

CAPÍTULO III

SITUACIÓN ACTUAL EN LA CIUDAD DE PUEBLA

3.1 Localización del proyecto

El proyecto se localiza en la ciudad de Puebla, que es capital del Estado y cabecera del municipio del mismo nombre y cuenta con una extensión de 13,000 has. aproximadamente (24.8% de la extensión total del municipio), con una precipitación pluvial anual de 800 mm.

Se estima que en 1994, el municipio contaba con una población de 1,161,775 habitantes, la cual, proyectada con la tasa media de crecimiento anual experimentada en la década de los ochenta (2.38%), alcanzaría 1,337,866 habitantes en el año 2000.

Los ríos Atoyac y Alseseca cruzan la ciudad de norte a sur y sus aguas desembocan en la presa Valsequillo..

La actividad económica es importante, principalmente en el sector industrial. En 1990, contaba con aproximadamente 2,600 establecimientos industriales. Para 1993, ya se encontraban operando un corredor y dos parques industriales que daban alojamiento a 122 industrias de los ramos metal-mecánica y textiles, principalmente.

3.2 Agua potable

a) Abastecimiento

El abastecimiento de agua potable en la ciudad de Puebla se realiza mediante la explotación de fuentes subterráneas de agua cruda constituidas por 123 pozos profundos, cuya producción estimada durante 1994 fue de 3.0 m³ por segundo, aproximadamente.

En las zonas donde no se cuenta con redes de distribución, los usuarios se abastecen directamente de 50 pozos independientes, los cuales tuvieron un gasto aproximado de 0.5 m³ por segundo durante 1994; dichos pozos son perforados directamente por los usuarios, quienes pagan a la Comisión Nacional del Agua (CNA) por su explotación, por lo que no forman parte del sistema formal de abastecimiento a cargo del sistema operador de Albatros (SOAPAP).

Actualmente, los niveles de explotación de los depósitos subterráneos sobrepasan la capacidad de recarga de los mismos; es decir, están sobreexplotados, lo cual ha provocado que en los últimos nueve años el acuífero del Valle de Puebla se haya abatido 20 metros y en algunos pozos hasta 5 metros al año¹⁵.

b) Infraestructura

En términos generales, la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable, presenta una problemática de diseño y de falta de equipamiento adecuado que se resumen en los siguientes puntos:

- Sólo el 10% de los 123 pozos del sistema cuentan con macromedición.
- Algunas líneas de conducción se conectan directamente a las líneas de distribución, alterando las presiones del sistema.
- La red de distribución muestra problemas de rupturas. De los 0.90 M³ por segundo de pérdidas físicas de agua que se estiman, la mayor parte se origina en la misma.
- Insuficiencia y obsolescencia de la infraestructura de agua potable y alcantarillado, que permite alcanzar solamente una cobertura en la dotación de los servicios entre la población del 81% y 80%, respectivamente.

c) Oferta

i) Producción

En la ciudad de Puebla los niveles de producción de agua potable corresponden a la capacidad máxima de las fuentes de abastecimiento con las que cuenta el sistema. De esta manera, la producción de agua potable en 1994, considerando las fuentes de abastecimiento del sistema y los pozos independientes, ascendió a 3.5 m³ por segundo. Sin embargo, las deficiencias en la red de distribución han ocasionado fugas aproximadas de 0.9 m³ por segundo, las cuales representaron el 29% de la producción; es decir, la denominada *eficiencia operativa* del sistema fue sólo de 71%.

ii) Suministro

Si se descuentan las pérdidas físicas, el sistema suministró a la población 2.15 m³ por segundo de agua potable durante 1994, lo que aunado a la producción de los pozos independientes proporcionó un suministro total de 2.65 m³ por segundo. Este monto constituye la *oferta efectiva* que enfrenta la demanda de agua potable.

d) Demanda

El consumo de agua potable puede ser clasificado de acuerdo al tipo de usuario, en el caso de la ciudad de Puebla dicho consumo se clasifica en: doméstico, comercial e industrial.

Las tomas llamadas *irregulares* no se encuentran registradas en el padrón del SOAPAP, sino que se abastecen de los pozos independientes, por lo que no reportan ningún ingreso al organismo, aunque le generan gastos de mantenimiento por el sistema de alcantarillado.

El suministro de agua potable se realiza, en su mayoría, sin medición, por lo que la modalidad del cobro de los servicios es a través de una cuota fija; esta situación limita la elaboración de registros estadísticos de los niveles de consumo, por lo que sólo se tienen estimaciones basadas en parámetros de consumo familiar que se clasifican de acuerdo a su nivel de ingreso y a sus requerimientos particulares de agua potable. En el cuadro No. 3.1 se describen los niveles actuales de consumo.

Cuadro 3.1 Consumo de agua potable en la Ciudad de Puebla, 1994

Usuario	Consumo mensual estimado por toma (m ³)	Número de tomas	Consumo mensual por grupo (millones de m ³)
Doméstico			
Grupo 1	13.1	87,889	1.15
Grupo 2	18.0	29,541	0.53
Grupo 3	30.0	14,863	0.45
Grupo 4	45.0	38,801	1.75
Grupo 5	70.0	10,060	0.70
Otros *	125.0**	26,500	3.31
Irregulares	30.0***	23,912	0.72
Total		231,566	8.61

Fuente: Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del municipio de Albatros.

*Se refiere a comercial e industrial

**Es la media aritmética de los consumos comercial e industrial

***Supuesto: el consumo de los irregulares es igual al del grupo 3

La oferta efectiva de agua potable es de 6.98 millones de m³ mensuales, mientras que la demanda asciende a 8.61 millones de m³ mensuales, por lo que se tiene un déficit de 1.63 millones de m³.

Cabe señalar que únicamente se toma en cuenta la demanda de las tomas registradas en el sistema y las tomas irregulares; sin embargo, no se incluye al 18.2% del total de viviendas del municipio de Puebla que no son cubiertas por la red de distribución de agua potable; si éstas fueran consideradas, la demanda mensual sería de 8.83 millones de m³ y el déficit se ubicaría en 1.85 millones de m³ mensuales.

Debido a esta situación, se raciona el suministro de agua potable mediante interrupciones periódicas, por lo que una forma alternativa de abastecimiento de agua potable es a través de pipas (carros-tanque de servicio privado), medio más común con el que la población complementa su consumo.

e) Demanda futura

De acuerdo con información del X y XI Censo de población y vivienda publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en 1994 la población ascendió a 1'161,775 habitantes¹⁶, cuya demanda promedio de agua potable fue de 8.83 millones de m³ mensuales.

La demanda futura de agua potable en el horizonte del proyecto se estimó con base en la tasa media anual de crecimiento poblacional experimentada en la década de los ochenta y considerando una dotación promedio de agua de 250 litros/habitante/día, además, se supuso que el actual sistema de cobro sobre la base de cuota se mantiene en el futuro; ver cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Demanda futura de agua potable

Año	Población	Demanda diaria (m ³)	Demanda Mensual (millones de m ³)
2000	1'337,866	334,467	10.17
2005	1'504,833	376,208	11.44
2010	1'692,638	423,159	12.87
2015	1'903,880	475,970	14.48

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, X y XI Censo de Población y Vivienda.

f) Precio

Los precios que se cobran por el abastecimiento del agua potable tienen la modalidad de *cuotas fijas* y *tarifas por servicio medido*, las primeras constituyen la modalidad más generalizada debido a la facilidad de su implementación, mientras que las segundas requieren de infraestructura para su medición, por lo que esta aplicación es menos extensiva.

Para el cobro de los servicios, el mercado es dividido en dos segmentos de acuerdo al uso de agua potable: *uso habitacional* y *otros usos*; el primero corresponde al sector doméstico y el segundo se refiere a los sectores comercial, industrial y de servicios.

16 Cifra obtenida considerando una población de 1,057,454 para 1990 y una TMAC del 2.38 % en la década de los ochenta.

Para el cobro por cuota fija del *uso habitacional*, la estructura tarifaria se define en base en la estratificación de la población según el nivel de ingreso familiar, y en el caso de *otros usos*, su estratificación se define en función de la zona socioeconómica en la que está ubicado el usuario.

Las cuotas fijas se integran por los siguientes conceptos: agua potable; drenaje (30% del cobro por agua potable); impuesto municipal (10% del cobro integrado de agua y drenaje) e impuesto al valor agregado (sobre el cobro del agua potable)

Si el precio que se cobra por el abastecimiento de agua potable es una cuota fija, significa que el precio que paga el consumidor por cada metro cúbico consumido (adicional o marginal) es igual a cero, es decir, que paga lo mismo por consumir un metro cúbico que por el consumo de diez metros cúbicos.

En 1994, solamente 969 tomas del sector doméstico, que constituyen menos del 1% del total, contaban con una tarifa por consumo medido, mientras que en el sector comercial e industrial la medición abarcaba 2,094 tomas, que representan al 10% del total. En ambos casos la tarifa es progresiva; es decir, el precio de cada m^3 de agua potable es mayor a medida que aumentan los niveles de consumo. El efecto positivo que sobre el consumo de agua pudiera traer esta medida, se ve reducido por la poca participación de usuarios bajo este régimen tarifario.

Con relación al costo unitario de producción por m^3 de agua potable, para su obtención, se consideran tres elementos: un costo de capital y dos costos operativos, el primero se obtiene de dividir el monto de los activos fijos y de las inversiones contempladas entre el total de metros cúbicos suministrados, mientras que los operativos se obtienen de dividir el monto de los costos de operación, mantenimiento y administrativos entre el total de metros cúbicos suministrados, por un lado, y captados, por otro. Con el promedio aritmético de estos tres costos se obtiene el costo unitario de producción de agua potable que en 1994 fue de N\$1.64 por m^3 .

3.3 Aguas residuales municipales

El sistema de alcantarillado municipal de la ciudad de Puebla es combinado, es decir, conduce las aguas residuales urbanas y pluviales; su descarga se realiza directamente sobre los ríos Atoyac y Alseseca sin tratamiento previo.

El parámetro generalmente aceptado indica que, aproximadamente sólo el 70% del agua consumida es desalojada a través del sistema de drenaje,

correspondiendo el 30% restante a las pérdidas por derrames, infiltraciones y evaporaciones. En 1994, el volumen de las aguas residuales vertidas sobre los ríos mencionados fue de aproximadamente 2.4m³ por segundo, dicho volumen se generó a través de 99 emisores del sistema de alcantarillado que descargan en tres cuencas del río Atoyac y en dos cuencas del río Alseseca.

Las aguas residuales que conduce el sistema municipal de alcantarillado son básicamente de origen doméstico; sin embargo, también descargan industrias cuyos procesos productivos generan aguas residuales con material orgánico. En 1994, el nivel de contaminación que registraron las descargas municipales en las cinco cuencas de ambos ríos se muestra en el cuadro 3.3.

De acuerdo con información del Directorio Industrial 1993 publicado por Nacional Financiera, el municipio de Puebla cuenta con dos parques industriales que albergan empresas de las ramas metal-mecánica y textil, principalmente. Cabe señalar que, los dos parques industriales no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Cuadro 3.3 Nivel de contaminación de las aguas residuales municipales, 1994

Puntos de descarga de las aguas residuales	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)*	Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)*	Nitrógeno (mg/l)*	Coliformes Totales (NMP/100 ml)
Río Atoyac				
Barranca del Conde	250	250	40	2.5x10 ¹⁵
San Francisco	291	224	39	2.4x10 ¹⁵
Atoyac Sur	250	250	40	2.4x10 ¹⁵
Río Alseseca				
Parque Ecológico	250	250	40	2.4x10 ¹⁵
Alseseca Sur	250	250	40	2.4x10 ¹⁵

Fuente: Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos

*/ Promedio anual.

En el cuadro 3.4 se describen los parámetros y niveles de contaminación que especifica la Norma Oficial Mexicana NOM-067-ECOL/1994, la cual establece los límites máximos permisibles para las descargas de aguas residuales provenientes de los sistemas de alcantarillado municipal con una población mayor a 80,000 habitantes (ver anexo 1).

Cuadro 3.4 Especificaciones NOM-067-ECOL/1994

Parámetro	Promedio diario	Instantáneo
PH (unidades de PH)	6 - 9	6 - 9

Sólidos suspendidos totales (mg/l)	50	80
Grasas y aceites (mg/l)	10	20
Sólidos sedimentables (ml/l)	1	1.2
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	50	80
Demanda química de oxígeno (mg/l)	100	160
Substancias activas al azul de metileno (mg/l)	5	8

Fuente: Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1995.

Al comparar los parámetros establecidos en la norma con los niveles identificados en las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado municipal de la ciudad de Puebla, es claro que éstos rebasan el máximo permitido (DBO Y SST); sin embargo no exige un máximo para los coliformes totales, cuyos efectos nocivos, se reflejan en la salud de la población.

Posiblemente en las condiciones particulares de descarga exigidas para el SOAPAP por la CNA, se establezca el valor máximo para dicho parámetro, en virtud de que los ríos Atoyac y Alseseca tienen como destino final la presa Valsequillo, cuyas aguas son utilizadas para riego agrícola y para este uso, el nivel de coliformes es importante.

De acuerdo al artículo 278 de la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua establecido en 1994, el SOAPAP, responsable de las descargas de aguas residuales, está obligado al pago del derecho por uso de los cuerpos receptores propiedad de la Nación, dado que el nivel de contaminación de sus descargas rebasa el límite permitido por la norma.

Sin embargo, la misma Ley, en sus artículos 282 y 282-A, establece que a los municipios o a sus entidades paraestatales o descentralizadas encargadas de la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, se les podrá exonerar del pago de este derecho cuando no rebasen los niveles de la norma, o bien, siempre y cuando presenten, y les sea autorizado por la CNA, un programa de construcción de obras de control de la calidad de sus descargas; de ser este el caso el periodo de exoneración del pago no podrá ser mayor a cuatro años.

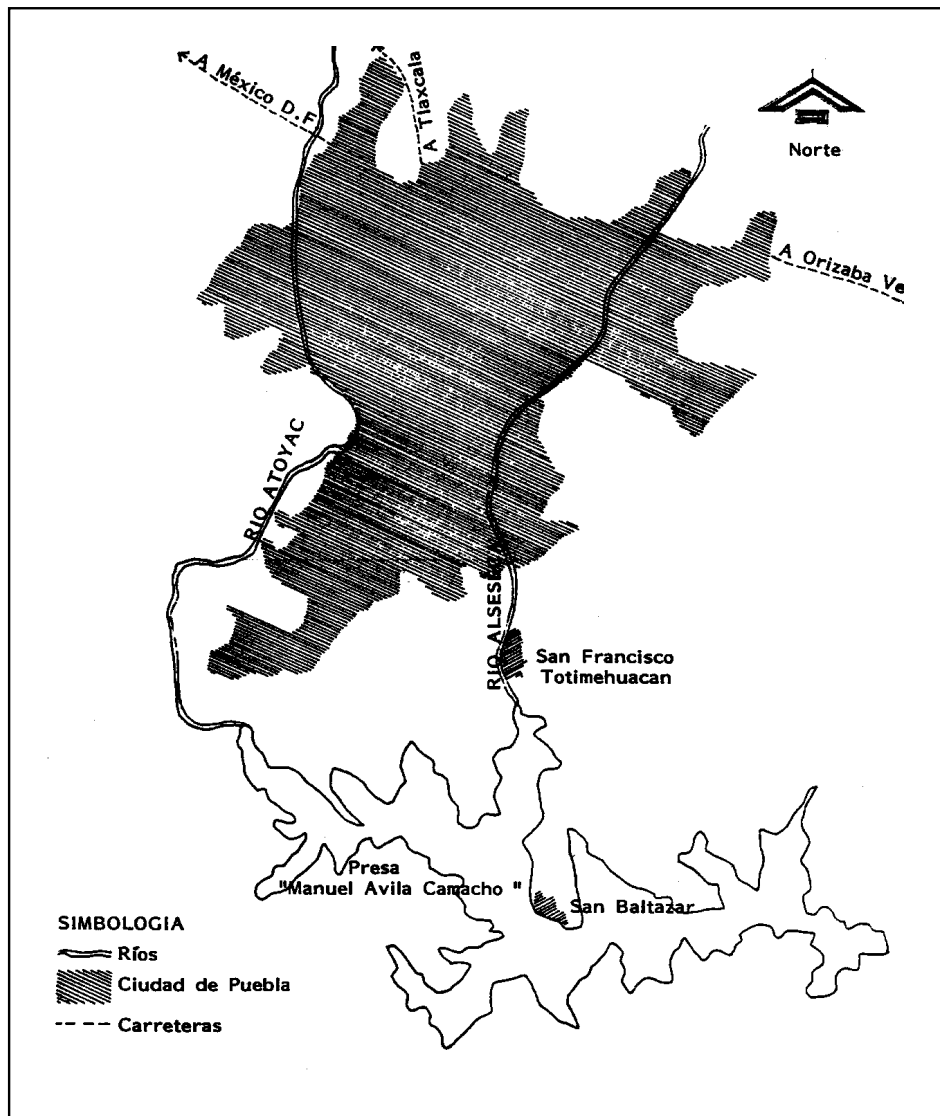
Cabe señalar que, la situación mencionada anteriormente es la que prevalece actualmente en la ciudad de Puebla.

3.4 Cuerpos receptores

Desde el punto de vista topográfico, la ciudad de Puebla presenta zonas de lomeríos suaves¹⁷ con pendientes hacia dos cauces, el río Atoyac y el río

¹⁷ Significa que el suelo no es completamente plano, sino que tiene pequeños bordes y pendientes ligeras, que conducen el agua de manera natural hacia los cuerpos receptores.

Alseseca, cuyos trazos son sensiblemente paralelos en sentido norte-sur hasta su descarga final en el vaso de la presa Valsequillo, localizada entre los llanos del sur de la ciudad de Puebla y la sierra del Tentzo (ver mapa 3.1).

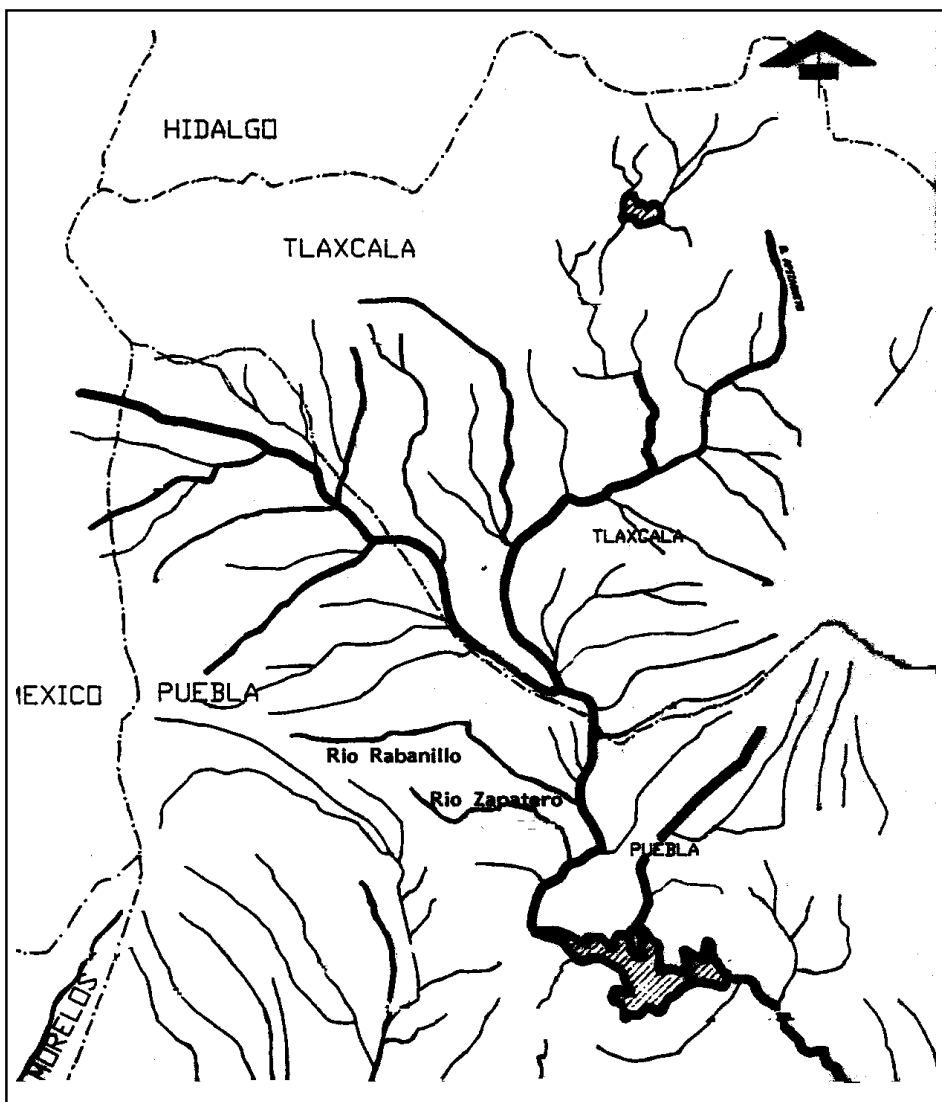


Mapa 3.1 Trayecto de los ríos Atoyac y Alseseca

a) Río Atoyac

El *río Atoyac* es el principal cuerpo receptor que cruza el municipio de Puebla, nace de los deshielos y escurrimientos del volcán Iztaccihuatl; en su recorrido por el valle de Puebla recibe como tributarios a los ríos Xopanac, Zanja Real y La Cadena, así como al río Zahuapan, que en su trayectoria cruza por el estado de Tlaxcala; recibe además aguas de los ríos Zapatero, el Rabanillo,

Ometlapanapa y San Francisco. Tiene una trayectoria oriente-poniente a lo largo de los límites geográficos de los estados de Puebla y Tlaxcala (ver mapa 3.2).



Mapa 3.2 Cuenca hidrológica

Este río tiene una trayectoria de 28.65 km. de recorrido en el municipio de Puebla y 16 km dentro de la mancha urbana de la ciudad, además cuenta con un área de protección de 20 metros a cada lado de la cota determinada por el registro máximo de caudal en sus secciones en los últimos 20 años¹⁸.

El caudal medio anual antes de la descarga en la presa Valsequillo es de 6.7m³/segundo¹⁹. El caudal medio anual de las aguas residuales de Puebla es de 1.73 m³/segundo²⁰. De acuerdo a la información anterior, la participación de las aguas residuales representan el 26% del caudal medio anual del río Atoyac.

Uno de los principales tributarios del río Atoyac es el río Zahuapan, el cual nace en el estado de Tlaxcala con una dirección norte-sur y se une al río Atoyac antes del municipio de Puebla. En el río Zahuapan se descargan las aguas residuales de las localidades de aproximadamente 12 municipios de Tlaxcala.

En la parte norte del estado de Tlaxcala donde inicia la formación del río Zahuapan se localiza la presa Atlangatepec, la cual tiene una capacidad de almacenamiento de 25 millones de m³ y suministra agua a 2,000 hectáreas agrícolas. Actualmente, en la presa se reproducen peces comestibles como tilapia y charales y además, viven aves silvestres como el pato gayareta.

b) Río Alseseca

El *río Alseseca* nace de las numerosas barrancas y corrientes intermitentes que descienden de las faldas de la montaña Malinche; se forma básicamente con las descargas del drenaje sanitario de la ciudad de Puebla (ver mapa 3.2), su caudal medio anual es de 0.8 m³/segundo²¹, compuesto por 0.7 m³/segundo de descargas de alcantarillado sanitario (88%) y 0.1 m³/segundo de otros escurrimientos (12%).

18 Programa regional de ordenamiento territorial "Angelopolos" (Gobierno del Estado de Puebla)

19 Estimado en base a la captación anual de la presa Valsequillo: 235 millones de metros cúbicos por año y el 89% son aportaciones del río Atoyac.

20 Grupo Mexicano de Desarrollo

21 Estimado en base a la captación anual de la presa Valsequillo: 235 millones de metros cúbicos por año y el 11% son aportaciones del río Alseseca.

El número de descargas a este río es de 275, de las cuales 147 son de origen doméstico, 16 industriales, 9 municipales y las restantes corresponden a distintos servicios; tiene una trayectoria de 32.2 Km. de recorrido en el municipio de Puebla, de los cuales 15 cruzan la mancha urbana; cuenta con un área de protección de 20 metros a cada lado de la cota determinada por el registro máximo de caudal en sus secciones en los últimos 20 años²².

c) Presa Valsequillo

La presa Valsequillo es el punto terminal de las cuencas descritas, fue construida en 1946 para beneficiar las 30,800 hectáreas, aproximadamente, del distrito de riego 2000, localizado en el municipio de Tecamachalco, Puebla.

Tiene una capacidad de 400 millones de m³ anuales; en los últimos 5 años se estima que ha tenido una captación de 235 millones de m³, de los cuales el río Atoyac ha aportado un total de 210 millones (89%) y el río Alseseca 25 millones (11%)²³.

Las concentraciones de contaminantes y caudales reportados por la CNA en los ríos y en la presa Valsequillo se resumen en el cuadro No. 3.5.

22 Angelopolis, Ibid.

23 Comisión Nacional del Agua Distrito de Riego 030 Valsequillo.

Cuadro 3.5 Concentraciones medias anuales de contaminantes en los cuerpos receptores de la ciudad de Puebla, 1994
Río Zahuapan, canal presa Atlangatepec P-1

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.1×10^2	1.1×10^6	1.8×10^5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	3	5	4
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	92	96	59

Río Zahuapan, puente carretera Tlaxcala-San Martín P-7

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.4×10^6	2.4×10^8	4.5×10^7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	24	36	29
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	52	113	57

Río Zahuapan, antes del Río Atoyac P-11

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.4×10^6	2.4×10^4	1.6×10^6
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	25	18	26
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	28	88	68

Río Atoyac, antes de la unión del Río Tlanalapan P-12

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.4×10^6	1.5×10^4	1.3×10^6
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	10	9	10
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	48	500	280

Río Atoyac, San Lucas P-13

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.4×10^7	2.4×10^7	1.2×10^7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	17	39	33
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	76	85	126

Río Atoyac, antes del Río Zahuapan P-18

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.4×10^5	2.4×10^8	8.1×10^7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	6	17	11
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	20	530	459

Río Atoyac, puente México Puebla-24

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.5×10^6	2.4×10^7	4.9×10^7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	56	24	25
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	40	440	304

Río Atoyac, puente Carmelita P-26

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.9×10^7	2.4×10^7	6.0×10^7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	40	16	32
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	130	2520	499

Río Atoyac, hidrométrica Echeverría P-28

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.9×10^7	9.3×10^6	4.7×10^7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	74	16	36
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	280	700	241

Río Alseseca, puente San Francisco P-22

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.4×10^8	9.3×10^6	5.6×10^8
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	215	225	258
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	120	320	132

Nivel de contaminación en la presa, Valsequillo, obra de toma P-32

Parámetro	Marzo	Julio	Medio anual
Coliformes totales (NMP/100ml)	2.1×10^2	4.3×10^2	1.2×10^4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)	3	4	5
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	40	30	28

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Monitoreos de 1994

Nota: Se consideró a marzo como el mes representativo de la época de sequía, y a julio como el mes representativo de la época de lluvia, El volumen captado por la presa anualmente es de 235 millones de metros cúbicos.

Definición de abreviaturas DBO: demanda bioquímica de oxígeno; cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, en un tiempo y a una temperatura específicas.

Coliformes totales: especies de bacterias que se encuentran en el intestino del hombre.

NMP: número más probable; número de organismos que, de acuerdo con la teoría estadística, sería entre los otros números posibles el más probable que se obtenga como resultado de un examen; se expresa en cantidad de organismos por 100 ml.

Cuadro 3.6 Caudales de los cuerpos receptores (Metros cúbicos por segundo)

Puntos de monitoreo	Marzo	Julio	Medio anual
P-12 Río Atoyac, antes de la unión del río Tlanalapan.	0.48	0.72	0.53
P-18 Río Atoyac, antes de la unión con el río Zahuapan	0.32		
P-24 Río Atoyac, puente México-Puebla (antes de Puebla)	0.17	7.99	3.79
P-28 Río Atoyac, Hidrométrica Echeverría (después de Puebla)	2.18	14.95	9.57
Estimación con base en la captación anual de la presa Valsequillo.			6.7
P-22 Río Alseseca, puente San Francisco	0.24	0.71	0.53
Estimación con base en la captación anual de la presa Valsequillo.			0.8

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Monitoreos de 1994. El volumen captado por la presa anualmente es de 235 millones de metros cúbicos.

En el cuadro 3.5 se puede observar que de acuerdo a los parámetros establecidos en las normas oficiales mexicanas, el agua del río Atoyac antes de la ciudad de Puebla presenta un alto contenido de coliformes totales, por lo que sólo puede ser utilizada para riego de granos básicos (NOM-CCA-032); el agua del río Alseseca no debe ser utilizada para ningún tipo de cultivo (NOM-CCA-033), y el uso del agua

de la presa Valsequillo, que abastece al distrito de riego 2000, queda restringido al riego de granos básicos.

Los niveles de contaminación del río Atoyac y los ríos tributarios muestran un aumento significativo conforme se van integrando las descargas de agua residual de los 36 municipios que se localizan en la cuenca, principalmente aguas arriba de la ciudad de Puebla. Los municipios se muestran en el cuadro 3.7, además, es importante resaltar que para 1995 se estiman 2.2 millones de habitantes que descargan en la cuenca.

Cuadro 3.7 Municipios ubicados en la cuenca hidrológica de la presa Valsequillo

Municipio	Habitantes*	Porcentaje
Puebla		
Coronango	24,691	1.13
Cuatlancingo	34,856	1.60
Chiauzingo	18,580	0.85
Domingo arenas	5,326	0.24
Huejotzingo	50,150	2.30
Puebla	1'268,945	58.22
San Martín Texmelucan	113,365	5.20
San Pedro Cholula	93,812	4.30
Tlahuapan	28,834	1.32
Taltenango	5,206	0.24
Subtotal	1'643,765	75.40
Tlaxcala		
Amazac de Guerrero	7,430	0.34
Apetatitlan	10,788	0.49
Atlangatepec	5,106	0.23
Apizaco	62,093	2.85
Españita	7,552	0.35
Ixtacuixtla	36,799	1.69
Mazatecochco	7,584	0.35
Juan Camatzin	26,856	1.23
Santorum	11,705	0.54
Nanacamilpa	15,404	0.72
Acuamanala	8,387	0.38
Nativitas	25,782	1.18
Panotla	21,484	0.99

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Anuario Estadístico de la ciudad de Puebla, 1994.

*/ población estimada con base en información de INEGI, Censo de Población y Vivienda, 1990.

Municipios ubicados en la cuenca hidrológica de la presa Valsequillo
(continuación)

Municipio	Habitantes	Porcentaje
San Pablo del Monte	49,100	2.25
Santa Cruz Tlaxcala	12,626	0.58
Tenancingo	11,699	0.54
Teolochoico	16,432	0.75
Tepeyanco	20,330	0.93
Tetla	18,515	0.85
Tetlatlahuca	18,961	0.87
Taxco	32,507	1.49
Totolac	18,240	0.84
Papalotla	20,666	0.95
Xicotzingo	10,276	0.47
Yauhquemecac	15,339	0.71
Zacatelco	43,980	2.02
Subtotal	535,641	24.60
Total	2'179,406	100.00

De acuerdo con la CNA, para 1993 se contaba con 14 plantas de tratamiento en los municipios de la cuenca con una capacidad de tratamiento de 532 (lps), las plantas se localizan en el estado de Tlaxcala, es importante resaltar la baja capacidad de operación. La mayoría de las plantas requieren rehabilitación y otras, operan por debajo de su capacidad de diseño. A principios de 1995, se puso en marcha la operación de una planta de tratamiento en San Martín Texmelucan con un capacidad de 192 litros por segundo (lps), en el cuadro 3.8 se muestran las plantas de tratamiento de la cuenca.

Cuadro 3.8 Plantas de tratamiento en la cuenca hidrológica de la Presa Valsequillo, 1993

Ubicación y/o nombre	Municipio	Habitantes	Gasto de diseño (lps*)	Gasto de operación (lps*)	Tipo de proceso	Situación
Tlaxcala						
Apetatitlán	Apetatitlán	5,999	11.5	10	Lagunas de estabilización	Requiere rehabilitación y ampliación
Apizaco A	Apizaco	19,078	100	50	Lagunas aereadas	Requiere rehabilitación y ampliación
Apizaco B	Apizaco	37,075	180	90	Filtros Biológicos	
Atlamaxac	Tepeyanco	10,655	30	9	Rafa	Requiere rehabilitación
Atotonilco	Ixtacuixtla	1,273	7.5	3.5	Lagunas de estabilización	
Cd. industrial Xicotencatl	Tetla	208	32	7	Lagunas aereadas	
Colonia Morelos	Apizaco	0	1	1	Lagunas de estabilización	Requiere rehabilitación
Huiloac, Santa Anita	Apizaco	0	10	0	Lagunas-pantano	proyecto
Ixtacuixtla	Ixtacuixtla	1,954	55	45	Lagunas aereadas	
San Lorenzo Axocomanitla	Zacatelco	0	50	50	Lagunas de estabilización	
San Felipe	Ixtacuixtla	0	80	55	Lagunas de estabilización	
Santorum	Santorum	3,291	5	3	Lagunas de estabilización	
Tlaxcala	Tlaxcala	82,155	250	190	Lagunas aereadas	
Tlaxco	Tlaxco	3,814	12.6	9	Lagunas de estabilización	Requiere rehabilitación
Xicohtzingo	Xicohtzingo	6,283	22	9	Lagunas de estabilización	Requiere rehabilitación
Zacatelco	Zacatelco	0	15	0	Desconocido	Proyecto
Total			861.6	531.5		
Puebla						
Cholula	Cholula	0	149	0	Lodos activados	Proyecto
Huejotzingo	Huejotzingo	0	149	0	Desconocido	Proyecto
V.W.	Puebla	0	50	0	Tanque imhoff	No opera
San Francisco Tepeyacac	San Martín Texmelucan	0	22.5	0	Lodos activados	En construcción
San Martín Texmelucan	San Martín Texmelucan	57,519	192	0	Filtros biológicos	En construcción y operación
Total			484.3	0		
Gran total		229,304	1,345.9	531.5		

Fuente: Comisión Nacional del Agua. N.d. no disponible

*/litros por segundo.

**/Inició operaciones con capacidad de diseño a principios de 1995.

Por otra parte, en el área de influencia se localizan 12 parques industriales (ver anexo 4), los cuales albergan aproximadamente a 226 industrias de diversas ramas entre las que destacan la textil, química, materiales de construcción, electromecánica y automotriz. En el cuadro 3.9 se enumeran los parques industriales que se ubican en la cuenca.

Cuadro 3.9 Parques Industriales ubicados en cuenca hidrológica de la presa Valsequillo.

Nombre	Municipio	Giro
Tlaxcala		
Parque industrial Ixtacuxtla	Ixtacuixtla	Refresquera, textil y química
Parque industrial Xiloxotla	Tepeyanco	Textil y bebidas alcohólicas
Ciudad industrial Xicohtencatl	Tetla	textil, juguetes, eléctricas,
Corredor industrial Xicotzingo -	Xicotzingo	Electrónicas y mecánicas
Panzacola	Panzacola	Textil, química y construcción
Puebla		papeleras
Corredor industrial Quetzalcoatl		
Área 2	Huejotzingo	En proyecto
Corredor industrial Quetzalcoatl		
Área 3	Huejotzingo	En proyecto
Corredor industrial Quetzalcoatl		Farmacéutica, construcción
Área 4	Huejotzingo	Alimentos y jabones metal
Parque industrial Puebla 2000	Puebla	mecánica,
		Alimentos, construcción y
		electromecánicos textil,
		electromecánicos, alimentos,
		mármoles, pinturas
		y tuberías
Parque industrial 5 de Mayo	Puebla	
Parque industrial Texmelucan	San Martín	
área		
2	Texmelucan	Textil y alimentos
Corredor industrial Quetzalcoatl	San Martín	Construcción, café y recuperación
Área 1	Texmelucan	de plomo
V.W.	Puebla	automotriz
Ciba Geigi	Puebla	Fungicidas e insecticidas

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Nacional Financiera, S.N.C., Directorio Industrial, 1993. Visitas realizadas a la cuenca hidrológica.

La actividad industrial en San Martín Texmelucan y Huejotzingo es importante a nivel estatal, principalmente en San Martín, ya que después del municipio de Puebla, es el que contribuyó mayormente al valor total de la producción industrial del Estado en 1988¹. En 1993, san Martín contaba con dos corredores industriales con empresas de las ramas metal-mecánica, petroquímica y alimenticia, principalmente; en tanto que Huejotzingo, contaba con tres corredores industriales con empresas

dedicadas a la rama química-farmacéutica y textil, principalmente²⁴. En ambos corredores industriales no se reportaron plantas de tratamiento de aguas residuales.

3.5 Tierras agrícolas

La presa Valsequillo suministra agua al distrito de riego 030 "Valsequillo" localizado en el municipio de Tecamachalco, Puebla, el distrito de riego aprovecha aproximadamente 200 millones de m³ del agua que la presa almacena anualmente y cuenta con una superficie de 30,820 hectáreas susceptibles de ser cultivadas; sin embargo, debido a la escasa captación de agua obtenida el año pasado, únicamente se regaron 20,617 hectáreas.

De acuerdo a los parámetros establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-032-ECOL/1993, el agua de la presa se puede usar únicamente para sembrar los productos que actualmente se explotan en el distrito de riego; sin embargo, no se puede usar para sembrar cultivos más rentables como podrían ser las hortalizas.²⁵

Los cultivos que se siembran actualmente se concentran mayormente en granos básicos, siendo los más importantes los que se describen en el cuadro 3.10

Cuadro 3.10 Producción del ciclo agrícola 1993-1994.

Cultivo	Superficie (has)	porcentaje
Maíz	13,884	67.0
Frijol	3,289	16.0
Alfalfa	2,670	13.0
Chile	774	4.0
Total	20,617	100.00

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Reporte Anual de Producción, 1995.

En el cuadro 3.11 se muestra el valor actual de la producción total del distrito de riego 2000 y en el cuadro 3.12 el valor actual de la producción por hectárea, así como sus respectivos costos de producción.

24 Nacional Financiera, S.N.C., Directorio Industrial 1993.

25 El Número más probable (NMP) de coliformes que la C.N.A. reportó en los monitoreos que realiza para determinar la calidad del agua de la presa fue de 43,000 NMP/100 ml. en 1994, debido a esta característica y de acuerdo a lo que exige la norma, para poder sembrar hortalizas con "cascara" no comestible, el agua de riego debe tener un máximo de 1000 coliformes NMP/100 ml.

Cuadro 3.11 Producción y valor de la producción total del distrito de riego 030 "Valsequillo"(nuevos pesos de mayo de 1995)

Cultivo	Superficie (Has)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Ton)	Precio Medio Rural	Valor de la Producción N\$	Costo de producción N\$	Utilidad de producción N\$
Maíz	13,884	3.7	51,370.8	650	33'391,020	26'240,760	7'150,260
Frijol	3,289	1.3	4,275.7	2,000	8'551,400	4'933,500	3'617,900
Alfalfa	2,670	70.0	186,900.0	100	18'690,000	8'811,000	9'879,000
Chile	774	1.1	851.4	3,000	2'554,200	2'006,800	547,400
Total	20,617				63'186,620	41'992,060	21'194,560

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Reporte Anual de Resultados, 1994. Tipo de cambio: N\$6.05 por US dls.

La utilidad que genera el cultivo de las 20,617 hectáreas del distrito de riego 2000, considerando los niveles actuales de contaminación, asciende a N\$21'194,560.00.

Cuadro 3.12 Valor de la producción por hectárea del distrito de riego 030 "Valsequillo" (nuevos pesos de mayo de 1995)

Cultivo	Superficie (Has)	%	Rendimiento (Ton/Ha)	Precio Medio Rural	Valor de la Producción N\$	Costo de producción N\$	Utilidad de producción N\$
Maíz	13,884	67.0	3.7	650	2,405	1,890	515
Frijol	3,289	16.0	1.3	2,000	2,600	1,500	1,100
Alfalfa	2,670	13.0	70.0	100	7,000	3,300	3,700
Chile	774	4.0	1.1	3,000	3,300	2,900	400
Total							1,017*

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Reporte Anual de Resultados, 1994. Tipo de cambio: N\$6.05 por US dls.

* Corresponde al promedio ponderado por la participación porcentual de los cuatro cultivos.

3.6 Salud de la población

Es posible que la contaminación de los cuerpos receptores de aguas residuales haya contribuido al desarrollo de enfermedades infecciosas y parasitarias del aparato digestivo, provocando pérdidas en las actividades económicas y en la población del área de estudio.

De acuerdo con información de las instituciones del sector salud, durante 1994, de una población total de 1'161,775 habitantes se detectaron en la ciudad de Puebla 11,763 casos de enfermedades infecciosas; es decir, un caso anual por cada 99 habitantes. Dichas enfermedades se describen en el cuadro 3.13.

Cuadro 3.13 Enfermedades infecciosas y parasitarias detectadas en la ciudad de Puebla durante 1994

Enfermedad	Total Casos	SSA	IMSS ¹	ISSSTE ²	Otras ³
Amibiasis	6,103	1,678	1,330	502	2,593
Ascariasis	3,572	982	778	294	1,518
Oxiuriasis	693	191	151	57	294
Intoxicación alimentaria	574	158	125	47	244
Giardiasis	384	105	84	31	164
Fiebre tifoidea	213	59	46	17	91
Paratifoidea y otras salmonelas	102	28	23	8	43
Shigelosis	94	26	20	8	40
Cólera	28	25	1	0	2
Total	11,763	3,252	2,558	964	4,989

Fuente: Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), Coordinación de Estadísticas Vitales. 1. Instituto Mexicano del Seguro Social, ciudad de Albatros. 2. Instituto de Seguridad Social al Servicio de los trabajadores del Estado, ciudad de Puebla. 3. Hospitales privados; Instituto del Niño poblano y Hospital Universitario de Puebla.

Asimismo, los costos en los que se incurrió por el tratamiento de cada caso detectado en la ciudad de Puebla, se describen en el cuadro 3.14.

Cuadro 3.14 Costo por tratamiento de enfermedades detectadas durante 1994 en la ciudad de Puebla*

Enfermedad	Clasificación	Núm. casos	Costo / caso (\$)	Costo total (\$)
Amibiasis	graves	183	2,145	392,535
	no graves	5,920	480	2'841,600
Ascaiiasis	graves	107	1,226	131,182
	no graves	3,465	380	1'316,700
Shigelosis	graves	3	1,136	3,408
	no graves	91	290	26,390
Fiebre tifoidea	graves	11	2,145	23,595
	no graves	202	523	105,646
Giardiasis	graves	8	793	6,344
	no graves	376	290	109,040
Intoxicación alimentaria	graves	46	1,992	91,632
	no graves	528	523	276,144
Oxiuriasis	graves	55	793	43,615
	no graves	638	290	185,020
Paratifoidea y otras salmonelas	graves	5	1,659	8,295
	no graves	97	380	36,860
Cólera	graves	3	2,235	6,705
	no graves	25	593	14,825
Total	graves	421	14,124	707,311
	no graves	11,342	3,749	4'912,225

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Salud del estado de Puebla.

*/ precios de 1995.

3.7 Programa de inversiones

De la descripción de la situación actual que prevalece en la ciudad de Puebla, en los diferentes aspectos mencionados, se puede resumir que adicional al problema de contaminación de los cuerpos de agua, existe el relativo al sector del agua potable, que se manifiesta en la presencia de déficit en la cobertura del agua potable y alcantarillado y de la baja eficiencia operativa y administrativa del SOAPAP, que al igual que la contaminación, le están provocando costos a la población.

En este contexto, actualmente existe un programa de inversiones de agua potable y saneamiento ambiental para la zona metropolitana de Puebla, que comprende los municipios de Puebla, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula, Cuatlanzingo y Amozoc. Los componentes que se contemplan son los siguientes:

- Rehabilitación y ampliación de la infraestructura del sistema de agua potable y alcantarillado, incluyendo la macro y micromedición.
- Tratamiento de las aguas residuales que descargan en los ríos Atoyac y Alseseca. En este componente, se encuentra el proyecto de las cinco plantas de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Puebla
- Fortalecimiento institucional del SOAPAP.
- Programa de educación ambiental y comunicación social, así como el control de las descargas del sector industrial.

Este programa se pretende ejecutar en tres años, realizando de manera simultánea todas las acciones mencionadas. Sería conveniente que previo a la realización de las acciones de saneamiento (construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales), se estudiara la posibilidad de realizar algunas otras acciones en la cuenca que pudieran apoyar de una mejor manera las acciones de saneamiento. Entre éstas acciones se pueden mencionar las siguientes:

- a) Las correspondientes al sector agua potable.

En virtud de que la producción y calidad de las aguas residuales está en función del volumen y tipo de consumo de agua potable, las acciones de macro y micromedición en conjunción con una adecuada política tarifaria, podrían propiciar una disminución de la cantidad demandada de agua potable, la cual a su vez, disminuiría la producción de aguas residuales y en consecuencia, podrían impactar el diseño original de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Por otra parte, la rehabilitación de la red de distribución, que al parecer es una de las partes del sistema en donde se originan la mayor parte de las pérdidas físicas de agua, provocaría una disminución de las mismas, logrando un mejor aprovechamiento del agua extraída de las actuales fuentes de captación.

La realización conjunta de estas acciones, previas a la construcción de las plantas de tratamiento, seguramente incidirá en los patrones de consumo y generación de aguas residuales y contribuiría a postergar las inversiones en nuevas fuentes de captación.

- b) Las correspondientes a la infraestructura de saneamiento en los municipios de Tlaxcala ubicados en la cuenca.

Valdría la pena analizar la posibilidad de llevar a cabo la rehabilitación de la infraestructura de saneamiento (lagunas de estabilización, principalmente), localizada en varias poblaciones del estado de Tlaxcala, aguas arriba de la ciudad de Puebla y que forman parte de la región de la cuenca, que permita que ésta infraestructura opere con los gastos y condiciones de calidad del tratamiento según su diseño, y así, poder también contribuir a disminuir los niveles de contaminantes de los ríos Atoyac y Zahuapan. Esta medida sumada al proceso de autpurificación que dichos ríos podrían tener en su transcurso hasta la llegada a la ciudad de Puebla, podría reducir el nivel de contaminación de dichos ríos y, tal vez, contribuiría a modificar el proceso de tratamiento de las plantas de Puebla.