucas Tecopilco	Sn Lucas Tecopilco	2,464
TLAXCO				36,506
I	Tlaxcala	Tlaxco	Tlaxco de Morelos	13,158
XALTOCAN				8,474
I	Tlaxcala	Xaltocan	Cuatla,	784
I	Tlaxcala	Xaltocan	Sta. Bárbara	
I	Tlaxcala	Xaltocan	Acuicuizcatepec	615
I	Tlaxcala	Xaltocan	Xaltocan,	660
YAUHQUEMECAN				27,860
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	El Rosario Ocotoxco,	885
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Hualcaltzinco,	2,010
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Sn Benito Xaltocan,	4,908
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Sn Francisco Tlacuilohcan,	1,831
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Sn José Tetel,	6,588
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Sn Lorenzo Tlacualoyan	608
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Sta. María Atlihuahuetzian,	2,191
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Sta. Úrsula Zimatepec,	4,342
I	Tlaxcala	Yauhquemecan	Yauhquemehcan,	3,462
			Total	107,086

Tabla 2. Municipios y localidades de la Zona II

Zonas	Entidad	Municipio	Localidades	Población total
		AMAXAC	-----	7,878
II	Tlaxcala	Amamax	Amamax de Guerrero	7,314
		APETATITLAN DE ANTONIO CARBAJAL	-----	12,268
II	Tlaxcala	Apetatitlan de Antonio Carbajal	Apetatitlan	3,859
II	Tlaxcala	Apetatitlan de Antonio Carbajal	Belén Atzitzimitlán,	2,679
II	Tlaxcala	Apetatitlan de Antonio Carbajal	San Matías Tepetomatitlán,	1,974
II	Tlaxcala	Apetatitlan de Antonio Carbajal	Tecolotla	807
II	Tlaxcala	Apetatitlan de Antonio Carbajal	Tlatempan	2,760
		CONTLA DE JUAN COAMATZI	-----	32,341
II	Tlaxcala	Contla de Juan Coamatzi	Barrio La Luz,	725
II	Tlaxcala	Contla de Juan Coamatzi	Contla,	25,456
		PANOTLA	-----	22,368
II	Tlaxcala	Panotla	Fraccionamiento La Virgen,	1,412
II	Tlaxcala	Panotla	Panotla,	6,354
		SAN DAMIÁN TEXOLOC	-----	4,480
II	Tlaxcala	San Damian Texoloc	Sn Damián Texoloc	4,450
		STA. APOLONIA TEACALCO	-----	3,860
II	Tlaxcala	Sta Apolonia Teacalco	Sta. Apolonia Teacalco	3,794
		TETLATLAHUCA	-----	11,474
II	Tlaxcala	Tetlatlahuca	Sn Andrés Cuamilpa,	1,287
II	Tlaxcala	Tetlatlahuca	Sn Bartolomé Tenango,	1,607
II	Tlaxcala	Tetlatlahuca	Sta Ana Portales,	725
II	Tlaxcala	Tetlatlahuca	Sta. Cruz Aquiahuac	3,560
II	Tlaxcala	Tetlatlahuca	Tetlatlahuca,	4,089
		TLAXCALA	-----	83,748
II	Tlaxcala	Tlaxcala	La Trinidad Tepehitec	1,681
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Ocotlán,	22,082
II	Tlaxcala	Tlaxcala	San Diego Metepec,	2,610
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Sn Buenaventura Atempan,	2,000
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Sn Esteban Tizatlán,	5,415
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Sn Gabriel Cuauhtla,	7,220
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Sn Hipólito Chimalpa,	2,580
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Sn Lucas Cuauhtelulpan,	4,230
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Sta. María Ixtulco,	4,565
II	Tlaxcala	Tlaxcala	Tlaxcala de Xicohtécatl,	15,777
		TOTOLAC	-----	19,606
II	Tlaxcala	Totolac	Acxotla del río,	2,544
II	Tlaxcala	Totolac	La Candelaria Teotlalpan,	1,563
II	Tlaxcala	Totolac	Santiago Tepeticpac,	1,348
II	Tlaxcala	Totolac	Sn Francisco Ocotelulco,	1,754
II	Tlaxcala	Totolac	Sn Miguel Tlamahuco,	922
II	Tlaxcala	Totolac	Totolac,	6,523

II	Tlaxcala	Totolac	Zaragoza	1,456
NATIVITAS			-----	21,863
II	Tlaxcala	Nativitas	Jesús Tepactepec,	990
II	Tlaxcala	Nativitas	Nativitas,	1,381
II	Tlaxcala	Nativitas	Sn Vicente Xiloxochitla,	2,978
II	Tlaxcala	Nativitas	Sto. Tomás La Concordia,	2,553
II	Tlaxcala	Nativitas	Guadalupe Victoria,	1,019
II	Tlaxcala	Nativitas	Sn Miguel del Milagro,	933
II	Tlaxcala	Nativitas	Santiago Michac,	3,196
II	Tlaxcala	Nativitas	Sn Bernabé Capula	785
II	Tlaxcala	Nativitas	Sn José Atoyatenco,	1,606
II	Tlaxcala	Nativitas	Sn Miguel Analco,	1,243
II	Tlaxcala	Nativitas	Sn Miguel Xochitecatitla,	1,978
II	Tlaxcala	Nativitas	Sn Rafael Tenanyecac,	2,573
XICOHTZINCO			-----	10,732
II	Tlaxcala	Xicohtzinco	Xicohtzinco	10,732
TEPETITLA DE LARDIZÁBAL			-----	16,368
II	Tlaxcala	Tepetitla de Lardizábal	Guadalupe Victoria	608
II	Tlaxcala	Tepetitla de Lardizábal	San Mateo Ayecac	2,575
II	Tlaxcala	Tepetitla de Lardizábal	Tepetitla	8,291
II	Tlaxcala	Tepetitla de Lardizábal	Villa Alta	4,631
TLAHUAPAN			-----	33,831
II	Puebla	Tlahuapan	San Juan Cuauhtémoc	2,097
Total				207,291

Tabla 3. Municipios y localidades de la Zona III

Zonas	Entidad	Municipio	Localidades	Población total
TENANCINGO				10,632
III	Tlaxcala	Tenancingo	Tenancingo	10,559
SAN MATÍAS TLALANCALECA				9,998
III	Puebla	San Matías Tlalancaleca	Ex - Hacienda Molino de Guadalupe (San Félix)	351
III	Puebla	San Matías Tlalancaleca	Juárez Coronaco	2,872
III	Puebla	San Matías Tlalancaleca	San Antonio Chiautla de Arenas	1,210
III	Puebla	San Matías Tlalancaleca	San Francisco Tláloc	1,220
SAN SALVADOR EL VERDE				23,937
III	Puebla	San Salvador el Verde	San Lucas el Grande	7,985
SAN MARTÍN TEXMELUCAN				130,316
III	Puebla	San Martín Texmelucan	San Martín Texmelucan de Labastida	72,505
III	Puebla	San Martín Texmelucan	San Miguel Lardizábal (Col Altamirano)	211
III	Puebla	San Martín Texmelucan	San Rafael Tlanalapan	13,657
HUEJOTZINGO				59,822
III	Puebla	Huejotzingo	Sto Domingo Ciénega Honda	202
III	Puebla	Huejotzingo	Santa Ana Xalmimilulco	15,210
TLALTENANGO				5,676
III	Puebla	Tlaltenango	Tlaltenango	5,627
SAN MIGUEL XOXTLA				10,664
III	Puebla	San Miguel Xoxtla	San Miguel Xoxtla	10,545
CORONANGO				30,255
III	Puebla	Coronango	San Antonio Mihuacan	6,156
CUAUTLANCINGO				55,456
III	Puebla	Cuatlancingo	Fuerte de Guadalupe	835
III	Puebla	Cuatlancingo	Rancho Guadalupe	273
III	Puebla	Cuatlancingo	San Diego los Sauces	363
III	Puebla	Cuatlancingo	San Juan Cuatlancingo	21,040
III	Puebla	Cuatlancingo	San Lorenzo Almecatla	7,248
III	Puebla	Cuatlancingo	Sanctorum	24,250
SAN PEDRO CHOLULA				113,436
III	Puebla	San Pedro Cholula	Santiago Momoxpan	16,129
SAN ANDRÉS CHOLULA				80,118
III	Puebla	San Andrés Cholula	San Bernardino Tlaxcalancingo	38,541
PUEBLA				1,485,941
III	Puebla	Puebla	18 de marzo	882
III	Puebla	Puebla	Buenavista Tetela	820
III	Puebla	Puebla	El Oasis Valsequillo	322
III	Puebla	Puebla	Guadalupe	256

III	Puebla	Puebla	Guadalupe Victoria Valsequillo	453
III	Puebla	Puebla	Heróica Puebla de Zaragoza	1,399,519
III	Puebla	Puebla	La Libertad Tecola	578
III	Puebla	Puebla	La Paz Tlaxcolpan	656
III	Puebla	Puebla	Los Ángeles Tetela	1,760
III	Puebla	Puebla	Resurgimiento Atotonilco	252
III	Puebla	Puebla	San Andrés Azumiatla	8,837
III	Puebla	Puebla	San Antonio Arenillas	276
III	Puebla	Puebla	San Baltazar Tetela	3,309
III	Puebla	Puebla	San José el Aguacate	409
III	Puebla	Puebla	San José el Rincón	910
III	Puebla	Puebla	San José Xacxamayo	765
III	Puebla	Puebla	San Pedro Zacachimalpa	3,498
III	Puebla	Puebla	Santa Cruz la Ixtla	342
III	Puebla	Puebla	Santa María Guadalupe Tecola	1,241
III	Puebla	Puebla	Sta Clara La Venta	273
		OCOYUCAN	-----	21,185
III	Puebla	Ocoyucan	3a Sección de Sta Clara Ocoyucan	704
III	Puebla	Ocoyucan	Diez de abril	200
III	Puebla	Ocoyucan	San Isidro Petlácatl	324
III	Puebla	Ocoyucan	Santa Martha Hidalgo	1,389
		Ocoyucan	Sta Clara Ocoyucan	3,586
		TZICATLACOYAN	-----	5,758
III	Puebla	Tzicatlacoyan	San José Texaluca	715
			Total	1,689,265

Fuente: Elaboración propia a partir de: PueblosAmerica.com; INEGI, II Censo de Población 2005, SAGARPA.