Resumen Ejecutivo

Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular

Para el "Proyecto ejecutivo para la construcción del Macro Colector de aguas residuales "PTAR Ávila Camacho" para el saneamiento del Río Atoyac, en varias localidades en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, en el estado de Puebla"

13 Poniente 2504 B, Colonia La Paz, Puebla, Puebla,
+ 52 222 107 2315
administracion@iaxsgroup.com.mx

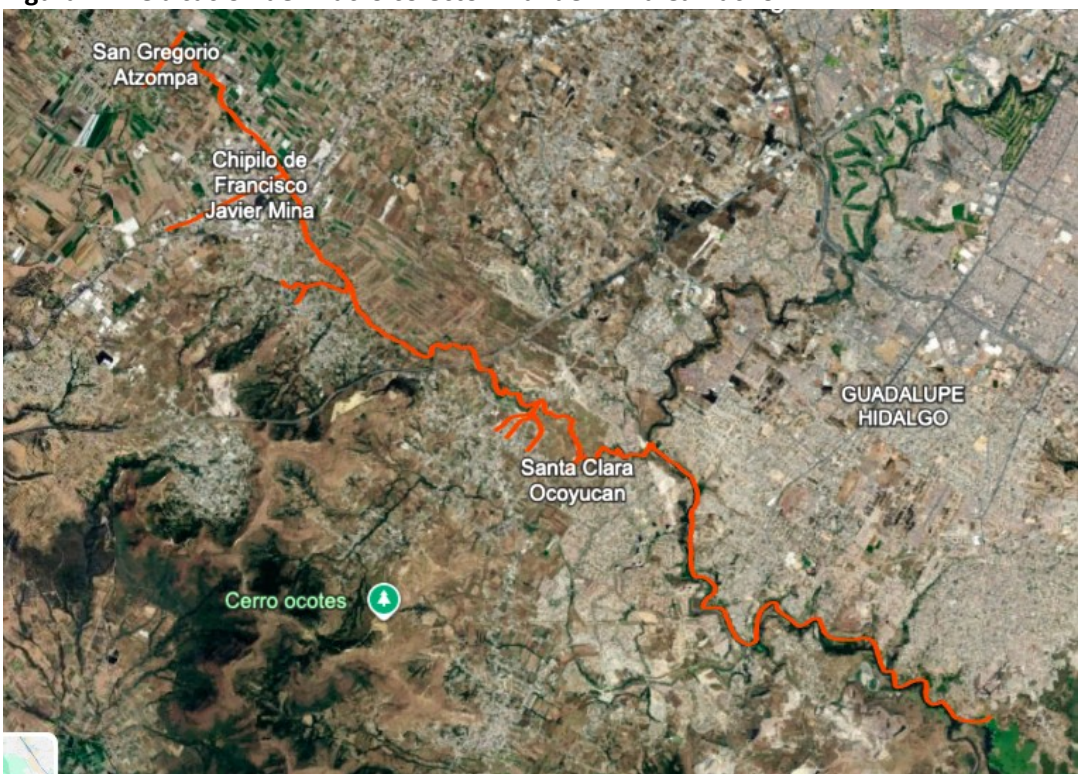
I. Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental

1.1 Datos generales del Proyecto

Nombre del proyecto: Proyecto ejecutivo para la construcción del Macro Colector de aguas residuales “PTAR Ávila Camacho” para el saneamiento del Río Atoyac, en varias localidades, en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, en el estado de Puebla (Figura 1.1).

Ubicación del proyecto: El proyecto está ubicado en cuatro municipios del estado de Puebla (Figura 1.1) Principalmente en tres de ellos: Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. Asimismo, está dividido en cinco ramales: 1) San Bernabé Temoxtitla, 2) Santa Clara Ocoyucan, 3) San Gregorio Atzompa, 4) Chipilo y 5) Puebla (Figura 1.3).

Figura 1.1. Ubicación del macro colector Manuel Ávila Camacho



Fuente: elaboración propia, 2026.

Vida útil del proyecto

La vida útil del proyecto se establece en un periodo de tres años para llevar a cabo las etapas de preparación del sitio y construcción de la nueva infraestructura. El proyecto comprende cinco tramos con una longitud total de 8,418.894 metros lineales, distribuidos en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. Para cumplir con el plazo establecido, se contempla la operación simultánea de cinco frentes de trabajo, uno por cada colector y tramo que integra el proyecto, garantizando así el avance paralelo de las obras en los diferentes municipios.

En cuanto a la etapa de operación y mantenimiento, el periodo de diseño de la infraestructura se estima entre 5 y 20 años, lapso durante el cual el sistema operará bajo las condiciones hidráulicas y estructurales para las que fue proyectado. Dicho periodo puede variar en función de diversos factores, tales como las condiciones constructivas, los materiales empleados, así como el mantenimiento preventivo y correctivo que reciba la infraestructura a lo largo de su vida en servicio. No obstante, es importante señalar que la infraestructura podrá continuar en operación aun después de haber superado el periodo de diseño original, de manera indefinida, siempre y cuando se le proporcione un mantenimiento adecuado y oportuno, tal como se establece en la siguiente tabla.

Tabla 1. Vida útil del proyecto

Vida útil del proyecto	
Meses / Años	
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 / 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	
Preparación del sitio	24-30 meses
Construcción	17 meses
Vida útil de atarjeas en San Bernabé Temoxtitla	De 5 a 20 años
Vida útil de atarjeas Santa Clara Ocoyucan	De 5 a 20 años
Vida útil de atarjeas Colector San Gregorio Atzompa	De 5 a 20 años
Vida útil de atarjeas Chipilo	De 5 a 20 años

II. Descripción del proyecto

2.1. Descripción detallada del proyecto

2.1.1. Nombre del proyecto

Proyecto ejecutivo para la construcción del Macro Colector de aguas residuales “PTAR Ávila Camacho” para el saneamiento del río Atoyac, en varias localidades, en los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla, en el estado de Puebla.

2.1.2. Naturaleza del proyecto

En el marco de los 100 compromisos para el Segundo Piso de la 4T, la Presidenta de la República, Dra. Claudia Sheinbaum Pardo, estableció el compromiso número 92, referente a la limpieza y saneamiento de los tres ríos más contaminados del país, entre los cuales se encuentra el Río Atoyac. En atención a dicho compromiso, la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Puebla (CEASPUE) ha implementado acciones concretas orientadas a su rescate y recuperación ambiental.

Con el propósito de captar y tratar adecuadamente este volumen de aguas residuales no controladas, se requiere la construcción del Macro Colector PTAR Ávila Camacho. El trazo del Macro Colector comprende cinco ramales (Figura 2.1), cuyo recorrido integrado da cobertura a las siguientes localidades y zonas de captación:

1. **Ramal San Bernabé Temoxtitla** — tramo correspondiente al extremo poniente del sistema, en el municipio de Ocoyucan.
2. **Ramal Santa Clara Ocoyucan** — tramo central-sur, que concentra la descarga de aguas residuales de las localidades de Santa Clara Ocoyucan y sus inmediaciones.
3. **Ramal San Gregorio Atzompa** — tramo noroeste, que capta los efluentes generados en la cabecera municipal de San Gregorio Atzompa y la localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina.
4. **Ramal Chipilo** — tramo de interconexión que recorre la zona agrícola-periurbana entre Chipilo y el nodo de confluencia en Santa Clara Ocoyucan.
5. **Ramal Puebla** — tramo oriente, que conduce los caudales recolectados hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Ávila Camacho, punto de descarga y tratamiento final del sistema.

El trazo total del Macro Colector tiene una longitud de **8,418.894 metros lineales**, distribuidos entre los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. En su recorrido, el sistema sigue en gran medida la cuenca hidrológica del **Río Atoyac**, principal cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales en la región, el cual atraviesa de poniente a oriente el área de estudio antes de internarse en la zona urbana consolidada del municipio de Puebla.

Figura 2.1. Ubicación de obras proyectadas



A continuación, se describe cada uno de los elementos del Macro Colector**:**

Colector Ocoyucan

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las localidades de San Bernabé Temoxtitla y Santa Clara Ocoyucan, pertenecientes al municipio de Ocoyucan, registran una población conjunta de 11,285 habitantes. Considerando la dinámica de crecimiento poblacional de la zona metropolitana de Puebla-Tlaxcala, se estima que para el año 2025 dicha población asciende a aproximadamente 12,767 habitantes. Ellos serán beneficiados directamente con la construcción del colector al contar con un sistema de saneamiento adecuado para la conducción y tratamiento de sus aguas residuales.

De acuerdo con el análisis cartográfico del área de proyecto, el trazo del colector atraviesa tres tipos de zonas claramente diferenciadas (ver figuras 2.2 y 2.3) En su tramo norte, correspondiente a Santa Clara Ocoyucan, el corredor discurre por territorio de carácter periurbano y rural, con presencia de barrancas, vegetación nativa y parcelas agrícolas. En su tramo central, el trazo cruza una zona de transición urbana caracterizada por la presencia de áreas verdes, barrancas pronunciadas y desarrollo habitacional incipiente. Finalmente, en su tramo sur y oriente, el colector atraviesa zonas urbanas consolidadas con alta densidad habitacional, infraestructura vial definida y servicios subterráneos existentes, hasta confluir con el Macro Colector receptor.

Colector San Bernabé Temoxtitla (A y B)

La localidad de San Bernabé Temoxtitla, perteneciente al municipio de Ocoyucan, cuenta con una población de 5,187 habitantes distribuidos en 655 viviendas. De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, únicamente 125 viviendas se encuentran conectadas al servicio público de drenaje, lo que representa apenas el 19% del total de hogares de la localidad. Esta condición evidencia una carencia crítica en materia de saneamiento que el presente proyecto busca atender mediante la construcción del Colector San Bernabé Temoxtitla.

Figura 2.2. Ubicación de colector San Bernabé Temoxtitla A y B



Colector Santa Clara Ocoyucan (A, B, C y D)

El Colector Santa Clara Ocoyucan beneficiará directamente a las localidades de Santa Clara Ocoyucan, Tercera Sección de Santa Clara Ocoyucan y Primera Sección de Santa Clara Ocoyucan. Todas pertenecen al municipio de Ocoyucan, con una población conjunta de 6,733 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI. Estas comunidades presentan rezagos significativos en materia de infraestructura de saneamiento, situación que ha sido documentada por la propia CEASPUE mediante intervenciones previas en la red de drenaje existente. El suelo predominante en el área de proyecto es de tipo feozem, con textura arcillosa-arenosa, lo que deberá considerarse en el diseño constructivo y en las medidas de mitigación aplicables durante la etapa de edificación.

Figura 2.3. Ubicación del colector Santa Clara Ocoyucan A, B, C y D



Fuente: Elaboración propia, 2026.

Colector San Gregorio Atzompa (A y B)

El Colector San Gregorio Atzompa beneficiará directamente a la cabecera municipal de San Gregorio Atzompa, que cuenta con una población de 5,066 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, distribuidos en aproximadamente 1,960 viviendas. De este total, el 35% carece de conexión a la red pública de drenaje, lo que representa una carencia crítica en materia de saneamiento. Con una tasa de crecimiento anual del 1.7%, se estima que para el año 2025 la población beneficiada asciende a aproximadamente 5,510 habitantes.

Figura 2.4. Ubicación del colector San Gregorio Atzompa



Fuente: Elaboración propia, 2026.

El Colector San Gregorio Atzompa presenta un trazo de orientación noreste-suroeste con una longitud total de 934.57 metros, dividido en dos tramos. El Tramo A, con 299.14 metros, inicia en la zona noreste de la localidad, en las proximidades del Barrio de Tzocuila, atravesando por área de transición urbana hacia el núcleo central de San Gregorio Atzompa. El Tramo B, con 635.43 metros, continúa con una inflexión hacia el oriente bordeando instalaciones agroindustriales y zonas de parcelas agrícolas, para descender posteriormente hacia el sur en dirección a la localidad de San Miguel, donde se realiza la conexión con el sistema colector receptor. El trazo cruza una zona de carácter semirural, con mezcla de uso habitacional, agrícola y agroindustrial, lo que condiciona tanto el método constructivo como las medidas de mitigación aplicables durante la etapa de edificación.

Colector Chipilo

El Colector Chipilo beneficiará directamente a la localidad de Chipilo de Francisco Javier Mina, perteneciente al municipio de San Gregorio Atzompa, con una población de 4,059 habitantes de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI. Esta localidad, fundada en 1882 por inmigrantes italianos de la región del Véneto, presenta actualmente una red de agua potable y drenaje obsoleta que representa una carencia prioritaria en materia de saneamiento. Con una tasa de crecimiento anual del 1.7%, se estima que para el año 2025 la población beneficiada asciende a aproximadamente 4,415 habitantes.

Figura 2.5. Ubicación del colector Chipilo



Fuente: Elaboración propia, 2026.

En la figura 2.5 se puede observar que el trazo del Colector Chipilo recorre en orientación norte-sur a lo largo de 1,728.55 metros, atravesando tres zonas claramente diferenciadas. En su extremo norte, el trazo inicia en zona periurbana con características rurales, bordeando la localidad de San Miguel y terrenos de uso agrícola. En su tramo central, el colector atraviesa el núcleo urbano consolidado de Chipilo de Francisco Javier Mina, zona de alta densidad habitacional y actividad comercial e industrial, donde se ubica la red de drenaje existente con obsolescencia documentada. En su extremo sur, el trazo continúa hacia la Primera Sección en dirección al Área de Santa Martha Hidalgo, donde se realizará la conexión con el sistema receptor. El alineamiento sigue en gran medida la vialidad principal de la localidad, lo que condiciona el método constructivo y las medidas de manejo de tránsito durante la etapa de edificación.

Colector Puebla

El Tramo Puebla, con una longitud de 2,265.20 metros, constituye el tramo de mayor complejidad ambiental y constructiva del proyecto. Su alineamiento atraviesa en orientación oeste-este siguiendo el cauce de una barranca natural que atraviesa las colonias San Ramón, Bosques de la Cañada, Unión Antorchista, Geovillas del Sur y Constitución Mexicana, en el municipio de Puebla. La presencia de esta barranca determina las condiciones constructivas del tramo, requiriendo verificación ante la CONAGUA sobre la clasificación del cuerpo de agua como zona federal, así como un inventario específico de la vegetación riparia y fauna asociada. El trazo conecta el sistema de colectores de los municipios de Ocoyucan y San Gregorio Atzompa con el Macro Colector receptor, atravesando zonas de alta densidad habitacional que condicionan el método constructivo, los horarios de trabajo y las medidas de mitigación aplicables.

Figura 2.6. Colector Puebla



Fuente: Elaboración propia, 2026.

2.1.3. Objetivo y justificación del Proyecto

El presente proyecto tiene como propósito fundamental conducir las aguas residuales generadas en las zonas de captación de los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla hacia instalaciones de tratamiento en las que sean sometidas a procesos de depuración que cumplan con los niveles de remoción de contaminantes establecidos por la normatividad ambiental vigente, particularmente la NOM-001-SEMARNAT-2021. Con ello se contribuye directamente al saneamiento del Río Atoyac, en el marco del compromiso número 92 de la Presidenta de la República, Dra. Claudia Sheinbaum Pardo, para la limpieza y recuperación de los tres ríos más contaminados del país.

Asimismo, se busca elevar cuantitativa y cualitativamente la prestación de los servicios de alcantarillado para una población beneficiada de aproximadamente 21,045 habitantes distribuidos en seis localidades, reduciendo los rezagos existentes en la infraestructura actual y extendiendo la cobertura del servicio hacia las zonas que actualmente carecen de él, entre las que se documentó que solo el 19% de las viviendas de San Bernabé Temoxtitla cuenta con conexión formal al sistema de drenaje público.

De igual manera, el proyecto contribuye al fortalecimiento de la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Puebla (CEASPUE), como Organismo Operador responsable de la administración y operación de los servicios de saneamiento, impulsando el desarrollo de su autonomía técnica, administrativa, operativa y financiera como condición necesaria para garantizar la sostenibilidad del servicio a largo plazo.

Finalmente, se espera que la ejecución del proyecto incida de manera directa en la mejora de las condiciones de vida y salud de la población beneficiada mediante el acceso a servicios de saneamiento eficientes, seguros y de calidad, reduciendo los riesgos sanitarios asociados a la disposición de aguas residuales a cielo abierto que actualmente afectan a las comunidades del área de influencia del proyecto.

2.1.4. Programa de actividades

A continuación se presenta el programa de trabajo correspondiente a las obras específicas que integran el proyecto, las cuales forman parte de las obras generales descritas en el apartado anterior, ordenadas conforme a la secuencia de su ejecución.

Tabla 2. Programa de actividades

Etapa	Actividad	Meses				Años
		6	12	24	36	De 5 a 20 años
Etapa de preparación del sitio	Desmonte y despalme					
	Excavaciones					
	Carga y acarreo del material					
	Uso de maquinaria y camión de volteo					
Etapa de Construcción	Uso de maquinaria y camión de volteo					
	Rellenos compactados					
	Construcción de estructuras					
	Instalación de tuberías y conexiones					
	Carga y acarreo de material					
Etapa de operación y mantenimiento	Operación del colector					
	Mantenimiento del colector					

2.1.5. Árbol de acciones del proyecto

Preparación del sitio:

- Cercado y señalamiento de las zonas de trabajo
- Limpieza y trazo en la zona de trabajo
- Despalme y retiro de vegetación por medios manuales
- Excavaciones
- Carga y acarreo de material
- Uso de maquinaria y camiones de volteo

Construcción:

- Cortes con sierra en pavimentos
- Demolición de pavimentos de concreto por medios mecánicos
- Excavación a mano para formación de zanjas en terreno secos y saturados
- Excavación por medios mecánicos para formación de zanjas en terrenos secos y saturados
- Realización de camas de arena para asiento de tuberías
- Suministro de tuberías y fontanería
- Pruebas hidrostáticas en tuberías
- Relleno de zanjas que alojarán tuberías
- Construcción de atraques de concreto
- Construcción de pozos de visita
- Acarreo de materiales producto de excavación y demolición

Etapa de operación y mantenimiento:

- Evacuación de agua residual.
- Desazolve de colectores.

2.5. Etapa de abandono del sitio

Dado que los colectores constituyen infraestructura de saneamiento de carácter permanente y de servicio continuo a la población, no se contempla una etapa formal de abandono del sitio. Al concluir el periodo de diseño de las obras, estas deberán ser objeto de un proyecto de rehabilitación o sustitución que garantice la continuidad del servicio.

2.5.2. Programas de restauración ambiental del área

Aunque el proyecto se lleva a cabo principalmente en áreas urbanas y periurbanas, donde los efectos en el entorno natural son menores, se han encontrado en la zona elementos ambientales delicados que necesitan cuidado especial en restauración y protección.

El trazo del Colector Puebla atraviesa directamente la zona de influencia del **Parque de La Reserva** y el **Parque de los Conejos**, ubicados en Lomas de Angelópolis, Puebla. A diferencia de lo que pudiera interpretarse como una simple proximidad, el análisis cartográfico confirma que el colector discurre por el interior de estas áreas verdes, caracterizadas por vegetación arbórea y arbustiva densa y consolidada, con presencia de barrancas y vegetación riparia asociada.

Estos espacios verdes urbanos constituyen receptores ambientales de alta sensibilidad que deberán ser objeto de medidas específicas de protección durante la construcción. En particular, se requerirá:

- Inventario previo de arbolado en el derecho de vía antes del inicio de las obras
- Programa de rescate y reubicación de vegetación afectada
- Medidas de protección perimetral de los parques durante la construcción
- Restitución total de la cubierta vegetal al concluir los trabajos
- Reposición de árboles afectados en proporción mínima de tres ejemplares por cada árbol removido
- Coordinación formal con la administración de los parques y las autoridades municipales de Puebla

Figura 2.8. Ubicación de los parques y el colector Puebla



Al término de las obras de construcción se llevarán a cabo las siguientes acciones de restauración ambiental:

En zonas urbanas:

- Reposición total del pavimento removido conforme a las especificaciones técnicas del proyecto y los requerimientos de las autoridades municipales correspondientes
- Retiro inmediato de todos los residuos de construcción, escombros y materiales sobrantes del área de influencia del proyecto
- Limpieza y saneamiento de las superficies intervenidas

En la zona adyacente a parques o zonas arboladas:

- Inventario previo al inicio de obras de todos los árboles y elementos vegetales existentes en el derecho de vía y zonas aledañas al trazo
- Programa de rescate y reubicación de ejemplares arbóreos y arbustivos que pudieran verse afectados por las actividades de excavación, ejecutado antes del inicio de los trabajos
- Restitución del arbolado afectado mediante la plantación de especies de igual o similar características a las removidas, con una proporción mínima de tres árboles por cada ejemplar afectado, conforme a los lineamientos de la autoridad municipal
- Restauración de las áreas verdes, andadores y superficies aledañas al parque que hubieran sido intervenidas durante la construcción, devolviéndolas a sus condiciones originales
- Verificación de que los cuerpos de agua del parque no presenten contaminación derivada de las actividades constructivas, mediante monitoreo de calidad del agua al inicio, durante y al término de los trabajos
- Coordinación formal con la administración de los parques y las autoridades del municipio de Ocoyucan para la supervisión conjunta de las acciones de restauración.

En tramos periurbanos y semirurales:

- Restitución de la cubierta vegetal mediante la reposición de especies nativas rescatadas durante la construcción
- Nivelación y compactación superficial del suelo en zonas no pavimentadas
- Estabilización de taludes en tramos próximos a barrancas para prevenir procesos erosivos

Todas las acciones de restauración serán supervisadas por el responsable ambiental del proyecto y documentadas mediante memoria fotográfica y bitácora de obra, como evidencia del cumplimiento de los compromisos ambientales ante la SEMARNAT.

III. Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo

A lo largo de este capítulo se identificaron los instrumentos jurídicos y normativos que regulan la obra del proyecto, además, se realizó un análisis que determinó la congruencia del proyecto a las disposiciones de dichos instrumentos

A continuación se enlistas los instrumentos analizados:

3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

3.2. Programas de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POET)

3.3. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

3.4. Ley de Aguas Nacionales

3.5. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

3.6. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de impacto ambiental

3.7. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

3.8. Reglamento para la Protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión del ruido

3.9. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

3.10. Planes o programas de desarrollo urbano

3.10.1. Programa Estatal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla. Diagnóstico funcional del territorio

3.10.2. Estrategias y Programas de Ordenamiento Territorial

3.11. Normas Oficiales Mexicanas

.3.12. Otros instrumentos por considerar

3.12.1. Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla.

3.12.2. Reglamento de la Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del Estado de Puebla en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental y Riesgo Ambiental

3.12.3. Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla.

3.12.4. Reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla.

3.12.5. Ley de Agua para el Estado de Puebla

IV. Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto

4.1 Delimitación y justificación del área de influencia

El área de influencia comprende diversas localidades pertenecientes a los municipios de Ocoyucan (120.17 km²), San Gregorio Atzompa (11.77 km²) y Puebla (534.33 km²), ubicados en la zona centro-poniente del estado de Puebla. El límite natural que articula el área de influencia es la cuenca del Río Atoyac, cuerpo receptor final de las aguas residuales generadas en la zona.

La delimitación del área de influencia se establece con base en tres criterios complementarios: las áreas de aportación de aguas residuales, la red de drenaje existente y el trazo del Macro Colector proyectado. Este sistema conecta localidades como Lomas de Angelópolis, Santa María Malacatepec y San Gregorio Atzompa, así como diversas colonias del poniente de la ciudad de Puebla, hasta su punto de descarga en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Manuel Ávila Camacho, ubicada en la Presa de Valsequillo.

La justificación de esta delimitación radica en que las localidades comprendidas dentro del área de influencia vierten actualmente sus aguas residuales sin tratamiento previo directamente al Río Atoyac, generando una problemática ambiental y sanitaria de escala regional que el proyecto busca atender mediante la conducción ordenada de los efluentes hacia la PTAR.

4.2. Características físicas

4.2.1. Condiciones climatológicas

El área de influencia presenta clima **templado subhúmedo con lluvias en verano**[1], dominante en los tres municipios. Las características principales son:

- **Temperatura media anual:** 14–20 °C (Ocoyucan); 16–17 °C (San Gregorio Atzompa); 18–22 °C (Ciudad de Puebla).
- **Precipitación media anual:** 800–1,000 mm en Ocoyucan y San Gregorio Atzompa; aproximadamente 900 mm en la Ciudad de Puebla.
- **Temporada de lluvias:** mayo a octubre.
- **Temporada seca:** noviembre a marzo.
- En Ocoyucan, el 80.12% del territorio presenta clima templado subhúmedo de humedad media y el 19.20% de mayor humedad, con una pequeña franja (0.68%) semicálida subhúmeda.
- La Ciudad de Puebla presenta un clima más variable por su altitud (~2,160 msnm), con 4.2.2. Geomorfología y relieve

Los tres municipios se ubican dentro de la provincia fisiográfica del **Eje Neovolcánico**, subprovincia **Lagos y Volcanes de Anáhuac**, caracterizada por planicies con lomeríos suaves de origen volcánico[2].

- **Ocoyucan:** Relieve de llanura aluvial con lomeríos; altitud entre 1,800 y 2,400 msnm. El territorio forma parte del graben de Puebla, estructura de fallamiento normal. No se identifican fallas activas relevantes dentro del municipio, aunque se considera zona sísmica moderada.
- **San Gregorio Atzompa:** Llanura aluvial con lomerío; altitud entre 2,100 y 2,300 msnm. Topografía suave a ligeramente ondulada.
- **Ciudad de Puebla:** Valle volcánico con relieve predominantemente plano en el centro urbano y lomeríos hacia la periferia; altitud promedio de 2,160 msnm.

4.2.3. Tipos de suelo

La geología de la zona está dominada por **rocas ígneas extrusivas** (andesitas, basaltos, tobas volcánicas, dacitas) y depósitos aluviales[3]. Los principales tipos de suelo son:

- **Ocoyucan:** Phaeozem (~40%), Cambisol, Vertisol, Gleysol, Rendzina, Leptosol y Regosol. Suelos con fertilidad de media a moderada, susceptibles a erosión en zonas de ladera.

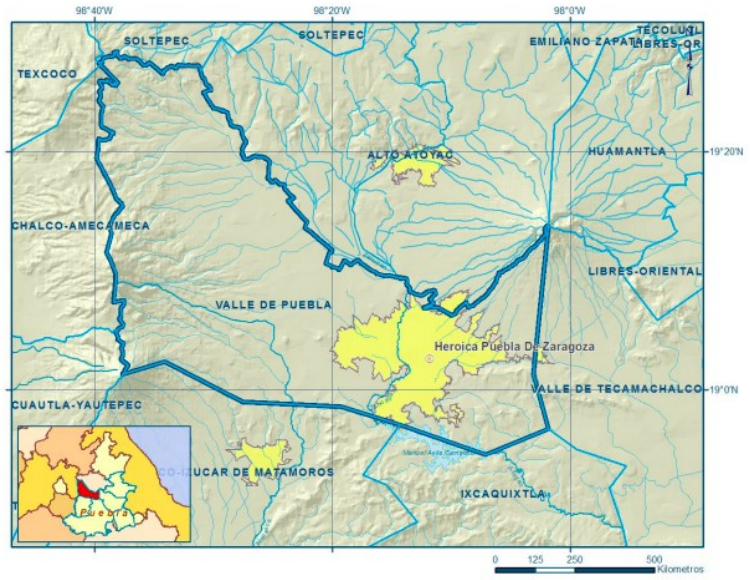
1 Fuente: INEGI – Cartas de Climas; Programa Estatal de Ordenamiento Territorial de Puebla.
2
3

- **San Gregorio Atzompa:** Regosol (30.96%), Durisol (8.37%), Phaeozem (7.84%), Arenosol (0.93%) y zona urbana. Suelos jóvenes derivados de materiales volcánicos.
- **Ciudad de Puebla:** Luvisoles, vertisoles y regosoles predominan; en la zona sur-poniente predominan arcillas arenosas (CL, CH) y materiales aluviales, según zonificación geotécnica de SMIG (2016).

4.2.4. Hidrología y drenaje subterráneo

Hidrología superficial: El área pertenece a la **Región Hidrológica RH-18 Río Balsas**, cuenca del **Río Atoyac**. Las subcuencas presentes en Ocoyucan son: R. Nexapa (53.40%), R. Atoyac-San Martín Texmelucan (38.19%) y P. Miguel Ávila Camacho (8.41%). El río Atoyac es la corriente perenne principal; los afluentes internos son arroyos intermitentes activos en temporada de lluvias, con secciones de 1.0–3.0 m de ancho y 0.5–1.5 m de profundidad. En la ciudad de Puebla también destaca el **río Alseseca**.

Figura 4.2. El acuífero del Valle de Puebla



Fuente: Diario oficial de la Federación 20 de abril de 2015

Drenaje subterráneo: Las aguas subterráneas corresponden al **acuífero del Valle de Puebla**[4]. En Ocoyucan, el nivel freático se encuentra aproximadamente entre 3 y 15 m de profundidad, aprovechado mediante pozos para uso doméstico y agrícola. Los suelos volcánicos permeables favorecen la infiltración y recarga del acuífero. La Ciudad de Puebla opera con 4 plantas potabilizadoras con capacidad instalada de 715 l/s. La problemática principal es la descarga de aguas residuales sin tratamiento al río Atoyac por parte de los municipios del área de influencia,

4

incluyendo a San Gregorio Atzompa (90% de sus aguas sin tratar) y descargas desde Ocoyucan y Puebla.

4.3. Características biológicas

4.3.1. Vegetación, flora y fauna silvestre endémica

El área de influencia se localiza en la **región biogeográfica neotrópica**, dentro del sistema montañoso del Eje Neovolcánico. La vegetación potencial corresponde a bosques templados (pino, encino y oyamel) en las zonas de mayor altitud de Ocoyucan, mientras que el valle de Puebla-Tlaxcala históricamente albergó matorrales y pastizales (Figura 4.3). Dado el alto grado de urbanización, las especies nativas han sido en gran parte desplazadas. En zonas rurales de Ocoyucan persisten bosques de coníferas y encino, así como vegetación de galería a lo largo de arroyos. La fauna silvestre potencial incluye reptiles, pequeños mamíferos y aves, algunas bajo protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010. No se reportan especies endémicas estrictamente locales, aunque el área se inserta en una zona de importancia biológica regional por su conectividad con el Parque Nacional Malinche (al norte) y la Sierra de Tentzo (al sur)

4.3.2. Tipo y calidad de la vegetación y la flora en condiciones actuales

La cobertura vegetal en el área de influencia directa del proyecto es predominantemente urbana o periurbana, con vegetación secundaria perturbada. En Ocoyucan se identifican:

- Bosques de coníferas y encino en zonas de mayor altitud (en buen estado de conservación relativo).
- Vegetación agrícola de temporal (maíz, frijol, frutales: aguacate, durazno, chirimoya).
- Vegetación ruderal y secundaria en márgenes de arroyos y terrenos baldíos.

En San Gregorio Atzompa y la Ciudad de Puebla, la vegetación natural ha sido prácticamente sustituida por la mancha urbana. Las riberas del Río Atoyac presentan vegetación de galería degradada por la contaminación de las aguas. La calidad de la vegetación en el área de trazo del Macro Colector es baja, con predominio de especies tolerantes a la perturbación.

4.3.3. Tipo y calidad de fauna silvestre en condiciones actuales

La fauna silvestre en el área de influencia directa es escasa y de baja diversidad debido al alto grado de urbanización. Se reportan principalmente:

- Aves: palomas, gorriones, zanates, golondrinas y otras especies generalistas urbanas.
- Mamíferos: ardillas, tlacuaches, murciélagos y perros y gatos ferales.
- Reptiles: lagartijas del género *Sceloporus* y algunas serpientes inofensivas en zonas periurbanas.
- Anfibios: presencia reducida, asociada a cuerpos de agua temporales.

La calidad de la fauna es baja en la zona del proyecto; las comunidades faunísticas están

fuertemente afectadas por la perturbación del hábitat y la contaminación del río Atoyac. No se registra presencia de fauna de importancia especial en la traza del Macro Colector, aunque se recomienda supervisión durante la construcción para detectar especies bajo protección.

4.4. Ecosistemas y paisaje

4.4.1. Principales ecosistemas, situación actual y su referencia al proyecto en cuestión

Los ecosistemas presentes en el área de influencia son:

- **Ecosistema urbano:** dominante en la Ciudad de Puebla y San Gregorio Atzompa; altamente transformado, con impactos severos sobre suelo, agua y biodiversidad.
- **Ecosistema agrícola:** en Ocoyucan, con cultivos de temporal (maíz, frijol) y fruticultura; moderadamente transformado.
- **Ecosistema ripario (ribereño):** asociado al río Atoyac y sus afluentes; en estado de degradación severa por la descarga de aguas residuales sin tratar. La contaminación orgánica y bacteriológica afecta la biodiversidad acuática y las riberas.
- **Ecosistema de bosque templado:** presente en las zonas de mayor altitud de Ocoyucan; en estado relativamente conservado, aunque con presión por expansión urbana.

El proyecto, al interceptar y conducir las aguas residuales hacia tratamiento, contribuirá directamente a la recuperación del ecosistema ripario del río Atoyac.

4.4.2. En su caso, áreas naturales protegidas existentes en las inmediaciones y su relación con el proyecto

En las inmediaciones del área de influencia se identifican las siguientes áreas naturales protegidas[5]:

- **Parque Nacional Malinche (La Malintzin):** localizado al norte del municipio de Puebla, decretado en 1938. Zona de captación hídrica de importancia regional, fuente del Río Alseseca.
- **Reserva Estatal Humedal Valsequillo:** humedal asociado a la Presa de Valsequillo (Presa Manuel Ávila Camacho), cuerpo receptor final del macro colector tras el tratamiento en la PTAR.
- **Reserva Estatal Tentzo:** al sur de Ocoyucan y Puebla, zona de bosques de encino y pino.

El proyecto no afecta directamente a ninguna área natural protegida. La PTAR Ávila Camacho, al tratar las aguas antes de su descarga a la Presa de Valsequillo, tendrá un efecto positivo sobre la Reserva Estatal Humedal Valsequillo al reducir la carga contaminante que actualmente recibe.

5 *Fuente: SEMARNAT – Registro de Áreas Naturales Protegidas; Gobierno del Estado de Puebla*

Caso contrario en el **Parque de la Reserva** (18°58'28.51"N 98°17'11.30"W) y el **Parque de los conejos** (18°58'25.58"N 98°17'07.12"W) donde el trazo está considerado pasar por estas áreas naturales, se estima una afectación de la zona de vegetación.

4.4.3 Características del paisaje y situación actual

El paisaje del área de influencia es predominantemente **urbano-periurbano**, con presencia de elementos naturales degradados. El Río Atoyac, que debería ser un corredor visual y ecológico de primer orden, presenta en la actualidad una imagen de deterioro grave: riberas con residuos sólidos, aguas turbias y oscuras, y ausencia de vegetación riparia densa. En Ocoyucan, el paisaje rural-agrícola coexiste con el desarrollo habitacional de alta densidad de Lomas de Angelópolis. La calidad escénica del paisaje en la zona es baja a media, con alto impacto visual de la infraestructura urbana y la contaminación hídrica.

4.5. Diagnóstico

La principal problemática ambiental del área de influencia es la **descarga de aguas residuales sin tratar al Río Atoyac**, que afecta la calidad del agua superficial y subterránea, la biodiversidad acuática y riparia, y la salud pública de las comunidades aledañas. Los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla figuran entre los 22 municipios señalados por CONAGUA y PROFEPA como contaminantes del Río Atoyac. Según SEMARNAT, la Ciudad de Puebla tiene dos puntos de descarga de aguas residuales sin tratar a los ríos Atoyac y Alseseca. En San Gregorio Atzompa, el 90% de las aguas residuales se vierten sin tratar al río.

La cobertura de saneamiento en Ocoyucan es del 0%, pese a coberturas de alcantarillado del 92.98%. Esta situación implica degradación del ecosistema ripario, riesgo sanitario regional y contaminación de la presa de Valsequillo. El proyecto del Macro Colector "Manuel Ávila Camacho" responde directamente a esta problemática.

V. Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales

5.1. Descripción del sistema ambiental

De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente[6] (LGEEPA), el medio ambiente se define como el conjunto de elementos naturales y artificiales —o inducidos por

6 Última modificación 2018

el ser humano— que hacen posible la existencia y el desarrollo de los organismos vivos. En términos sistémicos, el ambiente no constituye un espacio estático, sino un sistema en constante transformación que resulta de la interacción dinámica entre las comunidades humanas y la naturaleza, donde las modificaciones de origen antrópico pueden generar alteraciones de recuperación lenta o, en los casos más severos, daños irreversibles sobre la composición física, química y biológica de los recursos naturales.

La zona de estudio se localiza en el municipio de Puebla y se caracteriza por ser un área urbana con alta presión demográfica, condición que hace indispensable el fortalecimiento de la infraestructura de saneamiento. En el caso del municipio de Ocoyucan este localiza en la zona centro-oeste del estado de Puebla, integrado a la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, y se caracteriza por una expansión urbana acelerada vinculada al crecimiento de la ciudad de Puebla, lo que incrementa la demanda de infraestructura de saneamiento. Su territorio presenta clima templado del Valle de Puebla con lluvias en verano, altitudes entre 1,890 y 2,400 m s.n.m., y una hidrología directamente articulada al Río Atoyac, que bordea su límite oriente y recibe los escurrimientos de corrientes menores y canales internos del municipio. La vegetación original ha sido desplazada en su mayor parte por la expansión urbana y agrícola; en las zonas de mayor altitud subsisten manchones de bosque mixto de encino y pino. El uso del suelo combina áreas agrícolas de temporal y zonas habitacionales en rápida consolidación, condición que agudiza la problemática de vertido de aguas residuales sin tratamiento hacia el Río Atoyac.

Finalmente, en el municipio de San Gregorio Atzompa, ubicado en la zona centro-oeste del estado de Puebla e integrado a la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, se caracteriza por ser un territorio de transición entre el entorno rural y la expansión urbana metropolitana, con una creciente demanda de servicios de saneamiento derivada del aumento poblacional. Su clima es templado de altura con temperatura media anual de 16.7 °C y precipitación de 906.9 mm anuales concentrada en verano; su territorio drena hacia la cuenca del Río Atoyac. La vegetación natural ha sido ampliamente transformada por el uso agrícola y la urbanización. El municipio comprende dos localidades —la cabecera municipal y Chipilo de Francisco Javier Mina—, ambas incluidas en el trazo del Macro Colector, cuyas aguas residuales actualmente se vierten sin tratamiento previo al Río Atoyac.

La instalación del Macro Colector forma parte del equipamiento hidráulico que aportará beneficios tangibles en materia de salud pública, saneamiento ambiental y calidad de vida de la población. No obstante, su ejecución implica una serie de actividades constructivas que generan impactos puntuales sobre el entorno, los cuales se describen a continuación.

5.3. Metodología para la identificación y evaluación de impactos ambientales

La identificación de impactos ambientales tiene como propósito analizar y evaluar las actividades del proyecto con potencial de afectación sobre el entorno, con el fin de definir las medidas preventivas y de mitigación que reduzcan los efectos adversos y de resaltar los beneficios asociados a la ejecución

de la obra.

La metodología adoptada se sustenta en el enfoque propuesto por Conesa Fernández-Vítora, en combinación con una variante de la Matriz de Leopold (1971). Este método consiste en correlacionar las actividades a ejecutar en cada etapa del proyecto con los factores ambientales susceptibles de ser afectados; cada intersección entre columnas y filas de la matriz determina la posibilidad de ocurrencia de un impacto específico en las distintas fases del proyecto.

La caracterización del escenario ambiental del sitio considera tres dimensiones: el medio abiótico, el medio biótico y el medio socioeconómico, cada uno con atributos y dinámicas propias sobre los cuales se manifestarán los impactos particulares derivados de las actividades y del entorno en que se desarrollan. Para lograr una descripción más precisa, tanto las acciones del proyecto como los componentes del escenario ambiental se subdividen en elementos específicos, lo que permite identificar con mayor detalle las posibilidades de mitigación en cada caso.

5.4. Identificación de impactos por factor ambiental

En la matriz de evaluación se contemplan los tres medios señalados —físico, biótico y socioeconómico—, cada uno de los cuales se desagrega en los elementos ambientales susceptibles de ser impactados. El medio físico, por ejemplo, se subdivide en los elementos tierra, clima, agua y aire; a su vez, cada elemento se caracteriza por sus factores constitutivos: el aire comprende la calidad del aire y el nivel de ruido, así sucesivamente para cada medio, elemento y componente. Este esquema jerárquico permite llevar a cabo el análisis de manera sistemática para cada componente y sus factores asociados.

Con base en las características de las etapas de preparación del sitio, proceso constructivo, y operación y mantenimiento, se procede a identificar los probables impactos sobre cada factor ambiental. Para ello se elabora, en primer lugar, una matriz de identificación de impactos (Tabla 5.2) y, posteriormente, una descripción detallada de cada impacto identificado y de las formas de modificación o alteración que representa sobre el entorno.

Tabla 5.2. Matriz de identificación de impactos

			A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	B.1	B.2	B.3	B.4	B.5	B.6	B.7	B.8	B.9	B.10	B.11	B.12	C.1	C.2
Medio físico	**A.1. Tierra — suelo**	A.1.1. Geomorfología y relieve				x	x	x	x		x	x					x		x					
		A.1.2. Tipos de suelo				x	x	x	x		x	x					x		x					
	A.2. Clima	A.2.1. Microclima																						
	A.3. Agua	A.3.1. Hidrología						x	x														x	
		A.3.2. Infiltración						x	x															
	A.4. Aire	A.4.1. Calidad del aire				x	x	x	x	x	x	x					x		x	x		x		
		A.4.2. Nivel de ruido				x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x		x		x
Medio biótico	**B.1. Flora y vegetación**	B.1.1. Vegetación natural con alto valor económico	x	x		x	x	x																
		B.1.2. Especies vegetales protegidas	x	x		x	x	x																
	B.2. Fauna	B.2.1. Diversidad de especies			x	x	x	x		x	x	x										x		
		B.2.2. Especies con relevancia ecológica			x	x	x	x		x	x	x										x		
Medio socioeconómico	**C.1. Usos de suelo**	C.1.1. Usos de suelo					x	x	x		x	x												
		C.1.2. Generación de residuos					x	x	x	x	x	x					x		x	x				
	C.2. Infraestructura	C.2.1. Demanda de agua potable																						
		C.2.2. Disposición de aguas residuales																					x	
	C.3. Servicios públicos	C.3.1. Vialidades				x	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			

	C.4. Economía	C.4.1. Generación de empleos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	C.5. Ecosistema y paisaje	C.5.1. Incidencia visual	x	x		x	x	x	x		x	x					x		x	x				

Tabla 5.3. Resumen de la identificación de impactos ambientales.

Factor	Impacto
Geomorfología y relieve	Modificación de la topografía de las calles
Tipos de suelo	Remoción y ocupación de suelo
Infiltración	Modificación permanente del coeficiente de permeabilidad
Calidad del aire	Emisión de partículas y gases de efecto invernadero
Ruido	Incremento de ruido
Vegetación natural	Eliminación o reducción de la cubierta vegetal
Generación de residuos	Generación de residuos de la construcción
Desazolve de tuberías	Tratamiento y disposición de azolves
Disposición de aguas residuales	Tratamientos de aguas residuales
Vialidades	Ocupación de las vialidades
Generación de empleos	Generación de empleos
Incidencia visual	Modificación temporal del paisaje

5.5. Evaluación de impactos ambientales

Para obtener una valoración cualitativa de los impactos identificados, se aplica la metodología propuesta por **V. Conesa Fernández-Vítora**, que mediante el análisis sistemático de las acciones impactantes permite estructurar una **matriz de importancia**. Esta herramienta constituye un instrumento de análisis prospectivo que facilita la caracterización y ponderación de los impactos a partir de un conjunto de atributos que se definen a continuación.

5.6. Resultados de la evaluación de impactos

Con base en el análisis de la matriz de importancia, se derivan las siguientes conclusiones:

El factor AIRE es el más impactado de manera negativa. El subfactor nivel de ruido acumula el valor más alto con −302, asociado principalmente a la operación de maquinaria pesada y al tránsito de camiones a lo largo del trazo. En cuanto a la calidad del aire, el valor normalizado alcanza −148, como consecuencia de las emisiones de gases de motores de combustión interna y la generación de material particulado durante las actividades de preparación del sitio, excavación, movimiento de tierras y circulación de vehículos de carga.

Las VIALIDADES constituyen el segundo factor con mayor impacto negativo, derivado de la

ocupación temporal de las calles durante la mayoría de las actividades constructivas, con afectaciones al flujo vehicular, incremento de tiempos de traslado y aumento proporcional de emisiones por congestionamiento.

La etapa más impactante es la PREPARACIÓN DEL SITIO, particularmente las actividades de despalme y excavación de zanjas, que generan los impactos más significativos sobre el suelo —por la remoción de la capa superficial y la modificación del perfil edáfico— y sobre la calidad del aire —por la generación de material particulado—.

La actividad RELLENO, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE ZANJAS ocupa el tercer lugar en términos de impacto, con un valor relativo de −156. Sus efectos se concentran en la calidad del aire, por las emisiones de gases de la maquinaria de compactación, y en el suelo, por la modificación del coeficiente de permeabilidad como consecuencia de la alteración de la estructura edáfica.

Las actividades de mantenimiento de maquinaria y equipo, retiro de residuos de construcción y colocación de señalización horizontal generan impactos ambientales de carácter positivo, al contribuir a la reducción de emisiones, al control de la contaminación y a la seguridad en los frentes de obra, respectivamente.

En síntesis, el análisis de la Tabla 5.4 permite concluir que la ejecución del proyecto generará impactos ambientales negativos en la mayoría de los factores evaluados, si bien estos son de carácter temporal y mitigable en su mayoría. Por esta razón, resulta indispensable definir e implementar las medidas de prevención y mitigación descritas en el **Capítulo VI** del presente estudio.

Tabla 5.4. Matriz de caracterización de impactos ambientales

			A. Preparación del sitio								B. Construcción												C. Operación y mantenimiento		Importancia	Valor normalizado
			A.1 Inventario arbóreo	A.2 Rescate de flora	A.3 Ahuyentamiento de fauna	A.4 Trazo y nivelación	A.5 Despalme	A.6 Excavación de zanjas	A.7 Carga y acarreo de material	A.8 Mantenimiento de maquinaria	B.1 Corte con sierra	B.2 Demolición carpeta asfáltica	B.3 Pruebas hidrostáticas	B.4 Instalación de tubería	B.5 Tapas de concreto	B.6 Camas de arena	B.7 Relleno y compactación	B.8 Pozos de visita	B.9 Reposición de pavimento	B.10 Retiro de residuos	B.11 Señalización horizontal	B.12 Mantenimiento de maquinaria	C.1 Conducción de aguas residuales	C.2 Desazolve de colectores		
Medio físico	A.1. Tierra — suelo	A.1.1. Geomorfología y relieve	0	0	0	0	-26	-37	0	0	0	-16	0	0	0	0	-31	0	28	0	0	0	0	0	-99	61.4
		A.1.2. Tipos de suelo	0	0	0	0	-30	-38	0	0	0	-16	0	0	0	0	-31	0	-36	0	0	0	0	0	-168	72
	A.2. Clima	A.2.1. Microclima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
	A.3. Agua	A.3.2. Infiltración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-34	-37	-39	0	0	0	0	0	-110	58.9
	A.4. Aire	A.4.1. Calidad del aire	0	0	0	0	-19	-19	-20	24	0	-16	0	0	-15	-16	-17	-20	-20	-20	0	27	0	0	-148	68.9
		A.4.2. Nivel de ruido	0	0	0	0	-24	-25	-25	0	-22	-21	-18	-18	-19	-17	-22	-23	-23	-25	0	0	0	0	-302	92.5
	Medio biótico	B.1. Flora y vegetación B.1.1. Vegetación natural con alto valor económico	18	20	0	0	-34	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	-16	0	0	0	16	0	0	-32	52
B.2. Fauna		B.2.1. Diversidad de especies	0	0	18	0	-22	-20	0	0	-16	-16	0	0	0	0	-15	-14	0	0	0	0	20	0	-65	54
Medio socioeconómico	C.1. Usos de suelo	C.1.1. Usos de suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50.4
		C.1.2. Generación de residuos	0	0	0	0	-21	-27	-18	0	0	-16	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	-79	58.3
	C.2. Infraestructura	C.2.1. Demanda de agua potable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-14	0	0	-14	48.4
		C.2.2. Disposición de aguas residuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	33	66	44.4
	C.3. Servicios públicos	C.3.1. Vialidades	-19	0	0	-18	-22	-24	0	-20	-21	-18	-18	-17	-19	-20	-17	-15	21	17	0	0	0	0	-231	81.6
	C.4. Economía	C.4.1. Generación de empleos	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	15	15	351	100
	C.5. Ecosistema y paisaje	C.5.1. Incidencia visual	0	-16	0	0	-18	-20	-17	0	0	-18	0	0	0	0	-19	-26	-17	0	21	18	0	0	-117	64.2
Postivo	Negativo	0 = sin impacto																								

Fuente: Elaboración propia, 2026.

VI. Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales

6.1. Medidas de prevención

Las medidas de prevención comprenden el conjunto de obras, acciones y disposiciones que se implementarán con anticipación a la ejecución de las actividades del proyecto, con el propósito de evitar o reducir significativamente los impactos negativos sobre el entorno natural y social del área de influencia. A continuación se describen las medidas identificadas para cada factor ambiental relevante.

6.1.1.Medida de Prevención 1: Inducción ambiental al personal de obra

Objetivo: Garantizar que todos los trabajadores conozcan y apliquen las medidas de prevención y mitigación establecidas para el proyecto.

Factor ambiental: Todos los elementos identificados en la matriz de impactos.

6.1.2. Medida de Prevención 2: Gestión de residuos sólidos urbanos

Objetivo: Prevenir la contaminación del suelo por residuos orgánicos e inorgánicos generados por el personal durante la jornada laboral.

Factor ambiental: Geomorfología y relieve, tipos de suelo, calidad del aire y generación de residuos.

6.1.3. Medida de Prevención 3: Manejo de residuos fisiológicos

Objetivo: Eliminar el riesgo de fecalismo al aire libre y proteger la salud de los trabajadores y la población aledaña.

Factor ambiental: Calidad del aire, disposición de aguas residuales y generación de residuos.

6.1.4. Medida de Prevención 4: Manejo de materiales y agregados

Objetivo: Prevenir la emisión de partículas a la atmósfera durante el manejo de materiales de construcción.

Factor ambiental: Calidad del aire.

6.1.5. Medida de Prevención 5: Revisión y mantenimiento preventivo de maquinaria

Objetivo: Prevenir derrames de lubricantes y combustibles, emisiones excesivas a la atmósfera y generación de ruido por mal estado de la maquinaria.

Factor ambiental: Tipos de suelo, microclima, hidrología, infiltración, calidad del aire, nivel de ruido y generación de residuos.

6.1.6. Medida de Prevención 6: Control de contaminación auditiva

Objetivo: Reducir la afectación por ruido sobre los habitantes de las zonas adyacentes a los frentes de obra.

Factor ambiental: Nivel de ruido.

6.1.7. Medida de Prevención 7: Estabilidad de excavaciones

Objetivo: Garantizar la seguridad de los trabajadores durante las actividades de excavación de zanjas.

Factor ambiental: Geomorfología y relieve, tipos de suelo.

6.1.8. Medida de Prevención 8: Protección de escurrimientos e infiltración

Objetivo: Evitar la obstrucción de escurrimientos superficiales naturales y la afectación a las zonas de recarga del acuífero del Valle de Puebla.

Factor ambiental: Hidrología e infiltración.

6.1.9. Medida de Prevención 9: Protección de la calidad del agua subterránea

Objetivo: Prevenir la contaminación del acuífero por derrames de combustibles y lubricantes.

Factor ambiental: Hidrología, infiltración y generación de residuos

6.1.10.Medida de Prevención 10: Gestión del tránsito vehicular

Objetivo: Minimizar la afectación al flujo vehicular en las vialidades intervenidas y reducir los tiempos de almacenamiento de residuos en vía pública.

Factor ambiental: Vialidades.

6.1.11. Medida de Prevención 11: Protección de vegetación

Objetivo: Prevenir la afectación innecesaria de la cubierta vegetal fuera del área estrictamente necesaria para la ejecución de las obras.

Factor ambiental: Vegetación natural con alto valor económico, especies vegetales protegidas, tipos de suelo.

6.1.12. Medida de Prevención 12: Protección de fauna

Objetivo: Evitar la afectación, captura o muerte de ejemplares de fauna silvestre durante las actividades de preparación del sitio y construcción.

Factor ambiental: Diversidad de especies de fauna, especies con relevancia ecológica, nivel de ruido.

6.2. Medidas de mitigación

En toda obra de infraestructura civil existen impactos negativos que, por ser inherentes a las actividades constructivas, no pueden evitarse mediante medidas preventivas. Para estos casos se recurre a las medidas de mitigación, cuyo propósito es diseñar y ejecutar acciones dirigidas a reducir, controlar o compensar los efectos adversos del proyecto sobre el entorno natural y social del área de influencia.

En términos generales, las medidas de mitigación pueden orientarse a:

- Eliminar un impacto mediante la cancelación o sustitución de actividades prescindibles.
- Reducir la magnitud del impacto limitando o acotando determinadas actividades durante la obra.
- Remediar los efectos producidos mediante la restauración del factor ambiental afectado.

A continuación se describen las medidas de mitigación propuestas para el Macro Colector Manuel Ávila Camacho, organizadas por tipo de afectación. La empresa constructora podrá ampliarlas o complementarlas según las condiciones específicas de cada frente de obra

6.2.1. Salud de los trabajadores

- Suministrar agua potable embotellada a todos los trabajadores durante la jornada laboral para prevenir la deshidratación, especialmente en periodos de estiaje.
- Dotar a los trabajadores de cubrebocas o mascarillas de protección respiratoria durante las actividades que generen material particulado, como demolición de pavimentos,

excavación y movimiento de tierras.

- Proveer tapones auditivos o protectores de oídos certificados para el personal expuesto de manera continua a niveles de ruido por encima de los límites permisibles, en particular en los frentes de obra con sierra de corte, compactadora y maquinaria pesada

6.2.2. Seguridad de los trabajadores

- Garantizar que todo el personal cuente con el equipo de protección personal completo: casco, chaleco reflectante, botas de seguridad, guantes y arnés en trabajos en altura o espacios confinados.
- Construir los taludes de las excavaciones con la inclinación adecuada a las características del suelo en cada tramo, conforme a lo establecido en el proyecto ejecutivo, para prevenir derrumbes.
- Emplear tablestacado o entibado en los tramos donde el análisis geotécnico identifique condiciones de inestabilidad del terreno, en particular en las zonas de barrancas y márgenes del Río Atoyac.

6.2.3. Salud y seguridad de la población

- Instalar señalización vial preventiva y de desvío en todos los frentes de obra, conforme a las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con visibilidad diurna y nocturna.
- Colocar malla de protección perimetral en las zonas de excavación para impedir el acceso accidental de peatones, con especial atención en los tramos adyacentes al Parque de La Reserva, el Parque de los Conejos y las zonas escolarizadas del área de influencia.
- Restringir la operación de maquinaria y camiones al horario de 6:00 a 22:00 horas conforme a la NOM-081-SEMARNAT-1994, con horario reducido de 7:00 a 19:00 horas en los tramos de parques y la localidad de Chipilo.
- Establecer una velocidad máxima de circulación de 20 km/h para camiones y maquinaria dentro de las zonas urbanas intervenidas, para prevenir accidentes con peatones y vehículos ligeros.
- Prohibir la circulación de camiones de volteo con la caja abierta en zonas urbanas; todo traslado de material de excavación deberá realizarse con lona de cubierta asegurada.

6.2.4. Calidad del suelo

- Utilizar exclusivamente los sanitarios portátiles instalados en cada frente de obra para las necesidades fisiológicas del personal, a razón de una unidad por cada diez trabajadores,

conforme a lo establecido en la Medida de Prevención 3.

- Prohibir el mantenimiento de maquinaria, equipos menores y camiones dentro de la zona de obra; estas actividades se realizarán en talleres autorizados fuera del área del proyecto.
- Almacenar los combustibles en recipientes herméticos con contención secundaria, en zonas delimitadas y con ventilación adecuada, para prevenir derrames accidentales al suelo. Dado que parte del trazo discurre sobre suelos volcánicos de alta permeabilidad —Andosoles y Cambisoles— cualquier derrame no controlado representa un riesgo directo para el acuífero del Valle de Puebla.

6.2.5. Calidad del agua e infiltración

- Prohibir el lavado de maquinaria o vehículos en cualquier punto de la zona de proyecto, sin excepción.
- Programar las actividades de mayor movimiento de tierras y excavación preferentemente fuera de la temporada de lluvias —mayo a octubre— para evitar el arrastre de materiales hacia cauces, barrancas y zonas de infiltración, y prevenir afectaciones a la infraestructura de drenaje existente.
- Restituir la carpeta asfáltica o el adoquín únicamente en los tramos que cuenten con ese tipo de pavimento previo a la intervención; en vialidades de terracería, la superficie se restituirá en sus condiciones originales mediante compactación y nivelación adecuadas.
- Instalar barreras de retención de sedimentos en los frentes de obra adyacentes al Río Atoyac y a las barrancas, para impedir el arrastre de material hacia los cauces durante los trabajos de excavación.

6.2.6. Escurrimiento, infiltración y geomorfología

- Realizar las pruebas hidrostáticas en cada tramo de tubería instalada, conforme a las especificaciones de la NOM-001-CONAGUA-2011, antes de proceder al relleno de la zanja, con el fin de garantizar la hermeticidad del sistema y prevenir fugas que puedan afectar la estabilidad del suelo o contaminar el subsuelo.
- Verificar que los trabajos de relleno y compactación de zanjas alcancen el grado de compactación establecido en el proyecto ejecutivo, para prevenir hundimientos diferenciales en las vialidades restituidas.
- Restituir la superficie de rodamiento de cada vialidad intervenida —pavimento asfáltico, concreto hidráulico o adoquín— hasta igualar o mejorar las condiciones previas a la obra, eliminando cualquier desnivel o discontinuidad que pueda generar riesgos para el tránsito.

6.2.7. Calidad del aire

- Someter los vehículos y maquinaria de la obra a revisiones periódicas de emisiones

conforme a la normatividad vigente, priorizando el mantenimiento preventivo para reducir la emisión de gases de combustión.

- Retirar los residuos sólidos de construcción acumulados en los frentes de obra en un plazo máximo de 72 horas tras su generación, para evitar la dispersión de polvos y la obstrucción de vialidades.
- Prohibir la circulación de camiones de carga con la caja descubierta en zonas urbanas; todos los acarreos de material de excavación y demolición se realizarán con lona tensada y asegurada.
- Aplicar riego con agua en las superficies expuestas y en los accesos a los frentes de obra durante los periodos de mayor generación de polvo, especialmente en temporada de estiaje.

6.2.8. Flora, vegetación y fauna

- Delimitar con precisión el área de afectación en cada frente de obra, garantizando que las actividades de despalme y excavación no se extiendan más allá del derecho de vía estrictamente necesario.
- Depositar los residuos de construcción únicamente en las zonas habilitadas para tal fin, evitando su disposición sobre áreas con vegetación o en las márgenes del Río Atoyac y barrancas.
- Al concluir los trabajos en cada sector, retirar la totalidad de los residuos de construcción y restaurar el sitio a sus condiciones originales o mejoradas, incluyendo la reconformación del perfil del suelo y la revegetación con especies nativas en los tramos de parques, barrancas y áreas agropecuarias, conforme a lo establecido en las Medidas de Prevención 11 y 12.
- En los tramos que atraviesan el Parque de La Reserva y el Parque de los Conejos, ejecutar el programa de reforestación compensatoria en una proporción mínima de 2:1 respecto a los individuos removidos, utilizando especies nativas del Valle de Puebla.
- Mantener activo el corredor de fauna durante toda la etapa constructiva en los tramos de barrancas, interviniendo por sectores alternos para no interrumpir el desplazamiento de la fauna silvestre presente en estas zonas.

6.3 Descripción Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales

6.3.1.Pronóstico del escenario ambiental con proyecto

A continuación se describe el pronóstico del escenario ambiental para cada componente, comparando las condiciones actuales del entorno con la situación esperada una vez concluida la construcción del Macro Colector y durante su etapa

de operación.

	Componente ambiental	Situación actual	Situación esperada
Medio físico	**A.1. Tierra — suelo**	El trazo del Macro Colector discurre en su mayor parte sobre vialidades pavimentadas y adoquinadas en zonas urbanas consolidadas de los municipios de Ocoyucan, San Gregorio Atzompa y Puebla. En los tramos periurbanos y de barrancas, predominan suelos de origen volcánico —principalmente Andosoles y Cambisoles— con horizontes superficiales delgados y alta permeabilidad natural, condición que ha sido afectada progresivamente por la expansión urbana.	Una vez concluidas las obras, los pavimentos y superficies intervenidas serán restituidos en sus condiciones originales o mejoradas. En los tramos de barrancas y áreas verdes, se realizará la reconformación del perfil del suelo y la revegetación correspondiente. El macrocolector operará de manera subterránea, sin generar modificaciones superficiales permanentes al suelo. Impacto residual: mínimo.
	A.2. Clima	El área de influencia presenta clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 16 a 18 °C en el valle. Las condiciones atmosféricas están determinadas por factores orográficos regionales — sistema volcánico Iztaccíhuatl-Popocatépetl y volcán La Malinche— que ninguna actividad constructiva de esta escala puede modificar.	La ejecución y operación del proyecto no generará variaciones perceptibles en el régimen térmico ni en el microclima del área de influencia. Las actividades constructivas no producen variaciones superiores al umbral de significancia de 5 °C, y el sistema opera de forma subterránea sin emisiones de calor al exterior. Sin impacto significativo.
	A.3. Agua	En la zona de estudio existen arroyos intermitentes que discurren sobre las barrancas, con recorridos cortos que se pierden en áreas de mayor permeabilidad. El Río Atoyac, principal cuerpo de agua de la cuenca, recibe actualmente descargas de aguas residuales sin tratamiento provenientes de los municipios del área de influencia, lo que lo ha convertido en uno de los ríos más contaminados del país.	Los cruces con arroyos intermitentes se resolverán mediante pasos aéreos anclados a estructuras existentes, sin afectación al régimen de los cauces. En operación, el Macro Colector eliminará las descargas directas de aguas residuales al Río Atoyac, mejorando sustancialmente la calidad del agua superficial de la cuenca. Impacto positivo permanente y de alta relevancia regional.
	A.4. Aire	El área de influencia presenta niveles de ruido y emisiones de gases propios del entorno metropolitano de Puebla, asociados principalmente al tránsito vehicular continuo en las vialidades de alta capacidad. En las zonas de parques y barrancas, el nivel de ruido de fondo es significativamente menor.	Las emisiones de material particulado y gases de combustión generadas durante la construcción cesarán al concluir las obras. En operación, el macro colector no genera emisiones atmosféricas. Las condiciones de calidad del aire y nivel de ruido retornarán a las condiciones preexistentes o mejores, dada la restitución de las superficies viales. Impacto temporal en construcción; nulo en operación.

	A.3.2. Infiltración	La urbanización progresiva ha reducido la capacidad de infiltración natural de los suelos volcánicos de la cuenca, incrementando el escurrimiento superficial y disminuyendo la recarga del acuífero del Valle de Puebla. El coeficiente de escurrimiento ponderado de la cuenca es de 0.226.	La reposición de carpeta asfáltica y la compactación adecuada de las zanjas restituirán las condiciones de permeabilidad superficial previas a la obra. En los tramos de áreas verdes y barrancas, la revegetación de taludes favorecerá la recuperación de la capacidad de infiltración. Impacto temporal y recuperable.
Medio biótico	**B.1. Flora y vegetación**	La vegetación en el área de influencia se encuentra altamente fragmentada y degradada por la expansión urbana. En los tramos viales predominan pastizales inducidos y vegetación ruderal. En las barrancas y parques urbanos —Parque de La Reserva y Parque de los Conejos — subsiste vegetación arbórea densa con valor ecológico y paisajístico. En los tramos periurbanos de Ocoyucan y Chipilo predominan praderas manejadas con fines ganaderos.	Mediante las medidas de prevención establecidas —inventario arbóreo, rescate de flora y reforestación compensatoria en proporción 2:1— se restituirá la cubierta vegetal en los tramos de parques y barrancas. La revegetación con especies nativas mejorará las condiciones ecológicas de estas áreas respecto a la situación previa. En los tramos urbanos, el impacto residual sobre la vegetación será mínimo. Recuperación esperada a mediano plazo.
	B.2. Fauna	La fauna presente en el área de influencia es predominantemente urbana: aves, pequeños mamíferos, reptiles e insectos asociados a los parques y barrancas. En Chipilo, la actividad ganadera bovina es sensible a perturbaciones acústicas. No se han reportado especies de alta relevancia ecológica en los tramos urbanos consolidados.	Las medidas de ahuyentamiento previo, rescate de fauna y protección de corredores garantizarán que el desplazamiento y la pérdida de individuos sean mínimos durante la construcción. Una vez restituida la cubierta vegetal, la fauna tenderá a recolonizar naturalmente las áreas intervenidas. En Chipilo, el impacto sobre el ganado será temporal y acotado al periodo de mayor actividad de obra. Impacto reversible a mediano plazo.
Medio socioeconómico	**C.1. Usos de suelo y residuos**	El área de proyecto comprende usos de suelo urbano, agropecuario y agroecológico. Durante la construcción se generarán residuos de construcción, mantenimiento y demolición (RCMD) —material de excavación, fragmentos de concreto y asfalto— que deberán ser gestionados conforme al Plan de Manejo de RCMD tramitado ante la SMADSOT.	Durante la operación y mantenimiento del Macro Colector no se generarán residuos de construcción. Los lodos producto del desazolve periódico de colectores serán manejados conforme a la normatividad aplicable. El uso de suelo vigente en los tres municipios no será modificado por la ejecución del proyecto. Sin impacto residual en operación.
	C.2. Infraestructura	La zona de influencia carece en varios tramos de infraestructura de saneamiento adecuada. Las aguas residuales se vierten directamente a barrancas y al Río Atoyac sin tratamiento previo, generando una problemática sanitaria y ambiental de escala regional. La demanda de agua potable de los municipios es atendida mediante sistemas municipales e	La operación del Macro Colector resolverá de forma estructural el problema de disposición de aguas residuales en el área de influencia, conduciendo los efluentes hacia la PTAR Manuel Ávila Camacho para su tratamiento. Esto mejorará la calidad del agua superficial de la cuenca y reducirá los riesgos sanitarios para la población. Al tratarse de infraestructura subterránea, no afectará la red vial ni los servicios de agua potable existentes. Impacto

		infraestructura de pozos.	positivo permanente de alta relevancia.
	C.3. Servicios públicos — Vialidades	Las vialidades sobre las que discurre el trazo presentan tráfico vehicular continuo, con alta densidad en los tramos del poniente de la ciudad de Puebla. La ocupación temporal de carriles durante la construcción generará afectaciones al flujo vehicular en todos los frentes de obra activos.	Al concluir la obra, las vialidades intervenidas serán restituidas con nueva carpeta asfáltica, mejorando en muchos casos las condiciones de rodamiento respecto a la situación previa. Al operar de forma subterránea, el Macro Colector no generará ninguna afectación permanente al tránsito vehicular. Impacto temporal en construcción; condiciones mejoradas en operación.
	C.4. Economía	Las actividades económicas predominantes en el área de influencia son el comercio, los servicios, la industria y la ganadería —especialmente en Chipilo—. La construcción generará una derrama económica temporal mediante la contratación de mano de obra local y la adquisición de materiales y servicios en los municipios del área de influencia.	La operación del macro colector generará empleos permanentes para las actividades de mantenimiento, desazolve e inspección del sistema. A mediano y largo plazo, el saneamiento del Río Atoyac mejorará las condiciones ambientales de la cuenca, con impactos positivos sobre el valor de la tierra y la calidad de vida de la población beneficiada. Impacto positivo sostenido.
	C.5. Ecosistema y paisaje	El paisaje del área de influencia es predominantemente urbano, con elementos naturales remanentes en las barrancas, parques y márgenes del Río Atoyac. La presencia de descargas de aguas residuales a cielo abierto en barrancas y cauces constituye actualmente el principal deterioro paisajístico y ambiental de la zona.	Al operar de manera subterránea, el Macro Colector no alterará el paisaje urbano de manera permanente. La restitución de pavimentos, la revegetación de áreas verdes y la eliminación de descargas a cielo abierto en barrancas mejorarán la calidad visual y ambiental del entorno respecto a las condiciones actuales. Impacto paisajístico positivo a largo plazo.

VII. Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas

7.1 Descripción de alternativas a futuro

Condiciones de la preparación del sitio según tramo:

La superficie sujeta a las actividades de preparación del sitio varía según las condiciones de cada tramo del trazado. En aquellos tramos donde el Macro Colector discurre en zonas urbanas consolidadas y sobre vialidades existentes —como ocurre en gran parte del trayecto dentro de la Ciudad de Puebla— no se prevé remoción significativa de vegetación, dado que el trazo se desarrolla sobre superficies ya impermeabilizadas o con cobertura vegetal mínima.

En contraste, en los tramos de carácter periurbano y semirural, particularmente en los colectores Santa Clara Ocoyucan y San Gregorio Atzompa, el trazo se desarrolla en proximidad a barrancas y

zonas de vegetación secundaria. En estos tramos, se implementarán medidas de rescate y reubicación de la vegetación presente en el derecho de vía, conforme a lo establecido en el Programa de Rescate de Vegetación incluido en el presente capítulo. Lo anterior es coherente con la condición de los sistemas de alcantarillado existentes en Ocoyucan, donde diversas localidades —entre ellas Santa Clara Ocoyucan, San Bernardino Chalchihuapan, Francisco Sarabia y San Bernabé Temoxtitla— descargan actualmente a barrancas, lo que refleja la proximidad del trazo a estos elementos naturales del paisaje periurbano.

Adicionalmente, en el tramo correspondiente a San Bernabé Temoxtitla y el área de Santa Martha Hidalgo, la cartografía del trazo muestra que el macro colector atraviesa y bordea parcelas agrícolas de temporal activas, identificadas visualmente como cultivos regulares —predominantemente maíz y frijol, que son los cultivos característicos del municipio de Ocoyucan.

En este tramo el colector discurre en parte por el tejido urbano consolidado de San Bernabé Temoxtitla y en parte paralelo a canales o bordos agrícolas que delimitan dichas parcelas. Dado que en esta zona no se trata de vegetación natural o forestal, el instrumento de gestión aplicable no es el Programa de Rescate de Vegetación, sino un conjunto de medidas específicas para el uso agrícola afectado:

- Acuerdos previos con los propietarios o poseedores de las parcelas afectadas temporalmente por el derecho de vía, documentando el estado original de los terrenos.
- Minimización del ancho de afectación en zonas de cultivo activo, limitando la franja de trabajo al mínimo constructivo necesario
- Restitución de la capa de suelo agrícola (tierra vegetal) removida durante la excavación, colocándola de nuevo una vez instalada la tubería y compactado el relleno

- Nivelación y rehabilitación de la superficie agrícola al término de las obras para restituir su aptitud productiva
- En caso de pérdida de cosecha en ciclo activo, gestión de mecanismos de compensación con los propietarios afectados, en coordinación con el Ayuntamiento de Ocoyucan

Un caso específico de atención es la proximidad del trazo al **Parque de la Reserva** y el **Parque de los Conejo**s, áreas verdes urbanas ubicadas en el municipio de Puebla. De acuerdo con la cartografía del trazo, el macro colector discurre por estos dos parques. Esta condición los ubica dentro del área de influencia directa de las obras en ese tramo, por lo que se deberán considerar las siguientes medidas específicas:

- Restricción de actividades de alto impacto (explosiones, compactación intensa) en el horario diurno durante fines de semana y días festivos, cuando el parque registra mayor afluencia de visitantes
- Control estricto de polvos y ruido en el frente de obra adyacente al parque

- Prohibición de disposición temporal de materiales de excavación dentro del área de influencia del parque
- Supervisión de que las actividades constructivas no alteren el drenaje superficial hacia el parque ni provoquen encharcamientos o erosión en sus inmediaciones
- En caso de que el trazo requiera intervenir vegetación, se aplicará el Programa de Rescate de Vegetación con especial atención a las especies arbóreas presentes en esa zona de transición

Escenario sin proyecto (tendencia actual): De no ejecutarse el macrocolector "Manuel Ávila Camacho", la contaminación del Río Atoyac continuará agravándose en función del crecimiento poblacional proyectado. La población en el área de influencia crecerá de aproximadamente 1.8 millones de habitantes en 2020 a más de 2.5 millones en 2045, incrementando proporcionalmente los volúmenes de aguas residuales sin tratar. El deterioro del ecosistema ripario, la Presa de Valsequillo y los acuíferos del Valle de Puebla se profundizará, con consecuencias en la salud pública, la disponibilidad de agua y la biodiversidad regional.

Escenario con proyecto (alternativa seleccionada): La construcción del macro colector permitirá interceptar y conducir las aguas residuales generadas en el área de influencia hacia la PTAR Manuel Ávila Camacho, con una capacidad de tratamiento de hasta 1,127.3 l/s (gasto integrado máximo por tramo según diseño hidráulico). El efluente tratado, que cumplirá con la NOM-001-SEMARNAT-2021, será descargado al Río Atoyac y eventualmente a la Presa de Valsequillo, permitiendo la recuperación gradual de estos ecosistemas. La alternativa seleccionada es técnica, económica y ambientalmente la más viable.

Alternativas técnicas evaluadas:

- *Alternativa 1 – Plantas de tratamiento descentralizadas por municipio:* fue descartada por mayores costos de operación y mantenimiento, y por la dispersión de puntos de descarga que dificulta el control de la calidad del efluente.
- *Alternativa 2 – Macro colector centralizado (proyecto seleccionado):* optimiza la infraestructura, reduce costos de largo plazo, concentra el tratamiento en una planta con mayor eficiencia y minimiza los puntos de riesgo ambiental.
- *Alternativa 3 – Ampliación de infraestructura existente:* insuficiente para atender el crecimiento proyectado al 2045 y no resuelve el problema de los municipios sin saneamiento (Ocoyucan: cobertura de saneamiento 0%).

Pronóstico ambiental con proyecto: A mediano plazo (5–10 años), se espera una mejora significativa en los índices de calidad del agua del Río Atoyac en el tramo comprendido entre el área de influencia y la Presa de Valsequillo. A largo plazo (20–25 años), la recuperación del ecosistema ripario, la reducción de enfermedades de transmisión hídrica y la mejora en la calidad del agua para uso agrícola e industrial representarán beneficios cuantificables para la región. El proyecto se alinea con

la Estrategia Nacional de Saneamiento de CONAGUA y con los compromisos del estado de Puebla ante PROFEPA para la descontaminación del Río Atoyac.

Fuentes: INEGI (Censos, Cartas Temáticas); SEMARNAT; CONAGUA; Plan Integral de APAS de Ocoyucan; Plan Municipal de Desarrollo de San Gregorio Atzompa 2021–2024; Términos de Referencia del proyecto; LGEEPA y reglamentos; NOMs aplicables.