



V. DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA ATOYAC-EL SALADO BASADO EN EL PARADIGMA DE LA GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS



V. DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA ATOYAC-EL SALADO

5.1. Introducción	2
5.2. Fuentes de contaminación ambiental	3
a) Contaminación puntual por aguas residuales	3
b) Contaminación puntual por residuos sólidos.....	4
c) Contaminación natural.....	5
5.3. Análisis de la Contaminación en los ríos Atoyac y Salado.....	5
5.3.1. Análisis de la calidad de agua, Red Nacional de Monitoreo (RNM)	5
5.3.2. Análisis estadístico de datos de la Red Nacional de Monitoreo de aguas superficiales en los Ríos Atoyac y Salado.....	7
5.3.2.1. Procedimiento empleado para el análisis de datos de la Red Nacional de Monitoreo (2012-2019)	8
5.3.2.2. Resultados del análisis estadístico.....	12
5.4. Ubicación de fuentes de contaminación.....	21
5.4.1. Contaminación puntual	21
5.4.2. Contaminación difusa.....	26
5.5. Infraestructura municipal	28
5.5.1. Agua Potable.....	36
5.5.1.1. Zona Alto Atoyac	37
5.5.1.2. Zona Río Salado	41
5.5.1.3. Zona Bajo Atoyac.....	45
5.5.1.4. Conclusiones	49
5.5.2. Alcantarillado Sanitario	52
5.5.2.1. Zona Alto Atoyac.....	55
5.5.2.2. Zona Río Salado	56
5.5.2.3. Zona Bajo Atoyac	57
5.5.2.4. Conclusiones	58
5.5.3. Plantas de tratamiento.....	58
5.5.3.1. Zona Alto Atoyac.....	58
5.5.3.2. Zona Río Salado	69
5.5.3.3. Zona Bajo Atoyac	78
5.5.3.4. Conclusiones	86
5.5.4. Residuos Sólidos Urbanos	88
5.5.4.1. Resultados de las zonas de Alto Atoyac, Río Salado y Bajo Atoyac	90
5.5.4.2. Conclusiones	96
5.5.5. Descargas de aguas residuales.....	96
5.5.5.1. Clasificación de aguas residuales.....	97
5.5.5.2. Uso de las aguas residuales.....	98
5.5.5.3. Metodología.....	98
5.5.5.3.1. Zona Alto Atoyac	101
5.5.5.3.2. Zona Río Salado	104
5.5.5.3.3. Zona Bajo Atoyac	106
5.5.5.4. Análisis y priorización.....	108
5.5.5.4.1. Zona Alto Atoyac.....	108
5.5.5.4.2. Zona Río Salado	109
5.5.5.4.3. Zona Bajo Atoyac.....	112
5.5.5.5. Conclusiones y recomendaciones.....	113
5.5.5.5.1. Zona Alto Atoyac.....	113
5.5.5.5.2. Zona Río Salado	114
5.6. Problemática general en el área de estudio.....	115

5. DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA ATOYAC-EL SALADO

5.1. Introducción

Dentro de la Subcuenca RH20Ac Río Atoyac-Oaxaca de Juárez se ubica la región de los Valles Centrales en la que se localizan los municipios señalados para este diagnóstico. Por las características físicas y bióticas diferenciadas en las que se encuentran, así como su ubicación geográfica, se determinó dividirlos en tres subcuencas específicas: Alto Atoyac, Bajo Atoyac y Río Salado.

Durante la elaboración de este estudio se analizó información existente y se generaron datos que ayudan a comprender el problema de contaminación de los ríos Atoyac y Salado, así como la degradación ambiental en la región, considerando, entre otros, los siguientes:

- Incremento de los niveles de contaminación en ríos asociado a inoperatividad de infraestructura de saneamiento, descargas irregulares y residuos sólidos urbanos depositados en las márgenes de los ríos Atoyac y Salado y ríos tributarios.
- Inoperatividad de infraestructura de saneamiento, asociado a altos costos de operación, falta de personal capacitado en el manejo de plantas de tratamiento de agua residual e inadecuados procesos en la ingeniería de tratamiento.
- Inadecuado manejo y disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de tratamiento especial en los municipios, asociado a insuficiente infraestructura de manejo de RSU municipal y estatal para residuos de manejo especial.
- Incremento de áreas urbanas en municipios sin ordenamiento territorial ni planeación del desarrollo urbano.
- Incremento de población en zonas urbanas y área metropolitana de la capital del Estado, con mayor demanda de servicios de agua para uso humano, alcantarillado e infraestructura de saneamiento.
- Alteración del ciclo hidrológico en la región de Valles Centrales.
- Alteración de las condiciones hidrológicas e hidráulicas de ríos por actividades humanas.
- Falta de información ambiental asociada a escasos estudios del ciclo hidrológico y a la falta de difusión de información existente a la población.
- Incumplimiento de la normatividad ambiental existente en los tres órdenes de Gobierno para la protección del ambiente.
- Escasa colaboración y coordinación interinstitucional e intersectorial para atender temas ambientales.
- Pérdida de la diversidad de flora y fauna por actividades antropogénicas.
- Carencia de programas de educación ambiental que promueva una cultura ambiental entre la población.
- Escasa capacitación de autoridades municipales sobre la normatividad aplicable para atender problemáticas ambientales en sus municipios.

En los siguientes apartados se expondrán los resultados de la caracterización y diagnóstico realizado, donde se pone énfasis en la problemática detectada y que han generado la contaminación de los ríos Atoyac y Salado y en la disminución de la calidad ambiental en el área de estudio.

5.2. Fuentes de contaminación ambiental.

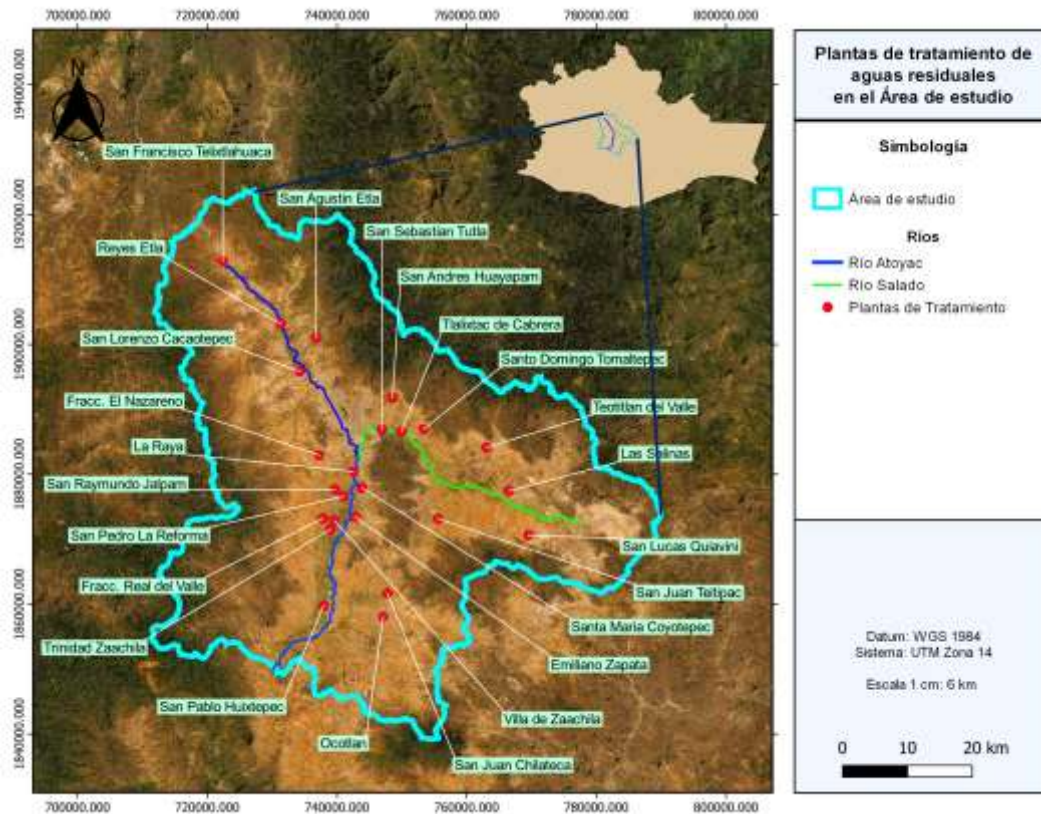
En la delimitación espacial de los municipios dentro de las zonas de estudio se identificaron diferentes fuentes de contaminación, que contribuyen a la alteración ambiental y que derivan en la contaminación de los ríos Atoyac y Salado, como muestran las siguientes categorías:

a) Contaminación puntual por aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales en las zonas de estudio es bajo en relación con las necesidades que tiene la población, INSO mencionó que para el año 2014 existían 127 plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) en toda la entidad y al menos 50 plantas en la CHRVA, sin embargo, el 90% de ellas ha trabajado de manera ineficiente, convirtiéndose en fuentes de contaminación. De acuerdo con la información mencionada en el Plan Hídrico Estatal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (PHEAPAS), dentro del área de estudio se encuentran 24 PTAR (Figura 5.1). Durante el desarrollo del presente trabajo se verificó en campo dicha información, que se desglosa en el apartado 5.5.3 de este documento, donde se describe a detalle la situación actual sobre las PTAR.

La infraestructura de saneamiento es inoperante en varios grados, incluyen la ruina completa de las PTAR, distintos niveles de abandono y plantas que trabajan con bajos porcentajes de eficiencia por fallas operativas y de mantenimiento, reparación o reposición de partes. En general, se han convertido en fuentes de contaminación de las ciudades y el campo, afectando con las descargas sin tratamiento, la calidad de agua de los ríos Atoyac y Salado y ríos tributarios. La falta de planeación, personal capacitado y recursos para el manejo de esta infraestructura es un componente de la ineficiente condición actual del saneamiento.

Figura 5.1 Ubicación de las plantas de tratamiento de aguas residuales en las Zonas de estudio Alto y Bajo Atoyac y Salado.



b) Contaminación puntual por residuos sólidos.

El crecimiento constante de la población ha provocado un aumento en la generación de residuos sólidos por habitante. La manera de atender esta situación ha sido arrojar la basura a tiraderos a cielo abierto y, en ocasiones, enterrarla (López, 2004). Esto genera daños al medio ambiente por el escurrimiento de lixiviados al suelo y posteriormente su infiltración al agua subterránea, afecta a la salud humana por el traslado de organismos nocivos y al suelo por la extensión de terreno afectada por los procesos de descomposición bacteriana, así como la fauna nociva asociada a ellos (Suflita, 1992; citado en Catalán *et al.*, 2009). Otra parte del mismo problema es la forma de coleccionar los residuos sólidos municipales y su disposición, estas actividades se realizan sin contemplar los protocolos de separación por tipos de basura, por lo que muy poca se envía a sitios controlados para procesar su reutilización (SEMARNAT, 2005).

En México, la cantidad y el tipo de residuos generados por habitante por día han cambiado con los años. En la década de los cincuenta los residuos sólidos generados per cápita eran de 320 g. La mayoría de estos residuos eran de origen orgánico, de fácil descomposición e integración al ambiente. Para el 2005, de acuerdo con la SEMARNAT los residuos generados por persona y día variaban entre 800 y 917 g. predominando residuos de lenta degradación que requieren tratamiento para su disposición final.

SEMARNAT y SEMAEDESO (2021) mencionan que, de acuerdo con lo establecido en el Diagnóstico Básico elaborado en el año 2007, en el Estado de Oaxaca se generaban aproximadamente 2,998 ton/día de residuos sólidos, siendo la Región de Valles Centrales una de las tres con mayor cantidad generada. En cuanto a infraestructura existente para el manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial es insuficiente, obsoleta y muy precaria en todo el Estado.

El parque vehicular de recolección está compuesto en una buena parte, por vehículos recolectores que ya han cumplido con su periodo de obsolescencia, o bien presentan características indebidas e intolerables como para realizar un servicio tan especializado, como es la recolección de los residuos sólidos; esto sin considerar la ineficiencia con la que operan por la falta de profesionalización de quienes depende el servicio de recolección, ni la ausencia de programas de mantenimiento preventivo.

La región de Valles Centrales del Estado de Oaxaca genera alrededor de 1,050 toneladas de residuos sólidos al día, aproximadamente el 33% del total del Estado, de los cuales, la ciudad de Oaxaca y 25 Municipios conurbados generan más de 800 ton/día. El sitio actual de disposición final, en el predio de Zaachila, el que consta de 17 hectáreas y tiene más de 35 años de antigüedad, dicho sitio se encuentra al 95% de su capacidad (FONADIN, 2020). Este tiradero de basura, con más de 30 años de operación, fue rehabilitado y transformado en un Sitio de Disposición Final Controlado, operándose como tal desde marzo de 2013; en este sitio se disponen alrededor de entre 800 y 850 ton/día de basura. Sin embargo, el basurero resulta insuficiente a la fecha y además de los problemas que genera en la población hay impactos significativos al medio ambiente (SEMARNAT y SEMAEDESO, 2021).

Es importante recalcar que actualmente la población, tanto de zonas urbanizadas como rurales, tienen acceso a productos de origen industrializado que finalmente se convierten en residuos que han sufrido en poco tiempo grandes cambios, cuantitativa y cualitativamente; podemos encontrar envases, plásticos, latas, textiles sintéticos, entre otros. La población no sólo no realiza un manejo de residuos, sino que ni siquiera identifica esta situación como un problema asociado al consumo, la salud y al medio ambiente, como tampoco se tiene un consumo responsable de bienes y servicios.

c) Contaminación natural.

En el Paraje “Flor de Guayabal” perteneciente al Municipio de Tlacolula de Matamoros en la zona de estudio el Salado, se ha detectado contaminación por arsénico en pozos noria y semiprofundos (Caballero *et al.*, 2010). Los resultados de los análisis del agua demostraron que el arsénico ($\mu=0,1$ mg/l) se presenta en niveles que superan lo establecido en la norma oficial mexicana (0,025 mg/l). Este tipo de contaminación representa un riesgo latente para la salud de la población que consume el agua de estos pozos, así como afecciones al medio ambiente.

A continuación, se presenta por apartado, el diagnóstico generado para las diferentes fuentes de contaminación identificadas en las zonas de estudio, características de las fuentes de contaminación y otras alteraciones en el medio natural en el área de estudio.

5.3. Análisis de la Contaminación en los ríos Atoyac y Salado.

De acuerdo con Reyes *et al.*, (2009) en los Valles Centrales se estimó el consumo de agua destinados al sector doméstico, comercial, industrial y público, cuyo total fue de 28,359,073 m³ anuales por usuario (mca/u) para el 2009, la mayoría de esta agua se extrae del acuífero de Valles Centrales, que es la fuente principal de suministro de agua para la región. Se tienen registrados aproximadamente 8,235 7,362 aprovechamientos de aguas subterráneas (2020), provenientes de pozos, aunque existen un buen número de otros aprovechamientos no registrados de bajo consumo.

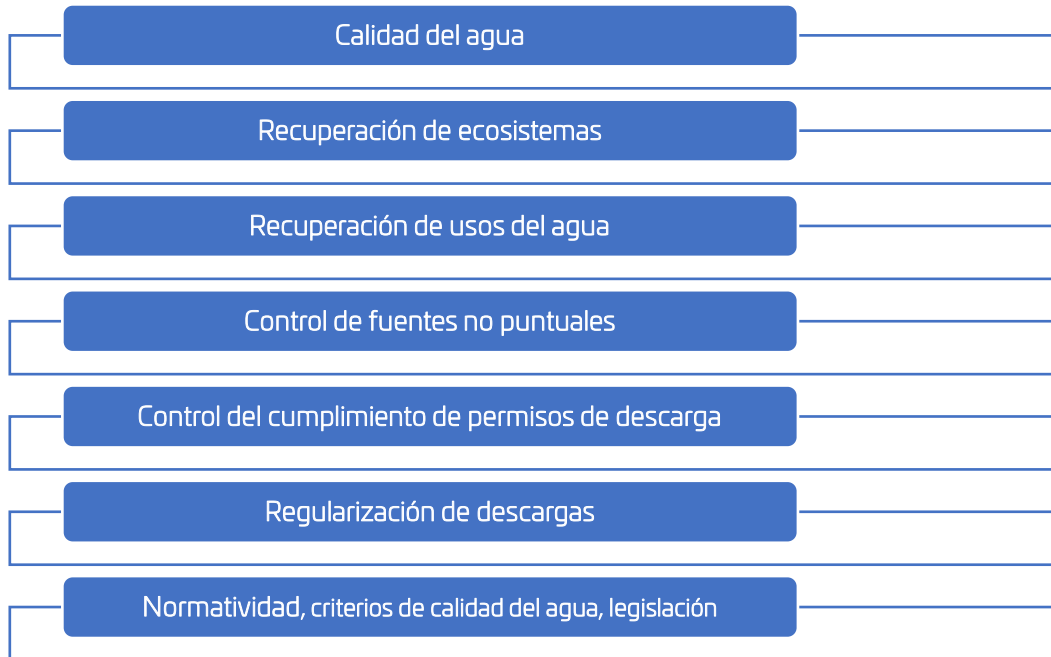
Por otro lado, los Ríos Atoyac y Salado y algunos ríos tributarios presentan alteración en la calidad del agua de sus afluentes atribuibles al desarrollo urbano, agrícola y socioeconómico de la zona, lo que dificulta poder utilizar el agua superficial para diferentes actividades.

Esto supone un problema urgente de resolver porque el constante aumento de la población, la diversificación de actividades económicas y la manera en que los diferentes sectores hacen uso del agua, generan implicaciones a nivel ambiental que están agotando su disponibilidad y constantemente hay problemas de índole social, al menos en la Zona Metropolitana de Oaxaca (ZMO) por la demanda de agua para la población; y por consecuencia en el tratamiento de este recurso utilizado antes de ser vertido a los cuerpos de agua receptores.

5.3.1. Análisis de la calidad de agua, Red Nacional de Monitoreo (RNM)

De acuerdo con González (2002) el ciclo de información, a través de la Red Nacional de Monitoreo (RNM), está constituido por aquellas actividades consecutivas que permiten guiar la generación de información sobre una base racional para obtener información útil y adecuada al procedimiento administrativo de la calidad del agua. La razón por la cual se plantea generar información mediante un programa de monitoreo es la necesidad de administrar la calidad del agua; entendiéndose por administración, la planeación de actividades organizadas y coordinadas con objetivos específicos para alcanzar una meta, en este caso, controlar, mantener y mejorar la calidad del agua en un sistema acuático (ríos Atoyac y Salado). Indica además que toda estrategia de administración o gestión de la calidad del agua tiene como meta conservar o mejorar su calidad en general; a su vez, en el camino hacia esta meta y bajo un esquema organizado se establecerán actividades específicas con sus objetivos asociados (Figura 5.2).

Figura 5.2. Pirámide de objetivos para el mejoramiento de la calidad del agua (Fuente: Programa Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Documento para su desarrollo e implementación).



Para conocer la calidad histórica de los ríos Atoyac y Salado se consultó la información generada por la Red Nacional de Monitoreo, cuyas actividades de observación sistemática de la calidad de agua en el país se han venido llevando a cabo desde 1974. El monitoreo comprende estaciones para la toma de datos en campo y colecta de muestras de agua que son llevadas a laboratorio para su análisis. El número y tipo de variables analizadas se ha ido ajustado a las capacidades y posibilidades analíticas de cada región (CONAGUA, 2002).

La región de Valles Centrales cuenta con 21 puntos de monitoreo instalados desde el 2012 al 2020 (Figura 5.3), realizando muestreos bimestrales hasta la actualidad, éstos se dividen en 18 puntos para agua superficial y 3 para agua subterránea. Se utilizaron únicamente los datos para agua superficial para comprender la problemática ambiental de los ríos Atoyac y Salado en la región de Valles Centrales de Oaxaca específicamente del área de estudio, así como los datos de la de la zona de Ejutla para efectos comparativos.

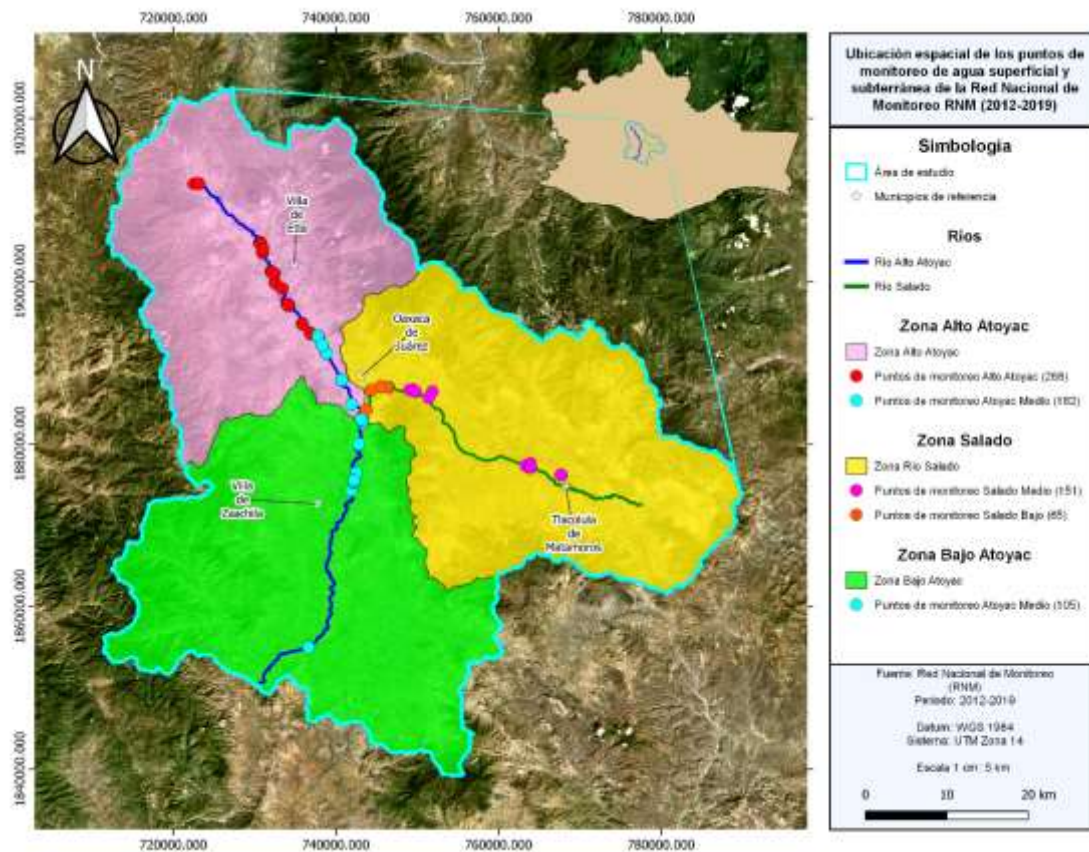


Figura 5.3. Ubicación espacial de los puntos de monitoreo de agua superficial de la RNM.

Se muestra a continuación los resultados obtenidos del análisis de datos de calidad del agua de la RNM, en los puntos de monitoreo de las tres zonas de estudio, con la utilización de indicadores de calidad del agua superficial

5.3.2. Análisis estadístico de datos de la Red Nacional de Monitoreo de aguas superficiales en los Ríos Atoyac y Salado

Fuente: base de datos de la Red Nacional de Monitoreo (RNM) CONAGUA, Organismo de Cuenca Pacífico Sur.

Tamaño de la matriz de datos y temporalidad: 980 puntos de muestreo de 44 variables medidas por bimestre, de 2012 al 2019 (aproximadamente 43,120 datos) en sitios permanentes de monitoreo en puntos de los ríos Atoyac y Salado.

Objetivo del análisis: Identificar los valores de contaminantes que sobrepasan los referentes de contaminación, en la trayectoria de los ríos Atoyac-Salado (RAS), su ubicación histórica en los 6 bimestres de cada año en el periodo 2012-2019, así como la elaboración del semáforo de calidad de aguas superficiales de ríos y arroyos, según lo rangos de los indicadores establecidos por CONAGUA, 2012.

5.3.2.1. Procedimiento empleado para el análisis de datos de la Red Nacional de Monitoreo (2012-2019)

Se indica a continuación el procedimiento realizado para el análisis de los datos:

1. Organización de la matriz de datos para el análisis estadístico espacial, clasificada en 5 segmentos y 27 subsegmentos de la trayectoria de los Ríos Atoyac y Salado (RAS), según los datos disponibles, aprovechando las coordenadas geográficas de ubicación de los puntos de muestreo a lo largo de estos dos cauces (Figura 5.4).
2. Organización de la matriz de datos para el análisis estadístico temporal, clasificada en 6 bimestres para cada año, del 2012 al 2019 del RAS, según los datos disponibles.
3. Análisis exploratorio multivariante de la matriz completa 47 variables de análisis de parámetros físico-químicos (43,120 datos) (Cuadro 5.1).

Cuadro 5.1. Variables evaluadas en los puntos de muestreo de forma bimestral por la Red Nacional de Monitoreo en los ríos Atoyac y Salado.

Grupo analítico	Variable evaluada	Unidades
Muestreo y parámetros de campo	Longitud del sitio	Grados decimales
	Latitud del sitio	Grados decimales
	Altitud del sitio	m
	Temperatura agua	°C
	Temperatura ambiente	°C
	pH de campo	UpH
	Oxígeno Disuelto	mg/L
	Oxígeno Disuelto	% saturación
	Conductividad de campo	µS/cm
	Caudal	L/s
	Caudal M ³	M ³
Materia orgánica	Demanda Bioquímica de Oxígeno total	mg/L
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L
	Demanda Química de Oxígeno total	mg/L
	Demanda Química de Oxígeno	mg/L
	Carbono Orgánico Soluble	mg/L
	Carbono Orgánico Total	mg/L
	Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L
Físicos	Turbiedad del agua	UNT
	Color Verdadero	U Pt/Co
Biológicos	<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100mL
	Coliformes Fecales	NMP/100mL
	Coliformes Totales	NMP/100mL
Nutrientes	Nitrógeno Orgánico	mg/L
	Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	mg/L
	Nitratos (N-NO ₃)	mg/L
	Nitritos (N- NO ₂)	mg/L
	Nitrógeno Total Kjendahl NTK	mg/L
	Nitrógeno Total (Suma de Nitrógenos de NO ₂ +NO ₃ +NTK)	mg/L
	Ortofosfatos	mg/L
	Fósforo Total	mg/L
Sólidos	Sólidos Disueltos Totales (Calculo)	mg/L
	Sólidos Suspendedos Totales	mg/L
Metales y metaloides	Arsénico total	mg/L

Grupo analítico	Variable evaluada	Unidades
	Cadmio total	mg/L
	Cromo total	mg/L
	Mercurio total	mg/L
	Níquel total	mg/L
	Plomo total	mg/L
Minerales	Cianuro Total	mg/L
	Dureza Total	mg/L
Toxicidad	Toxicidad <i>Daphnia magna</i> 48 hrs (EC50)	%
	Toxicidad <i>Daphnia magna</i> 48 hrs (UT)	%
	Toxicidad vidrio Fischeri 15 min (EC50)	Luminiscencia relativa
	Toxicidad vidrio Fischeri 15 min (UT)	Luminiscencia relativa
	Toxicidad vidrio Fischeri 5 min (EC50)	Luminiscencia relativa
	Toxicidad vidrio Fischeri 5 min (EC50)	Luminiscencia relativa

Para identificar las variables de mayor peso relativo (procedimiento PRINCOMP; SAS ver. 9), se identificaron 25 variables útiles en 743 puntos de muestreo con datos completos (los demás puntos de muestreo con datos incompletos).

4. Análisis de varianza multivariante (25 variables en 743 puntos de muestreo) para identificar la diferenciación de segmentos de trayectoria del RAS (procedimiento CANDISC ANOVA; SAS ver. 9)
5. Análisis de varianza multivariante (25 variables en 743 puntos de muestreo) para asegurar la diferenciación de los 6 bimestres para los años 2012-2019 (procedimiento CANDIS ANOVA; SAS ver. 9)
6. Análisis exploratorio de frecuencias absolutas y relativas de los contaminantes clasificados por segmento, subsegmento y temporalidad (6 bimestres) (procedimiento UNIVARIATE FREQ; SAS ver. 9), con generación de parámetros de estimación, tomando la mediana de los puntos de muestreo por subsegmento, para aplicar el semáforo de calidad de agua de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2012), para los principales indicadores sugeridos por la misma institución: DBO5, DQO, SST, coliformes fecales, *Escherichia coli*, OD; además toxicidad con *Daphnia magna* y *Vibrio fischerii*, para identificar los puntos de muestreo con su valor máximo de cada variable y la aplicación de la regla de decisión para la ubicación de cada indicador en el semáforo de 27 subsegmentos municipales que intercepta la trayectoria del RAS, como se muestra en el siguiente cuadro 5.2.

Cuadro 5.2 Calificación de sitios a través de semáforo (Fuente; CONAGUA, 2012)

Semáforo de calidad del agua		
Indicador	No cumple	Cumple
DBO	Rojo	Verde
DQO	Rojo	Verde
TOX	Rojo	Verde
ENTEROC	Rojo	Verde
E_COLI	Amarillo	Verde
CF	Amarillo	Verde
SST	Amarillo	Verde
OD%	Amarillo	Verde

Si los resultados de calidad del agua indican que no se cumple uno o varios indicadores el sitio se pinta en rojo.

Si los resultados de calidad del agua indican que no se cumple uno o varios indicadores, el sitio se pinta en amarillo

El referente usado para la ubicación de los indicadores en el semáforo, con los límites establecidos se muestra en el siguiente cuadro 5.3.

CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS LÓTICOS									
INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA				CALIFICACIÓN, CÓDIGO DE COLORES Y ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA DEL INDICADOR					SEMÁFORO
INDICADOR	CAMPOS DE LA BASE DE DATOS	ABREVIACIÓN	UNIDADES	CUMPLIMIENTO			INCUMPLIMIENTO		COLOR DEL SEMÁFORO EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR
				EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, 5 DÍAS	DBO_TOT	DBO	mg/L	DBO≤3	3<DBO≤6	6<DBO≤30	30<DBO≤120	DBO>120	ROJO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO_TOT	DQO	mg/L	DQO≤10	10<DQO≤20	20<DQO≤40	40<DQO≤200	DQO>200	ROJO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	SST	mg/L	SST≤25	25<SST≤75	75<SST≤150	150<SST≤400	SST>400	AMARILLO
COLIFORMES FECALES	COLI_FEC	CF	NMP/100 mL	CF≤100	100<CF≤200	200<CF≤1000	1000<CF≤10000	CF>10000	AMARILLO
ESCHERICHIA COLI	E_COLI	EC	NMP/100 mL	EC≤250	250<EC≤500	500<EC≤1000	1000<EC≤10000	EC>10000	AMARILLO
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	OD_%	OD	%	70<OD≤110	50<OD≤70 Y 110<OD≤120	30<OD≤50 Y 120<OD≤130	10<OD≤30 Y 130<OD≤150	OD≤10 Y OD>150	AMARILLO
INDICADOR	CAMPOS DE LA BASE DE DATOS	ABREVIACIÓN	UNIDADES	CUMPLIMIENTO			INCUMPLIMIENTO		COLOR DEL SEMÁFORO EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR
				NO TÓXICO	TOXICIDAD BAJA	TOXICIDAD MODERADA	TOXICIDAD ALTA		
TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA, 48 h	TOX_D_48_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1≤TA≤1.33	1.33<TA < 5	TA ≥ 5		ROJO
TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI, 15 min	TOX_V_15_UT	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1≤TA≤1.33	1.33<TA < 5	TA ≥ 5		ROJO
TODOS LOS INDICADORES	En caso de cumplimiento de todos los Indicadores, el color del semáforo es verde							VERDE	

Se considera como incumplimiento cuando se califica el sitio como contaminado o fuertemente contaminado

Cuadro 5.3 Escala de clasificación de la calidad de agua superficial, cuerpos de agua lóticos (ríos, arroyos y corrientes) (CONAGUA, 2012)

5.3.2.2. Resultados del análisis estadístico

De acuerdo con el análisis realizado, las variables de mayor peso relativo que fueron seleccionadas para el análisis espacial (trayectoria del RAS y temporal a través de los años con sus bimestres) se muestran en el siguiente cuadro, destacando que solo 8 de estos indicadores se utilizan para construir el semáforo de calidad del agua de acuerdo a CONAGUA (2012).

Es importante señalar que la actualización de la NOM-001-SEMARNAT-2016 A NOM- NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación ha sido aceptada, sin embargo, será de observancia obligatoria una vez se publique en el DOF.

Cuadro 5.4. Variables que sobrepasan los límites de la NOM-001-SEMARNAT-1996 derivadas del análisis estadístico.

Nomenclatura	Variable	Nomenclatura	Variable
AS_TOT	Arsénico Total (mg/L)	SDT	Sólidos Disueltos Total (mg/L)
CD_TOT	Cadmio Total (mg/L)	SST	Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)
CN_TOT	Cianuro Total (mg/L)	DBO_TOT	Demanda Bioquímica de Oxígeno Total (mg/L)
COLI_FEC	Coliformes Fecales (NMP/100 mL)	E_COLI	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)
COT_SOL	Carbono Orgánico Soluble (mg/L)	DQO_TOT	Demanda Química de Total (mg/L)
CR_TOT	Cromo Total (mg/L)	DUR_TOT	Dureza Total (mg/L)
N_NO3	Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	HG_TOT	Mercurio Total (mg/L)
N_TOTK	Nitrógeno Total Kjendahl (mg/L)	N_NH3	Nitrógeno Amoniacal (mg/L)
NI_TOT	Niquel Total (mg/L)	N_NO2	Nitrógeno de Nitritos (mg/L)
OD_MGL	Oxígeno Disuelto en mg/L	TOX_D_48_EC50	TOXICIDAD <i>DAPHNIA MAGNA</i> 48 HRS (%)
P_TOT	Fósforo Total (mg/L)	TOX_V_15_EC50	TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI 15 MIN (EC50).
PB_TOT	Plomo Total (mg/L)		
PH_CAMPO	pH de Campo		
SAAM	Sustancias Activas al Azul de Metileno		

Las hipótesis planteadas fueron: la contaminación en la trayectoria del RAS se encuentra segmentada espacial y temporalmente, la cual fue probada con un alto nivel de significancia estadística (99% de confiabilidad estadística; prueba de F multivariada) ($\alpha = 0.01$). Por lo tanto, la contaminación se clasifica

en 5 segmentos de la trayectoria del RAS, y 27 subsegmentos municipales, a través de 6 bimestres de cada año de 2012 a 2019. En el siguiente cuadro se muestran los valores de pruebas estadísticas multivariantes que prueban la significancia de diferenciación segmentada de la contaminación, lo cual sugiere puntos de mayor concentración de contaminantes, en los subsegmentos municipales indicados más adelante. En el siguiente cuadro se muestran los valores de pruebas estadísticas multivariantes, que prueban la significancia de diferenciación de la contaminación, lo cual sugiere puntos de mayor concentración de contaminantes, en los bimestres 2 y 3 de cada año.

Cuadro 5.5 Valores de las pruebas de F, para la diferenciación de contaminantes en los subsegmentos del Río Atoyac-Salado.

Estadístico de prueba	Valor	F-Valor	GL	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.28759783	10.51	100	2845.1	<.0001
Pillai's Trace	0.99648609	9.56	100	2880	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	1.62107565	11.60	100	2420.1	<.0001
Roy's Greatest Root	1.00938832	29.07	25	720	<.0001

Fuente: Salida de análisis estadístico multivariante con 25 variables de análisis y 746 puntos de muestreo (S.A.S. versión 9.0).

Cuadro 5.6 Valores de las pruebas de F, para la diferenciación de contaminantes entre años y dentro de años del Río Atoyac- Salado.

Estadístico de prueba	Valor	F-Valor	Num DF	Den DF	Pr > F
Wilks' Lambda	0.89724876	2.21	48	4757.2	<.0001
Pillai's Trace	0.10582361	2.18	48	5826	<.0001
Hotelling-Lawley Trace	0.11113199	2.23	48	3202.9	<.0001
Roy's Greatest Root	0.07101933	8.62	8	971	<.0001

Fuente: Salida de análisis estadístico multivariante con 25 variables de análisis y 980 puntos de muestreo (S.A.S. versión 9.0).

Los afluentes se diferenciaron en cinco segmentos en relación con la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo.

- Segmento 1 correspondiente a Atoyac-Alto (A-A).
- Segmento 2 correspondiente a Atoyac-Medio (A-M).
- Segmento 3 correspondiente a Salado-Medio (S-M).
- Segmento 4 correspondiente a Salado-Bajo (S-B).
- Segmento 5 correspondiente a Atoyac-Bajo (A-B).

Los resultados del semáforo de calidad de agua superficial, utilizando los indicadores CONAGUA (2012), se presentan en el Cuadro 5.7. Resultados del análisis 2012-2019 Ro Atoyac- Río Salado y reflejan que en 13 de 27 subsegmentos municipales analizados a partir de los resultados de la Red Nacional de Monitoreo de Agua, el 48.1% de los subsegmentos se ubican en semáforo rojo; el 48.1% se ubican en semáforo amarillo y solo el 3.8% en semáforo verde.

Figura 5.4. Delimitación de área de estudio y segmentos.

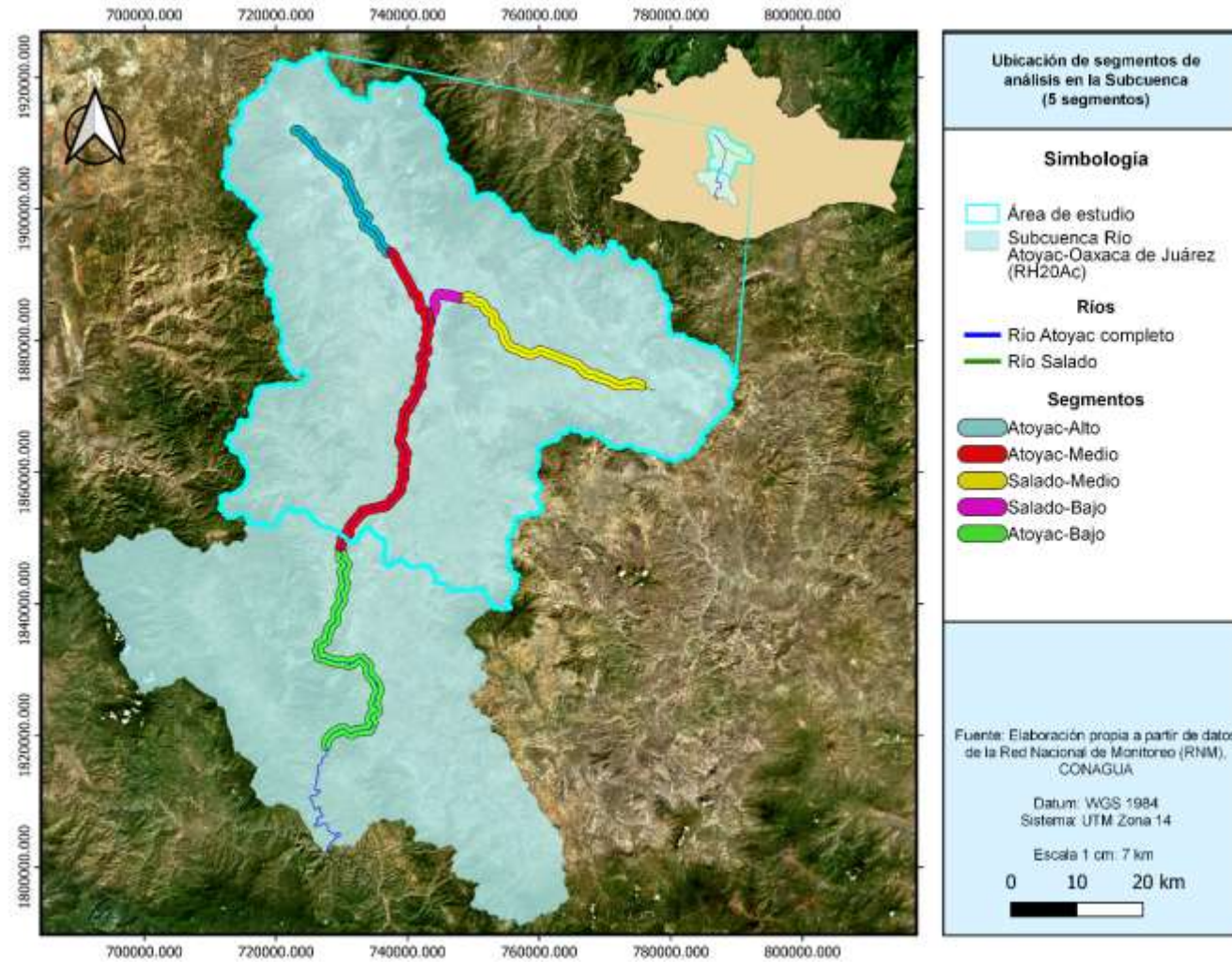
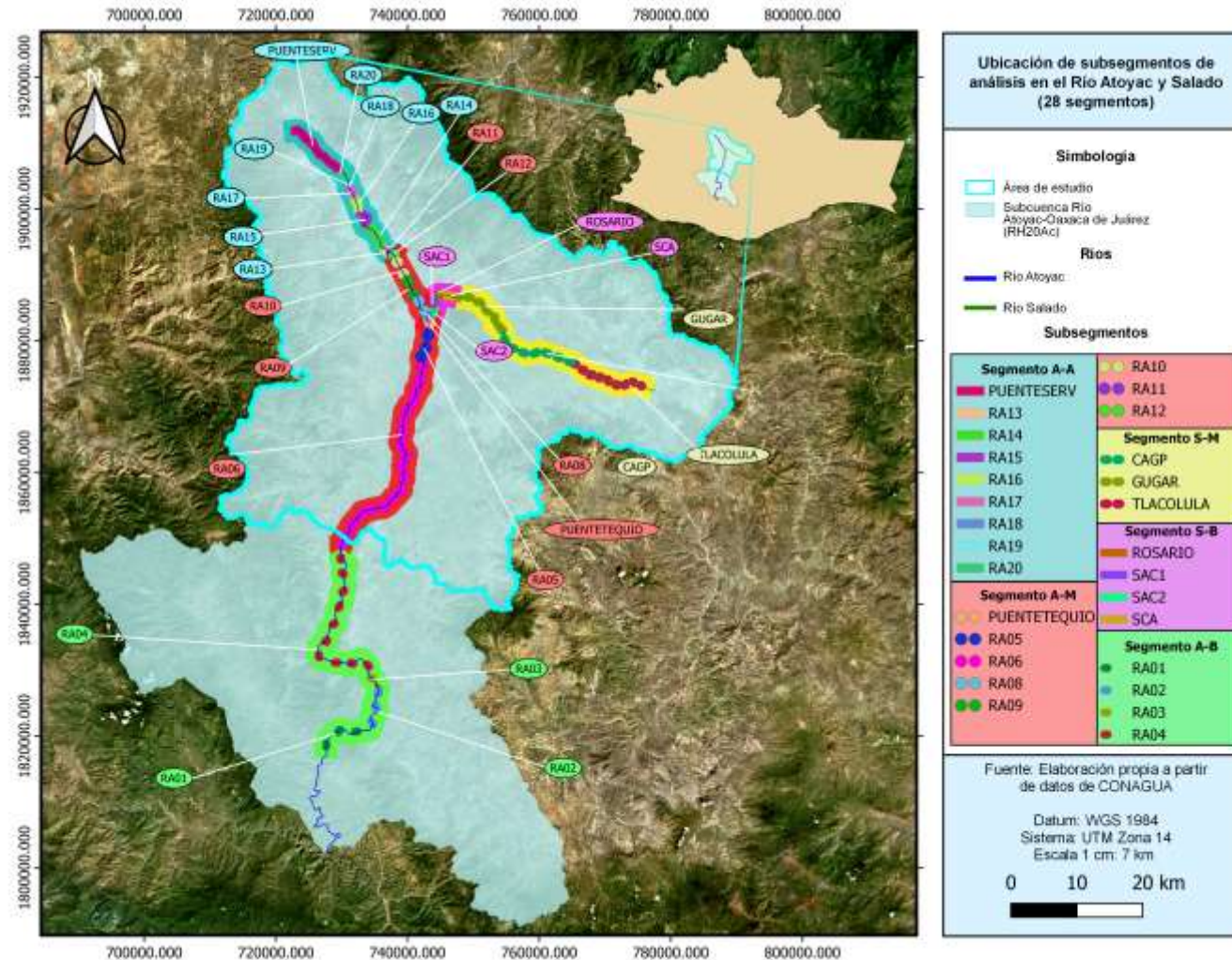


Figura 5.5. Delimitación de área de estudio y sub segmentos de evaluación.



Los resultados por segmento, subsegmentos y sus indicadores en los que incumplen, se describen a continuación:

Segmento 1: Atoyac-Alto (A-A). Se conforma por la intercepción del río Atoyac en los municipios de San Pablo Huitzo (SPH), Reyes ETLA (RET1, 2, 3 y 4), Guadalupe ETLA (GET), Nazareno ETLA (NET) y San Lorenzo Cacaotepec (SLOC1 Y 2). Este segmento está conformado por 9 subsegmentos representados por 295 puntos de muestreo. El A-A se encuentra contaminado con alta carga de coliformes fecales (de 1215 a >10,000 NMP/100mL) en 8 de los 9 subsegmentos mencionados; de los cuales 7 subsegmentos se ubican en semáforo "amarillo" y el subsegmento municipal SPH en semáforo rojo por exceder el límite de DQO y toxicidad probada con *Vibrio fischeri* (NMX-AA-112-SCFI-2017), así como en semáforo amarillo para *Escherichia coli* (4600 NMP/100mL). En este segmento A-A, solo el subsegmento Reyes ETLA 3 cumple con todos los indicadores CONAGUA de calidad de aguas superficiales en ríos y arroyos.

El indicador *Escherichia coli* (1,200 a 4,600 NMP/100mL) no se cumple para 5 de los nueve subsegmentos municipales y se ubican en semáforo amarillo.

La contaminación por coliformes totales se mantiene poco variable durante todos los años, en 6 de los 9 subsegmentos, por encima de los 10,000 NMP/100mL de agua. Mientras que la presencia de *E. coli* se registra a través del año entre 1,000 a 4,600 NMP/100mL, en 5 de los 9 subsegmentos del Atoyac Alto (A-A).

Segmento 2: Atoyac-Medio (A-M) Se conforma por la intercepción del río Atoyac pasando por los municipios de San Jacinto Amilpas (SJA1, 2 y 3), Oaxaca de Juárez (OAX), y Santa Cruz Xoxocotlán (SCX). Este segmento se conforma por 5 subsegmentos representados por 195 puntos de muestreo. El segmento A-M se encuentra contaminado con alta carga de coliformes fecales (> 10,000 NMP/100mL) y *Escherichia coli* (2,400 a 4,600 NMP/100mL). Cuatro de los 5 subsegmentos se ubican en semáforo rojo; de estos, destacan el subsegmento Santa Cruz Xoxocotlán con 6 indicadores incumplidos: DBO, DQO y toxicidad aguda con *Vibrio fischeri* en semáforo rojo, y coliformes fecales, *Escherichia coli* y OD% en semáforo amarillo, como mayormente contaminado. Le sigue el subsegmento de Oaxaca de Juárez con 5 indicadores incumplidos; en semáforo rojo DQO, toxicidad probada con *Daphna magna* y *Vibrio fischeri*, y en semáforo amarillo coliformes fecales y *Escherichia coli*. Aguas arriba, en San Jacinto Amilpas 1 y 2 también incumplen con el indicador DQO en semáforo rojo y dos indicadores en amarillo: coliformes fecales y *Escherichia coli*. Finalmente, el subsegmento San Jacinto Amilpas 3, el menos contaminado, también incumple dos indicadores: coliformes fecales y *Escherichia coli* en semáforo amarillo.

Los niveles de toxicidad aguda detectados en los subsegmentos OAX y SCX sugieren escasa posibilidades de vida acuática. De acuerdo con este tipo de contaminación, la fuente más probable puede ser descargas directas de aguas municipales de origen antropogénico.

Segmento 3: Salado Medio (S-M) Se conforma por la intercepción del Río Salado en los municipios de Tlacolula de Matamoros (TLM), San Juan Guelavía (SJG) y Tlaxiáctac de Cabrera (TLC) (con 3 subsegmentos), representados por 159 puntos de muestreo. Destaca el subsegmento municipal de Tlacolula de Matamoros con 6 indicadores incumplidos, 3 en semáforo rojo DBO, DQO y toxicidad aguda probada con *Vibrio fischeri*, y 3 en semáforo amarillo contaminado con el incumplimiento de alta carga de coliformes fecales (> 10,000 NMP/100mL), *Escherichia coli* (>10,000 NMP/100mL) y SST; le sigue en grado de contaminación el subsegmento Tlaxiáctac de Cabrera con el incumplimiento de 5 indicadores; 2 indicadores en semáforo rojo (DQO y toxicidad aguda con *Vibrio fischeri*), y 3 indicadores en semáforo amarillo: coliformes fecales, *Escherichia coli* y OD%. El

subsegmento municipal menos contaminado fue San Juan Guelavía con el incumplimiento de coliformes fecales en semáforo amarillo.

De acuerdo con este tipo de contaminación biológica, la fuente más probable puede ser descargas directas de aguas municipales de origen antropogénico.

Se registraron altos valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno en los dos primeros bimestres del 2018 en dos puntos de muestreo del subsegmento TLM-TLACOLULA (1100 mg/L, en TLM-TLACOLULA, coordenadas 16.9541, -96.4863; 666,67 mg/L, en TLM-TLACOLULA, coordenadas 16.9541, -96.4862).

También se registró una variación significativa de la presencia de Cianuros totales tan solo en el bimestre mayo-junio del año 2014, que sobre pasó el límite permisible de los Criterios Ecológicos 1989, en los subsegmento: San Juan Guelavía (SJG-CAGP), y en dos puntos de muestreo de Tlalixtac de Cabrera (TLC-GUGAR).

En este segmento del S-M, se registró un valor de mercurio total, por encima de los Criterios Ecológicos de 1989, en el segundo bimestre del 2013, en el municipio de Tlalixtac de Cabrera (0.0121 mg/L, TLC-GUGAR, coordenadas 17.0486, -96.6335).

Segmento 4: Salado Bajo (S-B) que se conforma por la intercepción del río Salado en los municipios de Santa Cruz Amilpas (SCA), Santa Lucía del Camino (SLC) y San Antonio de la Cal, (SAC1 y SAC2) con 4 subsegmentos, representado por 66 puntos de muestreo. Este segmento del S-B se encuentra fuertemente contaminado con alta carga de coliformes fecales (>10,000 NMP/100mL) y *Escherichia coli* (> 10,000 NMP/100mL) en semáforo amarillo. El subsegmento mayormente contaminado resultó ser San Antonio de la Cal 1 y 2 con el incumplimiento de 8 indicadores: 4 indicadores en semáforo rojo DBO, DQO, toxicidad aguda probada con *Daphna magna* y toxicidad aguda con *Vibrio fischeri*; además, 4 indicadores en semáforo amarillo SST, coliformes fecales, *Escherichia coli* y OD%. Estos resultados sugieren bajas posibilidades de desarrollo de vida acuática.

Segmento 5: Atoyac-Bajo (A-B) que se conforma por la confluencia de las aguas mezcladas del Río Salado y las aguas concentradas del A-A y A-M, con la intercepción a su paso del Río Atoyac en los municipios: San Agustín de las Juntas (SAJ), Ánimas Trujano (ATR), San Bartolo Coyotepec (SBC), La Compañía 1 y 2 (LCO1 y LCO2), Ejutla de Crespo (EJC) y Yogana (YOG) con 7 subsegmentos y representados por 265 puntos de muestreo

Los tres primeros subsegmentos SAJ, ATR y SBC se ubican en semáforo rojo con los indicadores DBO, DQO y toxicidad aguda probada con *Vibrio fischeri*. El subsegmento municipal mayormente contaminado resultó ser el de San Agustín de las Juntas con 7 indicadores incumplidos, 3 indicadores en semáforo rojo DBO, DQO y toxicidad aguda probada con *Vibrio fischeri* y 4 indicadores en semáforo amarillo SST, coliformes fecales, *Escherichia coli* y OD%.

Los restantes 4 subsegmentos municipales, LCO 1 y 2, EJC y YOG, se ubican en semáforo amarillo únicamente para el indicador de coliformes fecales. Esto probablemente explicado por el distanciamiento del área metropolitana a aproximadamente 60 km de del subsegmento San Bartolo Coyotepec (SBC).

Conclusiones generales.

Los datos de monitoreo de CONAGUA, revelan una alta toxicidad aguda, medida a través de los indicadores *Daphna magna* y *Vibrio fischeri*, para los subsegmentos municipales de Oaxaca de Juárez, Santa Cruz Xoxocotlán, San Antonio de Cal, San Agustín de la Juntas, Ánimas Trujano y San Bartolo Coyotepec en la trayectoria del Río Atoyac. Mientras que para el río Salado los mismos indicadores de toxicidad aguda sugieren la mayor contaminación en los subsegmentos San Antonio de la Cal, Santa Cruz Amilpas, Tlalixtac de Cabrera y Tlacolula de Matamoros.

Los segmentos mayormente afectados son el Atoyac-Medio conformado por lo subsegmentos municipales San Jacinto Amilpas, Oaxaca de Juárez, y Santa Cruz Xoxocotlán. Seguido por el Atoyac-Bajo en los subsegmentos municipales de San Agustín de las Juntas, Ánimas Trujano y San Bartolo Coyotepec que, por su ubicación, concentra las aguas del Atoyac Medio y Salado-Bajo.

Se muestran evidencias significativas de que el 48.1 % de los subsegmentos municipales se ubican en semáforo rojo, con al menos un indicador incumplido; mientras que el 96.2 % de los 27 subsegmentos municipales se encuentran afectados por la contaminación, reflejado por el incumplimiento de 8 indicadores evaluados, basándose en los rangos de los indicadores de calidad del agua de CONAGUA (2012), ubicados en estatus amarillo y/o rojo del semáforo de calidad aguas superficiales, del Río Atoyac y Río Salado en el área de influencia de la zona metropolitana de la capital del Estado.

Cuadro 5.7 Resultados del análisis 2012-2019 Ro Atoyac- Río Salado

SEGMENTO DE RÍO	ABREV	SUBSEGMENTO MUNICIPAL	INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL (CONAGUA)								n	RESULTADO DEL SEMÁFORO*
			DBO	DQO	SST	CF	EC	OD%	TOXD48UT	TOXV15UT		
A-A	SPH (0)	SAN PABLO HUITZO	24	66.4	26	24000	4600	30.8	2.38	142.8	39	
A-A	RET1 (1)	REYES ETLA 1	1	28.5	12	1215	335	52	1	1	38	
A-A	RET2 (2)	REYES ETLA 2	2.6	31.2	30	1350	445	55.5	4.9	1.7	38	
A-A	RET3 (3)	REYES ETLA 3	0	27.5	10.0	445	235	60.0	1	1	22	
A-A	RET4 (4)	REYES ETLA 4	2.7	28.1	20.0	1015	750	64.0	1	1	22	
A-A	NET (5)	NAZARENO ETLA	4.0	28.6	26.0	4600	2400	59.7	1	1	31	
A-A	GET (6)	GUADALUPE ETLA	3.6	34.5	24.0	4600	1200	57.0	2.2	1	31	
A-A	SLOC (7)	SAN LORENZO CACAOTEPEC 1	3.17	27.2	31.0	24000	1800	54.6	1	1	38	
A-A	SLOC (8)	SAN LORENZO CACAOTEPEC 2	1.2	26.9	23.5	4600	1800	55.9	1	1	36	
A-M	SJA (9)	SAN JACINTO AMILPAS 1	6.7	55.1	63.0	24000	4600	46	1	1.9	39	
A-M	SJA (10)	SAN JACINTO AMILPAS 2	5.17	42	60	11000	4600	47	1	1	39	
A-M	SJA (11)	SAN JACINTO AMILPAS 3	5.33	37	62.9	11000	2400	49.4	1	1	39	
A-M	OAX (12)	OAXACA DE JUÁREZ	26	109.6	120	24000	4600	41	5.6	17.0	39	
A-M	SCX (13)	SANTA CRUZ XOXOCOTLÁN	72	215.2	125	24000	4600	15	4.3	78.1	39	
S-M	TLM (17)	TLACOLULA DE MATAMOROS	50.8	248.9	207.0	24000	24000	39.7	4.5	21.2	8	
S-M	SJG (18)	SAN JUAN GUELAVÍA	2.9	32.8	11	2400	930	55.0	1	1	78	
S-M	TLC (19)	TLALIXTAC DE CABRERA	20.8	94.4	51.7	24000	11000	27	1.6	20.5	73	
S-B	SCA (20)	SANTA CRUZ AMILPAS	27.6	93.2	35	24000	17500	23.2	1.1	7.6	12	
S-B	SLC (21)	SANTA LUCÍA DEL CAMINO (ROSARIO)	24.6	125.7	18.5	24000	24000	28.9	1	4.4	18	
S-B	SAC1 y SAC2 (22)	SAN ANTONIO DE LA CAL	213.3	756	192.5	24000	24000	10.0	5.6	54.3	36	
A-B	SAJ (14)	SAN AGUSTÍN DE LA JUNTAS (PTEQUIO)	120	299.9	177.8	24000	4600	17	3.8	52.0	39	
A-B	ATR (15)	ÁNIMAS TRUJANO	72	231.3	140	24000	11000	18	3.2	83.9	39	
A-B	SBC (16)	SAN BARTOLO COYOTEPEC	38	157.7	101.3	24000	8700	31	2.7	21.7	38	
A-B	LCO (23)	LA COMPAÑÍA 1	4.4	31.2	31.5	2250	280	58.2	1	1	38	
A-B	LCO (24)	LA COMPAÑÍA 2	5.5	32.5	30.5	1800	310	59.1	1	1	38	
A-B	EJC (25)	EJUTLA DE CRESPO	4.3	31.9	15	2400	930	57.3	1	1	37	
A-B	YOG (26)	YOGANA	3.9	31.0	22	2250	925	59.3	1	4.0	36	

N= 980

ABREV.= ABREVIATURA USADA EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMO IDENTIFICADOR.

n= número de puntos de muestreo analizado por subsegmento.

N= total de puntos de muestro utilizados de 2012 a 2019.

Valor de la mediana en las celdas para DBO5, DQO, SST, coliformes fecales, *Escherichia coli* y porcentaje de oxígeno disuelto OD%.

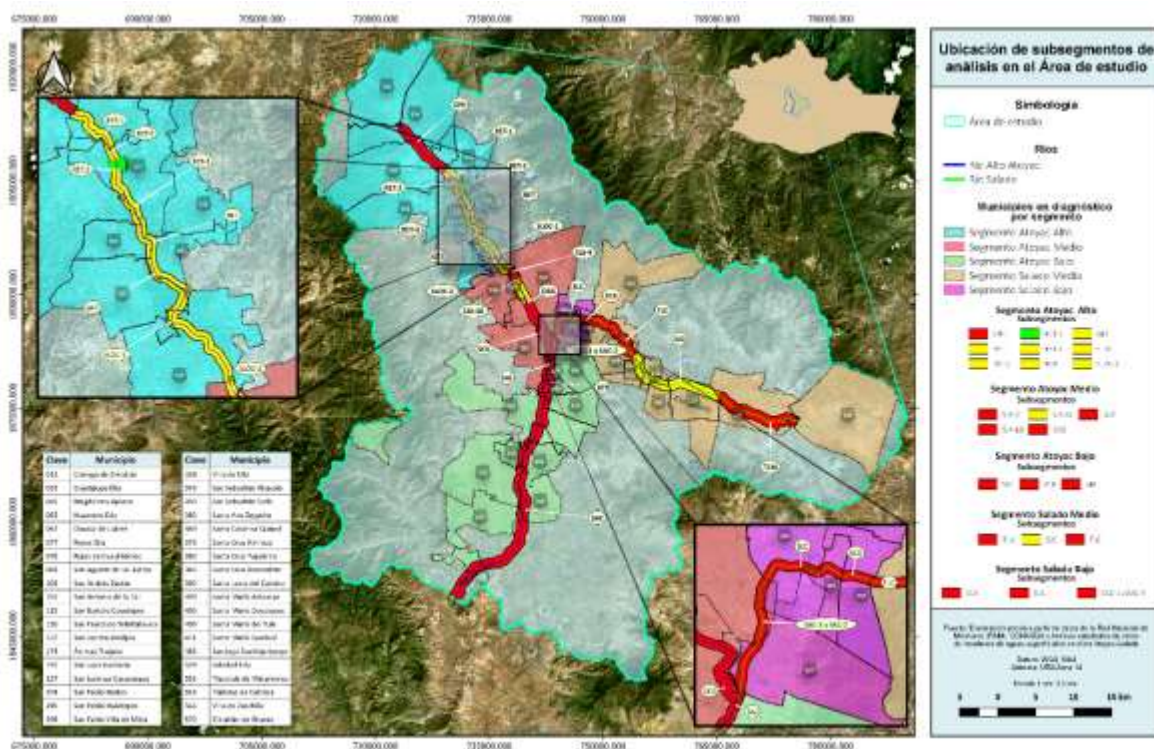
Valor máximo encontrado en los subsegmentos para los valores de toxicidad aguda: TOXD48UT y TOXV15UT.

Referencia Técnica para la construcción del semáforo de calidad de agua:

Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua. Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Resultados de Calidad del Agua a partir de 2012. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/616325/Calidaddelagua.pdf>

Software estadístico utilizado. Statistical Analysis System versión 9.0

Figura 5.6. Clasificación de subsegmentos conforme al semáforo de indicadores de calidad del agua (CONAGUA, 2012)



5.4. Ubicación de fuentes de contaminación

Derivado del análisis realizado por la Red Nacional de Monitoreo, donde se indican las variables cuyo valor se encuentra ubicado en incumplimiento de acuerdo al semáforo de los indicadores de calidad de agua (CONAGUA, 2012), se realizaron recorridos de campo para ubicar las fuentes de contaminación presentes. La información obtenida en estos recorridos contribuye a la comprensión de los resultados del análisis de contaminación en los ríos Atoyac y Salado (en los segmentos y subsegmentos delimitados) y sus efectos en el ambiente para las zonas de estudio.

Se tomaron las coordenadas en el punto central de la fuente de contaminación identificada, así como descripción de lo ubicado en campo acompañado de fotografías, verificando posteriormente la información y coordenada con sistemas de información geográfica.

Se realizó el registro de 378 sitios en los que se identificó las fuentes de contaminación, de tipo puntual y difusa, en las tres zonas de estudio en los ríos Atoyac y Salado. En la mayoría de los sitios se observaron dos o más fuentes de contaminación en el mismo sitio, intensificando los *efectos negativos acumulativos* generados en cada fuente en el proceso de contaminación.

5.4.1. Contaminación puntual

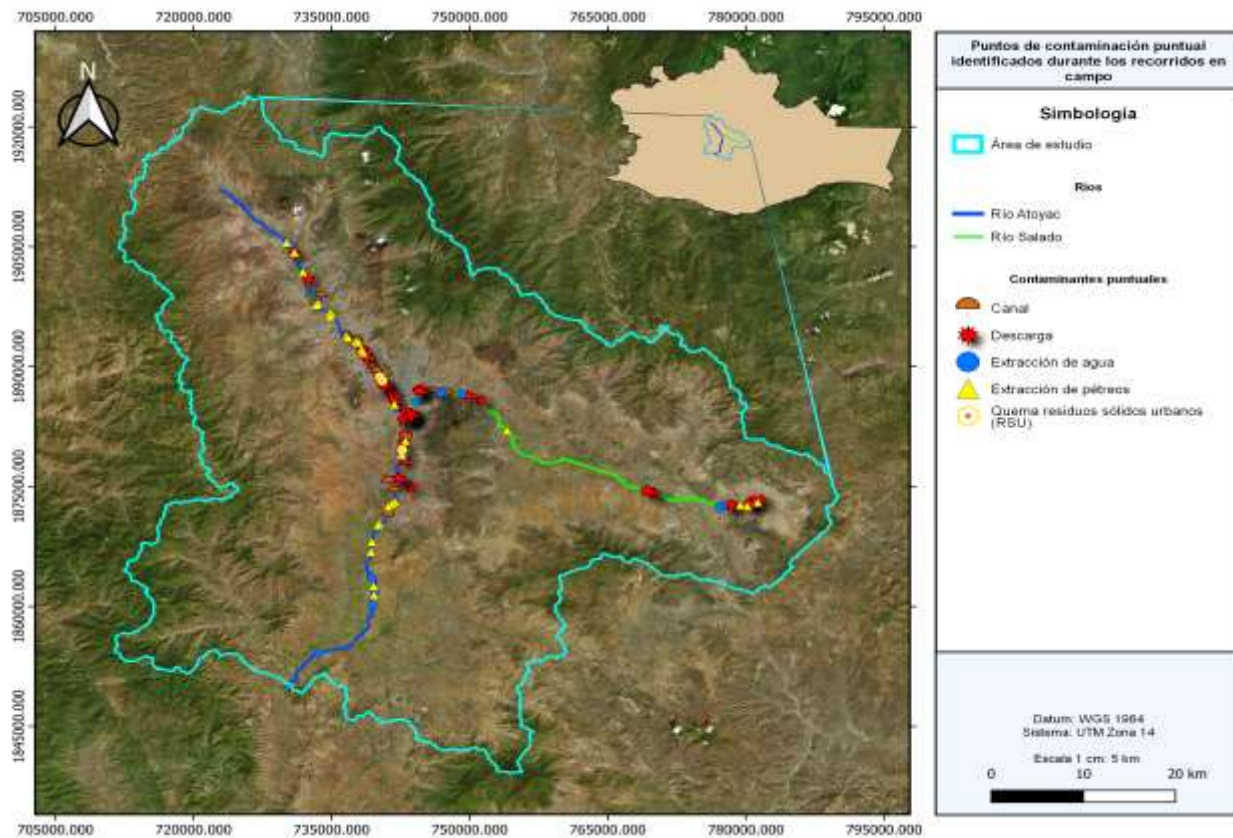
Se registraron 347 puntos identificados como provenientes de fuentes de contaminación puntual para las tres zonas de estudio, donde la fuente contaminante de mayor presencia fueron los Tiraderos de Residuos Sólidos Urbanos (TRSU), los cuales deberían ser recolectados, apartados de las zonas urbanizadas y llevados a una disposición final en su totalidad por parte del municipio; sin embargo, son depositados, sin ningún control, en sitios a cielo abierto, a orilla de caminos y ríos, barrancas, terrenos baldíos, entre otros sitios. En estas condiciones los residuos son desperdigados por animales en busca de alimento, trasladados por el viento y lluvia a áreas distintas a las de su origen.

Otro efecto de depositar y acumular residuos, sin ningún control y manejo, es la generación de lixiviados, producto de la mezcla de los elementos residuales de envases que contuvieron alimentos o productos químicos, llegando a impactar por su desplazamiento a través del suelo a sitios más lejanos y/o más profundos (Atencio, 2013).

En la zona de estudio Bajo Atoyac, los TRSU están en segundo lugar después del principal problema observado que son los Tiraderos de Escombros (TE). Cuando los escombros son arrojados en el afluente lo que provocan el desvío y obstrucción de los cauces, provocando que las aguas negras se acumulen. Por otro lado, los escombros generados en las construcciones son residuos de muchos tipos de materiales y aleaciones, como el concreto, asfalto, bloques, arenas, gravas, ladrillo, tierra, barro, madera, asbestos, materiales de aislamiento y tuberías. No hay un conocimiento pleno sobre las características de los RSU en general, generados por la población en el área de estudio, es necesario contar con datos concretos sobre su cantidad y composición para identificar los reciclables y generar programas para su adecuado manejo.

Se hicieron recorridos a lo largo de todo el río Atoyac y Salado, en el ámbito territorial de los 38 municipios considerados para este diagnóstico, para identificar descargas de aguas negras encontrando 46 descargas de aguas residuales; de las cuales 25 de ellas, es decir más de la mitad, se encuentran en Río Salado. Se observó que las descargas registradas no reciben tratamiento y son desalojadas hacia los cuerpos de agua y suelos generando problemas de contaminación del agua superficial siendo un alto riesgo para la salud humana y la biota acuática.

Figura 5.7. Puntos de contaminación puntual identificadas en el área de estudio.



Se observó que en tramos de los afluentes de los ríos Atoyac y Salado conducen agua contaminada por las descargas de aguas residuales crudas y en menor porcentaje aguas tratadas. La descarga de aguas residuales proviene principalmente de núcleos urbanos (viviendas, casa habitación, fraccionamientos, colonias, edificios) y de la escorrentía urbana que se colecta en el drenaje. Sus principales contaminantes son el nitrógeno y fósforo, compuestos orgánicos, bacterias como coliformes fecales, materia orgánica, entre otros (Jiménez, *et al.*, 2010), las cuales representan una amenaza para la salud de la población, contaminación ambiental con la alteración de la calidad del agua superficial.

Se observaron tramos donde se presentan fracturas y rupturas de tramos de tubería de la red de drenaje, ocasionando con esto descargas de aguas negras que contaminan suelo en el trayecto del punto de ruptura hacia el río.

Se observaron además canales pluviales donde escurren aguas grises, derivado de descargas caseras que aprovechan esta infraestructura para descargar aguas domiciliarias no tratadas. Se identificaron también puntos de contaminación de descarga de PTAR, algunas abandonadas, sin operación o con bajo nivel de operación.

Se observaron además puntos de extracción de materiales pétreos, en la mayoría de los casos de forma artesanal, aunque en el municipio de San Lorenzo Cacaotepec, la extracción es con maquinaria provocando una alteración significativa del paisaje y el funcionamiento del río, ya no se aprecia la zona federal y se observa disminuido el nivel del manto freático. Los procesos de extracción de material pétreo de los Ríos Atoyac y Salado tienen el potencial de degradar la calidad ambiental, tanto de los afluentes, como del suelo, aire, flora, fauna y paisaje (Hernández *et al.*, 2014).

La extracción de pétreos en los afluentes es una actividad que se ha desarrollado en función de la demanda de materiales para construcción, ésta se ha incrementado debido al desarrollo de los asentamientos humanos y la consecuente necesidad de construir viviendas, obras públicas y civiles. En el área de estudio se observaron 33 sitios en los que se está realizando esta actividad, principalmente en las orillas, del Atoyac y Salado. El mayor número de observaciones son del Alto y Bajo Atoyac, y en menor medida en el río Salado, donde se observaron cuatro sitios con esta actividad. Considerando que el mayor crecimiento de los asentamientos humanos se ha dado en el Bajo Atoyac es congruente con que existan más procesos de extracción en esta zona y tiraderos de escombros (Cuadro 5.8).

La arena y grava que estructuran el material pétreo presente en los Ríos Atoyac y Salado, con la extracción desmedida e irregular de ellos, impactan los niveles freáticos, la turbidez del agua, la biodiversidad acuática, el paisaje y el clima. Se identificaron algunos tramos en la que la arena y la grava se están extrayendo a un ritmo mucho mayor al de su regeneración.

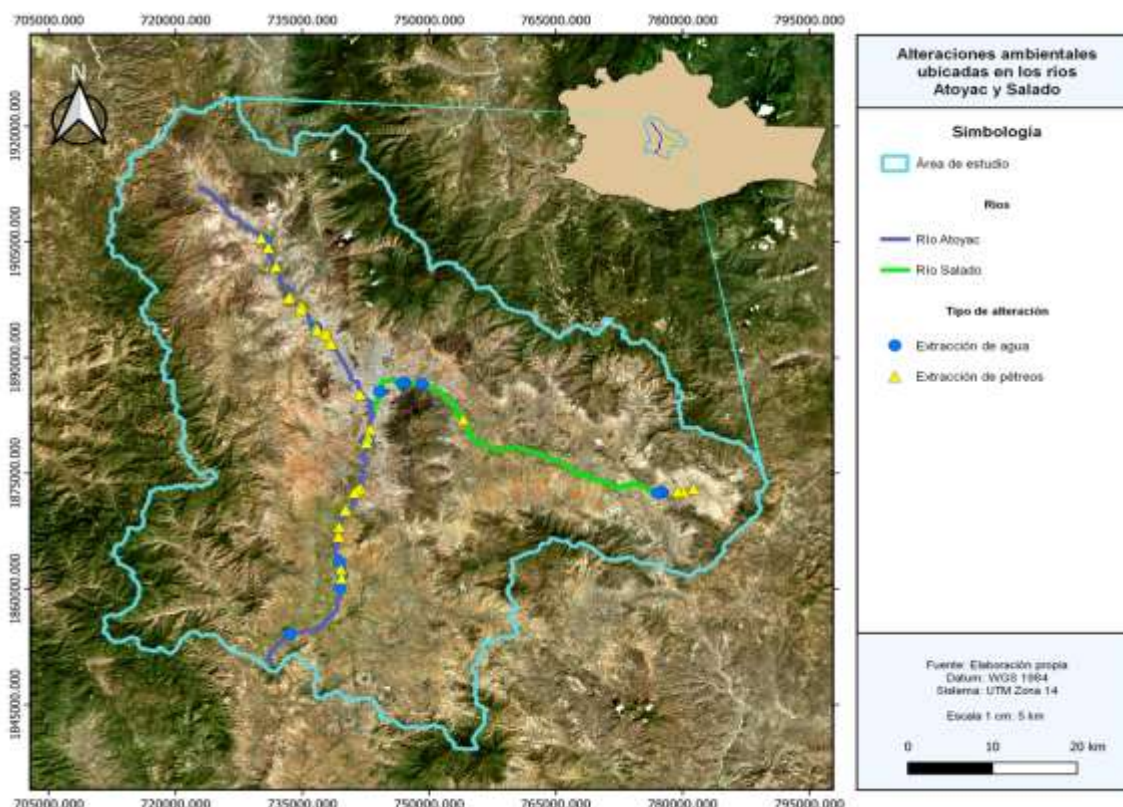
Cuadro 5.8. Impactos en el ambiente por extracción de material pétreo (Hernández *et al.*, 2014).

Suelo	Aire	Agua	Flora	Fauna	Paisaje
Alteración de la geomorfología y la topografía	Contaminación por gases y polvo	Cambio de las propiedades fisicoquímicas del agua	Pérdida de la vegetación	Destrucción del hábitat	Alteración del paisaje natural por disminución de sus componentes (cárcavas, relieve). Infraestructura Incremento del tráfico terrestre
Incremento de la dinámica de los procesos de erosión, transporte y sedimentación.	Aumento del nivel de ruido por los trabajos de perforación y voladura, transportación y	Alteración del drenaje superficial y subterráneo por la formación de oquedades, así como de las cuencas hidrográficas			
Compactación del suelo por el tráfico de la maquinaria pesada y el transporte					
Contaminación por adición de lubricantes y combustibles					

Se carece de información detallada sobre la actividad tanto la regulada como la realizada sin autorización, de manera que, aunque se conoce los efectos de la extracción de material de los afluentes, se desconoce la dimensión del grado al que este impacto evidentemente ha llegado, y la ausencia de datos, dificulta su evaluación en los procesos hidrológicos que determinan la disponibilidad de agua.

Una de las justificantes para la realización de esta actividad, recae en el ámbito económico; se considera que el impacto es positivo por la generación de empleos, sin embargo, se debe tener en cuenta la temporalidad de éstos y el beneficio que se obtiene versus el costo del impacto ambiental generado. Se concluye que el costo-beneficio está desequilibrado y las consecuencias ambientales generarán un perjuicio más costoso de atender y con mayor número de pobladores resintiéndose los efectos.

Figura 5.8. Alteraciones ambientales ubicadas en los Ríos Atoyac y Salado.



Se identificaron, además, puntos en los que se extrae agua superficial que es utilizada para el riego, principalmente de alfalfa y maíz, no se pudo determinar si estos aprovechamientos tienen concesión de agua vigente. El problema observado es que el punto de extracción, donde se identificó la bomba y manguera de conducción, se encontraba en tramos del río donde se apreciaba agua negra y en aguas arriba, se identificaron descargas, por lo que la calidad del producto agrícola generado puede tener elementos que lleguen a afectar la salud de quienes lo consumen, además de afectar el suelo. Se muestra a continuación un cuadro resumen de los puntos de contaminación identificados por zona de estudio.

Cuadro 5.9. Resumen de puntos de contaminación puntual identificados en las zonas de estudio.

Tipo	Alto Atoyac	Bajo Atoyac	Río Salado
Descarga	15	6	25
Canal	18	7	6
Tiradero de Residuos Sólidos Urbanos	56	14	28
Tiradero de escombros	45	15	11
Tiradero de excretas	4	1	---
Extracción de materiales pétreos	16	13	4
Extracción de agua para riego agrícola	2	7	7
Total	156	63	81

Se requiere poner atención inmediata al manejo y tratamiento de las aguas residuales en los tramos de Villa de Mitla a Tlacolula, después de la descarga de la planta de tratamiento de Mitla, pues al momento de realizar los recorridos, se apreció descarga de la planta sin tratamiento recorriendo un tramo de río de más de 1 km generando contaminación al río Salado; hacia la zona conurbada desde Santa Lucía del Camino a San Antonio de la Cal, sería otro tramo de atención por la urbanización y descarga de agua, contribuyendo significativamente al caudal de descarga de aguas negras, además de que en el municipio de San Antonio de la Cal se suma el afluente del Río Salado al flujo del Río Atoyac, por lo que el impacto se potencializa. Si se disminuye la presión en el Salado, la carga contaminante cuenca abajo del Atoyac, recibirá menor carga contaminante, dándole oportunidad al propio río de generar algún grado de autorecuperación.

En el afluente del río Atoyac los tramos requeridos de mayor atención van del municipio de San Jacinto Amilpas hacia San Bartolo Coyotepec.

Con los recorridos generados se pudo identificar fuentes de contaminación que contribuyen a entender el comportamiento histórico de la contaminación de los ríos Atoyac y Salado, ya explicado con el análisis de la Red Nacional de Monitoreo, y por qué en esos subsegmentos se tenía mayor concentración de contaminación. Por otro lado, la identificación de los contaminantes y sus fuentes de origen, permitirían una planificación de prevención para reducir las afecciones al ambiente, a la contaminación de los ríos Atoyac y Salado, y de forma directa en la salud de la población, priorizando acciones que el Estado debe invertir en la atención de reducir la contaminación de estos ríos.

5.4.2. Contaminación difusa

Este tipo de contaminación tiene un origen que suele poder conocerse (fuente puntual), sin embargo, los compuestos que produce y vierte al ambiente, no pueden referenciarse geográficamente por su naturaleza volátil o de disolución. El contaminante no es estático, una vez generado, se desplaza a través del terreno impactando la tierra, el agua o el aire, desde uno o diferentes puntos dispersos y complejos de identificar.

En los recorridos de campo realizados, se registraron 31 puntos correspondientes a 15 municipios en donde se identificó evidencia de actividades que contribuyen al impacto que sufren los ríos Atoyac y Salado. Se observaron sitios usados como tiradero de RSU y escombros, sitios en los que se extraen agua y pétreos, y sitios en donde la vegetación es quemada. Estas acciones generan contaminación difusa en el área de estudio.

La Quema de Vegetación (QV) es una fuente puntual de contaminación debido a que su ubicación es identificable. En este diagnóstico la QV se menciona como una fuente difusa de contaminación porque se hace referencia a los efectos que esta actividad tiene sobre el agua, el aire y la tierra.

Los efectos de la QV son más evidentes sobre la superficie del suelo, a través de la pérdida de vegetación, el impacto a la calidad del aire, del agua y también del mismo suelo. Sin embargo, el impacto del fuego deja los terrenos al descubierto, aumentando o intensificando los procesos de erosión y sedimentación en el afluente de los ríos, produciendo contaminación en el medio ambiente.

Dentro de los efectos no visibles que se dan en el suelo se pueden mencionar:

- Cambio del pH de la superficie, limitando la disposición de los nutrientes para las plantas.
- Reducción de la abundancia y la diversidad de microorganismos benéficos que habitan el suelo, en ocasiones al grado de convertirlo en estéril.
- Reducción de la humedad en el sitio por la pérdida de cobertura vegetal y el consecuente aumento de la exposición a la radiación solar y del viento.
- Disminución de la infiltración de agua debido al potencial de hidrofobia en el suelo, generado por los aceites de los árboles y arbustos que impermeabilizan el suelo.
- Volatilización de nutrimentos tales como nitrógeno (N) y azufre (S).
- Aumento de la erosión del suelo y la sedimentación.

En los 31 puntos de muestreo se registró evidencia de la QV, ésta se encuentra presente de manera simultánea con tiraderos y quema de RSU. Lo anterior se debe a que el objetivo principal es eliminar los RSU que son tirados en los márgenes de los ríos, se acumulan y posteriormente son quemados, sin embargo, continuamente el fuego llega a quemar áreas aledañas con vegetación.

El Municipio de Oaxaca de Juárez fue el que presentó el mayor número de puntos de quema de vegetación con otros procesos contaminantes de forma simultánea como: tiradero de desechos orgánicos, tiradero de basura.

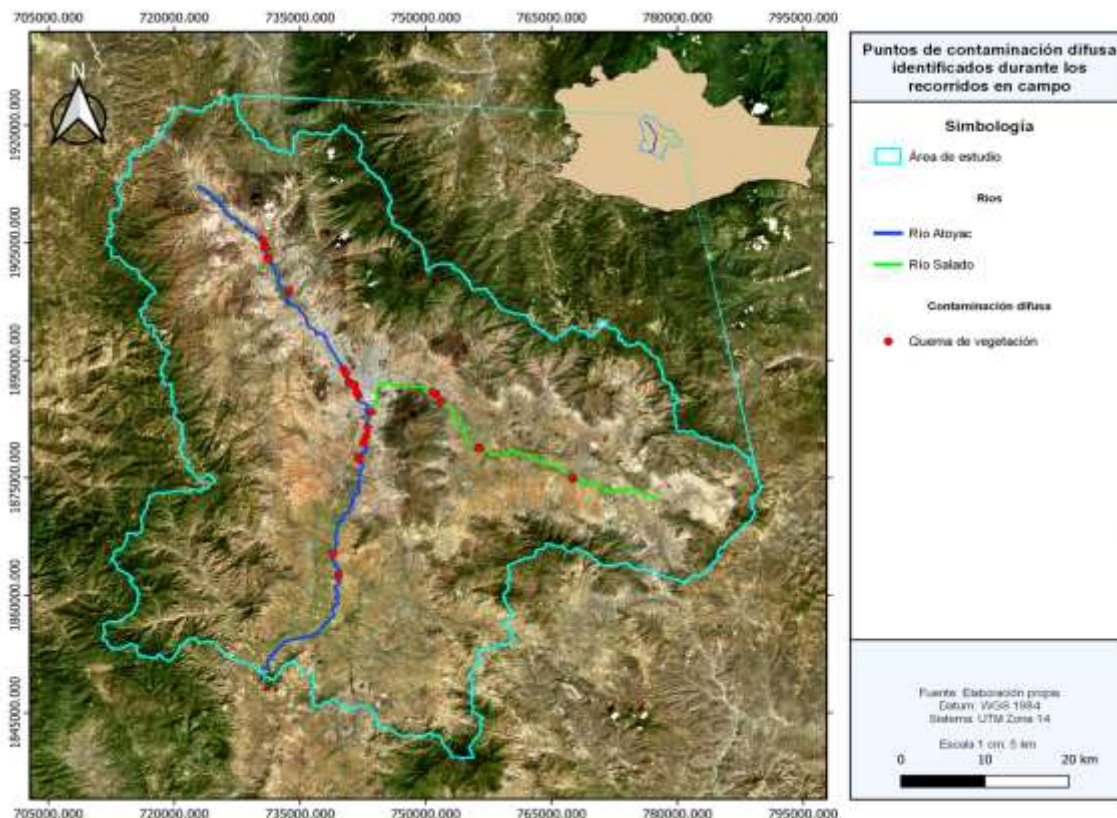
En las tres zonas de estudio la actividad de contaminación predominante fue la quema de vegetación, ya que esta forma de manejar los residuos es muy común.

En el Alto Atoyac se registraron 15 sitios con rastros de QV, de éstos, seis puntos se observaron en Oaxaca de Juárez, lo cual es de llamar la atención porque esta práctica se asocia a las zonas menos urbanizadas. En el Bajo Atoyac se registraron siete sitios con un impacto generado por la QV. En el Río Salado se realizaron observaciones en 9 sitios con evidencia de quema de basura, tres sitios se ubicaron en Tlacolula de Matamoros, el cual es un municipio de convergencia comercial con la población de localidades cercanas, con lo que la generación de RSU se incrementa en los días o temporadas en que se dan las actividades comerciales como se aprecia en el siguiente Cuadro y Figura 5.8.

Cuadro 5.10. Resumen de puntos de contaminación difusa (QV) identificados en las zonas de estudio.

Tipo	Alto Atoyac	Bajo Atoyac	Río Salado	Total
Quema de la Vegetación (QV)	15	7	9	31

Figura 5.8. Puntos de contaminación difusa identificados en el área de estudio.



El análisis desarrollado, permite priorizar la evaluación de fuentes de contaminación puntual y difusa de aquellas variables y tramos que podrían afectar la salud pública por su elevada concentración, así como al entorno natural.

5.5. Infraestructura municipal

Se analizó la problemática de cada zona de estudio, considerando la situación actual, así como las tendencias históricas en el sector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento generando información fundamental para la comprensión de la problemática de contaminación ambiental identificada en los 38 municipios contemplados en este diagnóstico. Esta información es importante al momento de plantear las acciones que integran el Plan de Saneamiento y Rehabilitación de los Río Atoyac y Salado.

Se realizó la revisión y verificación de las fuentes de información disponibles, para lo cual se solicitaron estudios y proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, tanto los existentes, como de aquellos que se encuentran en proceso de ejecución, los cuales no se pudo tener acceso; en los municipios, se acudió para realizar la recopilación de información tanto documental y de campo de cada uno de ellos.

Para el proceso de recopilación de información se tuvo acercamiento con las distintas dependencias gubernamentales involucradas en el sector hídrico que inciden en el área de estudio, entre las que destacan: Organismo de Cuenca Pacífico Sur de la Comisión Nacional del Agua (OCPS - CONAGUA), Comisión Estatal del Agua (CEA), Coordinación General del Comité Estatal de Planeación para el Desarrollo de Oaxaca (COPLADE) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El objetivo principal del acercamiento con dichas instancias consistió en identificar la tendencia histórica y el panorama actual de los sectores materia del presente estudio, por lo que se solicitó información de los proyectos y obras que se han venido definiendo y ejecutando en los últimos años, tanto en el ámbito urbano, como en el rural, así como la evolución en el proceso de identificación de las necesidades de la población en el área de estudio.

En los siguientes apartados se encuentra el análisis de la situación particular por zona de estudio en lo que respecta a los sectores de agua potable, alcantarillado y saneamiento, solamente de la cabecera municipal.

Como se indicó la región de Valles Centrales tiene una población aproximada de 1,107,557 habitantes (27.9% de la población total estatal), cuenta con 133 localidades urbanas con una población estimada de 914,065 habitantes (82.5% de la población de la región), y 1,149 localidades rurales donde coexisten 193,492 habitantes (17.5% de la población de la región).

En cuanto al grado de marginación, la zona de estudio registró en 2020 que el 5.26 % de sus municipios se encontraban en una situación de alta marginación, sin embargo, sólo un 94.74% de la población mantiene dicha condición, esto se debe a que la mayor cantidad de habitantes se encuentran localizados en la Zona Metropolitana de Oaxaca, con índices bajos o muy bajos de marginación.

Cuadro. 5.12. Grado de marginación de los municipios considerados en el diagnóstico en la Región de Valles Centrales.

Grado de Marginación	Cantidad de Municipios	%
Alto	2	5.26%
Medio	7	18.42%
Bajo	9	23.68%
Muy bajo	20	52.63%
Total general	38	100.00%

Fuente: CONAPO 2020.

Cuadro. 5.13. Población y su grado de marginación la Región de Valles Centrales.

Grado de Marginación	Población	%
Alto	50,445	6%
Medio	50,728	6%
Bajo	113,173	14%
Muy bajo	606,588	74%
Total general	1,107,557	100.0%

Fuente: CONAPO e INEGI 2020.

De acuerdo con los datos de CONAGUA, los mayores volúmenes de extracción corresponden al Uso Público Urbano, destacando el organismo operador que suministra agua a la Ciudad de Oaxaca, SAPAO, con un volumen de extracción anual de 14.6 millones de m³, seguido por los que proporcionan agua a las localidades más importantes como San Pablo Huixtepec, Santa Cruz Xoxocotlán, San Francisco Telixtlahuaca, San Pablo Huitzo, entre otras, con volúmenes de extracción de 1.0 a 0.5 hm³. Respecto a los usos agrícolas, los principales usuarios son las unidades de riego, destacando entre los más importantes volúmenes de extracción de 1.7 a 0.5. Hm³. El uso industrial está poco desarrollado, destacando únicamente las empresas embotelladoras de refrescos y agua potable.

De acuerdo con (CONAGUA 2020), se tienen registradas un total de 55 presas almacenadoras de agua en el área de estudio, las cuales en su mayoría son utilizadas para el riego agrícola. Se tiene calculada la capacidad de almacenamiento de estas presas en 9.96 Hm³ como se muestran en el siguiente cuadro, así como sus principales características.

Cuadro 5.14. Presas almacenadoras de agua en el área de estudio.

No.	Nombre Oficial	Municipio	Cuenca	Corriente	Volumen al NAMO (Hm ³)
1	Lic. Matias Romero	San Pablo Huitzo	Río Atoyac-Tlapacoyan	Río negro o grande de Huitzo	3
2	Piedra azul	Teotitlan del Valle	Río Atoyac-Salado	Río grande	0.87
3	Huilavo	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo vigoldi y aguas g.	0.8
4	Bilaboo	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo vigoldi y aguas g.	0.8
5	La cantera	Santiago Matatlan	Río Atoyac-Salado	Río de la cantera o la pita	0.43
6	El matadero	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	Río el matadero	0.55
7	La mina	Santo Domingo Tomaltepec	Río Atoyac-Salado	Río zempoalatengo	0.49
8	La azucena	Tlalixtac de Cabrera	Río Atoyac-Salado	Arroyo la azucena	0.42
9	Las cucharas ii	San Pablo Huixtepec	Río Atoyac-Tlapacoyan	Río las cucharas	0.35
10	La rosita	Santo Domingo Tomaltepec	Río Atoyac-Salado	Arroyo el veinte	0.26
11	El estudiante	Tlalixtac de Cabrera	Río Atoyac-Salado	Arroyo el estudiante	0.25
12	B. Benito Juárez	Teotitlan del Valle	Río Atoyac-Salado	s/n	0.10
13	Las cucharas i	San Pablo Huixtepec	Río Atoyac-Tlapacoyan	Río las cucharas	0.20
14	El rincon	San Francisco Telixtlahuaca	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo el rincón	0.14
15	El antisco	Santo Tomás Jalieza	Río Atoyac-Salado	Arroyo el colorado	0.12
16	Cañada de la rosa	San Francisco Telixtlahuaca	Río Atoyac-Tlapacoyan	s/n	0.12
17	Corral de piedra i	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo sin nombre	0.11

No.	Nombre Oficial	Municipio	Cuenca	Corriente	Volumen al NAMO (Hm ³)
18	Corral de piedra ii	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo sin nombre	0.08
19	El cántaro	Santiago Suchilquitongo		Arroyo el cantaro	0.06
20	Villacuan	San Lorenzo Cacaotepec	Río Atoyac-Tlapacoyan	sin nombre	0.05
21	Huayapan	San Andrés Huayapam	Río Atoyac-Salado	Río grande	0.037
22	B río grande	Teotitlan del Valle	Río Atoyac-Salado	s/n	0.032
23	El pescado	Santiago Suchilquitongo	Río Atoyac-Tlapacoyan	Río garces	0.03
24	La guarada	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.03
25	El ticulute	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo el ticulute	0.029
26	El pipe	San Lorenzo Cacaotepec	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.029
27	El morón	San Pablo Huixtepec	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo El morón	0.025
28	Cañada de león	San Andrés Huayapam	Río Atoyac-Salado	Arroyo Ccñada de león	0.024
29	Piedra boluda	San Pablo Huitzo	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.023
30	Guieu Lein Yaang	Santiago Matatlán	Río Atoyac-Salado	S/N	0.02
31	Villa de Zaachila	Villa de Zaachila	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo río grande	0.02
32	El palenque	San Pablo Huixtepec	Río Atoyac-Tlapacoyan	Río el palenque	0.018
33	El lavadero	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.017
34	Cañón del veinte	Soledad Etla	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo cañón del veinte	0.015
35	Loyata	Tlacolula de Matamoros	Río Atoyac-Salado	Arroyo arenal	0.012
36	Zompantle	Zimatlán de Álvarez	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.010
37	San Juan	San Andrés Zautla	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo San Juan	0.009
38	Los ocotales	Santiago Suchilquitongo	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.009
39	El firco	San Andrés Zautla	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.006
40	San Pablo	San Pablo Huixtepec	Río Atoyac-Tlapacoyan	Río morón	0.006
41	Bordo Mitla	San Pablo Villa de Mitla	Río Atoyac-Salado	Río grande	0.006
42	El palenque	San Andrés Zautla	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.005
43	El guayabal	Magdalena Apasco	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo el guayabal	0.005
44	El depósito	Oaxaca de Juárez	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.004
45	Surcos largos	San Sebastián Teitipac	Río Atoyac-Salado	Río la bomba	0.004
46	Taraguntin	Oaxaca de Juárez	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.003
47	San Felipe	Oaxaca de Juárez	Río Atoyac-Salado	Río San Felipe	0.003
48	Presa río grande	Oaxaca de Juárez	Río Atoyac-Salado	Arroyo de los montes de Donají	0.001
49	Yiernez	Villa Díaz Ordaz	Río Atoyac-Salado	Arroyo seco	0.006
50	La guacamaya	Tlaxiactac de Cabrera	Río Atoyac-Salado	Cañada de la palma	0.200
51	El gráfico	San Francisco Telixtlahuaca	Río Atoyac-Tlapacoyan	S/N	0.100
52	El palenque	Villa de Zaachila	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo el palenque	0
53	El cajón	Santiago Suchilquitongo	Río Atoyac-Tlapacoyan	Arroyo el cajón	0
54	Der alferez	Tlacolula de Matamoros	Río Atoyac-Salado	Arroyo Salado	0
55	Calicanto	San Juan Guelavía	Río Atoyac-Salado	Río Salado	0

Fuente: CONAGUA 2020.

De acuerdo al procedimiento del “MANUAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO” publicado por la CONAGUA en 2015, se consideró el tipo de clima predominante y la condición socioeconómica para determinar el volumen de consumo requerido por persona (l/hab/día), para esto se realizaron los cálculos correspondientes considerando conjuntos de años para las estaciones climatológicas dentro del área de estudio, obteniendo los datos de temperatura promedio mensual y precipitación promedio mensual de los datos existentes para calcular la dotación requerida por zona de estudio, como se muestra en los siguientes cuadros.

Cuadro 5.15. Promedio de consumo de agua potable estimado por clima predominante de acuerdo con CONAGUA, 2015.

Clima	Consumo requerido (l/hab/día)		
	Bajo	Medio	Alto
Cálido húmedo	198	206	243
Cálido subhúmedo	175	203	217
Seco o muy seco	184	191	202
Templado o frío	140	142	145

Cuadro 5.16. Dotación calculada para las zonas de estudio en base a los datos de las estaciones climatológicas.

Zona	Estación	Grupo climático	Clima	Tipo de Consumo	Dotación (l/hab/día)
Zona Atoyac Alto	San Francisco Telixtlahuaca	E	Templado Frío	Medio	142
Zona Atoyac Alto	Etla	E	Templado Frío	Medio	142
Zona Atoyac Alto	Oaxaca	A	Cálido Húmedo	Medio	206
Zona Río Salado	El estudiante	B	Seco o muy seco	Medio	191
Zona Río Salado	Mitla	B	Seco o muy seco	Medio	191
Zona Atoyac Bajo	Coyotepec	B	Seco o muy seco	Medio	191
Zona Atoyac Bajo	San Pablo Huixtepec	E	Templado Frío	Medio	142
Zona Atoyac Bajo	Zimatlán	E	Templado Frío	Medio	142

Considerando el procedimiento establecido por la CONAGUA se calculó la *dotación media por zona de estudio*, con lo cual se obtuvo la *dotación por habitante al día por zona de estudio*. Se determinó dotaciones de 206 l/hab/día para la Zona Alto Atoyac y 191 l/hab/día para las Zonas Bajo Atoyac y Río Salado.

Para estimar la demanda de agua de la población, se consideró el supuesto de que se mantuviese el mismo hábito en el manejo y uso del agua considerando la dotación de 206 l/hab/día en el Alto Atoyac y 191 l/hab/día en Bajo Atoyac y Río Salado.

El crecimiento de la población del Estado de Oaxaca se concentra, en términos generales, en la región de Valles Centrales, que es la que sufre en mayor medida sus impactos, esto por la ubicación de la capital de Oaxaca de Juárez y la Zona Conurbada, ocasionando procesos de migración hacia esta zona por una mejora de ingresos y opciones de trabajo. En los 38 municipios considerados en este estudio el crecimiento de la población ha sido acelerado, cabe mencionar que los municipios que concentran la mayor cantidad de habitantes al año 2020, (según datos del censo de INEGI 2020), están en el municipio de Oaxaca de Juárez (270,955 hab.) y Santa Cruz Xoxocotlán (100,402 hab.) y representan el 33% y 12% respectivamente de la población total de los municipios considerados en este diagnóstico.

Cuadro 5.17. Cálculo de proyecciones de población al año 2030 y 2035 para los municipios considerados en el diagnóstico en el área de estudio.

Zona de estudio	No.	Municipio	Censo INEGI		Proyección	
			2010 (hab.)	2020 (hab.)	2030 (hab.)	2035 (hab.)
ZAA	1	San Andrés Zautla	4,405	5,326	6,440	7,081
ZAA	2	Santiago Suchilquitongo	9,542	10,886	12,419	13,265
ZAA	3	Reyes Etlá	3,568	4,370	5,352	5,923
ZAA	4	Magdalena Apasco	7,522	7,888	8,272	8,471
ZAA	5	San Pablo Huitzo	6,307	7,035	7,847	8,288
ZAA	6	Nazareno Etlá	3,882	4,293	4,748	4,993
ZAA	7	San Lorenzo Cacaotepec	13,704	18,339	24,542	28,390
ZAA	8	Soledad Etlá	5,025	6,348	8,019	9,013
ZAA	9	Guadalupe Etlá	2,433	2,929	3,526	3,869
ZAA	10	San Francisco Telixtlahuaca	11,893	13,856	16,143	17,424
ZAA	11	Oaxaca de Juárez	263,357	270,955	278,772	282,765
ZAA	12	San Jacinto Amilpas	13,860	16,827	20,429	22,510
ZAA	14	Santa María Atzompa	27,465	41,921	63,986	79,051
ZAA	15	Villa de Etlá	9,280	10,361	11,568	12,223
ZRS	16	Tlaxiácutac de Cabrera	9,417	12,067	15,463	17,504
ZRS	17	San Antonio de la Cal	21,456	26,282	32,193	35,631
ZRS	18	Santa Cruz Amilpas	10,120	13,200	17,217	19,664
ZRS	19	Santa María del Tule	8,165	8,939	9,786	10,240
ZRS	20	Santa Lucía del Camino	47,356	50,362	53,559	55,233
ZRS	21	San Sebastián Tutla	16,241	16,878	17,540	17,881
ZRS	22	Rojas de Cuauhtémoc	1,092	1,301	1,550	1,692
ZRS	23	San Juan Guelavía	3,047	3,288	3,548	3,686
ZRS	24	San Sebastián Abasolo	1,849	1,999	2,161	2,247
ZRS	25	Santa Cruz Papalutla	1,972	2,242	2,549	2,718
ZRS	26	Santa María Guelacé	816	908	1,010	1,066
ZRS	27	San Pablo Villa de Mitla	11,825	13,587	15,612	16,734
ZRS	28	Tlaxcolula de Matamoros	19,625	30,254	46,640	57,909
ZBA	29	Santa Cruz Xoxocotlán	77,883	100,402	129,432	146,958
ZBA	30	San Agustín de las Juntas	8,089	11,391	16,041	19,035
ZBA	30	Santa María Coyotepec	2,772	3,751	5,076	5,904
ZBA	31	Ánimas Trujano	3,759	4,564	5,541	6,106
ZBA	32	San Bartolo Coyotepec	8,684	10,391	12,434	13,601
ZBA	33	Santa Ana Zegache	3,592	3,981	4,412	4,645
ZBA	34	Villa de Zaachila	34,101	46,464	63,309	73,899
ZBA	35	San Pablo Huixtepec	9,025	10,020	11,125	11,722
ZBA	36	Santa Catarina Quiané	1,847	2,193	2,604	2,837
ZBA	37	Ciénega de Zimatlán	2,785	3,043	3,325	3,475
ZBA	38	Zimatlán de Álvarez	19,215	22,093	25,402	27,238
Totales			706,976	820,934	969,592	1,060,889

ZAA= Zona Alto Atoyac, ZBA= Zona Bajo Atoyac y ZRS= Zona Río Salado.

Fuente: Elaboración con datos del censo de INEGI 2010 y 2020.

De los datos de INEGI, 2020 de las poblaciones de los 38 municipios y la dotación para cada una de las zonas, se realizó el cálculo de la dotación de agua potable y aguas residuales de cada uno de ellos. En la zona de Alto Atoyac, se contemplan 14 municipios de los cuales, Oaxaca de Juárez y Santa María Atzompa son los de mayor demanda y generación de aguas residuales.

A continuación, se presenta el cuadro con población de acuerdo al INEGI 2020 con los municipios estudiados.

Cuadro 5.18. Aportación de agua potable y agua residual en de las cabeceras municipales de la zona del Alto Atoyac, 2020.

No.	Municipio	Población hab. 2020	Aportaciones 2020 Ips	
			agua potable	aguas residuales
1	San Andrés Zautla	5,326	12.70	9.52
2	Santiago Suchilquitongo	10,886	25.96	19.47
3	Reyes ETLA	4,370	10.42	7.81
4	Magdalena Apasco	7,888	18.81	14.11
5	San Pablo Huitzo	7,035	16.77	12.58
6	Nazareno ETLA	4,293	10.24	7.68
7	San Lorenzo Cacaotepec	18,339	43.72	32.79
8	Soledad ETLA	6,348	15.14	11.35
9	Villa de ETLA	10,361	24.70	18.53
10	Guadalupe ETLA	2,929	6.98	5.24
11	San Francisco Telixtlahuaca	13,856	33.04	24.78
12	Oaxaca de Juárez	270,955	646.03	484.52
13	San Jacinto Amilpas	16,827	40.12	30.09
14	Santa María Atzompa	41,921	99.95	74.96

Para la Zona del Salado, se contemplaron 13 municipios, de los cuales el de mayor demanda son los municipios de Santa Lucía del Camino y Tlacolula de Matamoros.

Cuadro 5.19. Aportación de agua potable y agua residual en de las cabeceras municipales de la zona del Salado, 2020.

No.	Municipio	Población hab. 2020	Aportaciones 2020 Ips	
			agua potable	aguas residuales
1	Tlaxiáctac de Cabrera	12,067	26.68	20.01
2	San Antonio de La Cal	26,282	58.10	43.58
3	Santa Cruz Amilpas	13,200	29.18	21.89
4	Santa María del Tule	8,939	19.76	14.82
5	Santa Lucía del Camino	50,362	111.33	83.50
6	San Sebastián Tutla	16,878	37.31	27.98
7	Rojas de Cuauhtémoc	1,301	2.88	2.16

No.	Municipio	Población hab. 2020	Aportaciones 2020 lps	
			agua potable	aguas residuales
8	San Juan Gelavía	3,288	7.27	5.45
9	San Sebastián Abasolo	1,999	4.42	3.31
10	Santa Cruz Papalutla	2,242	4.96	3.72
11	Santa María Guelacé	908	2.01	1.51
12	San Pablo Villa de Mitla	13,587	30.04	22.53
13	Tlacolula de Matamoros	30,254	66.88	50.16

Para la zona del bajo Atoyac, se cuentan con 11 municipios, de los cuales que tienen mayor población son, Santa Cruz Xoxocotlán y Villa de Zaachila.

Cuadro 5.20. Aportación de agua potable y agua residual en de las cabeceras municipales de la zona del Bajo Atoyac, 2020.

No.	Municipio	Población hab. 2020	Aportaciones 2020 lps	
			agua potable	aguas residuales
1	Ánimas Trujano	4,564	10.09	7.57
2	Santa Cruz Xoxocotlán	100,402	221.95	166.47
3	San Agustín de Las Juntas	11,391	25.18	18.89
4	Santa María Coyotepec	3,751	8.29	6.22
5	San Bartolo Coyotepec	10,391	22.97	17.23
6	Santa Ana Zegache	3,981	8.80	6.60
7	Villa de Zaachila	46,464	102.72	77.04
8	San Pablo Huixtepec	10,020	22.15	16.61
9	Santa Catarina Quiané	2,193	4.85	3.64
10	Ciénega de Zimatlán	3,043	6.73	5.05
11	Zimatlán de Álvarez	22,093	48.84	36.63

Para obtener las proyecciones de las cabeceras municipales se consultaron los censos de INEGI, así como la información de las proyecciones de CONAPO 2015, sin embargo, haciendo la comparación de la proyección 2020 de CONAPO con el censo 2020 de INEGI se pueden apreciar diferencias en las estimaciones, por lo tanto, se decidió calcular las tasas de crecimiento poblacional. A continuación se presenta las proyecciones, demanda de agua potable y aportación de aguas residuales para los años 2030 y 2035.

Cuadro 5.21. Proyecciones de población, agua potable y aportación de aguas residuales, 2030 y 2035, zona Alto Atoyac.

No.	Municipio del área de estudio Alto Atoyac	2030			2035		
		Población 2030	Agua potable 2030 en LPS	Aportación de aguas residuales 2030 en LPS	Población 2035	Agua potable 2035 en LPS	Aportación de aguas residuales 2035 en LPS
1	San Andrés Zautla	6,440	15.35	11.52	7,081	16.88	12.66
2	Santiago Suchilquitongo	12,419	29.61	22.21	13,265	31.63	23.72
3	Reyes ETLA	5,352	12.76	9.57	5,923	14.12	10.59
4	Magdalena Apasco	8,272	19.72	14.79	8,471	20.20	15.15
5	San Pablo Huitzo	7,847	18.71	14.03	8,288	19.76	14.82
6	Nazareno ETLA	4,748	11.32	8.49	4,993	11.90	8.93
7	San Lorenzo Cacaotepec	24,542	58.51	43.89	28,390	67.69	50.77
8	Soledad ETLA	8,019	19.12	14.34	9,013	21.49	16.12
9	Villa de ETLA	11,568	27.58	20.69	12,223	29.14	21.86
10	Guadalupe ETLA	3,526	8.41	6.31	3,869	9.22	6.92
11	San Francisco Telixtlahuaca	16,143	38.49	28.87	17,424	41.54	31.16
12	Oaxaca de Juárez	278,772	664.67	498.50	282,765	674.19	505.64
13	San Jacinto Amilpas	20,429	48.71	36.53	22,510	53.67	40.25
14	Santa María Atzompa	63,986	152.56	114.42	79,051	188.48	141.36

Cuadro 5.22. Proyecciones de población, agua potable y aportación de aguas residuales, 2030 y 2035, zona Salado.

No.	Municipio del área de estudio Alto Atoyac	2030			2035		
		Población 2030	Agua potable 2030 en LPS	Aportación de aguas residuales 2030 en LPS	POBLACIÓN 2035	Población 2030	Agua potable 2030 en LPS
1	Tlaxiact De Cabrera	15,463	34.18	25.64	17,504	38.70	29.02
2	San Antonio De La Cal	32,193	71.17	53.38	35,631	78.77	59.08
3	Santa Cruz Amilpas	17,217	38.06	28.55	19,664	43.47	32.60
4	Santa María Del Tule	9,786	21.63	16.23	10,240	22.64	16.98
5	Santa Lucía Del Camino	53,559	118.40	88.80	55,233	122.10	91.58
6	San Sebastián Tutla	17,540	38.77	29.08	17,881	39.53	29.65
7	Rojas De Cuauhtémoc	1,550	3.43	2.57	1,692	3.74	2.81
8	San Juan Gelavía	3,548	7.84	5.88	3,686	8.15	6.11
9	San Sebastián Abasolo	2,161	4.78	3.58	2,247	4.97	3.73
10	Santa Cruz Papalutla	2,549	5.63	4.23	2,718	6.01	4.51
11	Santa María Guelacé	1,010	2.23	1.67	1,066	2.36	1.77
12	San Pablo Villa de Mitla	15,612	34.51	25.88	16,734	36.99	27.74
13	Tlacolula de Matamoros	46,640	103.10	77.33	57,909	128.02	96.01

Cuadro 5.23. Proyecciones de población, agua potable y aportación de aguas residuales, 2030 y 2035, zona Bajo Atoyac.

No.	Municipio del área de estudio Alto Atoyac	2030			2035		
		Población 2030	Agua potable 2030 en LPS	Aportación de aguas residuales 2030 en LPS	POBLACIÓN 2035	Población 2030	Agua potable 2030 en LPS
1	Ánimas Trujano	5,541	12.25	9.19	6,106	13.50	10.12
2	Santa Cruz Xoxocotlán	129,432	286.13	214.60	146,958	324.87	243.65
3	San Agustín de Las Juntas	16,041	35.46	26.60	19,035	42.08	31.56
4	Santa María Coyotepec	5,076	11.22	8.42	5,904	13.05	9.79
5	San Bartolo Coyotepec	12,434	27.49	20.62	13,601	30.07	22.55
6	Santa Ana Zegache	4,412	9.75	7.32	4,645	10.27	7.70
7	Villa de Zaachila	63,309	139.95	104.97	73,899	163.36	122.52
8	San Pablo Huixtepec	11,125	24.59	18.45	11,722	25.91	19.43
9	Santa Catarina Quiané	2,604	5.76	4.32	2,837	6.27	4.70
10	Ciénega de Zimatlán	3,325	7.35	5.51	3,475	7.68	5.76
11	Zimatlán de Álvarez	25,402	56.15	42.12	27,238	60.21	45.16

Dentro de la información obtenida del Organismo Operador SAPAO, solo indicó que cuenta con la siguiente cantidad de usuarios:

Cuadro 5.23a. Cantidad de usuarios con los que cuenta el Organismo operador SAPAO.

CANTIDAD DE USUARIOS	TOTALES	CON MEDIDOR	CUOTA FIJA
DOMÉSTICOS	55,725	42,881	28,247
RESIDENCIALES	-	-	-
COMERCIALES	4,269	3,375	1,753
INDUSTRIALES	1,526	1,177	688
OTROS	1,156	809	688
TOTAL	62,676	48,242	31,376

Del resto de municipios, no cuentan con organismos operadores, por lo que no se tiene información.

5.5.1. Agua Potable

De acuerdo con la información de INEGI 2020 en la zona de estudio, de los 38 municipios de este estudio, 14 cuentan con una cobertura de agua potable por debajo del 80%, considerados como críticos; 18 municipios con coberturas que oscilan en un rango de 80% a 90%, que son susceptibles de mejorarse, y 6 municipios con coberturas de agua potable superiores al 90%, que son los niveles deseables. En este sentido, es posible afirmar que cerca del 63% de los municipios de la zona de estudio, cuentan con una cobertura de agua potable superior al 80%, lo cual representa un área de oportunidad para mejorar la cobertura.

Se revisó la información de la cabecera municipal y de las localidades, en la mayoría de los casos se encontró información de la red de cabeceras municipales, y en localidades, las autoridades municipales no contaban con datos.

Durante la obtención de información, los municipios abastecen de agua potable a la demanda doméstica, pero sin contar con un sistema de medición en las tomas de agua, así como su registro histórico, excepto Oaxaca de Juárez.

En el caso de la calidad del agua, no fue posible determinarla debido a que los municipios no cuentan los estudios correspondientes y sólo el municipio gestiona la cloración de sus fuentes de abastecimiento con la Secretaría de Salud, de acuerdo con la información proporcionada por la Secretaria de Salud.

De los municipios que menor cobertura de agua potable registran, 8 se encuentran en la Zona Alto Atoyac, 3 en la Zona Bajo Atoyac y 3 en la Zona Río Salado, los cuales son: Nazareno Etlá, Santa Cruz Xoxocotlán, Santa María Atzompa, Santiago Suchilquitongo, San Pablo Huitzo, San Pablo Villa de Mitla, Ánimas Trujano, San Antonio de la Cal, Tlalixtác de Cabrera, Reyes Etlá, Zimatlán De Álvarez, Villa De Etlá, San Jacinto Amilpas, San Francisco Telixtlahuaca como se describe en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.24. Resumen de coberturas de Agua Potable en los 38 municipios del área de estudio.

Rango de Cobertura de Agua Potable 2021	No. De municipios	% de Municipios	Cobertura Promedio de Agua Potable en la zona de estudio
Menor al 50%	2	5.26%	79.14%
50% al 80%	12	31.58%	
80% al 90%	18	47.37%	
Mayor al 90%	6	15.79%	
Total	38	100.00%	

De un total de 179,365 viviendas particulares habitadas en el área de estudio, la encuesta de INEGI 2020 indica que 10,557 viviendas (5.89%) carecen de un servicio de agua entubada en el ámbito de la vivienda.

A continuación, se presenta la problemática detectada en las Cabeceras Municipales en materia de agua potable.

5.5.1.1. Zona Alto Atoyac

En el siguiente cuadro se muestra la población y viviendas estimadas que cuentan con acceso a un servicio de agua entubada en el ámbito de la vivienda, así como aquellas sin cobertura para cada uno de los municipios colindantes a los ríos Atoyac y Salado, de acuerdo con INEGI 2020. En el caso de San Pablo Huitzo, se tiene un 58.97% de viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua; al igual que otros municipios, los habitantes cuentan con fuentes independientes de abastecimiento como son los pozos.

Cuadro 5.25. Cobertura de viviendas de agua potable por el área de estudio por municipio Zona del Alto Atoyac.

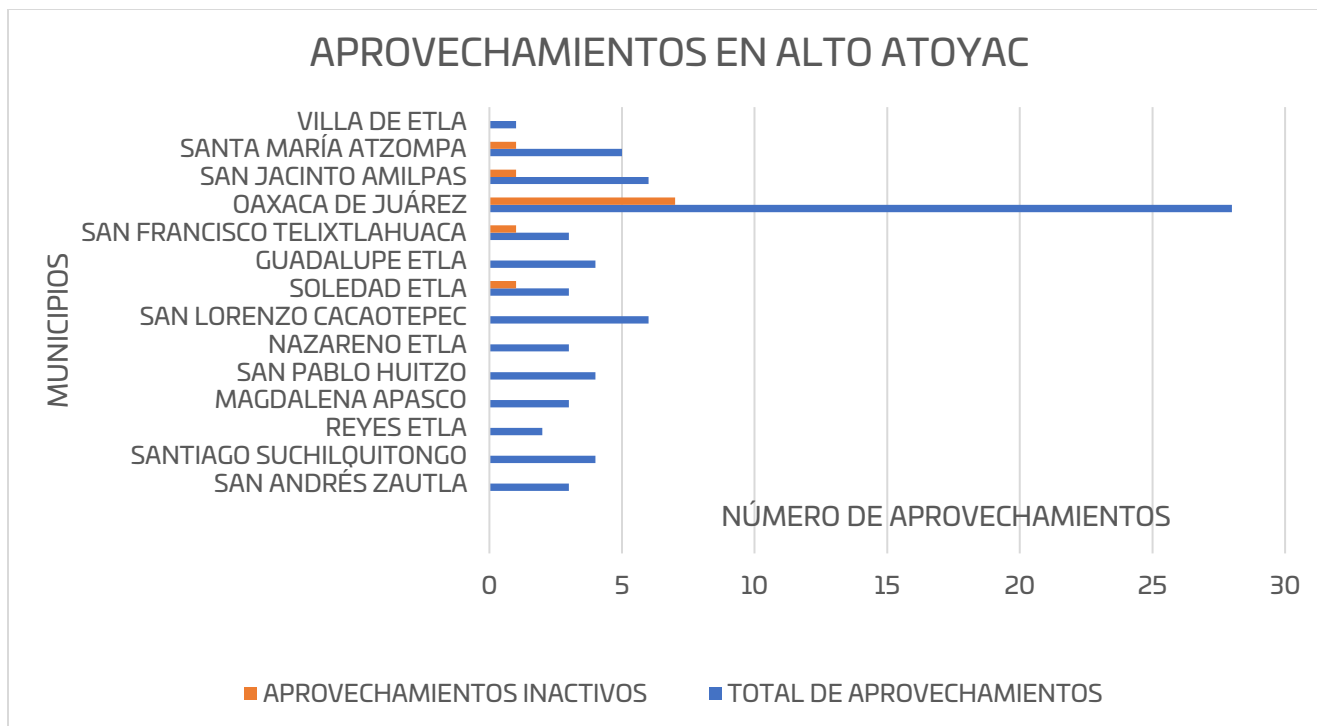
Clave de municipio o demarcación territorial	Nombre de la localidad	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	% Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda
063	Nazareno Etla	1105	480	81	43.44%	7.33%
399	Santa María Atzompa	7430	3858	874	51.91%	11.76%
483	Santiago Suchilquitongo	2172	1195	277	54.99%	12.75%
294	San Pablo Huitzo	1638	966	173	58.97%	10.56%
077	Reyes Etla	588	416	32	70.75%	5.44%
338	Villa de Etla	1988	1493	165	75.06%	8.30%
157	San Jacinto Amilpas	4785	3616	58	75.54%	1.21%
150	San Francisco Telixtlahuaca	3025	2302	185	76.10%	6.12%
227	San Lorenzo Cacaotepec	2859	2299	213	80.41%	7.45%
033	Guadalupe Etla	533	441	4	82.74%	0.75%
045	Magdalena Apasco	808	708	8	87.62%	0.99%
539	Soledad Etla	1093	965	32	88.29%	2.93%
067	Oaxaca de Juárez	71396	63708	2280	89.15%	3.19%
102	San Andrés Zautla	520	506	7	97.31%	1.35%

Fuente: CENSO 2020 INEGI.

Nota: La cobertura de servicio de agua entubada toma en cuenta únicamente conexiones dentro de la vivienda, o bien, fuera de la vivienda, pero dentro del terreno.

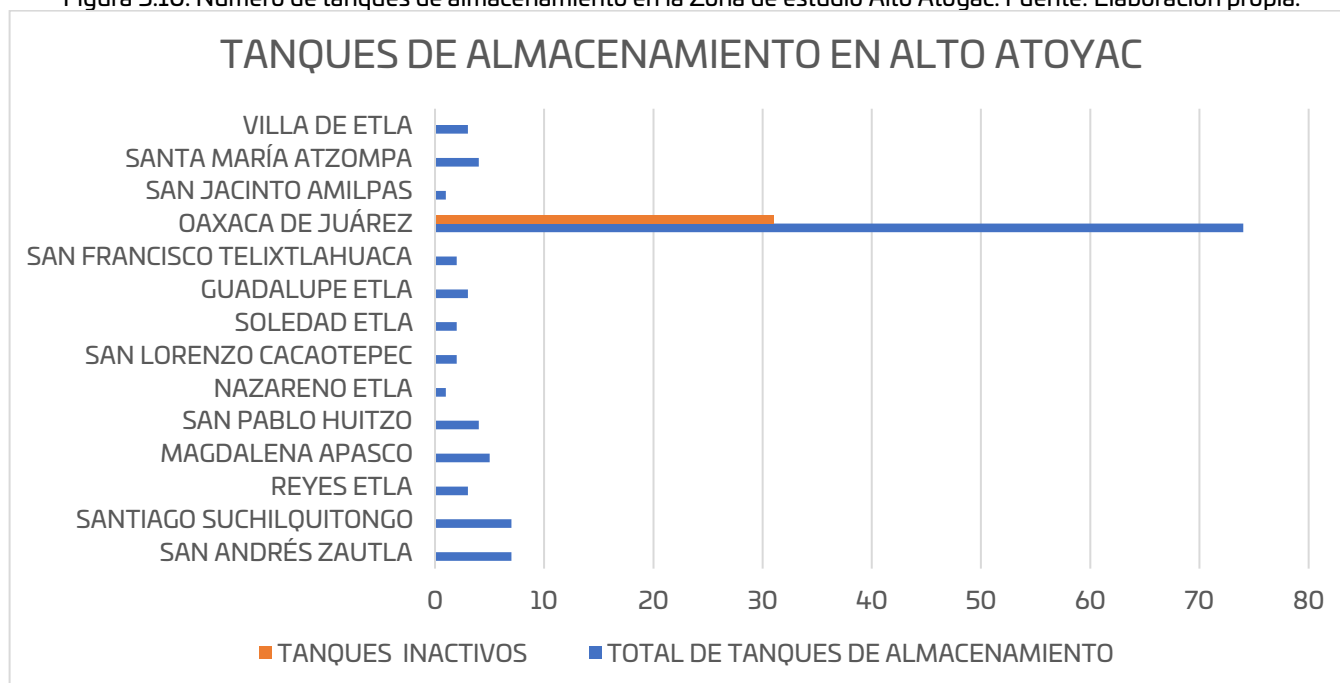
En el caso de aprovechamientos de agua, en la siguiente figura se muestra que en el caso de Oaxaca de Juárez cuenta con 28 aprovechamientos, de los cuales 21 se encuentran activos y San Lorenzo Cacaotepec cuenta con 6 aprovechamientos activos.

Figura 5.9 Tipo de aprovechamientos en los municipios de la Zona de estudio Alto Atoyac. Fuente: Elaboración propia.



Dentro de la información recabada, en el municipio de Oaxaca de Juárez, cuenta con 74 tanques de almacenamiento, de los cuales solo funcionan 31; Santa María Atzompa sólo cuenta con 4 y Villa de ETLA 3 tanques activos.

Figura 5.10. Número de tanques de almacenamiento en la Zona de estudio Alto Atoyac. Fuente: Elaboración propia.



En la zona **Alta del Atoyac**, se contemplaron 14 municipios, entre ellos Oaxaca de Juárez, el Gobierno del Estado tiene a cargo los servicios de agua potable y alcantarillado a cargo de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Oaxaca, quien indicó la falta de aprovechamientos para cubrir el abastecimiento del agua.

Cuadro 5.26. Cobertura de viviendas de agua potable por el área de estudio por municipio Zona del Alto Atoyac.

No.	Municipio	Estado actual			
		Aprovechamientos	Almacenamiento	Línea de conducción	Red de distribución
1	San Andrés Zautla	No se cuenta con información por parte del municipio de los gastos de sus fuentes de abastecimiento, pero nos indican que el estiaje no es suficiente este recurso	Cuenta con 6 tanques de almacenamiento de los cuales solamente 3 no cuentan con un método de desinfección.	No manifestaron estar en malas condiciones la línea de conducción	En la red de Distribución no se cuenta con planos de dicha red y no se pudo obtener información por parte del municipio.
2	Santiago Suchilquitongo	Se cuenta con 4 captaciones activas, con un gasto de 15 lps; no presenta problemas de estiaje	Cuenta con 7 tanques de almacenamiento activos, los cuales reciben mantenimiento y no cuenta con método de desinfección.	Se encuentra en estado regular	La línea de conducción es buena, no existen fugas y no cuentan con un plano de dicha red.
3	Reyes Etlá	Se cuenta con dos captaciones activas con un gasto de 19 lps, y es suficiente para abastecer a la población.	Cuenta con 3 tanques elevados que reciben mantenimiento y no cuentan con método de desinfección.	Cuenta con una línea de conducción en buen estado y no presenta fugas, además de no contar con planos ejecutivos de esta red.	Se encuentra en estado regular y no cuenta con planos ejecutivos de la red.
4	Magdalena Apasco	Cuenta con 3 captaciones activas con un gasto de 15.9 lps, de los cuales cuentan con método de desinfección.	Cuenta con 5 tanques de almacenamiento, cuyo último mantenimiento fue en el 2020.	Su red de conducción se encuentra en estado regular.	Su funcionamiento es de manera regular y no se cuenta con planos de esta red.
5	San Pablo Huitzo	Cuenta con 4 captaciones activas, sin el gasto de suministro de ellas.	Cuenta con 4 tanques de almacenamiento	Sin datos	Sin datos
6	Nazareno Etlá	Cuenta con 3 captaciones activas, y es suficiente para abastecer. Cuenta con método de desinfección.	Cuenta con un tanque superficial activo cuyo último mantenimiento fue en 2020	La tubería se encuentra en buen estado.	Su funcionamiento es regular y no cuenta con planos ejecutivos de la red
7	San Lorenzo Cacaotepec	Cuenta con 6 captaciones activas con un gasto de 13 lps, sin embargo, no se obtuvo información de todos los gastos de las captaciones y no cuenta con un método de desinfección.	Cuenta con dos tanques de almacenamiento los cuales están activos.	La tubería se encuentra en buen estado.	Se encuentra en estado regular en cuanto a su funcionamiento y no cuenta con planos de la red de distribución.
8	Soledad Etlá	Cuenta con dos captaciones activas con un gasto de 8 lps, que cuenta con método de desinfección, sin embargo, uno de sus pozos, en el análisis bacteriológico estuvo fuera de norma de acuerdo a lo indicado por el municipio.	Cuenta con dos tanques de almacenamiento los cuales están activos.	La tubería se encuentra en buen estado, la red funciona, sin embargo, presenta fugas, por lo que requiere mantenimiento constante.	Se encuentra en condiciones operativas regulares, se presentan fugas en la red y en válvulas, y no cuenta con planos de la red.
9	Guadalupe Etlá	Cuenta con 4 pozos activos, los cuales proporcionan un gasto suficiente para abastecer a la población. Cuenta con método de desinfección	Cuenta con 3 tanques de almacenamiento.	La tubería opera en buen estado	Existen tramos de la red de distribución que operan de forma regular. Presenta fugas. No cuenta con planos de la red.

No.	Municipio	Estado actual			
		Aprovechamientos	Almacenamiento	Línea de conducción	Red de distribución
10	San Francisco Telixtlahuaca	No se cuenta con información proporcionada por el municipio.	No se cuenta con información proporcionada por el municipio.	No se cuenta con información proporcionada por el municipio.	No se cuenta con información proporcionada por el municipio.
11	Oaxaca de Juárez	Cuenta con 21 captaciones activas, en época de estiaje no es suficiente el gasto que proporcionan.	Cuenta con 74 tanques activos	Se cuenta con 164.82 KM que se encuentran en diversos estados físicos para su funcionamiento	Se cuenta con 876.26 KM que se encuentran en diversos estados físicos para su funcionamiento
12	San Jacinto Amilpas	Con 5 captaciones activas que cuentan con método de desinfección. Los pozos que abastecen están conectados directamente a la red de distribución.	Se cuenta con un tanque de almacenamiento.	Se encuentra funcionando en buen estado.	Se encuentra funcionando en buen estado y no cuenta con planos de la red.
14	Santa María Atzompa	Tiene dos captaciones activas, de las cuales el municipio no cuenta con los gastos de suministro. De acuerdo al crecimiento poblacional requiere de mayor número de captaciones ya que no es suficiente con las que cuenta. Cuentan con método de desinfección.	Cuenta con 3 tanques de almacenamiento	Funciona correctamente	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.
38	Villa de Etla	Cuenta con una captación, sin embargo, presenta problemas en cuanto abastecimiento, ya que el suministro proporcionado no es suficiente para abastecer a la población.	Cuenta con 3 tanques de almacenamiento que no cuentan con mantenimiento	Falta mantenimiento en las líneas de conducción y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.

5.5.1.2. Zona Río Salado

De acuerdo con INEGI 2020, la población con menor cobertura en agua potable es San Pablo Villa de Mitla. Durante los recorridos, la información proporcionada por el municipio, indica que se han realizado trabajos de mantenimiento a sus obras hidráulicas para aumentar la cobertura en zonas conurbanas de ese municipio.

Cuadro 5.27. Cobertura de viviendas de agua potable por el área de estudio por municipio Zona del Salado.

Clave de municipio o demarcación territorial	Nombre de la localidad	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	% Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda
298	San Pablo Villa de Mitla	2518	1494	410	59.33%	16.28%
107	San Antonio de la Cal	5776	3939	315	68.15%	5.45%
553	Tlaxiactac de Cabrera	2942	2047	145	69.55%	4.93%
390	Santa Lucía del Camino	12966	10463	156	80.64%	1.20%

Clave de municipio o demarcación territorial	Nombre de la localidad	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	% Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda
197	San Juan Guelavía	952	787	49	82.67%	5.15%
411	Santa María Guelacé	235	197	3	83.83%	1.28%
078	Rojas de Cuauhtémoc	378	322	23	85.19%	6.08%
375	Santa Cruz Amilpas	3574	3074	187	85.99%	5.23%
551	Tlacolula de Matamoros	4114	3605	195	87.59%	4.74%
380	Santa Cruz Papalutla	645	571	23	88.53%	3.57%
343	San Sebastián Abasolo	426	378	2	88.73%	0.47%
350	San Sebastián Tutla	1562	1423	23	91.10%	1.47%
409	Santa María del Tule	2389	2205	25	92.26%	1.05%

Fuente: CENSO 2020 INEGI.

Nota: La cobertura de servicio de agua entubada toma en cuenta únicamente conexiones dentro de la vivienda, o bien, fuera de la vivienda, pero dentro del terreno.

Figura 5.11. Tipo de aprovechamientos en los municipios de la Zona de estudio Río Salado. Fuente: Elaboración propia.

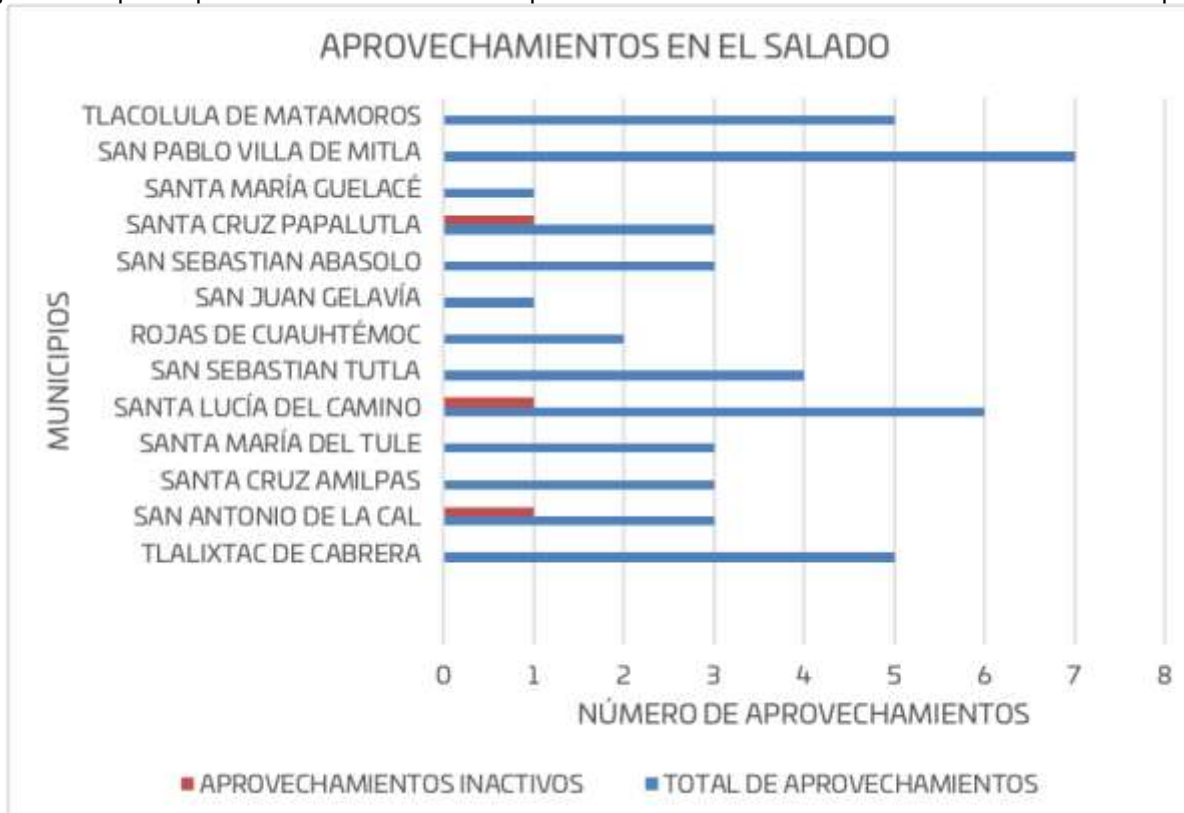
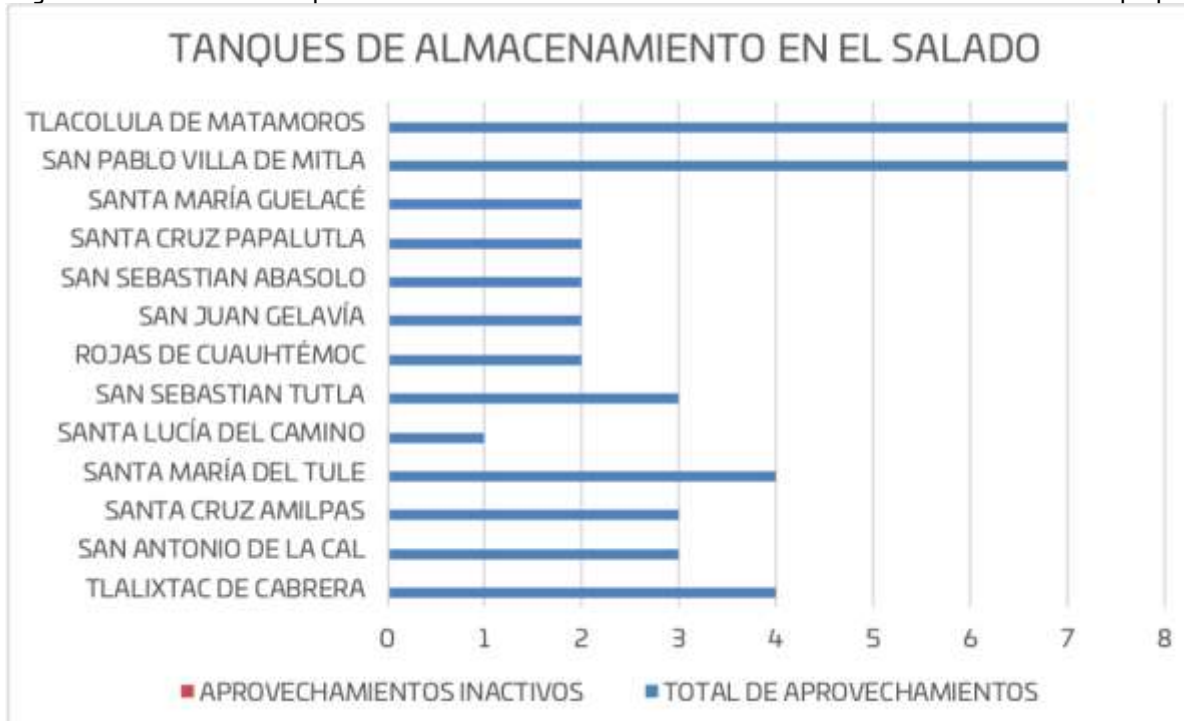


Figura 5.12. Número de tanques de almacenamiento en la Zona de estudio Salado. Fuente: Elaboración propia.



En el siguiente cuadro, se muestran los municipios que se consideran dentro de la zona de estudio denominado **Río Salado**, que agrupa a 13 municipios. De los 13 municipios que se localizan dentro de esta zona de estudio, San Pablo Villa de Mitla, ha trabajado en cubrir el servicio de agua potable en zonas conurbanas de su municipio, construyendo infraestructuras para almacenamiento (presas). En el Municipio San Antonio de la Cal, Santa Cruz Amilpas, Santa Lucía del Camino y San Juan Gelavía, son municipios que no cuentan con suficiente agua potable para cubrir las necesidades de la población.

Cuadro 5.28. Cobertura de viviendas de agua potable por el área de estudio por municipio, zona del Río Salado.

No.	Municipio	Observaciones			
		Aprovechamientos	Almacenamiento	Línea de conducción	Red de distribución
15	Tlaxiáac de Cabrera	Cuenta con 5 captaciones activas con un gáto de 29.15 lps, requiere de obras de captación alternativas	Cuenta con 4 tanques de almacenamiento, que funcionan correctamente.	Funciona correctamente	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.
17	San Antonio de La Cal	Tiene 2 captaciones activas con un gásto de 24 lps, cuenta con método de desinfección, requiere de obras alternativas de captación.	Cuenta con 3 tanques de almacenamiento, que funcionan correctamente.	Funciona correctamente	Presenta fugas en las válvulas, No se cuenta con un responsable dentro del municipio y solamente se atienden fugas que se presenta. No cuenta con planos de la red.
18	Santa Cruz Amilpas	Cuenta con 3 captaciones activas con un gásto de 26 lps, las cuales no cuenta con un método de desinfección.	Cuenta con 3 tanques de almacenamiento que funcionan correctamente.	Funciona correctamente	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.
19	Santa María del Tule	Tiene 3 captaciones de las cuales el municipio no cuenta con los gástos. Existe un comité del agua que administra el recurso, pero con la situación de pandemia, no se pudo tener acceso a la información.	Cuenta con 4 tanques de almacenamiento, de acuerdo a la información proporcionada por la autoridad.	Existe un comité del agua que administra el recurso, pero con la situación de pandemia, no se pudo tener acceso a la información para la ubicación de las captaciones.	Existe un comité del agua que administra el recurso, pero con la situación de pandemia, no se pudo tener acceso a la información en campo.
20	Santa Lucía del Camino	Cuenta con 5 captaciones activas con un gásto de 36 lps, que cuentan con método de desinfección. Los pozos abastecen directamente a las tomas domiciliarias y existe desabasto de los pozos calicanto y la roma. En temporadas de estiaje no es suficiente el gásto.	Se cuenta con un tanque de almacenamiento.	Sin datos	Funciona correctamente y no se tienen planos de la red. SAPAO suministra a una parte de las colonias del municipio. No cuenta con planos de la red
21	San Sebastián Tutla	Cuenta con 4 captaciones activas, con un gásto de 23.5 lps, pero requiere de obras de captación alternativas,	Cuenta con 3 tanques de almacenamiento.	Funciona correctamente y no cuentan con planos	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.

No.	Municipio	Observaciones			
		Aprovechamientos	Almacenamiento	Línea de conducción	Red de distribución
22	Rojas de Cuauhtémoc	Cuenta con 2 captaciones activas, no cuentan con método de desinfección. Presenta problemas de abastecimiento.	Cuenta con 2 tanques de almacenamiento los cuales están activos y funcionan correctamente.	Funciona correctamente y no cuentan con planos	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.
23	San Juan Gelavía	Cuenta con una captación con un gasto de 3 lps, que cuenta con método de desinfección	Cuenta con 2 tanques que funcionan correctamente.	Funciona correctamente. Existe plano de la línea de conducción.	Funciona correctamente. Requiere de un plano de la red.
24	San Sebastián Abasco	Cuenta con 3 captaciones activas con un gasto de 8 lps, requiere de obras de captación alternativas.	Cuenta con 2 tanques de almacenamiento funcionando correctamente. Se cuenta con problemas de operación en suministro.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.
25	Santa Cruz Papalutla	Cuenta con 2 captaciones activas de las cuales el municipio no cuenta con los gastos. No cuentan con método de desinfección. Uno de los pozos que suministra ya no cuenta con suficiente agua.	Cuenta con dos tanques de almacenamiento funcionando correctamente.	No se tiene conocimiento de la línea y no se tienen planos.	No se tiene conocimiento de la red y no se tienen planos.
26	Santa María Guelacé	Cuenta con una captación que cubre el gasto requerido por la población. No presenta problemas en temporada de estiaje., sin embargo, requiere de captaciones alternativas	Cuenta con dos tanques de almacenamiento, de los cuales el tanque 2 se encuentra inactivo.	Se encuentra en buen estado	Se encuentra en buen estado
27	San Pablo Villa de Mitla	Cuenta con 7 captaciones activas, que proporcionan un gasto de 23 lps que abastecen correctamente a la población, sin embargo, en temporadas de estiaje la galería filtrante justo sierra 1 proporciona 3 lps. No cuentan con método de desinfección.	Cuenta con 7 tanques de almacenamiento activos.	Funciona correctamente	Funciona correctamente y se cuenta con planos de algunas zonas del municipio.
28	Tlacolula de Matamoros	Cuenta con 5 captaciones activas que proporcionan un gasto de 45 lps, que proporcionan suficiente recurso para abastecer a la población. No cuentan con método de desinfección.	Cuenta con 7 tanques de almacenamiento activos.	Funciona correctamente y cuenta con planos de la línea de conducción	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.

5.5.1.3. Zona Bajo Atoyac

En esta zona, los municipios que tienen mayor población son: Santa Cruz Xoxocotlán, Villa de Zaachila y Zimatlán de Álvarez, su cobertura de agua potable es de 48.7%, 84.66% y el 72.92%

respectivamente. El municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, solo administra el agua en su cabecera municipal, por lo que no se tiene más información sobre sus agencias, colonias y fraccionamientos.

Cuadro 5.29. Cobertura de viviendas de agua potable por el área de estudio por municipio Zona del Bajo Atoyac.

Clave de municipio o demarcación territorial	Nombre de la localidad	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda	% Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada y se abastecen del servicio público de agua	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda
385	Santa Cruz Xoxocotlán	22261	10859	3559	48.77%	15.98%
174	Ánimas Trujano	1129	758	40	67.02%	3.54%
570	Zimatlán de Álvarez	3795	2768	553	72.92%	14.57%
369	Santa Catarina Quiané	647	546	17	84.39%	2.63%
565	Villa de Zaachila	4380	3710	242	84.66%	5.52%
115	San Bartolo Coyotepec	1271	1105	51	86.87%	4.01%
403	Santa María Coyotepec	860	769	12	89.42%	1.40%
360	Santa Ana Zegache	856	767	64	89.60%	7.48%
083	San Agustín de las Juntas	2289	2122	56	92.62%	2.44%
295	San Pablo Huixtepec	2580	2477	15	96.01%	0.58%
013	Ciénega de Zimatlán	880	873	3	99.20%	0.34%

Fuente: CENSO 2020 INEGI.

Nota: La cobertura de servicio de agua entubada toma en cuenta únicamente conexiones dentro de la vivienda, o bien, fuera de la vivienda, pero dentro del terreno.

Durante la obtención de información por parte de los municipios, se identificaron cuatro de ellos con aprovechamientos inactivos, por lo que no se cubre con la demanda de agua requerida; estos son Zimatlán de Álvarez, San Pablo Huixtepec, San Bartolo Coyotepec, y Santa Cruz Xoxocotlán.

Figura 5.13. Tipo de aprovechamientos en los municipios de la Zona de estudio Bajo Atoyac. Fuente: Elaboración propia.

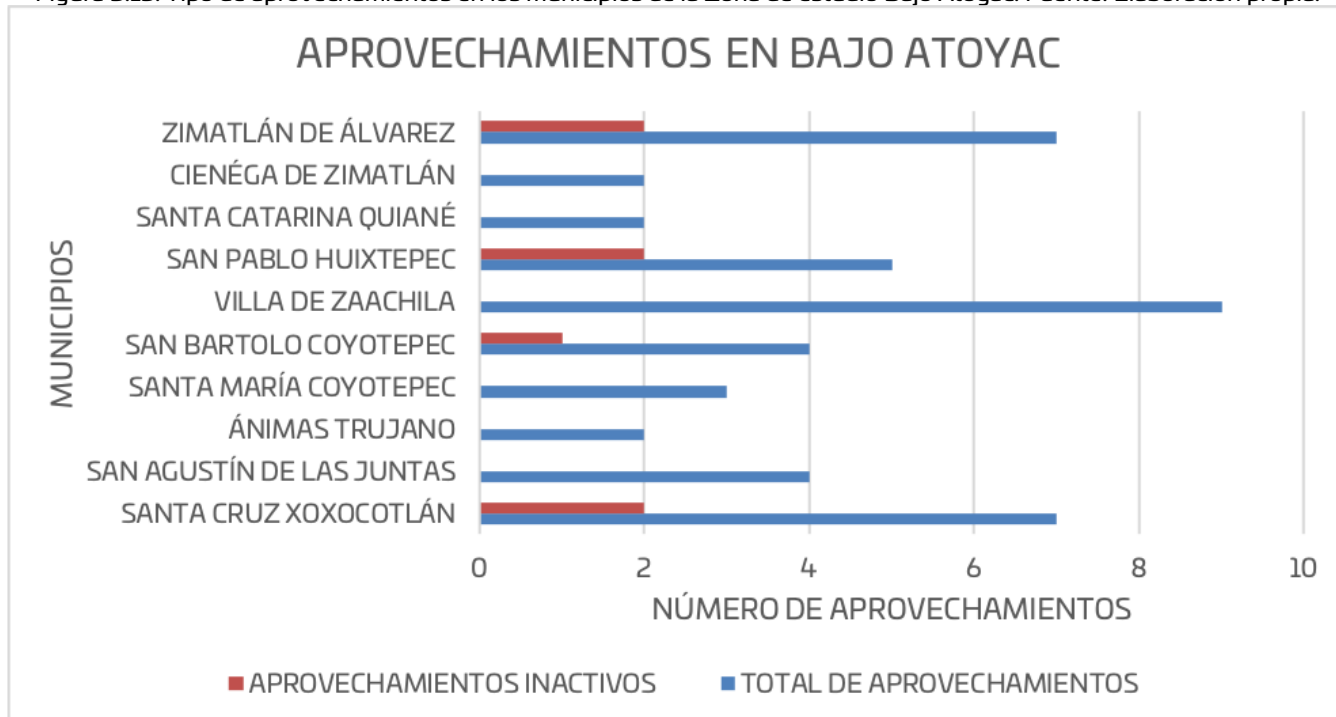
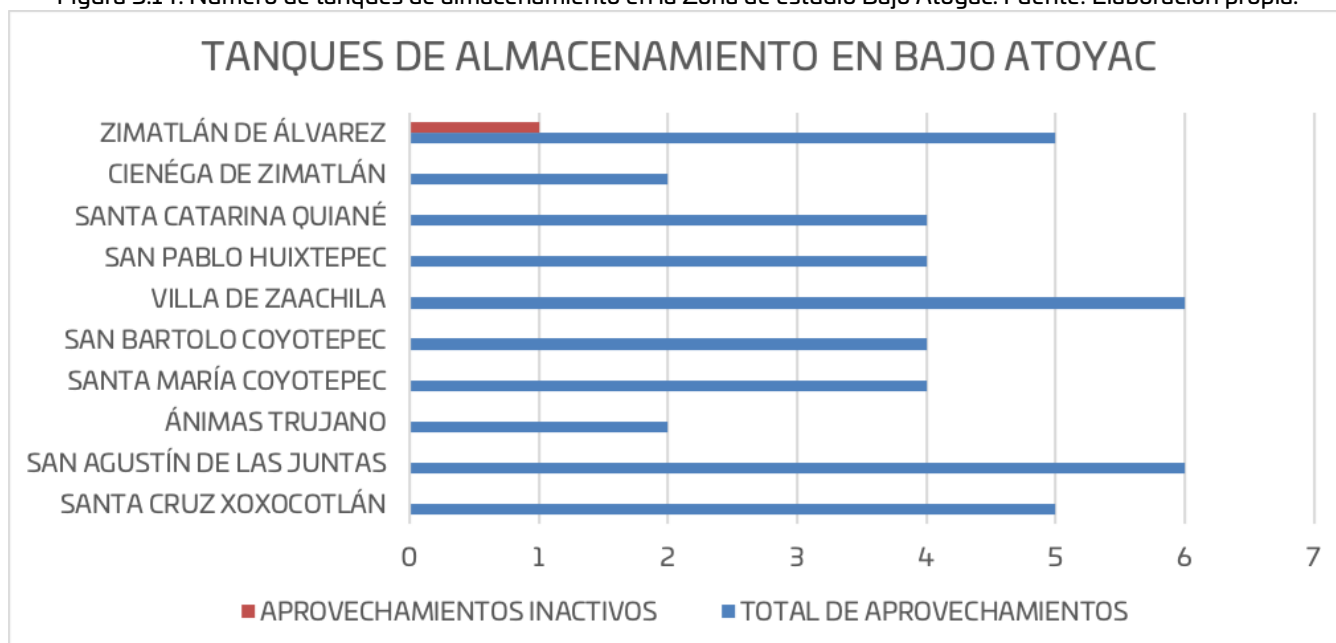


Figura 5.14. Número de tanques de almacenamiento en la Zona de estudio Bajo Atoyac. Fuente: Elaboración propia.



Para la **Zona de Bajo Atoyac**, se consideraron 9 municipios. En el caso del municipio de Animas Trujano, no cuenta con el suficiente recurso para cubrir el abasto de la demanda de agua potable para su población. En el caso de Santa María Coyotepec, en un periodo corto de tiempo tendrá insuficiencia para cubrir el abasto de agua.

En el caso del Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, solamente da servicio a la cabecera municipal, debido a esto, no se cuenta con el control del suministro, así como el desconocimiento de las captaciones, tanques de almacenamientos, redes de abastecimiento y la falta de un sistema de cobro para invertirlo en el mantenimiento preventivo. A continuación, se indican las observaciones en infraestructura de agua potable.

Cuadro 5.30. Cobertura de viviendas de agua potable por el área de estudio por municipio Zona del Bajo Atoyac.

No.	Municipio	Observaciones			
		Aprovechamientos	Almacenamiento	Línea de conducción	Red de distribución
13	Santa Cruz Xoxocotlán	Cuenta con una captación activa que distribuye solo a la cabecera municipal. Cuenta con método de desinfección. Cada una de las colonias, agencias y fraccionamientos se encargan ellas mismas de sus captaciones.	Cuentan con 5 tanques activos, que funcionan adecuadamente.	Funciona correctamente	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.
16	San Agustín de Las Juntas	Cuenta con 4 captaciones con un gasto de 33 lps y cuentan con método de desinfección.	Se cuenta con 6 tanques de almacenamiento de los cuales funcionan correctamente.	Funciona correctamente	Funciona correctamente y no cuenta con planos de la red.
29	Ánimas Trujano	Cuenta con dos captaciones activas que suministran un gasto de 7 lps, que es suficiente para abastecer a la población. No cuentan con método de desinfección.	Cuenta con 2 tanques de almacenamiento funcionando correctamente.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.
30	Santa María Coyotepec	Cuenta con 3 captaciones activas que no presentan problemas para abastecer a la población ni en temporada de estiaje. No cuentan con método de desinfección.	Cuenta con 4 tanques de almacenamiento activos que funcionan correctamente, sin embargo, requieren de una sectorización adecuada y por consiguiente un tanque de almacenamiento nuevo.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos. Sin embargo, existen piezas que requieren de sustitución por la antigüedad que tienen.
31	San Bartolo Coyotepec	Cuenta con 3 captaciones activas que suministran un gasto de 16 lps, el pozo el niño presenta desabasto en temporada de estiaje. No cuentan con método de desinfección.	Cuenta con 4 tanques de almacenamiento que se encuentran funcionando de manera correcta.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.
33	Villa de Zaachila	Cuenta con 8 captaciones activas que proporcionan un gasto de 53.10 lps, el cual es suficiente para abastecer a la población. Cuenta con método de desinfección.	Cuenta con 6 tanques almacenamiento que funcionan adecuadamente.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.
34	San Pablo Huixtepec	Cuenta con 3 captaciones activas que abastecen de manera correcta al	Cuenta con 4 tanques de almacenamiento que funcionan correctamente. Existe	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.

No.	Municipio	Observaciones			
		Aprovechamientos	Almacenamiento	Línea de conducción	Red de distribución
		municipio. No cuenta con sistema de clorado.	un tanque que no cuenta con válvulas funcionales.		
35	Santa Catarina Quiané	Cuenta con 2 captaciones activas que abastecen de manera correcta al municipio. No cuenta con sistema de clorado.	Cuenta con 4 tanques de almacenamiento que 3 funcionan correctamente.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.
36	Ciénega de Zimatlán	Cuenta con 2 captaciones activas que abastecen de manera correcta al municipio. No cuenta con sistema de clorado.	Cuenta con 2 tanques de almacenamiento que funcionan correctamente	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente y no cuenta con planos.
37	Zimatlán de Álvarez	Cuenta con 5 captaciones activas que abastecen de manera correcta al municipio, pero requiere de obras de captación alternativas. No cuenta con sistema de clorado.	Cuenta con 5 tanques de almacenamiento que funcionan correctamente	Funciona correctamente y no cuenta con planos.	Funciona correctamente, pero requiere de sustitución de piezas antiguas, y no cuenta con planos.

5.5.1.4. Conclusiones

Adicional a la brecha que se identifica en la cobertura de servicios y derivado de la recolección de información en las cabeceras municipales realizadas, se pudo constatar que en las zonas urbanas la problemática del agua potable se encuentra asociada principalmente al estado de conservación de la infraestructura hidráulica, la cual en su mayoría requiere de rehabilitación por presentar un riesgo significativo de falla de corto plazo. Dicha situación se encuentra vinculada a la falta de programas de mantenimiento preventivo.

Los Sistemas de Agua Potable (SAP) de la región presentan problemas técnicos importantes como lo son la falta de medición en fuentes de captación, ausencia de un control permanente de la calidad del agua suministrada, falta de control de presiones en la red y el mantenimiento. En el 100% de los 38 municipios de este estudio, en el 60.53% de ellos, la oferta de suministro es suficiente para solventar la demanda de agua potable en la situación actual, mientras que en el 15.79% requiere de realizar el análisis de ampliación y/o construcción de nuevas fuentes para atender a la ciudadanía, no sólo ahora, sino con visión a mediano y largo plazo; en el 23.68% de los casos no se obtuvo la información de los gastos proporcionados por las captaciones.

Otro de los puntos críticos de los SAP es la gestión comercial, existen problemas para solventar la operación y mantenimiento de la infraestructura, ya que, en algunos casos, al implementar la tarifa por el servicio no es cubierta por la mayoría de los usuarios. Dicha problemática se encuentra estrechamente vinculada a la falta de concientización de los habitantes en prácticamente la totalidad de la región, requisito indispensable para cualquier mejora que se proponga a la estructura tarifaria y a los procesos comerciales.

En general, se han identificado algunos factores importantes que inciden negativamente en la prestación de los servicios de agua potable, siendo los principales los siguientes:

- ❖ Falta de obras de captación
- ❖ Falta de mantenimiento en las obras de captación
- ❖ Falta de medición en las fuentes de abastecimiento
- ❖ Falta de mantenimiento preventivo en el equipamiento electromecánico de estructuras especiales

- ❖ Falta de método de desinfección en las obras de captación
- ❖ Falta de un programa de rehabilitación de redes de agua potable con visión de largo plazo
- ❖ Escasa profesionalización por parte del personal técnico-operativo
- ❖ Pérdidas de agua
- ❖ Falta de tanques de almacenamiento
- ❖ Falta de mantenimiento en piezas y válvulas
- ❖ Existencia de una red antigua
- ❖ Falta de planos de la red de distribución
- ❖ Falta de medición en las tomas de agua
- ❖ No existen registros históricos de mediciones de gasto en las tomas de aguas.
- ❖ No existe padrón de usuarios
- ❖ Falta de cobertura en la red de agua potable

Dadas las características de los sistemas de agua potable visitados en la región de estudio, se asume que existen bajos niveles de eficiencia física y eficiencia comercial, lo que ocasiona invariablemente que el problema principal en la actualidad en las zonas urbanas y conurbadas, no sólo el asociado con la cobertura del servicio, sino también con la calidad y sostenibilidad financiera del mismo.

Con respecto al ámbito rural, conformado por localidades segregadas de los grandes núcleos urbanos, se identifican las siguientes limitantes:

- ❖ Traza urbana dispersa; cuando las viviendas están aisladas del centro de la población, se hace compleja la dotación de agua potable por la lejanía.
- ❖ Topografía desfavorable para la implementación de servicios básicos a costos razonables;
- ❖ Geología con predominio de materiales rocosos, que encarecen prácticamente cualquier tipo de obra;
- ❖ Usos y costumbres arraigados que en muchos de los casos limitan o impiden la aceptación de soluciones que no sean las convencionales.

La problemática específica para varias de las localidades rurales es la falta de un sistema formal, si bien en algunos casos el INEGI reporta un determinado porcentaje de cobertura de agua potable esto debe tomarse con reserva. Por ejemplo, en el caso de aprovechamiento de manantiales y sus escurrimientos, muchas de las localidades rurales utilizan mangueras para conducir el agua hasta las viviendas, o bien cuentan con algunos pozos noria desde donde se acarrea el agua hacia las viviendas. En otros casos, en zonas elevadas realizan captación de agua de lluvia con materiales improvisados. Por tratarse de zonas marginadas y de difícil acceso, el consumo de agua de pipa no es viable. La gran mayoría de las localidades rurales padecen de la variación de las fuentes en temporada de estiaje. El control de la calidad del agua es inexistente en buena parte de las localidades rurales.

En el 100% de los municipios visitados, los SAP tienen jurisdicción municipal, únicamente es diferente el caso de Oaxaca de Juárez, ya que además de brindar los servicios en la capital oaxaqueña, también lo realiza total o parcialmente en otros municipios como son: San Pablo Etlá, Santa María Atzompa, San Jacinto Amilpas, San Agustín Yatareni, Santa Lucía del Camino, Santa Cruz Amilpas (fraccionamiento Santa Cruz), San Sebastián Tutla, Santa Cruz Xoxocotlán y San Antonio de la Cal.

En lo que se refiere a las fuentes de aprovechamiento, los municipios visitados se caracterizan por poseer en mayor medida aprovechamientos de tipo subterráneo, sólo el 15.79% de éstos satisfacen una demanda mayor del 90%, motivo por el que es necesario contemplar la incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento. En el caso de los municipios de San Andrés Zautla, San Lorenzo Cacaotepec, Soledad Etlá, Santa Cruz Xoxocotlán, Santa María Atzompa, San Antonio de la Cal, San Juan Gelavía y

Villa de ETLA, requieren estudios para encontrar otras fuentes de abastecimiento ya que con las que cuentan son insuficientes o están al límite de la demanda.

A pesar de no contar con mediciones, ni estadísticas de la frecuencia y calidad del agua suministrada en las localidades visitadas, se hizo un esfuerzo conjunto con los respectivos responsables de la operación de los sistemas, a fin de identificar el nivel de cuidado con la infraestructura. A continuación, se presentan cuadros con el número de tanques activos e inactivos en las tres zonas de estudio.

De los municipios que se encuentran en las tres áreas de estudio, se identificaron aquellos que requieren una intervención pronta como son: Oaxaca de Juárez, Santiago Suchilquitongo, Nazareno ETLA, San Lorenzo Cacaotepec, Soledad ETLA, Santa Cruz Xoxocotlán, Santa María Atzompa, San Antonio de la Cal, Santa Cruz Amilpas, Santa Lucía del Camino, San Juan Gelavía, Ánimas Trujano y Villa De ETLA.

En para cada uno de los municipios, se identificó las siguientes necesidades para cada elemento de los sistemas de agua potable:

Captación

1. Buscar obras de captación alternativas (Superficiales o subterráneas); aumentar el nivel del acuífero.
2. Rehabilitar y limpiar las obras de captación.
3. Implementar Obras de conservación de suelo y agua.
4. Implementar obras de captación de agua de lluvia.
5. Implementar un sistema de medición en las fuentes de abastecimiento
6. Implementar un sistema de registros históricos de mediciones de gasto o volumen en las fuentes de abastecimiento.
7. Realizar la rehabilitación y/o sustitución de equipos de bombeo para aumentar su eficiencia y disminuir el costo por bombeo.
- 7a. Contar con el método de desinfección.

Conducción

8. Rehabilitar y mantener de toda la red de conducción.
9. Revisar las pérdidas de agua por fenómenos transitorios.

Regularización

10. Construir un nuevo tanque de almacenamiento y/o mantenimiento de los existentes.
11. Solucionar problemas generados por la antigüedad del sistema, sobre todo de fugas.
12. Realizar la rehabilitación y sustitución de piezas especiales de válvulas
13. Proponer una sectorización adecuada para la distribución
14. Realizar mantenimiento de los tanques de almacenamiento, así como su equipo de bombeo

Distribución.

15. Solucionar problemas generados por la antigüedad del sistema, sobre todo de fugas.
16. Realizar la rehabilitación y sustitución de piezas especiales en cruceros y cajas de válvulas.
17. Elaborar los planos (catastro de red), de la red de distribución de agua potable.
18. Implementar un sistema de medición en las tomas de agua.
19. Implementar un sistema de registros históricos de mediciones de gasto en las tomas de agua.
20. Implementar el padrón de usuarios y el establecimiento de organismos operadores dependiente del municipio.
21. Implementar una campaña de cultura del agua y pago oportuno por el acceso al agua
22. Ampliar la cobertura del sistema de agua potable

5.5.2. Alcantarillado Sanitario.

De acuerdo con la información de INEGI 2020, en zona de estudio, de un total de 38 municipios, se identifican 1 municipio con cobertura de alcantarillado por debajo del 30%, considerados como crítico; 2 municipios con coberturas que oscilan en un rango de 30% a 60%, que aún se considera un nivel bajo; otros 5 municipios con coberturas del 60% a 80% que son susceptibles de mejorarse, y 30 municipios con coberturas de alcantarillado superiores al 80%, que son los niveles deseables. En este sentido, es posible afirmar que únicamente un 36% del total de los municipios de la zona de estudio cuentan con una cobertura de alcantarillado superior al 80%, lo cual representa un reto importante para la presente Administración.

Los municipios que menor cobertura de alcantarillado registran son: Santa Ana Zegache, Santa Cruz Papalutla, Santiago Suchilquitongo, San Sebastián Abasolo, Santa María Guelacé, Rojas de Cuauhtémoc, San Pablo Huitzo, Santa Catarina Quiané.

Cuadro 5.31. Resumen de coberturas de Alcantarillado en los 38 municipios del área de estudio.

Rango de Cobertura de Agua Potable 2021	No. De municipios	% de Municipios	Cobertura Promedio de Alcantarillado en la zona de estudio
Menor al 30%	1	2.63%	85.36%
30% al 60%	2	5.26%	
60% al 80%	5	13.16%	
Mayor al 80%	30	78.95%	
Total	38	100.00%	

De un total de 179,365 viviendas particulares habitadas en la zona de estudio, la encuesta de INEGI 2020 indica que 6,232 (3.47%) carecen de un servicio de alcantarillado (en referencia exclusiva de conexiones a la red pública y viviendas con fosa séptica). En el siguiente cuadro se muestra la población

y viviendas estimadas que no cuentan con acceso a un servicio de alcantarillado sanitario para cada uno de los municipios colindantes a los ríos Atoyac y Salado.

Cuadro 5.32. Estimado de Población y Viviendas Con Cobertura de Alcantarillado 2020 en la zona de estudio.

Nombre de la localidad	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina o pozo hoyo	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	% Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina o pozo hoyo	% Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje
Santa Ana Zegache	856	501	268	587	58.53%	31.31%	68.57%
Santa Cruz Papalutla	645	307	300	344	47.60%	46.51%	53.33%
Santiago Suchilquitongo	2172	1080	1288	883	49.72%	59.30%	40.65%
San Sebastián Abasco	426	135	294	131	31.69%	69.01%	30.75%
Rojas de Cuauhtémoc	378	124	310	68	32.80%	82.01%	17.99%
San Pablo Huitzo	1638	326	1351	285	19.90%	82.48%	17.40%
Santa María Guelacé	235	85	196	39	36.17%	83.40%	16.60%
Santa Catarina Quiané	647	125	573	72	19.32%	88.56%	11.13%
San Juan Guelavía	952	138	874	78	14.50%	91.81%	8.19%
San Pablo Huixtepec	2580	273	2380	192	10.58%	92.25%	7.44%
Reyes Etna	588	50	545	43	8.50%	92.69%	7.31%
Tlacolula de Matamoros	4114	479	3823	284	11.64%	92.93%	6.90%
San Francisco Telixtlahuaca	3025	376	2819	200	12.43%	93.19%	6.61%
Zimatlán de Álvarez	3795	359	3532	246	9.46%	93.07%	6.48%
San Lorenzo Cacaotepec	2859	346	2684	171	12.10%	93.88%	5.98%
San Pablo Villa de Mitla	2518	176	2368	146	6.99%	94.04%	5.80%
Villa de Etna	1988	237	1877	108	11.92%	94.42%	5.43%
Soledad Etna	1093	85	1033	56	7.78%	94.51%	5.12%
Villa de Zaachila	4380	452	4142	217	10.32%	94.57%	4.95%
Tlaxiaco de Cabrera	2942	245	2786	144	8.33%	94.70%	4.89%
Nazareno Etna	1105	51	1061	42	4.62%	96.02%	3.80%
Santa María Atzompa	7430	501	7128	257	6.74%	95.94%	3.46%
Magdalena Apasco	808	109	781	26	13.49%	96.66%	3.22%
San Andrés Zautla	520	14	504	16	2.69%	96.92%	3.08%
Ciénega de Zimatlán	880	53	858	22	6.02%	97.50%	2.50%
Santa Cruz Xoxocotlán	22261	1080	21662	419	4.85%	97.31%	1.88%
San Bartolo Coyotepec	1271	58	1245	22	4.56%	97.95%	1.73%
Guadalupe Etna	533	26	524	9	4.88%	98.31%	1.69%
Santa María Coyotepec	860	14	834	14	1.63%	96.98%	1.63%
Oaxaca de Juárez	71396	1966	69658	928	2.75%	97.57%	1.30%

Nombre de la localidad	Total de viviendas particulares habitadas	Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo)	Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	% Viviendas particulares habitadas que disponen de letrina (pozo u hoyo)	% Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	% Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje
San Agustín de las Juntas	2289	96	2239	24	4.19%	97.82%	1.05%
Santa Cruz Amilpas	3574	104	3525	37	2.91%	98.63%	1.04%
San Antonio de la Cal	5776	171	5690	41	2.96%	98.51%	0.71%
San Sebastián Tutla	1562	12	1551	10	0.77%	99.30%	0.64%
Ánimas Trujano	1129	18	1121	5	1.59%	99.29%	0.44%
San Jacinto Amilpas	4785	45	4737	21	0.94%	99.00%	0.44%
Santa Lucía del Camino	12966	35	12822	38	0.27%	98.89%	0.29%
Santa María del Tule	2389	17	2372	7	0.71%	99.29%	0.29%

Fuente: CENSO 2020 INEGI.

Nota: La cobertura de servicio de alcantarillado toma en cuenta únicamente viviendas que se encuentran conectadas a la red pública o bien, aquellas que cuentan con fosa séptica como lugar de desalojo. Las anteriores cifras no toman en cuenta viviendas en las que no se pudo especificar el tipo de drenaje o desalojo.

En el caso de las viviendas que no tienen conexión a la red pública de alcantarillado sanitario, ni cuentan con fosa séptica o biodigestor para el desalojo de sus aguas residuales, no disponen de otro lugar de desalojo, en cuyo caso terminan limitando el uso de agua de los ocupantes y/o vertiendo el agua residual dentro del terreno de la vivienda.

Se han identificado una serie de elementos que impactan directamente en el déficit de la cobertura de alcantarillado en el Estado, entre las que pueden enlistarse la fisiografía y tipo de suelo, el deterioro de las redes de alcantarillado existentes, el crecimiento poblacional urbano desordenado que deriva en la existencia de asentamientos humanos irregulares, la inexistencia o deficiencia en los programas de mantenimiento y operación de los sistemas de alcantarillado, la escasez de personal técnico y administrativo capacitado, la excesiva rotación del personal en los Organismos Operadores, la inexistencia o insuficiencia en las tarifas para el rubro de drenaje sanitario, y la falta de campañas permanentes de sensibilización sobre el valor uso y reutilización del agua.

En el ámbito urbano de la zona de estudio los principales problemas que se identifican respecto al alcantarillado sanitario son:

- ❖ Colonias o zonas sin cobertura de alcantarillado sanitario;
- ❖ La red de alcantarillado sanitario no se encuentra separada de la captación de aguas pluviales, lo que genera problemas de saturación y anegaciones en temporada de lluvias;
- ❖ Azolvamiento recurrente de la red por arrastre de basura, lodo y sedimento, así como por la falta de un programa de limpieza continuo;
- ❖ Daño de colectores o emisores en márgenes de ríos por falta de elementos de protección;
- ❖ No contar con catastros del alcantarillado, ni padrones actualizados de usuarios;
- ❖ Falta de un programa de rehabilitación de redes de alcantarillado con visión de largo plazo;

Con respecto al ámbito rural, la problemática de alcantarillado sanitario es semejante a la del agua potable, el bajo nivel de cobertura de drenaje se encuentra asociado a la dispersión de las viviendas, a la complejidad del terreno, tanto en cuestión de topo formas, como en el aspecto geológico, así como a las dificultades sociales para lograr la aprobación de obras públicas en general. En estos casos, los habitantes frecuentemente adoptan soluciones alternativas, como son fosas sépticas, baños secos, o simplemente lo que denominan como “hoyos negros”. La falta de un sistema formal de alcantarillado sanitario y el control de las aguas residuales terminan por propiciar problemas de contaminación, no sólo en los predios, sino también en escurrimientos cercanos a las localidades. Para este estudio, solo se consideró la información proporcionada por los Municipios que contaban con una ubicación aproximada y cobertura de esta red de alcantarillado.

5.5.2.1. Zona Alto Atoyac

A continuación, se presentan el estado actual de las cabeceras municipales por zonas de estudio:

En la zona de **Alto Atoyac**, se encuentran 5 municipios que no cuentan una red de alcantarillado, por lo que manejan biodigestores y baños secos: Santiago Suchilquitongo, Magdalena Apasco, San Pablo Huitzo, Guadalupe Etlá y Villa De Etlá; en estos municipios manifiestan que continuarán con este tipo de sistemas. De los 14 municipios que están en esta zona, 6 de ellos cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, pero en cuatro se encuentran inactivos.

Cuadro 5.33. Estado actual del Alcantarillado 2020 en la zona del Alto Atoyac.

NO.	MUNICIPIO	ESTADO ACTUAL
1	San Andrés Zautla	No presenta problemas con su red de alcantarillado, trabaja al 100%. Cuenta con una cobertura del 97%. Requiere de ampliación.
2	Santiago Suchilquitongo	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con biodigestores
3	Reyes Etlá	Se han presentado azolves en las tuberías, requiere de ampliación ya que actualmente cubre el 93%
4	Magdalena Apasco	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con biodigestores
5	San Pablo Huitzo	Cuenta con una red de alcantarillado, sin embargo, esta inactiva porque presenta azolvamientos. Requiere de ampliación.
6	Nazareno Etlá	Ya que no se cuenta con el personal capacitado para la supervisión de la red, no se tiene obtuvo la información necesaria para de las características generales de la red, así como el estado actual en la que se encuentra. Presenta azolvamientos debido a que el gasto recibido es mayor al diseñado por la red. Requiere de ampliación y sustitución de tuberías debido a que son de asbesto.
7	San Lorenzo Cacaotepec	No cuenta con personal capacitado para el mantenimiento de la red. Cuenta con una cobertura del 93%. Requiere de ampliación.
8	Soledad Etlá	Existen pozos de visita en mal estado, puesto que tienen despostillamiento en sus tapas, la tubería se encuentra azolvada en tramos de la red de alcantarillado. Requiere de ampliación.
9	Guadalupe Etlá	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con pozos de absorción y biodigestores
10	San Francisco Telixtlahuaca	No se obtuvo información acerca de la red de agua potable, red de alcantarillado y planta de tratamiento debido a un problema social.

NO.	MUNICIPIO	ESTADO ACTUAL
11	Oaxaca de Juárez	Cuenta con un total de 853.16 km de colectores, subcolectores y atarjeas, cuyo estado físico es variable. Requiere de ampliación.
12	San Jacinto Amilpas	Presenta azolves en las tuberías, cuenta con 3 descargas. La red esta conectada a la red de SAPAO. Requiere de ampliación.
14	Santa María Atzompa	La red está conectada al colector de San Jacinto Amilpas y finalmente desemboca al río Atoyac. Requiere de ampliación.
38	Villa de Etla	Requiere de ampliación del servicio, ya que actualmente solo cubre el 94% de la población.

5.5.2.2. Zona Río Salado

En la zona de **Río Salado**, se encuentran 3 municipios que no cuentan una red de alcantarillado, por lo que manejan biodigestores y baños secos: Rojas de Cuauhtémoc, San Sebastián Abasolo, Santa Cruz Papalutla. En el caso de San Pablo Villa de Mitla, maneja una red de alcantarillado, así como sistemas de biodigestores y baños secos; en estos municipios manifiestan que continuarán con ese tipo de sistemas. De los 13 municipios que se localizan en esta zona, 7 de ellos cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, pero en 2 se encuentran inactivos.

Cuadro 5.34. Estado actual del Alcantarillado 2020 en la zona del Río Salado.

No.	Municipio	Estado actual
15	Tlaxiact de Cabrera	Falta de cobertura ya que hay calles en el municipio donde no cuentan en su totalidad con la red o cuentan solo con la mitad. Requiere de ampliación.
17	San Antonio de La Cal	Requiere de rehabilitación de los colectores y ampliación, ya que cuenta con el 97%. No cuenta con emisor. Requiere de ampliación.
18	Santa Cruz Amilpas	Se encuentra en buenas condiciones, se le realiza mantenimiento constante para evitar azolves. Se encuentra conectado al emisor de las márgenes del Río Atoyac.
19	Santa María del Tule	Existe un ramal que no cumple con la pendiente requerida para descargar al colector principal. Requiere de ampliación.
20	Santa Lucía del Camino	El emisor no cuenta con la pendiente correspondiente para conducir las aguas residuales hasta la PTAR. Requiere de ampliación.
21	San Sebastián Tutla	Se encuentra en buenas condiciones, se le realiza mantenimiento constante para evitar azolves. Requiere de ampliación.
22	Rojas de Cuauhtémoc	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con biodigestores.
23	San Juan Gelavía	Su red de alcantarillado opera de manera correcta. Requiere de ampliación.
24	San Sebastián Abasolo	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con biodigestores.
25	Santa Cruz Papalutla	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con biodigestores.
26	Santa María Guelacé	El municipio cuenta con una red de alcantarillado sanitario, sin embargo, no esta activa debido a que los costos para rehabilitar la PTAR son altos. La población cuenta con biodigestores. Requiere de ampliación.
27	San Pablo Villa de Mitla	Se presentan azolves en las tuberías, requiere de ampliación.
28	Tlacolula de Matamoros	Requiere de una ampliación de la red de alcantarillado.

5.5.2.3. Zona Bajo Atoyac

En la zona de **Bajo Atoyac**, se encuentran 3 municipios que no cuentan una red de alcantarillado, por lo que manejan biodigestores y baños secos: Santa Ana Zegache, Santa Catarina Quiané y Ciénega de Zimatlán. En el caso de los municipios de Santa María Coyotepec, San Bartolo Coyotepec y Villa de Zaachila manejan una red de alcantarillado así como sistemas de biodigestores y baños secos; en estos municipios manifiestan que continuarán con ese tipo de sistemas. De los 11 municipios que están en esta zona de estudio, 5 de ellos cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, pero en 2 se encuentran inactivos.

Cuadro 5.34. Estado actual del Alcantarillado 2020 en la zona del Bajo Atoyac.

No.	Municipio	Estado actual
13	Santa Cruz Xoxocotlán	Sustitución de tubería de la cabecera municipal debido a que los diámetros son menor y de asbesto. Se esta trabajando en sustitución de tuberías. Algunos fraccionamientos, colonias y agencias se conectan al colector de SAPAO. El municipio no cuenta con información de las redes de dichos centros poblacionales. Los comités se hacen cargo en los fraccionamientos, colonias y agencias del servicio.
16	San Agustín de Las Juntas	Requiere de una ampliación de la red y construir un emisor.
29	Ánimas Trujano	Presenta deficiencia por cobertura, ya que no toda la población cuenta con el servicio y se tiene planeado construir un emisor.
30	Santa María Coyotepec	Los emisores presentan problemas de pendientes. Requiere de ampliación de red, actualmente cuenta con el 96% de cobertura.
31	San Bartolo Coyotepec	El municipio desconoce la ubicación de su red y cuenta con pozos de visita que están ocultos. Sin embargo, cubre el 100% de la población.
32	Santa Ana Zegache	No se cuenta con información proporcionada por el municipio, ya que no se permitió el acceso.
33	Villa de Zaachila	Presenta deficiencia por cobertura, ya que no toda la población cuenta con el servicio. Además de que requiere rehabilitación de las tuberías en el centro, ya que son muy viejas.
34	San Pablo Huixtepec	Requiere de ampliación ya que el servicio tiene una cobertura del 90%. Requiere de mantenimiento en la red.
35	Santa Catarina Quiané	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con biodigestores.
36	Ciénega de Zimatlán	El municipio no cuenta con una red de alcantarillado sanitario. La población cuenta con biodigestores.
37	Zimatlán de Álvarez	La red de alcantarillado se encuentra funcionando correctamente, no presenta problemas en su funcionamiento.

5.5.2.4. Conclusiones

De la problemática identificada de los municipios, se definieron acciones para mejorar los sistemas de alcantarillado. A continuación, se presentan dichas acciones:

1. Realizar la rehabilitación y/o sustitución de la red de atarjeas y principalmente colectores y emisores.
2. Ampliar la cobertura de la red de alcantarillado
3. Realizar el mantenimiento y desazolve de las tuberías y pozos de visita.
4. Reestructurar el sistema de alcantarillado de un sistema centralizado a uno descentralizado, principalmente por las diferencias de pendientes en la zona.
5. Elaborar los planos de catastro de la red de drenaje sanitario.
6. Implementar sistemas de drenaje sostenibles
7. Planeación de la nueva infraestructura del sistema de alcantarillado descentralizado.
8. Implementar la verificación de la NOM-001-CONAGUA-2011.
9. Proyecto y construcción de PTAR

5.5.3. Plantas de tratamiento

De acuerdo con la metodología establecida se diagnosticaron 38 municipios para saber si cuenta o no con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), así como su funcionamiento. El número de instalaciones prioritarias para cada zona se muestra en el cuadro 5.35. PTAR identificadas por zona de estudio.

Cuadro 5.35. PTAR prioritarias identificadas por zona de estudio (Fuente: Elaboración propia).

Sitio	Número de Plantas
Alto Atoyac	11
Bajo Atoyac	7
Río Salado	10
Total de PTAR prioritarias	28

5.5.3.1. Zona Alto Atoyac

En la zona definida como Alto Atoyac se realizó el diagnóstico de 11 plantas de tratamiento de aguas residuales, cabe señalar que en esta zona se encuentran inmersos 15 municipios, en el Valle de ETLA, pertenecientes al Estado de Oaxaca, tal como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.36. PTAR existentes en la Zona Alto Atoyac (Fuente: Elaboración propia).

MUNICIPIO	PTAR 'S EXISTENTES
San Francisco Telixtlahuaca	1
Reyes ETLA	1
Agencia de San Lázaro, Reyes ETLA	1
San Andrés Zautla	1
Villa de ETLA	1
Nazareno ETLA	1
San Lorenzo Cacaotepec	1
Santa María Atzompa, Fracc. Sta. María	1
Santa María Atzompa, Fracc. Alfareros	1
Santa María Atzompa, Fracc. Yahuiche	1
San Pablo ETLA, Fracc. La Esmeralda	1
Total	11

Se logra identificar que existen municipios que cuentan con más de una PTAR construida, tal es el caso de los municipios de Villa de Etna, San Lorenzo Cacaotepec, Santa María Atzompa; pertenecientes al Distrito de Etna, con dos y tres PTAR respectivamente. Si bien estos municipios son de aquellos que tienen un mayor índice demográfico y cuentan con zonas de concentración poblacional tales como condominios o fraccionamientos en los cuales estas obras se construyen con fines de servicio complementario, tal como lo establece Ramón (2010), quien indica que la creación de pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales que dan servicio por colonia, fraccionamiento, unidad habitacional o vivienda puede resolver muchos problemas de saneamiento; para el caso específico de Villa de Etna y San Lorenzo Cacaotepec, se construyeron 2 y 3 PTAR en el mismo sitio para el tratamiento del mismo gasto, para el caso de Villa de Etna, actualmente no funciona ninguna, para el caso de San Lorenzo Cacaotepec solo funciona una, lo que nos arroja un total de 14 sistemas de tratamiento.

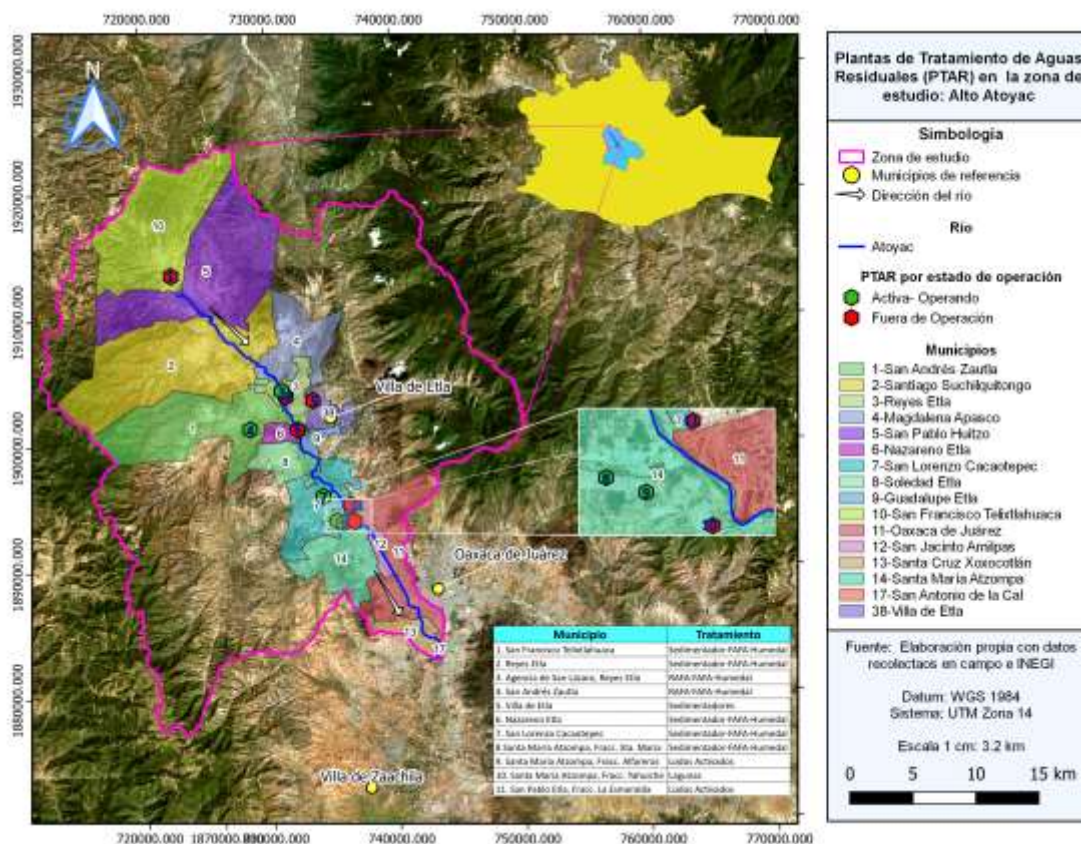
La localización geográfica de las PTAR se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.37. Coordenadas métricas de las PTAR en la zona de Alto Atoyac (Fuente: Elaboración propia).

Ubicación	Coordenadas métricas (e, n) WGS84 UTM Z14 ptar	
	X	Y
San Francisco Telixtlahuaca	722374.69 m E	1912861.76 m N
Reyes Etna	731363.00 m E	1903173.00 m N
Agencia de San Lázaro, Reyes Etna	731054.00 m E	1904250.00 m N
San Andrés Zautla	728501.00 m E	1901231.00 m N
Villa de Etna	733499.00 m E	1902837.00 m N
Nazareno Etna	732274.00 m E	1900522.00 m N
San Lorenzo Cacaotepec	734239.00 m E	1895845.00 m N
Santa María Atzompa, Fracc. Sta. María	735333.00 m E	1893884.00 m N
Santa María Atzompa, Fracc. Alfareros	735830.00 m E	1893704.00 m N
Santa María Atzompa, Fracc. Yahuiche	736656.00 m E	1893189.00 m N
San Pablo Etna, Fracc. La Esmeralda	736411.00 m E	1894488.00 m N

En la siguiente Figura se identifica la localización de las plantas de tratamiento que fueron visitadas para determinar su estatus de actividad, así como las condiciones de las mismas, con la finalidad de recabar información para las fichas de inspección.

Figura 5.14. Ubicación de las PTAR, en la zona del Alto Atoyac (fuente: elaboración propia, datos tomados del INEGI, 2019).



En las visitas realizadas se identificó el estatus de la operación de las PTAR, así como su sistema de tratamiento predominante.

Cuadro 5.38. Estado de operación y puntos de descarga de la PTAR en la Zona Alto Atoyac (Fuente: Elaboración propia).

Municipio	Tipo de generador	Estado de operación	Sistema o proceso de tratamiento
San Francisco Telixtlahuaca	Municipal	Fuera de Operación	Sedimentador-FAFA-Humedal
Reyes Etlá	Municipal	Inactiva	Sedimentador-FAFA-Humedal
Agencia de San Lázaro	Agencia municipal de Reyes Etlá	Activa	RAFA-FAFA-Humedal
San Andrés Zautla	Agencia de San Lázaro	Activa	RAFA-FAFA-Humedal
Villa de Etla	Municipal	Fuera de Operación	Reactores-Humedal
Nazareno Etlá	Municipal	Fuera de Operación	Sedimentadores
San Lorenzo Cacaotepec	Municipal	Inactiva	Sedimentador-FAFA-Humedal
	Municipal	Activa	Sedimentador-FAFA-Humedal
	Municipal	Fuera de Operación	Lagunas
	Municipal	Fuera de Operación	Lodos Activados
Santa María Atzompa, Fracc. Sta. María	Agencia Nativitas	Activa	Sedimentador-FAFA-Humedal
Santa María Atzompa, Fracc. Alfarcos	Fraccionamiento Barío Bajo	Activa	Lodos Activados
Santa María Atzompa, Fracc. Yahuiche	Municipal	Sin Concluir	Lagunas
San Pablo Etlá, Fracc. La Esmeralda	Municipal	Inactiva	Lodos Activados

De igual forma realizó tomas de muestra de agua residual para su posterior caracterización de los parámetros que establece la NOM-001- SEMARNAT-1996.

Cuadro 5.35. Resultados de análisis de la muestra de aguas residuales en la Zona Alto Atoyac (Fuente: Elaboración propia).

MUNICIPIO	ESTADO DE OPERACIÓN	Caracterización del Agua Residual (NOM-001-SEMATNAT-1996)								
		pH	Cloro mg/l	Materia Flotante	Grasas y Aceites mg/l	Sólidos sedimentables ml/l	Sólidos Susp. Totales mg/l	DBO ₅ mg/l	Nitrógeno Total mg/l	
San Francisco Telixtlahuaca	Fuera de Operación	7.3	0	Ausente	5	18	1855	732	29.8	
Reyes Etlá	Activa-Operando	6.9	0	Ausente	3	0.6	1003	256	8	
Reyes Etlá	Fuera de Operación	7.2	0	Ausente	3	5	1210	320	10	
San Andrés Zautla	Activa-Operando	7.4	0	Ausente	2	1	810	109	6	
Villa de Etlá	Fuera de Operación	7.1	0	Ausente	7	10	1550	864	22.1	
Nazareno Etlá	Fuera de Operación	7.3	0	Ausente	5	5	360	365	5	
San Lorenzo Cacaotepec	Activa-Operando	7.4	0	Ausente	7	3.2	225	327	6	
Santa María Atzompa	Activa-Operando	7	0	Ausente	3	2	268	316	1.3	
Santa María Atzompa	Activa-Operando	7.5	0	Ausente	2	1	214	126	0.6	
Santa María Atzompa	Fuera de Operación	7.2	0	Ausente	3	5	384	235	7	
San Pablo Etlá	Fuera de Operación	7.6	0	Ausente	4	4	1461	241	3.32	

De acuerdo con los 14 sistemas de tratamiento apreciados en los cuadros anteriores, se identificó que en esta zona existen seis tipos de sistema preponderante:

1. Sedimentador-FAFA-humedal, 35.71%
2. Lodos activados, 21.43%
3. RAFA-FAFA-Humedal, 14.29%
4. Lagunas, 14.29%
5. Reactores-Humedal, 7.14%
6. Sedimentadores, 7.14%

Sin embargo, prevalece el sistema formado por sedimentador-FAFA-humedal, lo anterior debido a que en estas zonas existen extensiones de terrenos en los cuales puede ser construida una planta de tratamiento de este tipo (Senhadji et al., 2017; López y Pérez, 2017; Arias y Gómez, 2015; Yepes, 2015; Goné et al., 2010). Cabe mencionar que 5 de las 14 plantas diagnosticadas se encuentran fuera de operación (no funciona la planta), 3 se encuentran inactiva (puede activarse la planta; pero por alguna circunstancia esta inactiva), y 1 planta se encuentra sin concluir (se encuentra la obra civil pero no está lista para operar), lo cual ocasiona impactos adversos en factores de la sostenibilidad. El 35.71 % de las PTAR visitadas se encuentra actualmente fuera de operación, el 35.71 % se encuentran activas; el 21.43%, se encuentran inactivas y un 7.14% se encuentran sin terminar de construir. Por otra parte, en el diagnóstico integral se identificaron las PTAR que descargan de manera directa sus aguas residuales en el cauce Atoyac o un río tributario, las cuales se definen en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.40. Puntos de descarga de las PTAR en la zona del Alto Atoyac (Fuente: Elaboración propia).

Municipio	Tipo de generador	Ubicación de la descarga
San Francisco Telixtlahuaca	Municipal	Puntual al Río Atoyac
Reyes Etlá	Municipal	Difusa al suelo
Agencia de San Lázaro	Agencia mpal. de Reyes Etlá	Puntual al Río Atoyac

Municipio	Tipo de generador	Ubicación de la descarga
San Andrés Zautla	Agencia de San Lázaro	Puntual a tributario
Villa de Etla	Municipal	Puntual a tributario
	Municipal	Puntual a tributario
	Municipal	Difusa al suelo
San Lorenzo Cacaotepec	Municipal	Difusa a Tributario
	Municipal	
	Municipal	
Santa María Atzompa, Fracc. Sta. María	Agencia Nativitas	Puntual a tributario
Santa María Atzompa, Fracc. Alfareros	Fraccionamiento Barrio Bajo	Puntual a tributario
Santa María Atzompa, Fracc. Yahuique	Municipal	Puntual a tributario
San Pablo Etla, Fracc. La Esmeralda	Municipal	Puntual al Río Atoyac

Las PTAR que se encuentran ubicadas en la Zona del Alto Atoyac descargan sus aguas residuales con o sin tratamiento alguno a cauces que convergen en algún punto en el río Atoyac, ocasionando impactos negativos sobre el cauce debido a los constituyentes de las aguas residuales que lo conforman, así como a los sitios aledaños al mismo afectando otros componentes ecosistémicos tales como flora, fauna, suelo y agua de los sitios. A continuación, se describe la problemática técnica y social de cada una de las plantas de tratamiento:

- **San Francisco Telixtlahuaca**

Actualmente la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR no se encuentra funcionando por lo que no existe una descarga a ningún cuerpo de agua o de suelo, la descarga del sistema de alcantarillado es directa del último pozo de visita al río Atoyac sin ningún tratamiento, con una descarga intermitente de 4.5 lps, La PTAR desde el punto de vista técnico es posible rehabilitarla y ampliarla para su funcionamiento, pero existen problemas sociales en el municipio que impiden la realización de trabajos de cualquier índole en el sitio de ubicación de PTAR, en conclusión existe una rotunda negativa a cualquier proyecto de rehabilitación.



Imagen 5.1. Vista general de la PTAR (Fuente: Elaboración propia).



Imagen 5.2. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **Reyes Etna (Agencia de San Lázaro)**

La planta de tratamiento opera correctamente, solo falta completar el proyecto de rehabilitación con la construcción de dos humedales más, el equipo de bombeo se encuentra en buen estado, en cuanto a la obra civil de cárcamo de bombeo, reactor, filtro, tanque de clorado, etc., se encuentra en buen estado, la línea de tubería de la descarga de la PTAR llega al río Atoyac, con un gasto intermitente alrededor de 1.00 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en algunos de sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.3. Vista general de la PTAR
(Fuente: Elaboración propia).



Imagen 5.4. Vista general de la descarga
(Fuente: Elaboración propia).

- **Reyes Etna (Municipal)**

La PTAR no se encuentra en operación debido a la falta del suministro y colocación de la acometida eléctrica, las electro bombas en cárcamo de bombeo, así como la terminación de la rehabilitación de los humedales; las rejillas de cribado no se encuentran instaladas, solo se encuentra la estructura para colocarlas, en cuanto a la obra civil de cárcamo de bombeo, reactor, filtro, tanque de clorado, etc., se encuentra en buen estado, la línea de tubería de alcantarillado pasa directo a una laguna de almacenamiento de aguas residuales que se encuentra a un costado de la planta de tratamiento, con una descarga continua de 5.0 lps el cual filtra en los terrenos de cultivo aledaños. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en algunos de sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.5. Vista general de la PTAR Fuente: Elaboración propia).



Imagen 5.6. Vista general de la descarga (Fuente: Elaboración propia).

- **San Andrés Zautla**

El problema principal de la PTAR recae en el pretratamiento, al no tener las dimensiones y características geométricas adecuadas para el gasto que recibe, estas se saturan, además las pendientes en la línea de tubería del pretratamiento primario al pretratamiento secundario, se estiman superiores a las normativas, debido a esto la velocidad del flujo no es la correcta, desbordando el gasto en el canal de sedimentación del pretratamiento secundario, ocasionando arrastres de sedimentos en todo el tren de tratamiento. También existen problemas de grasas y altas concentraciones de nutrientes de fosfatos y nitratos. Estructuralmente se presentan fisuras y grietas en muros de pretratamiento, corrosión excesiva en acero de escaleras de servicio y mantenimiento, tapas, marcos y contramarcos de registros. En las lagunas facultativas, se presentan grasas y fosfatos que no son removidos en el reactor R.A.F.A. La línea de descarga es de tubo de PVC de 4" con un gasto de descarga intermitente de 1.2 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en algunos de sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.7. Vista general de la PTAR (Fuente: Elaboración propia).



Imagen 5.8. Vista general de la descarga (Fuente: Elaboración propia).

- **Villa de Etila**

Este municipio cuenta con 2 plantas de Tratamiento, pero ninguna funciona y están en completo abandono por parte del municipio y agregando que tienen poca capacidad de operación, la descarga del sistema de alcantarillado es directa del último pozo de visita a un canal de tierra que converge con el Río Atoyac, con un gasto de descarga de 6.2 lps, por lo que es muy importante darle solución a esta problemática de contaminación. A continuación, se describe el estado en el que se encuentra cada una de ellas. PTAR 1: la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra inactiva y en mal estado debido al abandono total del inmueble, los elementos que componen este sistema de tratamiento de aguas residuales se encuentran en mal estado, los muros del pretratamiento, el módulo bioacuático y biofísico se encuentran con pérdida del recubrimiento y exposición del acero, el cual presenta corrosión al ser una PTAR construida a base de concreto reforzado y por el daño que tiene el inmueble.



Imagen 5.9. Vista general de la PTAR
(Fuente: Elaboración propia).

PTAR 2: La planta de tratamiento se encuentra en estado de abandono, los elementos de la PTAR están afectados por deterioro ocasionado por las aguas pluviales, el ambiente y la falta de mantenimiento. El terreno en donde se ubica la PTAR se encuentra con arbustos y vegetación predominante de la región, la cerca perimetral está en mal estado. Actualmente la PTAR no recibe aportación de aguas residuales de la red de alcantarillado, la línea de descarga (emisor) de la red de alcantarillado pasa directo al cuerpo receptor sin ningún tipo de tratamiento.

Es necesario realizar una revisión técnica, económica y social; para determinar la elección de la tecnología apropiada para implementar el sistema de tratamiento; tomando en consideración que a la fecha se han hecho inversiones en dos plantas de tratamiento; las cuales actualmente no funcionan; considerando lo anterior lo más viable es la realización de un nuevo Proyecto de una PTAR con la capacidad de funcionamiento apropiada.



Imagen 5.10. Vista general de la PTAR
(Fuente: Elaboración propia).



Imagen 5.11. Vista general de la descarga (Fuente:
Elaboración propia).

- **Nazareno Etlá**

En general el estado actual de la planta de tratamiento es regular, ya que la estructura se encuentra sin operación desde hace más de 8 años, y requiere principalmente la sustitución de la red de tuberías. Dentro de los elementos que requieren mantenimiento correctivo, serían los humedales y el pretratamiento, ya que estos se encuentran inundados; el filtro percolar requiere ser vaciado y comprobar el funcionamiento de los elementos con los que cuenta. Para un mejor funcionamiento, requiere la construcción de una trampa de grasa o alargar el pretratamiento para evitar que a los tanques de sedimentación lleguen residuos sólidos y terminen azolvándose las tuberías.



Imagen 5.12. Vista general de la PTAR
(Fuente: elaboración propia).



Imagen 5.13. Vista general de la descarga
(Fuente: elaboración propia).

- **San Lorenzo Cacaotepec**

La PTAR fue construida en el año 2011, Se realizó la construcción de un nuevo biodigestor y se rehabilitó el existente; se realizará mantenimiento a los biodigestores cumpliendo los 8 meses de su último mantenimiento. Se encuentra en buenas condiciones en su conservación de obra civil, mecánica, eléctrica, tuvo su ultimo mantenimiento hace 8 meses, cuenta con la mayoría de las partes en el pre tratamiento, en los elementos de la PTAR y el tanque de sedimentación. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.14. Vista general de la PTAR
(Fuente: elaboración propia)



Imagen 5.15. Vista general de la PTAR
(Fuente: elaboración propia)

- **Santa María Atzompa (Fracc. Santa María)**

La planta de tratamiento se encuentra activa, debido a la falta de pretratamiento, el inadecuado funcionamiento de los tanques de sedimentación, se presentan formación de natas de grasas y sedimentos no retenidas, causando colmatación en el sustrato de los humedales. La descarga se realiza al arroyo Casahuatera que converge con el río Atoyac con un gasto de descarga de 1.5 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.16. Vista general de la PTAR
(fuente: elaboración propia).



Imagen 5.17. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **Santa María Atzompa (Fracc. Alfareros)**



Imagen 5.18. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.19. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

De esta planta no se obtuvo información debido a que no se localizó al comité encargado de su operación, el municipio no tiene injerencia en su operación y mantenimiento.

- **Santa María Atzompa (Fracc. Yahuiche)**



Imagen 5.20. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.21. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

De esta planta no se obtuvo información debido a que no se localizó al comité encargado de su operación, el municipio no tiene injerencia en su operación y mantenimiento.

- **San Pablo Etla (Fracc. La Esmeralda)**

Actualmente la obra civil de la PTAR se encuentra en estado de abandono, por lo cual los muros de los elementos se encuentran con mohos adheridos en sus paredes. Se presenta fisuras en paredes. El predio de ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra con vegetación y maleza abundante. Las tuberías existentes se encuentran afectadas por el ambiente y la exposición al sol. La descarga es mediante un tubo de PEAD de 90 cm de diámetro y se realiza directamente al Río Atoyac con un gasto de 4 lps con un nivel de contaminación muy alto. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.22. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.23. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

5.5.3.2. Zona Río Salado

En la Zona Río Salado se efectuó la visita a 10 plantas de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de conocer su situación a través de la evaluación y diagnóstico. El número de plantas existentes, así como su distribución se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.41. PTAR existentes en la Zona Río Salado (fuente: elaboración propia).

Municipio	PTAR'S existentes
Villa de Mitla	1
Reclusorio Femenil Tanivet	1
Tlacolula de Matamoros, Municipal	1
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Rancho Valle Lago	1
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Dainzu	1
San Juan Guelavia	1
Santa María el Tule, Municipal	1
Santa María el Tule, Fraccionamiento el Retiro	1
Tlalixtac de Cabrera	1
San Sebastián Tutla	1
Total	10

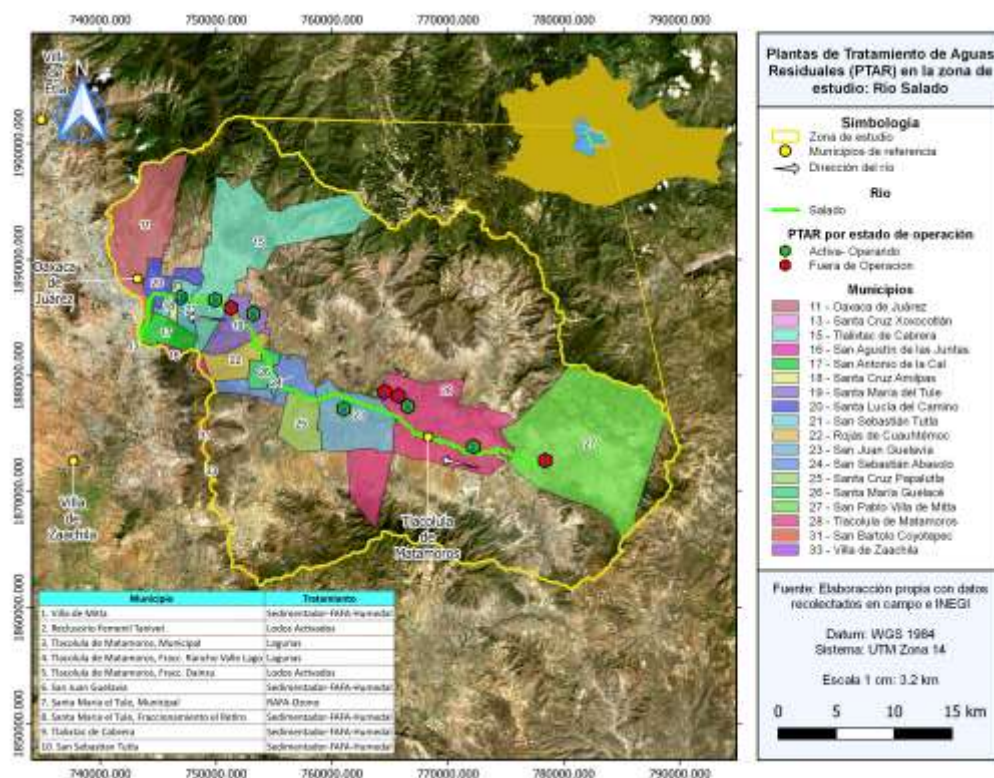
A partir del cuadro 5.4.1. se logra identificar que existen municipios que cuentan con más de una PTAR construida, tal es el caso de Tlacolula de Matamoros con tres PTAR, y los municipios de Santa María el Tule, con dos PTARs, pertenecientes al Distrito Centro. Lo anterior se debe a que son zonas con alto índice demográfico, así mismo, inmerso en su territorio se encuentran fraccionamientos, condominios, o zonas de confluencia demográfica tales como hospitales o sitios administrativos, los cuales requieren contar con el servicio de saneamiento de las aguas residuales. Las localizaciones de estas plantas de tratamiento de aguas residuales se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.4.2. Ubicación de las PTAR en la Zona Río Salado (fuente: elaboración propia).

Municipio	Coordenadas métricas (e, n) WGS84 UTM Z14 PTAR	
	X	Y
Villa de Mitla	778402.24 m E	1872693.94 m N
Reclusorio Femenil Tanivet	772196.00 m E	1873876.00 m N
Tlacolula de Matamoros, Municipal	766534.00 m E	1877359.00 m N
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Rancho Valle Lago	765732.00 m E	1878260.00 m N
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Dainzu	764542.00 m E	1878600.00 m N
San Juan Gelavía	761015.00 m E	1877140.00 m N
Santa María el Tule, Municipal	751280.00 m E	1885837.00 m N
Santa María el Tule, Fraccionamiento el Retiro	753223.00 m E	1885338.00 m N
Tlalixtac de Cabrera	749912.00 m E	1886534.00 m N
San Sebastián Tutla	746899.00 m E	1886751.00 m N

En la siguiente Figura se identifica la localización de las PTAR de tratamiento que fueron visitadas para determinar su estatus de actividad, así como las condiciones de las mismas.

Figura 5.16. Localización de las PTAR en la zona del Salado (fuente: elaboración propia).



En las visitas realizadas se identificó el estatus de la operación de las PTAR, así como su sistema de tratamiento predominante.

Cuadro 5.4.3. Estado de operación y puntos de descarga de la PTAR en la Zona Río Salado (fuente: elaboración propia).

Municipio	Tipo de Generador	Estado de Operación	Sistema o Proceso de Tratamiento
Villa de Mitla	Municipal	Inactiva	Sedimentador-FABA-Humedal
Reclusorio Femenil Tanivet	Privado	Activa	Lodos Activados
Tlaxolula de Matamoros, Municipal	Municipal	Activa	Lagunas
Tlaxolula de Matamoros, Fracc. Rancho Valle Lago	Fracc. Rancho Valle Lago	Inactiva	Lagunas
Tlaxolula de Matamoros, Fracc. Dainzu	Fracc. Dainzu	Inactiva	Lodos Activados
San Juan Guelavia	Municipal	Activa	Sedimentador-FABA-Humedal
Santa María el Tule, Municipal	Municipal	Inactiva	RAFA-Ozono
Santa María el Tule, Fraccionamiento el Retiro	Fraccionamiento el Retiro	Activa	Sedimentador-FABA-Humedal
Tlaxiaco de Cabrera	Municipal	Activa	Sedimentador-FABA-Humedal
San Sebastián Tutla	Municipal	Activa	Sedimentador-FABA-Humedal

De igual forma realizó tomas de muestra de agua residual para su posterior caracterización de los parámetros que establece la NOM-001- SEMARNAT-1996.

Cuadro 5.4.4. Resultados de análisis de la muestra de aguas residuales en la Zona Río Salado (fuente: elaboración propia).

MUNICIPIO	ESTADO DE OPERACIÓN	Caracterización del Agua Residual (NOM-001-SEMARNAT-1996)							
		pH	Cloro mg/l	Materia Flotante	Grasas y Aceites mg/l	Sólidos sedimentables ml/l	Sólidos Susp. Totales mg/l	DBO ₅ mg/l	Nitrógeno Total mg/l
Villa de Mitla	Inactiva	7.4	0	Ausente	11	0.3	1706	301	16
Reclusorio Femenil Tanivet	Activa								
Tlaxolula de Matamoros, Municipal	Activa	7	0	Ausente	8	4.2	1770	353	11

MUNICIPIO	ESTADO DE OPERACIÓN	Caracterización del Agua Residual (NOM-001-SEMATNAT-1996)							
		pH	Cloro mg/l	Materia Flotante	Grasas y Aceites mg/l	Sólidos sedimentables ml/l	Sólidos Susp. Totales mg/l	DBO ₅ mg/l	Nitrógeno Total mg/l
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Rancho Valle del Lago	Inactiva	7.2	0	Ausente	9.5	3.2	1738	327	12.3
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Dainzu	Inactiva	7.3	0	Ausente	7	2	1500	235	9
San Juan Guelavia	Activa	7.3	0	Ausente	5	1	365	126	6
Santa María el Tule, Municipal	Inactiva	6.8	0	Ausente	3	0.3	497	258	0.6
Santa María el Tule, Fracc. El Tule	Activa	7.4	0	Ausente	5	1	413	234	5
Tlaxiactac de Cabrera	Activa	7.7	0	Ausente	8	3.1	1526	382.0	12.2
San Sebastián Tutla	Activa	7.8	0	Ausente	5	0.2	950.0	241	5.9

De las 10 PTAR que existen en la Zona Río Salado existen cinco tipos de sistemas:

- 1) Sedimentador-FAFA-Humedal que representa 35.71%,
- 2) Lodos activados 14.29 %
- 3) Lagunas de estabilización 14.29 %;
- 4) RAFA-Ozono 7.14 %

En esta zona de estudio, prevalece el sistema formado por sedimentador-FAFA-humedal, cabe señalar que 4 de las 10 plantas visitadas se encuentran inactivas y descargando sus aguas residuales sin tratamiento alguno. Durante estas visitas guiadas y conforme a lo establecido por las autoridades municipales de Villa de Mitla, se identificó que esta planta contó con un proceso de rehabilitación para evitar estragos al medio ambiente ocasionado por falta de saneamiento de las aguas residuales. Del total de las PTARs el 40 % de las PTAR visitadas se encuentra actualmente Inactivas (Puede activarse la planta; pero por alguna circunstancia esta inactiva) y el 60 % se encuentra activas. Las PTAR que descargan de manera directa sus aguas residuales en el cauce Río Salado, las cuales se definen en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.45. Puntos de descarga de las PTAR en la Zona Río Salado.

Municipio	Punto de Descarga
Villa de Mitla	Puntual Río el Salado
Reclusorio Femenil Tanivet	Difusa Suelo
Tlacolula de Matamoros, Municipal	Difusa Suelo
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Rancho Valle Lago	Difusa Suelo
Tlacolula de Matamoros, Fracc. Dainzu	Difusa Suelo
San Juan Guelavia	Puntual a tributario
Santa María el Tule, Municipal	Puntual Río el Salado
Santa María el Tule, Fraccionamiento el Retiro	Puntual a tributario
Tlaxiactac de Cabrera	Puntual Río el Salado
San Sebastián Tutla	Puntual Río el Salado

Las PTAR que se encuentran ubicadas en la zona del Salado descargan sus aguas residuales con o sin tratamiento alguno a cauces que convergen en algún punto en el Río Salado y posteriormente llegan al Río Atoyac.

- **Villa de Mitla**

Los problemas principales que se presentan en la planta, es por el acarreo de sedimentos y grasa en todo el tren de tratamiento, por eso se encuentran implementado mejoras en maximizar la longitud de los canales sedimentadores, así como la trampa de grasas, con la ubicación de las rejillas. Además, se debe dar limpieza general a la planta, realizar correcciones las tuberías de los registros y cárcamos de distribución para estar en un mismo nivel. La línea de descarga de la PTAR llega al Río Salado mediante un tubo de PVC de 18" de diámetro, con un gasto continuo de 3.2 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.24. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.25. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **Tlacolula de Matamoros (Reclusorio Femenil de Tanivet)**



Imagen 5.26. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.27. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

De esta planta no se obtuvo información debido a que no se permitió el acceso para su evaluación. municipio no tiene injerencia en su operación y mantenimiento.

- **Tlacolula de Matamoros (Municipal)**

La PTAR tiene problemas con el arrastre de sedimentos (materia orgánica, arenas y lodos) en todo el tren de tratamiento. El funcionamiento del pretratamiento es ineficiente, los registros se encuentran en mal estado, las lagunas presentan sobrecarga de sedimentos, y un fuerte problema con las grasas; además de depósitos de restos vegetales por acción del viento, causa obstrucción de tuberías en el tren de tratamiento. Falta de mantenimiento en todos los elementos, y del mantenimiento periódico de las lagunas y tanque de clorado. Además de la mala dosificación de cloro. La línea de descarga de la PTAR llega a un arroyo que converge con el Río Salado mediante un tubo de PVC de 15" de diámetro, con un gasto promedio continuo de 4.7 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 5.28. Vista general de la PTAR
(fuente: elaboración propia).



Imagen 5.29. Vista general de la descarga (fuente:
elaboración propia).

- **Tlacolula de Matamoros (Fracc. Rancho Valle de Lago)**

Las lagunas de estabilización están deshabilitadas por una acumulación excesiva de sedimentos y el afluente pasa directamente a la descarga hacia el canal de desagüe de la zona.



Imagen 5.30. Vista general de la PTAR
(fuente: elaboración propia).



Imagen 5.31. Vista general de la descarga (fuente:
elaboración propia).

- **Tlacolula de Matamoros (Fracc. Dainzu)**

La PTAR está fuera de operación y el gasto pasa directamente hacia la descarga por la parte de atrás de la PTAR.



Imagen 5.32. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.33. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

De esta PTAR no se obtuvo información debido a que no se localizó al comité del fraccionamiento encargado de su operación y mantenimiento. El Municipio no tiene injerencia en su operación y mantenimiento

- **San Juan Guelavia**

Buscan la guía de una dependencia que tenga conocimiento del tema para mejorar el funcionamiento de la planta. Los filtros se tapan y desconocen el mantenimiento necesario para evitar estos casos y mejorar su funcionamiento.

El funcionamiento es por gravedad. Tres válvulas se encuentran fuera de servicio y requieren mantenimiento. Los pantanos no funcionan adecuadamente y se llegan a tapan, mide 15 x 20 metros. Los muros del lecho de secado de lodos tienen grietas. A esta planta llegan las descargas de las tres secciones 1ra, 2da y 3ra. Las obras de excedencias se encuentran fuera de los límites de la planta. Se mide afluente con un gasto de 1.5 lps.



Imagen 5.34. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.35. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **Santa María el Tule**

Todos los elementos la planta de tratamiento se encuentran nuevos, no se ha realizado el arranque de la PTAR ni se encuentra en operación debido a que; el gasto del afluente según el comité encargado de la planta es de 13 lps aprox. Y la PTAR fue construida con un gasto de diseño de 6 l/s, por lo cual consideran que es insuficiente para el gasto que general la población; por lo cual se encuentran en un procedimiento legal con la empresa constructora. El sistema de tratamiento está integrado por un tratamiento primario el cual consiste en un tanque sedimentador, un tratamiento secundario el cual consiste en un reactor anaerobio de flujo ascendente, un filtro percolador, tanque de sedimentador secundario y un tanque de ozonificación, además de un tercer tanque de sedimentación y almacenamiento. La descarga del sistema de alcantarillado es directa del último pozo de visita al río Salado sin ningún tratamiento, con una descarga continua de 7.0 lps., La PTAR existente desde un punto de vista técnico es posible rehabilitarla y ampliarla.



Imagen 5.36. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.37. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **Tlaxiactac de Cabrera**



Imagen 5.38. Vista general de la PTAR
(fuente: elaboración propia).



Imagen 5.39. Vista general de la descarga
(fuente: elaboración propia).

Actualmente la PTAR está funcionando correctamente a pesar de que el pretratamiento no cuenta con las características adecuadas, esto se debe a que del gasto total que aporta el sistema de alcantarillado, solo el 30% entra a la planta para su tratamiento, el 70% se desvía con la obra de excedencias hacia el cuerpo receptor sin ningún tratamiento. Si la PTAR recibiera todo el gasto la calidad del tratamiento disminuiría debido a que el pretratamiento no tiene las características geométricas adecuadas para eliminar y sedimentar los sólidos que se presentan en el agua residual. Se requiere mantenimiento y limpieza general de la PTAR ya que sus elementos presentan algas y mohos adheridos en sus paredes, en cuanto al pretratamiento este requiere la reparación de las compuertas reguladoras de flujo y las rejillas de cribado, además de incrementar la longitud de los canales de sedimentación. La línea de descarga de la PTAR llega al Río Salado mediante un tubo de asbesto de 30 cm de diámetro, con un gasto promedio continuo de 13.0 lps. La PTAR existente desde un punto de vista técnico funciona adecuadamente pudiendo aumentar su eficiencia.

- **San Sebastián Tutla**

La PTAR se encuentra en condiciones regulares de operación, el estado de conservación de obra civil y eléctrico se encuentran en malas condiciones, los registros aun cumplen su función, pero debido a la falta de mantenimiento se tienen registros azolvados, y con presencia de corrosión en sus elementos de acero. En cuanto al pretratamiento se presenta grietas en los muros, de los canales de sedimentación y en la losa del piso del nivel de mantenimiento. En tanque de sedimentación no funcionan debido a que, al no haber una remoción de grasas y aceites, se forma una capa muy gruesa de estos componentes; además, se encuentran residuos sólidos, arenas, sólidos sedimentables y suspendidos en exceso que no son removidos en el pretratamiento. Las tuberías arrastran consigo sedimentos, grasas, nitrógenos y materia flotante no removida en los procesos anteriores, no cuenta con válvulas para su control. En el lecho de secado de lodos debido a la falta de mantenimiento, existe presencia de vegetación, lo que deteriora la estructura y los tiempos de permanencia del lodo son muy prolongados generando una acumulación excedente. Los humedales se encuentran funcionando de manera regular. La línea de descarga de la PTAR llega al Río Salado mediante un tubo de PVC de 4" de diámetro, con un gasto promedio continuo de 7.0 lps. En general la planta de tratamiento de San Sebastián Tutla se encuentra trabajando de forma regular. La PTAR existente desde un punto de vista técnico funciona adecuadamente pudiendo aumentar su eficiencia.



Imagen 5.40. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 5.41. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

5.5.3.3. Zona Bajo Atoyac

En la Zona Bajo Atoyac se visitaron 14 plantas de tratamiento de aguas residuales existentes en la zona de estudio, para efectuar un diagnóstico integral considerando el número de PTAR existentes, la ubicación de estas se presenta en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.46. PTAR existentes en la Zona Bajo Atoyac (fuente: elaboración propia).

Municipio	PTAR'S existentes
San Agustín de las Juntas	1
La Raya-CEA, Intermunicipal	1
Santa María Coyotepec	1
San Bartolo Coyotepec	1
Villa de Zaachila, Sn. Pedro la Reforma	1
Villa de Zaachila, Emiliano Zapata	1
Reyes Mantecón, Agencia Municipal	1
Total	7

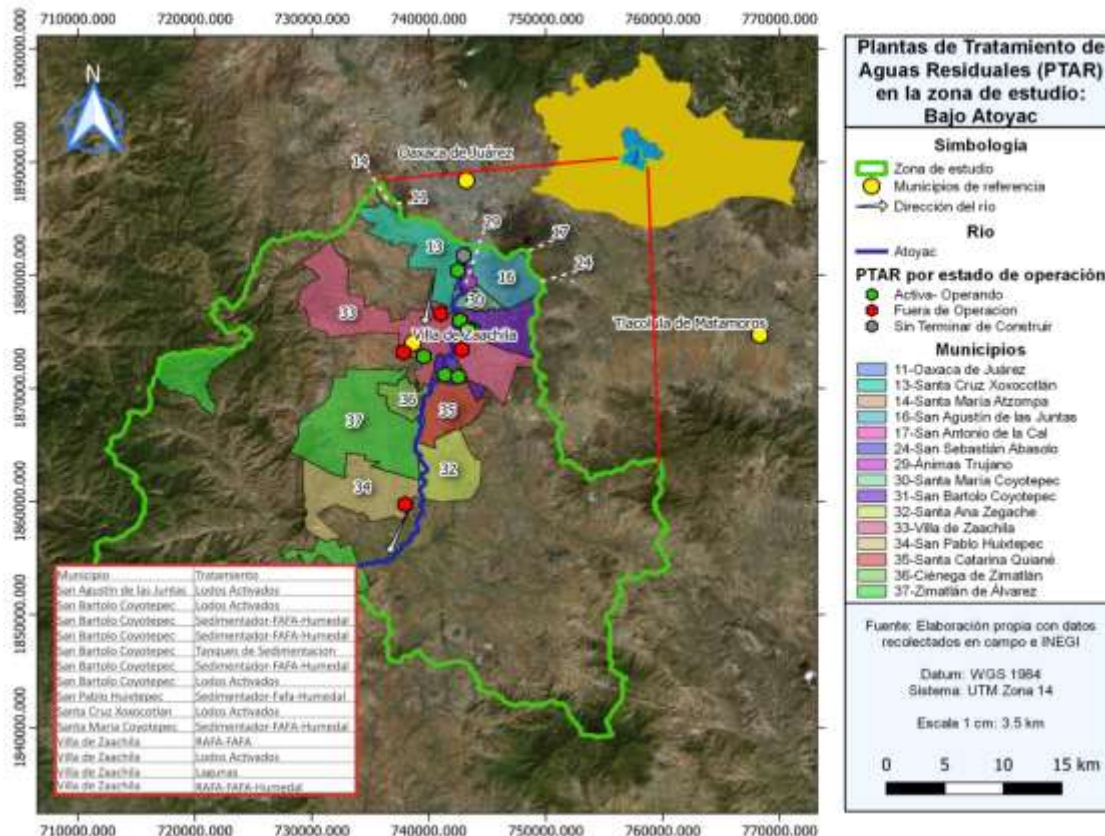
En la Zona Bajo Atoyac existen municipios que cuentan con más de una PTAR construida, San Bartolo Coyotepec, perteneciente al Distrito del Centro cuenta con seis PTAR construidas, así mismo Villa de Zaachila perteneciente al Distrito de Zaachila cuenta con cuatro construcciones destinadas para el tratamiento de las aguas residuales que genera. Lo anterior se debe a que en esta zona existen sitios con aglomeración temporal de personas, tales como fraccionamientos, condominios, hospitales u oficinas administrativas que por el número de personas requieren de contar con este servicio de saneamiento. Las localizaciones de estas plantas de tratamiento de aguas residuales se presentan en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.47. Coordenadas métricas de las PTAR en la Zona Bajo Atoyac.

Municipio	Coordenadas métricas (E, N) WGS84 UTM Z14 PTAR	
	X	Y
San Agustín de las Juntas	742968.00 m E	1881737.00 m N
La Raya-CEA, Intermunicipal	742483.00 m E	1880401.00 m N
Santa María Coyotepec	743876.00 m E	1877888.00 m N
San Bartolo Coyotepec	742668.53 m E	1875989.00 m N
Villa de Zaachila, Sn. Pedro la Reforma	741004.00 m E	1876590.00 m N
Villa de Zaachila, Emiliano Zapata	742803.00 m E	1873422.00 m N
Reyes Mantecón, Agencia Municipal	741375.00 m E	1871202.00 m N

En la siguiente Figura se identifica la localización de las Plantas de tratamiento que fueron visitadas para determinar el estatus de actividad, así como las condiciones de las mismas.

Figura 5.17. Localización de las PTAR en la zona de Bajo Atoyac (fuente: elaboración propia).



En las visitas realizadas se identificó el estatus de la operación de las PTAR, así como su sistema de tratamiento como se indica en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.48. Estado de operación y puntos de descarga de la PTAR en la Zona Bajo Atoyac (fuente: elaboración propia).

Municipio	Tipo de generador	Estado de operación	Sistema o proceso de tratamiento
San Agustín de las Juntas	Municipal	Sin concluir	Lodos Activados
La Raya-CEA,	Intermunicipal	Activa	Lodos Activados
Santa María Coyotepec	Municipal	Activa	Sedimentador-FAFA-Humedal
San Bartolo Coyotepec	Municipal	Activa	Sedimentador-FAFA-Humedal
Villa de Zaachila, Sn. Pedro la Reforma	Agencia Municipal	Inactiva	RAFA-Humedal
Villa de Zaachila, Emiliano Zapata	Agencia Municipal	Inactiva	RAFA-FAFA
Reyes Mantecón, Agencia Municipal	Agencia Municipal	Activa	Lodos Activados

De igual forma realizó tomas de muestra de agua residual para su posterior caracterización de los parámetros que establece la NOM-001- SEMARNAT-1996.

Cuadro 5.49. Resultados de análisis de la muestra de aguas residuales en la Zona Bajo Atoyac (fuente: elaboración propia).

Municipio	Estado de operación	Caracterización del Agua Residual (NOM-001-SEMATNAT-1996)							
		pH	Cloro mg/l	Materia Flotante	Grasas y Aceites ml/l	Sólidos sedimentables mg/l	Sólidos Susp. Totales mg/l	DBO ₅ mg/l	Nitrógeno Total mg/l
San Agustín de las Juntas	Sin concluir	6.5	0	Ausente	11	3.1	67285	417	10.22
La Raya-CEA,	Activa	7.5	0	Ausente	2	0.1	1452	224	0.98
Santa María Coyotepec	Activa	7.4	0	Ausente	4	2	636	241	0.24
San Bartolo Coyotepec	Activa	7.6	0	Ausente	7	0.1	1630	367	8.13
Villa de Zaachila, Sn. Pedro la Reforma	Inactiva	7.4	0	Ausente	4	1	1204	236	9
Villa de Zaachila, Emiliano Zapata	Inactiva	7.3	0	Ausente	4	1.3	1148	223	8
Reyes Mantecón, Agencia Municipal	Activa	7.8	0	Ausente	2	0.1	1059	105	9.97

De las 7 PTAR que existen en la Zona Bajo Atoyac existen cuatro sistemas identificados:

- 1) Lodos activados, 42.86 %
- 2) Sedimentador-FAFA-Humedal, 28.57 %
- 3) RAFA-FAFA, 14.29 %
- 4) RAFA-Humedal 14.29 %

En esta zona prevalecen dos sistemas: a) 1. lodos activados y Sedimentador-FAFA-Humedal, debido a que existen zonas en las que se requiere de un sistema compacto y eficiente, para el caso del segundo sistema se cuentan con extensiones de terrenos para la construcción de este tipo de PTAR. Es importante señalar que 3 de las 7 plantas visitadas se encuentran inactivas y descargando sus aguas residuales sin tratamiento alguno a sitios en los cuales impacta de manera adversas al ambiente. Durante estas visitas guiadas y conforme a lo establecido por las autoridades municipales en el municipio de San Agustín de las Juntas no se ha culminado la construcción de la PTAR de la localidad. El 28.57 % de las PTAR visitadas se encuentra actualmente Inactivas y el 57.14% se encuentra activas. Las PTAR que descargan de manera directa sus aguas residuales en el cauce río Atoyac, las cuales se indica en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.50. Puntos de descarga de las PTAR en la Zona Bajo Atoyac.

Municipio	Punto de descarga
San Agustín de las Juntas	Puntual Río Atoyac
La Raya-CEA,	Puntual Río Atoyac
Santa María Coyotepec	Puntual Río Atoyac
San Bartolo Coyotepec	Puntual Río Atoyac
Villa de Zaachila, Sn. Pedro la Reforma	Puntual Río Atoyac
Villa de Zaachila, Emiliano Zapata	Puntual Río Tributario
Reyes Mantecón, Agencia Municipal	Canal Río Tributario

Las PTAR que se encuentran ubicadas en la Zona Bajo Atoyac descargan sus aguas residuales con o sin tratamiento alguno a cauces que convergen en algún punto en el río Atoyac o a este de forma directa.

- **San Agustín de las Juntas**

Actualmente la planta de tratamiento se encuentra en buen estado físico, pero sin operar, se construyó en el año 2010, hasta la fecha no ha entrado en operación. Los muros y elementos de la planta de la PTAR están en buenas condiciones para su funcionamiento. Es necesario realizar una revisión técnica, económica y social; para determinar la elección de la tecnología apropiada para implementar el sistema de tratamiento; tomando en consideración la infraestructura existente. Actualmente en el margen izquierdo del Rio Atoyac conforme al escurrimiento existen 7 descargas directas al rio Atoyac que corresponden a la Red de Alcantarillado Sanitario del municipio con gasto promedio de descarga de 2 lps., ante esta situación es indispensable la rehabilitación de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Imagen 6.3.1. Vista general de la PTAR
(fuente: elaboración propia).



Imagen 6.3.2. Vista general de la descarga
(fuente: elaboración propia).

- **La Raya; PTAR intermunicipal (CEA)**

La planta de tratamiento de aguas residuales está diseñada para trabajar con gasto de 600 lps, sin embargo, debido a la falta de aportación está operando en con gasto de \pm 100 lps, esto ocasiona que la PTAR en este momento se encuentre sobre diseñada, provocando que dos sus reactores aerobios estén deshabilitados, el segundo por cuestiones de mantenimiento y el tercero definitivamente por la falta de gasto de operación. La problemática principal que tiene la PTAR recae el en exceso de grasas y altas concentraciones de nitrógenos, carga orgánica y rastro proveniente de mataderos, esto desestabiliza el sistema de tratamiento provocando deficiencia de este y costos elevados de operación. Para lograr estabilizar el sistema se tiene que retener la aportación de aguas en el cárcamo de bombeo, generando problemas a los elementos de este.

El tiempo de estabilización del sistema de tratamiento se demora un aproximado de 2 horas. También se tienen problemas en el tanque aireador del reactor en operación, debido a la falta de mantenimiento, los difusores se encuentran obstruidos probablemente por lodos sedimentados, esto se refleja en el burbujeo el cual no es uniforme provocando zonas anóxicas (zona de lodos muertos). Los gastos de operación de la PTAR se estiman en 1,200,000.00 pesos mensuales, esto debido a que los gastos de energía eléctrica son de 600 mil en la PTAR y 80 mil en el cárcamo de bombeo. La descarga se realiza en el Rio Atoyac en un tubo de concreto de 1.50 cm de diámetro.



Imagen 6.3.3. Vista general de la PTAR
(fuente: elaboración propia).



Imagen 6.3.4. Vista general de la descarga
(fuente: elaboración propia).

- **Santa María Coyotepec**

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un funcionamiento aceptable, pero requiere mantenimiento, ya que no lo ha recibido desde su construcción. El pretratamiento requiere ampliación para detener adecuadamente los residuos sólidos y estos no lleguen al tratamiento primario y secundario, la línea de tubería de la descarga de la PTAR llega al río Atoyac mediante un tubo de PEAD de 32", con un gasto continuo de 4.00 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 6.3.5. Vista general de la PTAR
(fuente: elaboración propia).



Imagen 6.3.6. Vista general de la descarga (fuente:
elaboración propia).

- **San Bartolo Coyotepec**

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un funcionamiento aceptable, pero requiere mantenimiento y ampliación ya que fue diseñada para 3000 habitantes y actualmente opera para 6000 habitantes rebasando el gasto de diseño. La línea de tubería de la descarga de la PTAR llega al río Atoyac mediante un tubo de asbesto de 60 cm de diámetro, con un gasto continuo de 3.50 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 6.3.7. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 6.3.8. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **San Bartolo Coyotepec (Agencia de Reyes Mantecón)**

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un funcionamiento aceptable, pero requiere mantenimiento, el principal problema de la PTAR es el pretratamiento, el gasto sobrepasa las dimensiones, además de que las rejillas instaladas no remueven los sólidos del afluente, generando el arrastre de sedimentos y demás partículas en todo el tren de tratamiento. El reactor aerobio presenta problemas con la aireación que no es uniforme y genera cortocircuito, haciendo que un porcentaje del afluente pase directamente al sedimentador. Las aguas tratadas presentan un fuerte problema de espumas, grasas y presencia de algas, por la baja remoción de nutrientes de fosfatos y nitratos. La línea de tubería de la descarga de la PTAR llega al río Atoyac mediante un tubo de PVC de 4" de diámetro, con un gasto continuo de 6.00 lps y presenta problemas con alta presencia de espuma blanca producto de los residuos de los detergentes. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 6.3.9. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 6.3.10. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **Villa de Zaachila (Agencia de San Pedro)**

El mantenimiento correctivo que se realizó a la planta puede llegar a presentar problemas en el arranque, ya que la tubería de la entrada al pretratamiento y de la línea de excedencias están al mismo nivel. La tubería de excedencia presenta un marco para una compuerta, pero si esta no tiene un empaque que genere el sellado se generan fugas del gasto hacia esta línea. Se debe de clausurar correctamente la línea de excedencia original ya que presenta agua estancada que necesita ser removida para no favorecer la crianza de vectores (mosquitos). Hace falta implementar una trampa de grasa para evitar problemas en los reactores. Además de realizar una buena distribución de la grava y remoción de sólidos de los humedales, así como llevar a cabo el sembrado de plantas, además de una limpieza general a la planta.



Imagen 6.3.11. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 6.3.12. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **Villa de Zaachila (Agencia de Emiliano Zapata)**

La PTAR de la colonia Emiliano Zapata se encuentra sin funcionar y requiere de una limpieza general de toda la planta, así como el cambio de tuberías que se encuentran expuestas al sol ya que presentan pérdida de resistencia y rupturas, y requiere del correcto equipamiento de dosificador de cloro. Se recomienda hacer mejoras en el pretratamiento (extender la longitud de los canales sedimentadores), así como la correcta ubicación de rejillas y compuertas que regulen la velocidad del flujo con la finalidad de que los sólidos se sedimenten y no genere un arrastre al tren de tratamiento, generando una sobrecarga y deficiencias en todo el proceso. Se recomienda implementar una trampa de grasas para evitar problemas en los reactores y en la calidad del efluente final. Es necesario capacitar al personal encargado de la PTAR para su correcta operación, edificación de problema y su mantenimiento; así como la correcta disposición de los lodos removidos. La línea de descarga de la PTAR llega al Río Atoyac mediante un tubo de PVC de 10" de diámetro, con un gasto continuo de 2.95 lps. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 6.3.13. Vista general de la PTAR (fuente: elaboración propia).



Imagen 6.3.14. Vista general de la descarga (fuente: elaboración propia).

- **San Bartolo Coyotepec (Agencia de Reyes Mantecón)**

La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un funcionamiento aceptable, pero requiere mantenimiento, el principal problema de la PTAR es el pretratamiento, el gasto sobrepasa las dimensiones, además de que las rejillas instaladas no remueven los sólidos del afluente, generando el arrastre de sedimentos y demás partículas en todo el tren de tratamiento. El reactor aerobio presenta problemas con la aireación que no es uniforme y genera cortocircuito, haciendo que un porcentaje del afluente pase directamente al sedimentador. Las aguas tratadas presentan un fuerte problema de espumas, grasas y presencia de algas, por la baja remoción de nutrientes de fosfatos y nitratos. La línea de tubería de la descarga de la PTAR llega al río Atoyac mediante un tubo de PVC de 4" de diámetro, con un gasto continuo de 6.00 lps y presenta problemas con alta presencia de espuma blanca producto de los residuos de los detergentes. La PTAR desde el punto de vista técnico requiere ser rehabilitada en sus elementos del tren de tratamiento para su mejor funcionamiento.



Imagen 6.3.15. Vista general de la PTAR.



Imagen 6.3.16. Vista general de la descarga.

5.5.3.4. Conclusiones

Considerando las características, las ventajas y desventajas de los sistemas centralizados y los sistemas descentralizados, analizados en el punto No. 1 y la información del siguiente cuadro basado en las zonas de estudio, se recomienda identificar y elegir **UN SISTEMA DESCENTRALIZADO** para la elaboración de la Ingeniería básica de la acción prioritaria de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

Cuadro 5.51. Ventajas y desventajas de las tecnologías centralizadas y descentralizadas.
(Agua tuya, 2012, Servín et al, 2004 y CODESAB, 2011).

Crterios	Sistema centralizado	Sistema descentralizado
Manejo de aguas Residuales		
Sistema de recolección y conducción.	Recorre grandes distancias Colectores de gran diámetro Riesgo de impacto a red por problemas o averías de conducción. Costos de inversión y conducción altos.	Redes cortas. Menor diámetros Reduce costo total de redes. Diseñado para sectores de la ciudad con problemas locales, son afectar la operación de otras PTAR.
Bombeo	Gastos mayores, Mayor requerimiento de energía.	Distancia de traslado de Aguas Residuales y bombeo menor.

Cuadro 5.52. Ventajas y desventajas de las tecnologías centralizadas y descentralizados de las PTAR en las zonas de estudio (fuente: elaboración propia).

Zona de Estudio	Sistema centralizado	Sistema descentralizado
Manejo de aguas Residuales		
Alto Atoyac	Se necesitaría un colector-emisor general de al menos 41.7 km ; toda la infraestructura nueva de red de atarjeas, colectores y emisores particulares en al menos 15 municipios prioritarios.	Ya se cuenta con infraestructura de red de atarjeas, colectores y emisores. Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 15 municipios.
Bajo Atoyac	Se necesitaría un colector-emisor general de al menos 44.6 km ; toda la infraestructura nueva de red de atarjeas, colectores y emisores particulares en al menos 11 municipios prioritarios. Ya se cuenta con una PTAR centralizada con un gasto de diseño de 600 lps subutilizado, operando con un gasto promedio de ± 100 lps, debido principalmente a problemas en el colector-emisor general.	Ya se cuenta con infraestructura de red de atarjeas, colectores y emisores. Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 11 municipios.
Río Salado	Se necesitaría un colector-emisor general de al menos 44.6 km ; toda la infraestructura nueva de red de atarjeas, colectores y emisores particulares en al menos 12 municipios prioritarios.	Ya se cuenta con infraestructura de red de atarjeas, colectores y emisores. Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 12 municipios
Crterios	Sistema centralizado	Sistema descentralizado
Tratamiento de las aguas Residuales		
Alto Atoyac	No se cuenta con los recursos económicos para la construcción, operación y mantenimiento de una PTAR centralizada, cualquiera que fuese su tecnología de tratamiento; por razones de topografía no se cuenta con grandes extensiones de terreno en un solo lugar.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 11 municipios; 14 PTARS
Bajo Atoyac	No se cuenta con los recursos económicos para la construcción, operación y mantenimiento de una PTAR centralizada, cualquiera que fuese su tecnología de tratamiento; por razones de topografía no se cuenta con grandes extensiones de terreno en un solo lugar.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 11 municipios; 7 PTAR Ya se cuenta con una PTAR centralizada con un gasto de diseño de 600 lps subutilizada, operando con un gasto promedio de ± 100 lps, debido principalmente a problemas en el colector-emisor general.
Río Salado	No se cuenta con los recursos económicos para la construcción, operación y mantenimiento de una PTAR centralizada, cualquiera que fuese su tecnología de tratamiento; por razones de topografía no se cuenta con grandes extensiones de terreno en un solo lugar.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 11 municipios; 10 PTARS

Sociales y Ambientales		
Alto Atoyac	El problema de la contaminación se trasladaría a un sitio distante del origen, así como la posible reutilización del recurso hídrico con lo cual los usuarios no perciben los impactos o beneficios ambientales.	La responsabilidad sobre el agua y los impactos ambientales, así como los beneficios ambientales son evidentes en al menos 15 municipios.
Bajo Atoyac	El problema de la contaminación se trasladaría a un sitio distante del origen, así como la posible reutilización del recurso hídrico con lo cual los usuarios no perciben los impactos o beneficios ambientales.	La responsabilidad sobre el agua y los impactos ambientales, así como los beneficios ambientales son evidentes en al menos 11 municipios.
Río Salado	El problema de la contaminación se trasladaría a un sitio distante del origen, así como la posible reutilización del recurso hídrico con lo cual los usuarios no perciben los impactos o beneficios ambientales.	La responsabilidad sobre el agua y los impactos ambientales, así como los beneficios ambientales son evidentes en al menos 12 municipios.
Económicos		
Alto Atoyac	Requiere grandes cantidades de inversión inicial, en el caso de expansión por la conexión de otros municipios no contemplados en la zona de estudio requiere una mayor inversión, así como el requerimiento de un sistema administrativo mayor.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 11 municipios; 14 PTARS , por lo cual la inversión inicial y de ampliación, así como la inversión para la operación y mantenimiento es menor.
Bajo Atoyac	Requiere grandes cantidades de inversión inicial, en el caso de expansión por la conexión de otros municipios no contemplados en la zona de estudio requiere una mayor inversión, así como el requerimiento de un sistema administrativo mayor.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 11 municipios; 7 PTARS , por lo cual la inversión inicial y de ampliación, así como la inversión para la operación y mantenimiento es menor.
Río Salado	Requiere grandes cantidades de inversión inicial, en el caso de expansión por la conexión de otros municipios no contemplados en la zona de estudio requiere una mayor inversión, así como el requerimiento de un sistema administrativo mayor.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, Solo se necesita inversión en rehabilitación en al menos 11 municipios; 10 PTARS , por lo cual la inversión inicial y de ampliación, así como la inversión para la operación y mantenimiento es menor.
Impacto Social y Ambiental		
Alto Atoyac	Se prevé una resistencia social en la obtención del terreno superficial para construcción de la PTAR, así como en el proceso de construcción; al manejar elementos químicos se requiere mayores medidas de seguridad para el bienestar de la población.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, por lo que la resistencia social solo se podría presentar durante la operación de la PTAR. Para lo cual es necesario tomar las medidas necesarias
Bajo Atoyac	Se prevé una resistencia social en la obtención del terreno superficial para construcción de la PTAR, así como en el proceso de construcción; al manejar elementos químicos se requiere mayores medidas de seguridad para el bienestar de la población.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, por lo que la resistencia social solo se podría presentar durante la operación de la PTAR. Para lo cual es necesario tomar las medidas necesarias
Río Salado	Se prevé una resistencia social en la obtención del terreno superficial para construcción de la PTAR, así como en el proceso de construcción; al manejar elementos químicos se requiere mayores medidas de seguridad para el bienestar de la población.	Ya se cuenta con infraestructura descentralizada, con espacios ya delimitados y reconocidos, por lo que la resistencia social solo se podría presentar durante la operación de la PTAR. Para lo cual es necesario tomar las medidas necesarias

Para identificar el sitio específico y/o la PTAR para la elaboración de la Ingeniería básica de la acción prioritaria de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales. Se tomó en cuenta el diagnóstico de la infraestructura existente.

De la información solicitada a la CONAGUA Organismo de Cuenca Pacífico Sur, referente a resultados de laboratorio de las descargas del año 2020 y 2021 de los 38 municipios, se recibieron 5, entre ellos el de San Lorenzo Cacaotepec, Comisión Estatal del Agua, San Bartolo Coyotepec, Villa de Zaachila y Tlacolula de Matamoros.

Se diagnosticaron 38 municipios, donde se encontraron 27 PTARs, prioritarias en la afectación por contaminación de aguas residuales al cauce del río Atoyac y Saldo, cuadro siguiente.

Cuadro 5.53. PTAR prioritarias identificadas por zona de estudio (Fuente: elaboración propia).

Sitio	Número de plantas
Alto Atoyac	11
Bajo Atoyac	9
Río Salado	7
Total de PTAR	27

En el documento anexo a este diagnóstico se presenta las propuestas para la priorización de la intervención indicando las actividades para el mejoramiento, en donde se exponen los parámetros obtenidos de los resultados de calidad del agua residual de cada PTAR priorizada. Del resultado de esta priorización, se determinaron las siguiente ptar para su inmediata intervención:

Cuadro 5.54. Alternativas de priorización de en las tres zonas de estudio.

Zona de estudio	PTAR
Alto Atoyac	Villa de Etla
Bajo Atoyac	Santa María Coyotepec
Río Salado	San Sebastián Tutla

5.5.4. Residuos Sólidos Urbanos

Un manejo adecuado de los residuos sólidos incluye desde su recolección hasta su disposición final bajo condiciones sanitarias que impidan o limiten las enfermedades y/o daños a la población o a una parte de ésta, en América Latina y el Caribe (ALC) cerca del 50% de los residuos se disponen de manera inadecuada (Rosario, 2016).

La mayoría de los municipios establecidos dentro de la microcuenca Atoyac-Salado, no se apega a la normatividad mexicana en el manejo y administración de los residuos sólidos urbanos, donde la disposición final de la “basura” se efectúa, en gran parte, en tiraderos a cielo abierto que no cuentan con infraestructura y métodos que permitan prevenir la contaminación del aire, suelo y agua.

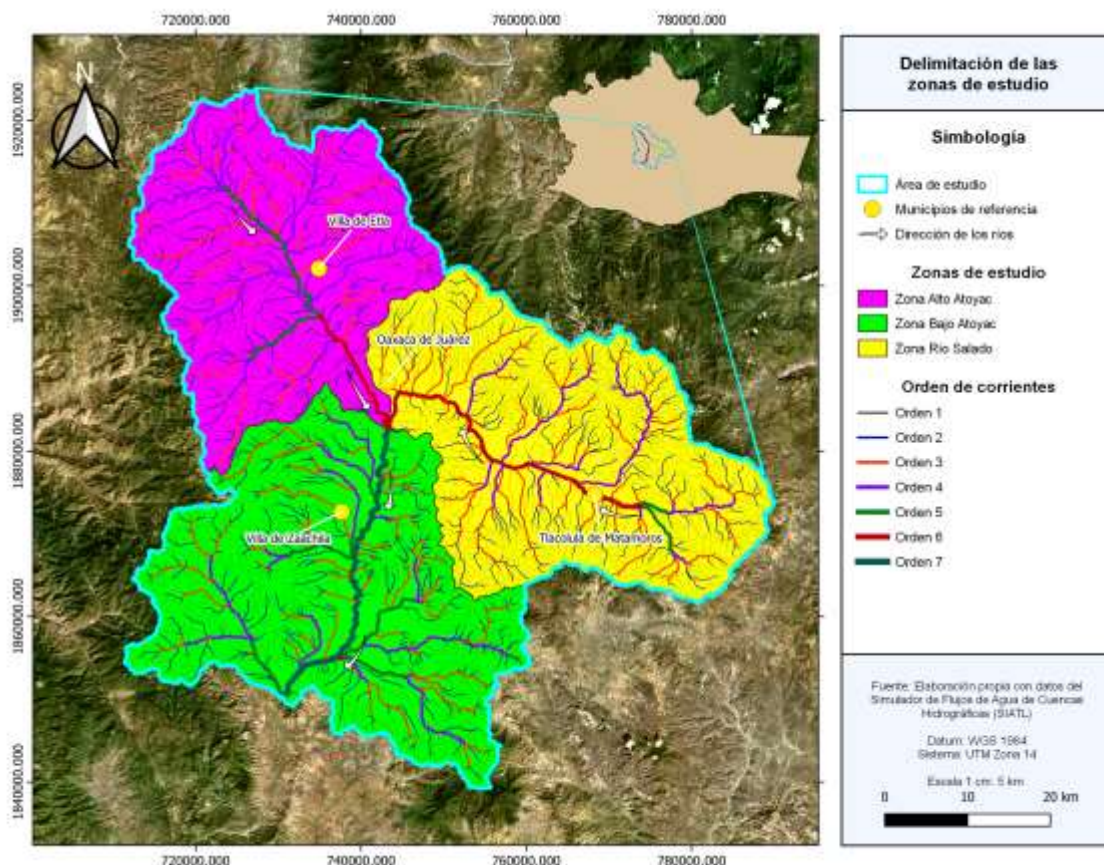
Las principales causas son la falta de compromiso de los ayuntamientos, del personal capacitado y de los recursos económicos, además de los grandes volúmenes generados.

Las administraciones municipales carecen de programas encaminados a la reducción, reutilización, y reciclaje de los residuos sólidos urbanos.

De los 38 municipios contemplados en el estudio, sólo cinco cuentan con un sitio de disposición final tipo relleno sanitario, de éstos cuatro están operando de acuerdo con las NOM-SEMARNAT-083.

Hay 15 municipios que no cuentan con un Sitio de Disposición final (SDF), llevando sus residuos al SDF ubicado en el municipio de Villa de Zaachila, hay otros municipios que contaban con un relleno sanitario que no está operando adecuadamente, hay 8 municipios que cuentan con un programa de gestión y prevención de residuos, que implica una separación desde la fuente de sus residuos, disminuyendo así la contaminación y la cantidad de basura.

Figura 5.18. Delimitación del área y zonas de estudio.



Se realizaron acercamientos con las Autoridades municipales de los 38 municipios implicados en el área de estudio, para dar a conocer el objetivo de la elaboración del proyecto de plan integral para el saneamiento del río Atoyac y Salado, y poder establecer un enlace para la recopilación de la información para el rubro de residuos sólidos urbanos; en la segunda visita se realizó el levantamiento de información, mediante encuestas y el llenado de tres fichas de inspección:

1. Programa de gestión integral de manejo de residuos sólidos urbanos.
2. Sitio de disposición final.
3. Sitio de disposición final de acuerdo con la NOM-SEMARNAT-083.

Se anexan Fichas de inspección de cada municipio.

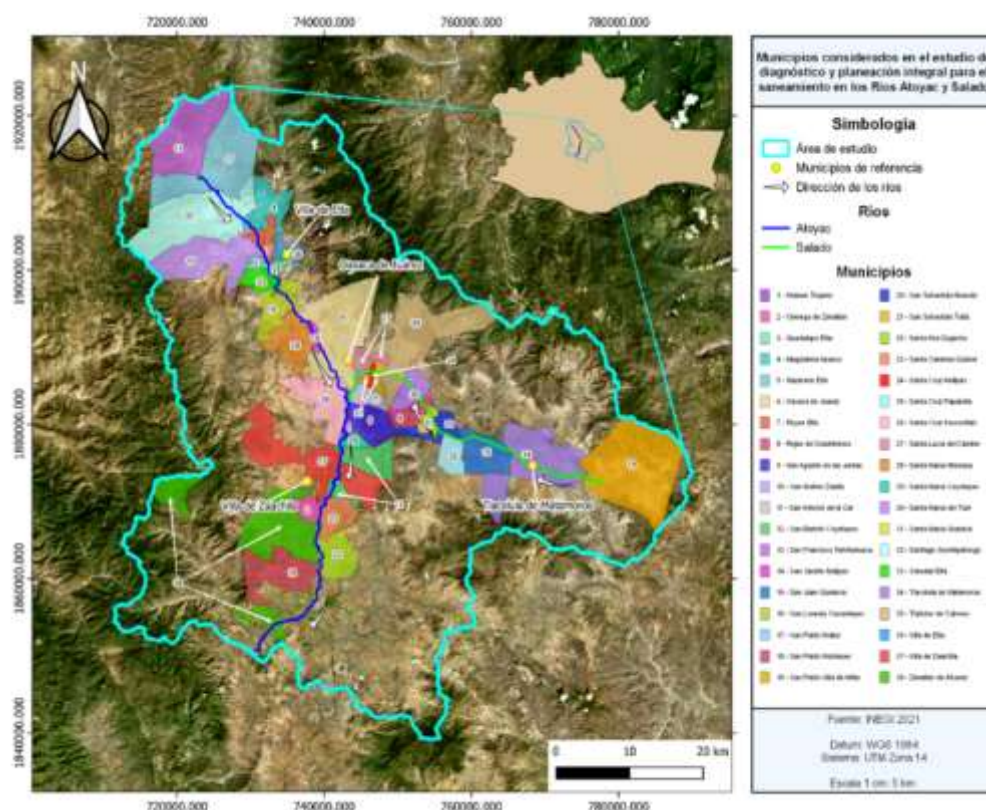
Con la información recabada en campo, se realizó un análisis de la situación actual de cada municipio en cuanto a gestión y manejo de sus residuos sólidos urbanos y en el sitio de disposición final. Toda la información se pasó a los formatos de Excel y se realizó un plano de ubicación de los SDF.

Para un mejor análisis la zona de estudio se dividió en tres zonas alto Atoyac, Río Salado y bajo Atoyac que a continuación se describe el área de estudio.

5.5.4.1. Resultados de las zonas de Alto Atoyac, Río Salado y Bajo Atoyac

El límite de las zonas de estudio coincide con el perímetro del acuífero de Valles Centrales, a la vez, sus límites laterales coinciden con el parteaguas de la Subcuenca RH20Ac Río Atoyac-Oaxaca de Juárez (DOF, 2020). Se contemplan a 38 municipios para el desarrollo de este trabajo (Cuadro 5.68) en las tres zonas de estudio.

Figura 5.19. Municipios que intervienen en el proyecto.



Cuadro 5.55. Municipios considerados en el estudio de diagnóstico por zona.

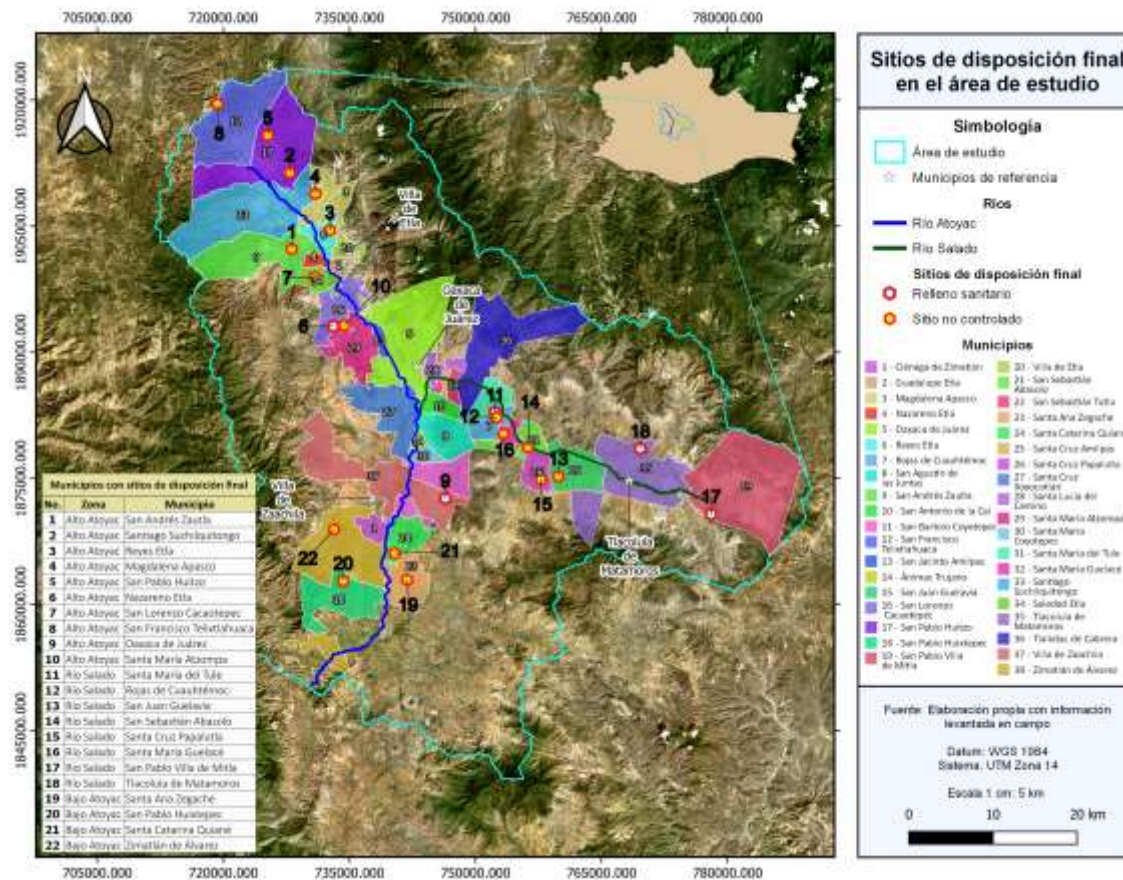
Municipios del área de estudio					
No.	Alto atoyac	No.	Río salado	No.	Bajo atoyac
1	San Andrés Zautla	15	Tlaxiactac de Cabrera	28	Ánimas Trujano
2	Santiago Suchilquitongo	16	San Antonio de la Cal	29	Santa Cruz Xoxocotlán
3	Reyes Etla	17	Santa Cruz Amilpas	30	San Agustín de las Juntas
4	Magdalena Apasco	18	Santa María del Tule	31	Santa María Coyotepec
5	San Pablo Huitzo	19	Santa Lucía del Camino	32	San Bartolo Coyotepec

Municipios del área de estudio					
No.	Alto atoyac	No.	Río salado	No.	Bajo atoyac
6	Nazareno Etlá	20	San Sebastián Tutla	33	Santa Ana Zegache
7	San Lorenzo Cacaotepec	21	Rojas de Cuauhtémoc	34	Villa de Zaachila
8	Soledad Etlá	22	San Juan Guelavía	35	San Pablo Huixtepec
9	Villa de Etlá	23	San Sebastián Abasco	36	Santa Catarina Quiané
10	Guadalupe Etlá	24	Santa Cruz Papalutla	37	Ciénega de Zimatlán
11	San Francisco Telixtlahuaca	25	Santa María Guelacé	38	Zimatlán de Álvarez
12	Oaxaca de Juárez	26	San Pablo Villa de Mitla		
13	San Jacinto Amilpas	27	Tlacolula de Matamoros		
14	Santa María Atzompa				

De acuerdo con el análisis realizado en los 38 municipios ubicados en el área de estudio para el saneamiento del Río Atoyac y Salado, el 57.8% cuenta con un sitio de Disposición final, de los cuales sólo cinco de los municipios tiene un sitio de Disposición Final tipo relleno sanitario y cuatro cumplen con las especificaciones de la NOM-SEMARNAT-083. El 42.2% de los municipios no cuentan con un sitio de Disposición final y depositan sus residuos en el Sitio de Disposición final de Oaxaca de Juárez, ubicado en la jurisdicción del municipio de Villa de Zaachila el cual recibe aproximadamente 800 toneladas diarias de basura, recibe basura de todos los municipios conurbados de Oaxaca de Juárez, de agencias y colonias, también recibe los residuos de camionetas particulares que recogen en los municipios donde no se cuenta con un servicio de recolección por parte del municipio.

En la siguiente figura se ubican los sitios de disposición final en el área de estudio:

Figura 5.20. Ubicación de los sitios de Disposición Final.



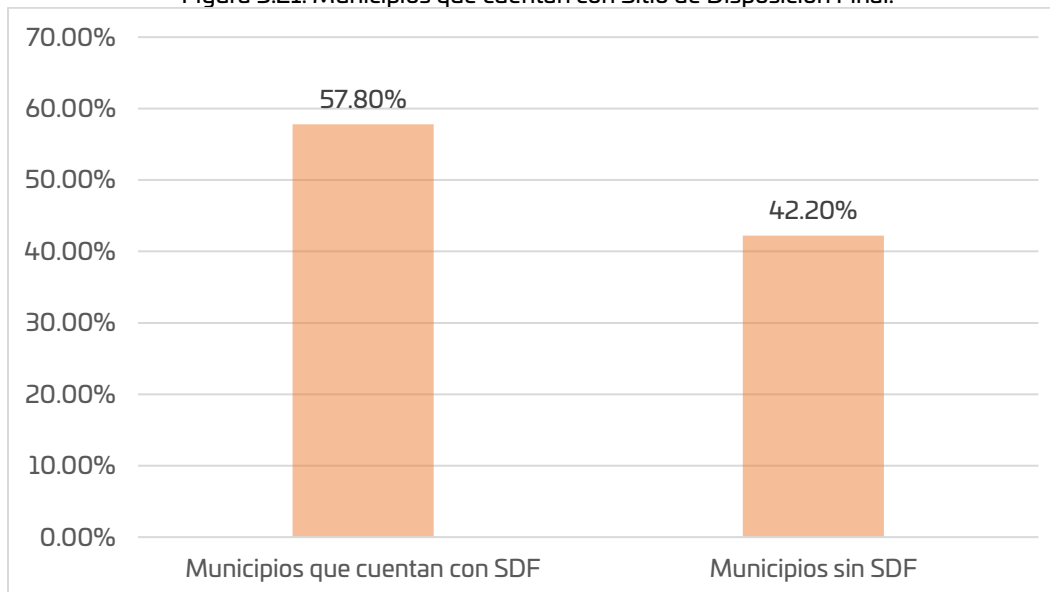
En el siguiente cuadro se presentan los municipios que cuentan con un sitio de Disposición final para los residuos sólidos urbanos.

Cuadro 5.56. Municipios que cuentan con un sitio de disposición final.

No.	Municipio	Sitio de disposición final	Coordenadas de ubicación	
			x	y
ALTO ATOYAC				
1	San Andrés Zautla	Sitio no controlado	728143.44 m E	1902292.31 m N
2	Santiago Suchilquitongo	Sitio no controlado	727916.74 m E	1911378.41 m N
3	Reyes Etla	Sitio no controlado	732674.00 m E	1904519.00 m N
4	Magdalena Apasco	Sitio no controlado	730956.54 m E	1908868.56 m N
5	San Pablo Huitzo	Sitio no controlado	725286.90 m E	1915809.14 m N
6	Nazareno Etla	Relleno sanitario	733066.66 m E	1893090.71 m N
7	San Lorenzo Cacaotepec	Sitio no controlado	730861.34 m E	1898956.99 m N
8	San Francisco Telixtlahuaca	Sitio no controlado	719278.00 m E	1919498.00 m N
9	Oaxaca de Juárez	Relleno sanitario	746426.00 m E	1872645.00 m N
10	Santa María Atzompa	Sitio no controlado	734419.54 m E	1893219.50 m N
RÍO SALADO				
11	Santa María del Tule	Relleno sanitario	752331.00 m E	1882864.00 m N

No.	Municipio	Sitio de disposición final	Coordenadas de ubicación	
			x	y
12	Rojas de Cuauhtémoc	Sitio no controlado	752543.42 m E	1882256.92 m N
13	San Juan Guelavía	Sitio no controlado	759864.43 m E	1875280.29 m N
14	San Sebastián Abasolo	Sitio no controlado	756233.22 m E	1878716.44 m N
15	Santa Cruz Papalutla	Sitio no controlado	757795.00 m E	1874881.00 m N
16	Santa María Guelacé	Sitio no controlado	753335.00 m E	1880261.00 m N
17	San Pablo Villa de Mitla	Relleno sanitario	778040.59 m E	1870772.56 m N
18	Tlacolula de Matamoros	Relleno sanitario	769603.65 m E	1878564.17 m N
BAJO ATOYAC				
19	Santa Ana Zegache	Sitio no controlado	No se obtuvo información	
20	San Pablo Huixtepec	Sitio no controlado	734266.85 m E	1862838.36 m N
21	Santa Catarina Quiané	Sitio no controlado	740408.08 m E	1866094.41 m N
22	Zimatlán de Álvarez	Sitio no controlado	733159.54 m E	1868933.77 m N

Figura 5.21. Municipios que cuentan con Sitio de Disposición Final.



En el siguiente cuadro se presentan los municipios que cuentan con Sitio de Disposición tipo relleno sanitario de acuerdo a las especificaciones de la NOM-SEMARNAT-083.

Cuadro 5.57. Municipios con relleno sanitario.

No.	Municipio	Sitio de disposición final	Coordenadas de ubicación	
			X	Y
ALTO ATOYAC				
1	San Lorenzo Cacaotepec	Relleno sanitario	733066.66 m E	1893090.71 m N
2	Oaxaca de Juárez	Relleno sanitario	746426.00 m E	1872645.00 m N
RÍO SALADO				
3	Santa María del Tule	Relleno sanitario	752331.00 m E	1882864.00 m N
4	San Pablo Villa de Mitla	Relleno sanitario	778040.59 m E	1870772.56 m N
5	Tlacolula de Matamoros	Relleno sanitario	769603.65 m E	1878564.17 m N

En el siguiente cuadro se presentan el listado de 15 municipios que no cuentan con un sitio de Disposición final, sus residuos los trasladan al relleno sanitario intermunicipal de Oaxaca de Juárez, ubicado en el municipio de la Villa de Zaachila.

Cuadro 5.58. Municipios que no cuentan con un sitio de disposición final.

No.	Municipio	Sitio de disposición final
ALTO ATOYAC		
1	Nazareno Etlá	No tiene
2	Guadalupe Etlá	No tiene

No.	Municipio	Sitio de disposición final
3	San Jacinto Amilpas	No tiene
RÍO SALADO		
4	Tlaxiactac de Cabrera	No tiene
5	San Antonio de la Cal	No tiene
6	Santa Cruz Amilpas	No tiene
7	Santa Lucía del Camino	No tiene
8	San Sebastián Tutla	No tiene
BAJO ATOYAC		
9	Ánimas Trujano	No tiene
10	Santa Cruz Xoxocotlán	No tiene
11	San Agustín de las Juntas	No tiene
12	Santa María Coyotepec	No tiene
13	San Bartolo Coyotepec	No tiene
14	Villa de Zaachila	No tiene
15	Ciénega de Zimatlán	No tiene

De los 38 municipios solo el 18.4% de la población cuenta con el documento del Programa de prevención y gestión de residuo sólidos urbanos, de estos 10 municipios cuentan con una separación desde la fuente o el sitio, lo cual reduce de manera significativa los residuos que llegan al SDF, como lo es el caso de San Bartolo Coyotepec, Villa de Etlá, Villa de Zaachila. En el siguiente cuadro se presentan los municipios que cuentan con un programa de gestión y prevención de residuos sólidos urbanos.

Cuadro 5.59. Municipios que cuentan con Documento de Programa de prevención y gestión de residuos sólidos urbanos.

No.	Municipio	Número de habitantes	Generación toneladas/ día	Documento programa de prevención y gestión de residuos sólidos urbanos	Ejecución del programa
ALTO ATOYAC					
1	San Andrés Zautla	1,856	1.006	SI	SI
5	San Pablo Huitzo	6,072	3.291	NO	SI
7	San Lorenzo Cacaotepec	10,465	5.672	SI	SI
8	Soledad Etlá	4,179	2.265	NO	SI
9	Villa de Etlá	7,997	4.334	NO	SI
11	San Francisco Telixtlahuaca	12,474	6.761	SI	NO
RÍO SALADO					
15	Tlaxiactac de Cabrera	11,400	6.179	NO	SI
18	Santa María del Tule	8,268	4.481	SI	SI
26	San Pablo Villa de Mitla	9,654	5.232	SI	SI
BAJO ATOYAC					
32	San Bartolo Coyotepec	4,700	2.547	SI	SI
34	Villa de Zaachila	16,788	9.099	NO	SI
35	San Pablo Huixtepec	9610	5.209	SI	NO

5.5.4.2. Conclusiones

De la información obtenida, se identificó la problemática municipal, por lo que se recomienda trabajar en lo siguiente:

1. Dotar de capacidad de manejo y gestión a los municipios y apoyarlos con asistencia técnica, capacitación, gestión de financiamiento, e infraestructura para homogenizar y equilibrar las capacidades de los municipios, construyendo capacidad técnica y de personal.
2. Diseñar e implementar mecanismos de financiamiento acordes a las necesidades de cada municipio y programa planeado, este mecanismo debe tender a la sustentabilidad.
3. Planeación estratégica de programas para la gestión integral de los residuos y planes de manejo.
4. Capacitar a autoridades municipales que cuentan con relleno sanitario para propiciar su buen funcionamiento, establecer centros locales municipales para el manejo de residuos (acopio, reciclaje y reúso).
5. Propiciar la separación de residuos desde su origen, Identificar y reubicar (en su caso) puntos de disposición final de residuos sólidos.
6. Crear conciencia y cultura ambiental en la comunidad educativa, sobre el manejo adecuado de residuos sólidos a través de un programa de educación formal, en coordinación con el sector educación.
7. Realizar acciones para aprovechar la fracción orgánica, ya que abarca más del 50% de la generación de los residuos sólidos urbanos.
8. Implementar en los municipios sistemas de manejo y gestión integral de residuos: separación, aprovechamiento, tratamiento y correcta disposición final del mínimo.
9. Encaminado a una separación desde la fuente, gestionar un centro de acopio, para todos los materiales reciclables.
10. Continuar con los programas de separación de residuos sólidos urbanos, desde la fuente e implementar un programa de disminución de residuos.
11. Saneamiento y rehabilitación del sitio de disposición final de acuerdo con las especificaciones de la NOM-SEMARNAT-083.
12. Implementación de un programa integral de manejo de residuos sólidos urbanos, con una separación de la fuente.

5.5.5. Descargas de aguas residuales

Según Carpenter *et al.*, 1998 citado en Reyes,2015; en materia de agua se reconocen dos tipos de contaminación: la puntual y la difusa o dispersa La primera se puede medir y controlar mediante acciones específicas.

M. Reyes menciona que Las fuentes puntuales pueden ser:

- Efluentes de aguas residuales (municipales e industriales).
- Escurrimientos y lixiviados de los vertederos de desechos.
- Escorrentías e infiltraciones de corrales de engorda de animales.

- Escurrimientos de las minas, yacimientos de petróleo, e instalaciones industriales sin alcantarillado.
- Emisarios de drenaje pluvial de las ciudades.
- Desbordamientos de tormenta combinada y alcantarillado sanitario.

La contaminación difusa o dispersa, se produce en general a lo largo de extensas superficies hacia los acuíferos o por los márgenes de los ríos, laderas y embalses. Al no haber un punto de concentración es muy difícil su identificación y control (Pérez, *et al.*, 2007, citado en Reyes, 2015).

Las aguas residuales se componen de aguas municipales e industriales, por lo tanto, contienen una variedad de contaminantes, entre ellos se encuentran agentes patógenos, detergentes y metales pesados, que pueden dañar el ambiente y la salud humana y animal (Nuñez, 2015).

WHO, 2006., menciona que normalmente las aguas residuales domésticas y municipales se componen de 99% de agua y 0,1% suspensiones coloidales, sólidos disueltos orgánicos y compuestos inorgánicos, incluidos los macronutrientes tales como el nitrógeno, fósforo, potasio, así como micronutrientes como hierro, cobre, zinc y boro entre otros.

Assano, *et al.* (1985), citado en Nuñez A. (2015) menciona que además las aguas residuales industriales tienen materiales disueltos como productos químicos diversos y agentes patógenos.

De acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales, en su artículo tercero párrafo VI define a las "Aguas Residuales" como: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas.

5.5.5.1. Clasificación de aguas residuales

Existen diferentes tipos y clasificaciones de las aguas residuales, dependiendo su proveniencia y son tres:

- Las aguas negras, pasan a aguas residuales y son las provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- Las aguas grises pasan a aguas residuales y provienen de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.

A su vez estos dos tipos de agua residual se clasifican en aguas residuales municipales.

- Y por último las aguas negras industriales, se le llama así a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga. Estas se clasifican en aguas residuales industriales y existen las aguas residuales industriales que son tratadas y las no tratadas (Van der Hoek, 2004).

5.5.5.2. Uso de las aguas residuales

El uso que se le da a las aguas residuales puede ser: un uso directo de agua no tratada, un uso directo de las aguas residuales tratadas y por último el uso indirecto de las aguas residuales. Estas se diferencian en la forma en que son aplicadas a la tierra a partir de un sistema de alcantarillado de aguas residuales u otro transporte como un canal de agua de riego, se les conoce generalmente como utilización directa de las aguas residuales sin tratar. Y el otro es el uso directo de las aguas residuales tratadas en donde existe un control sobre el transporte de estas aguas desde el punto de descarga hasta una planta de tratamiento y hay una zona controlada en la que se utilizan para el riego. El uso indirecto de las aguas residuales ocurre cuando las aguas residuales municipales e industriales están sin tratamiento y no hay un seguimiento del curso del agua, por lo cual están sin un sistema de alcantarillado o canal (Assano, 1988, citado en Nuñez A, 2015).

5.5.5.3. Metodología

Se entiende como descarga a la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación (NOM-001-SEMARNAT-1996).

De acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales, en su título primero, capítulo único, en su artículo 2, la descarga es la a acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

De igual manera la citada ley considera a un "Cuerpo receptor" como la corriente o depósito natural de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas, cuando puedan contaminar los suelos, subsuelo o los acuíferos.

La identificación, ubicación y análisis de la descarga de aguas residuales se realizó en varias etapas; las cuales se describen a continuación:

1. Delimitación de la zona de estudio.
2. Recopilación de la información en las dependencias normativas (CONAGUA).
3. Recorridos en campo por cada una de las zonas que integran el área de estudio.
4. Identificación y ubicación de las descargas encontradas en el área de estudio.
5. Medición del gasto y las características físicas de cada descarga en campo (llenado de ficha de datos de campo).
6. Llenado de la ficha de diagnóstico de cada una de las descargas identificadas.
7. Priorización de cada una de las descargas identificadas.
8. Elaboración de las conclusiones y recomendaciones de las descargas priorizadas

Los criterios utilizados en la identificación y priorización de las descargas de aguas residuales.

1. Tipo de la descarga de agua residual
 - Puntual
 - Difusa
2. Origen de la descarga de agua residual
 - Aguas residuales Municipales

- Aguas residuales industriales
 - Aguas residuales agropecuarias
 - Aguas residuales pluviales
3. Temporalidad
- Continua
 - Intermitente
 - Fortuita

Se entenderá por descarga de tipo intermitente a aquella que presenta un flujo de agua discontinuo. El concepto continuo se refiere a la presencia de un flujo de agua ininterrumpido, y fortuita como un flujo imprevisto y/o accidental.

4. Gasto o caudal

De acuerdo a la metodología establecida, se delimitó la zona de estudio tomando en consideración lo establecido en los términos de referencia, en los cuales se incluyen 37 municipios, delimitados fundamentalmente por la particularidad de que su territorio a algunos de los límites municipales colinda de forma directa con las principales corrientes superficiales, de los Ríos Atoyac y Salado; en el análisis preliminar se consideró aumentar el territorio del municipio de la Villa de Etla que aunque sus límites municipales no colindan con el cauce de los ríos estudiados, la descarga de sus aguas residuales, lo hacen puntualmente sobre la margen izquierda del río Atoyac, a través de un arroyo tributario de éste.

Flores M. (2014) menciona que actualmente casi todos los países vienen reconociendo a las cuencas hidrográficas como los territorios más apropiados para conducir los procesos de manejo, aprovechamiento, planeación y administración del agua y, en su sentido más amplio y general, como los territorios más idóneos para llevar a cabo la gestión integral de los recursos hídricos; además de ser los territorios donde se verifica el ciclo hidrológico, son espacios geográficos donde los grupos y comunidades comparten identidades, tradiciones y cultura, y en donde socializan y trabajan los seres humanos en función de su disponibilidad de recursos renovables y no renovables.

Estos municipios considerados en el área de estudio se ubicaron en la Subcuenca RH20Ac Río Atoyac-Oaxaca de Juárez, en donde circulan los afluentes y ríos tributarios del Río Atoyac y el Río Salado. Con una superficie de 3, 727 km², localizada en la porción centro de la entidad denominada Valles Centrales; dada la complejidad de la red hidrográfica y la superficie de la subcuenca, se subdividió el total del área de estudio en tres zonas:

- Alto Atoyac.
- Río Salado
- Bajo Atoyac

Clasificando a nivel de subcuenca, los municipios del área de estudio que integran cada zona se enlistan en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.60. Municipios considerados en el estudio de diagnóstico y planeación integral para el saneamiento en los Ríos Atoyac y Salado, en la zona de estudio correspondiente.

Alto Atoyac	Bajo Atoyac	Río Salado
3) Guadalupe Etla	1) Ánimas Trujano	2) Ciénega de Zimatlán
4) Magdalena Apasco	2) Ciénega de Zimatlán	6) Oaxaca de Juárez
5) Nazareno Etla	6) Oaxaca de Juárez	8) Rojas de Cuauhtémoc
6) Oaxaca de Juárez	9) San Agustín de las Juntas	9) San Agustín de las Juntas
7) Reyes Etla	11) San Antonio de la Cal	11) San Antonio de la Cal
10) San Andrés Zautla	12) San Bartolo Coyotepec	12) San Bartolo Coyotepec
11) San Antonio de la Cal	18) San Pablo Huixtepec	15) San Juan Guelavía
13) San Francisco Telixtlahuaca	22) Santa Ana Zegache	19) San Pablo Villa de Mitla
14) San Jacinto Amilpas	23) Santa Catarina Quiané	20) San Sebastián Abasolo
16) San Lorenzo Cacaotepec	26) Santa Cruz Xoxocotlán	21) San Sebastián Tutla
17) San Pablo Huitzo	28) Santa María Atzompa	24) Santa Cruz Amilpas
26) Santa Cruz Xoxocotlán	29) Santa María Coyotepec	25) Santa Cruz Papalutla
28) Santa María Atzompa	37) Villa de Zaachila	26) Santa Cruz Xoxocotlán
32) Santiago Suchilquitongo	38) Zimatlán de Álvarez	27) Santa Lucía del Camino
33) Soledad Etla		30) Santa María del Tule
36) Villa de Etla		31) Santa María Guelacé
		34) Tlacolula de Matamoros
		35) Tlaxiactac de Cabrera
		37) Villa de Zaachila

Una vez establecidas las tres zonas de estudio, se procedió a la recopilación de la información en las dependencias normativas correspondientes, así como también en los planes de desarrollo municipales; de dicha consulta se obtuvieron listados de descargas de aguas residuales con los cuales se realizaron los recorridos de campo por los municipios y las riberas de los ríos y arroyos de las tres zonas de estudio.

En estos recorridos, se corroboraron las ubicaciones de las descargas establecida en los listados ya obtenidos, así como el registro de nuevas descargas, anotando su ubicación en coordenadas UTM; se realizaron las mediciones de los gastos o caudales, y la toma de evidencia fotográfica del estado actual.

La información de todas y cada una de las descargas recopilada en campo, se registró en una ficha de información las cuales se resume a continuación.

5.5.5.3.1. Zona Alto Atoyac

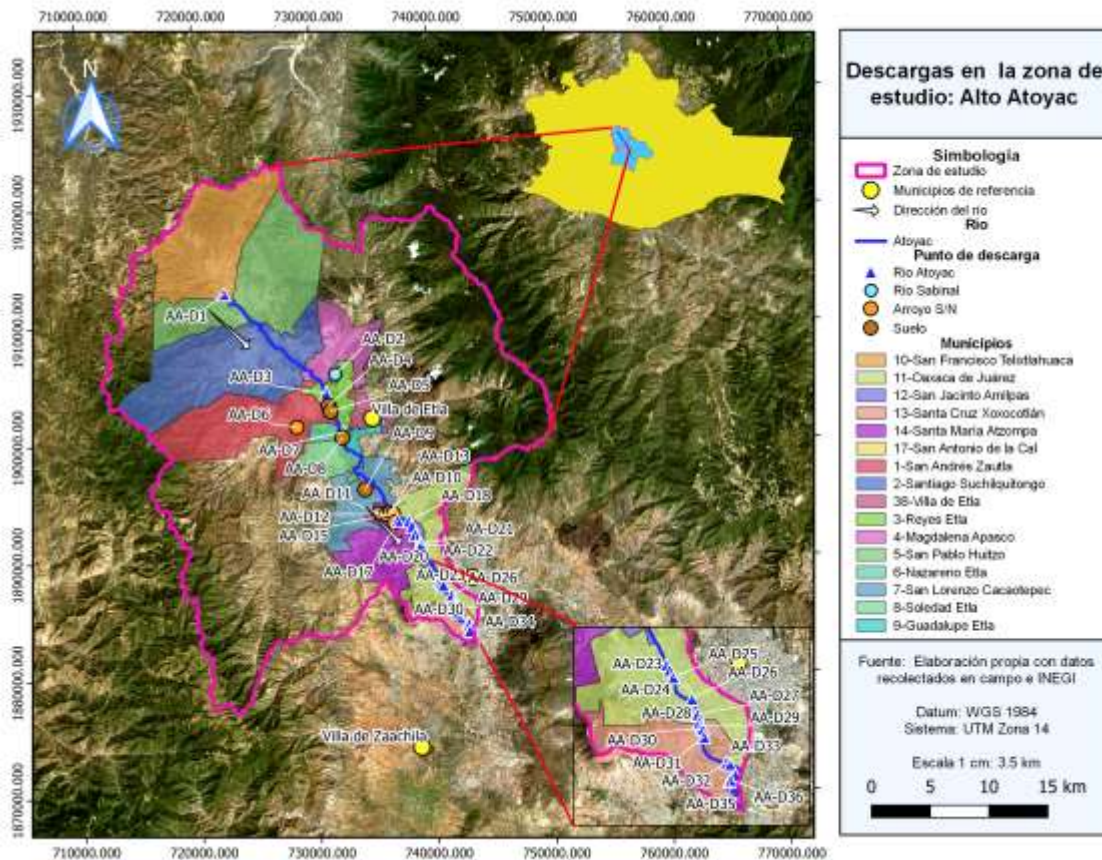
Las descargas identificadas en la Zona Alto Atoyac fueron 36 con un gasto total de aportación de 89.40 L/S, de las cuales las que presentan un mayor gasto son la AA-D23, AA-D25, AA-D28, AA-D35, AA-D07 con gastos de 8 a 5 l/s, siendo los generadores los municipios de Oaxaca de Juárez y Santa Cruz Xoxocotlán. La información desglosada se encuentra especificada en las fichas de información de todas y cada una de las descargas, así como en un plano general de ubicación, como se menciona en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.61. Datos generales sobre descargas en la Zona Alto Atoyac.

No.	Municipio	Tipo de generador	Punto de descarga	Tipo de corriente	Temporalidad de la descarga	Coordenadas métricas (e, n) wgs84 utm z14 descarga		Gasto l/s
						X	Y	
AA-D01	San Francisco Telixtlahuaca	Municipal PTAR	Río Atoyac	Principal	Continua	722454.89	1912822.43	4.50
AA-D02	Magdalena Apasco	Fraccionamiento Catano PTAR	Río Sabinal	Tributario	Intermitente	731795.19	1905849.89	4.00
AA-D03	Reyes Etlá	Agencia de San Lazaro PTAR	Río Atoyac	Principal	Intermitente	731006.34	1904250.52	3.00
AA-D04	Reyes Etlá	Municipal PTAR	Suelo	Principal	Continua	731189.00	1903186.00	5.00
AA-D05	Reyes Etlá	Privado (estercolero)	Suelo	Tributario	Intermitente	731370.01	1902713.34	-
AA-D06	San Andrés Zautla	Municipal	Arroyo S/N	Tributario	Intermitente	728479.0	1901402.00	1.20
AA-D07	Guadalupe Etlá	Municipal (Villa de Etlá)	Río Atoyac	Principal	Intermitente	732437.30	1900929.55	6.20
AA-D08	Nazareno Etlá	Municipal	Suelo	Principal	Continua	732326.87	1900469.0	4.00
AA-D09	San Lorenzo Cacaotepec	Municipal	Suelo	Principal	Continua	734195.54	1896020.01	4.00
AA-D10	Santa María Atzompa	Fraccionamiento La Esmeralda	Río Atoyac	Principal	Continua	736433.00	1894098.00	4.00
AA-D11	Santa María Atzompa	Fraccionamiento Residencial Santa María	Arroyo S/N	Tributario	Continua	735339.00	1893928.00	1.50
AA-D12	Santa María Atzompa	Fraccionamiento Alfareros	Arroyo S/N	Tributario	Continua	735956.77	1893879.05	1.00
AA-D13	Santa María Atzompa	Invernaderos (Privado)	Arroyo S/N	Tributario	Intermitente	736271.63	1894008.68	0.21
AA-D14	Santa María Atzompa	(Fracc.-Inverna-Aroyo)	Río Atoyac	Principal	Continua	736484.00	1894011.00	2.71
AA-D15	Santa María Atzompa	Fraccionamiento Semblanza	Arroyo S/N	Tributario	Continua	736547.79	1893908.51	0.90
AA-D16	Santa María Atzompa	Fraccionamiento Yahuiche	Arroyo S/N	Tributario	Continua	736656.00	1893189.00	1.60
AA-D17	Santa María Atzompa	Fraccionamiento Yahuiche	Río Atoyac	Principal	Continua	736909.63	1893349.25	1.60
AA-D18	San Jacinto Amilpas	Registro (Colector General SAPAO)	Río Atoyac	Principal	Intermitente	737867.00	1893269.00	-
AA-D19	San Jacinto Amilpas	Descarga aguas pluviales (Descarga altamente contaminante) "Gasolinera"	Río Atoyac	Tributario	Intermitente	738131.79	1892828.44	-
AA-D20	San Jacinto Amilpas	Registro (Colector General SAPAO) Pte. San Jacinto	Río Atoyac	Principal	Intermitente	738383.00	1892125.00	-
AA-D21	San Jacinto Amilpas	Descarga Instalaciones SAPAO	Río Atoyac	Principal	Intermitente	738822.00	1891368.00	-
AA-D22	San Jacinto Amilpas	Descarga SAPAO	Río Atoyac	Principal	Continua	738878.00	1891208.00	6.00

No.	Municipio	Tipo de generador	Punto de descarga	Tipo de corriente	Temporalidad de la descarga	Coordenadas métricas (e, n) wgs84 utm z14 descarga		Gasto l/s
						X	Y	
AA-D23	Oaxaca de Juárez	Descarga SAPAO (por trabajos de rehabilitación)	Río Atoyac	Principal	Intermitente	740439.44	1888225.42	8.00
AA-D24	Oaxaca de Juárez	Descarga SAPAO	Río Atoyac	Principal	Continua	740567.00	1888019.00	5.23
AA-D25	Oaxaca de Juárez	Descarga SAPAO	Río Atoyac	Principal	Continua	740708.00	1887739.00	8.00
AA-D26	Oaxaca de Juárez	Descarga SAPAO aguas pluviales C. de Abastos	Río Atoyac	Principal	Intermitente	741428.62	1886921.65	-
AA-D27	Oaxaca de Juárez	Descarga URSE	Río Atoyac	Principal	Continua	741641.62	1886335.04	0.30
AA-D28	Santa Cruz Xoxocotlán	Descarga Colector quemado	Río Atoyac	Principal	Continua	741687.00	1886024.00	6.70
AA-D29	Santa Cruz Xoxocotlán	Fraccionamiento San Ignacio	Río Atoyac	Principal	Continua	741783.00	1885877.00	0.30
AA-D30	Santa Cruz Xoxocotlán	ENEPO	Río Atoyac	Principal	Continua	741832.51	1885769.39	-
AA-D31	Santa Cruz Xoxocotlán	Fraccionamiento Santa Elena	Río Atoyac	Principal	Continua	741882.11	1885472.89	1.05
AA-D32	Santa Cruz Xoxocotlán	Instituto Cumbres (Sin Gasto)	Río Atoyac	Principal	Intermitente	742729.00	1884495.00	-
AA-D33	Santa Cruz Xoxocotlán	Col. Indeco Xoxo	Río Atoyac	Principal	Continua	742879.45	1884430.89	1.17
AA-D34	Santa Cruz Xoxocotlán	Col. Indeco Xoxo	Río Atoyac	Principal	Continua	743084.57	1884016.40	0.64
AA-D35	Santa Cruz Xoxocotlán	Fraccionamiento -CIDIR	Río Atoyac	Principal	Continua	742835.59	1883777.17	6.59
AA-D36	Santa Cruz Xoxocotlán	Universidad La Salle	Río Atoyac	Principal	Intermitente	742899.00	1883822.00	-

Figura 5.22. Ubicación de puntos de descargas en la Zona Alto Atoyac.



5.5.5.3.2. Zona Río Salado

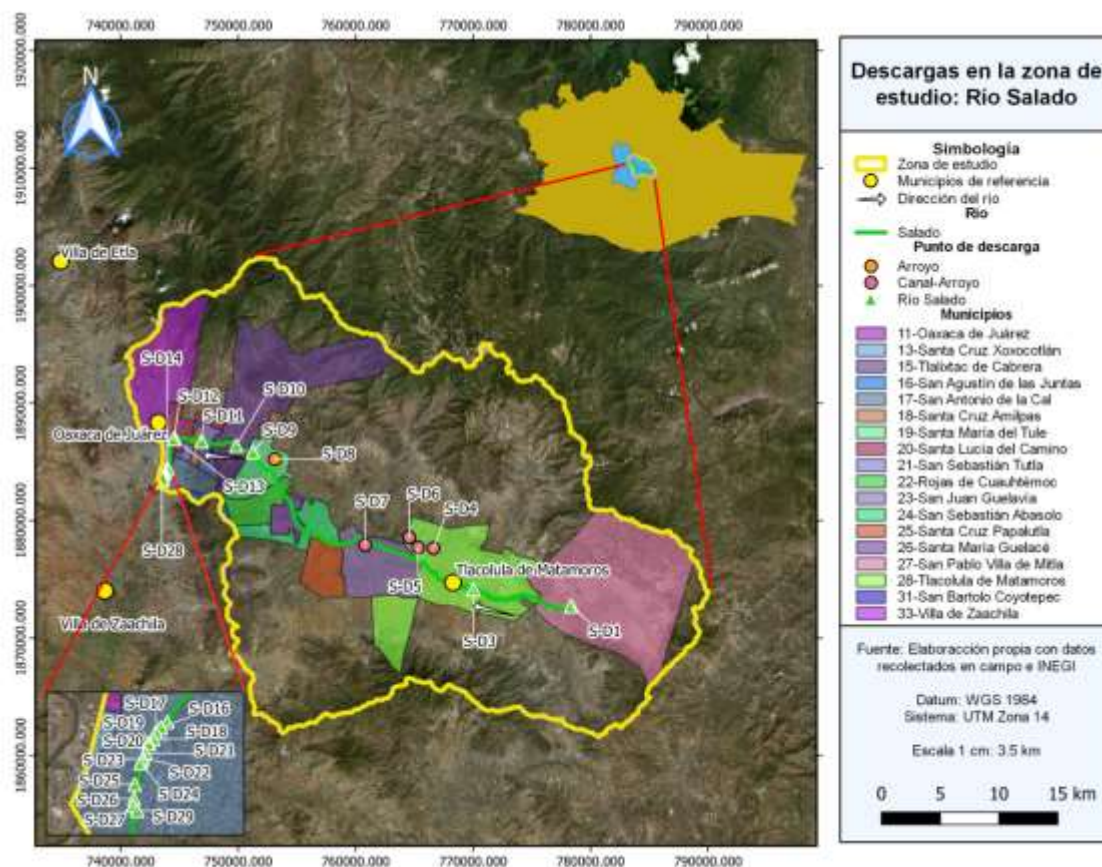
Las descargas identificadas en la Zona Río Salado fueron 29 con un gasto de 98.72 l/s, de las cuales las que presentan un mayor gasto son la S-D13, S-D29, S-D10, S-D09, S-D11 con gastos de 35 hasta 7 l/s, siendo los generadores de estas: Fuga en el colector general de Oaxaca de Juárez y Santa Lucía del Camino, descargas de emisores de San Antonio de la Cal, PTAR de Tlaxiact de Cabrera, Municipio de Santa María el Tule y PTAR de San Sebastián Tutla. La información desglosada se encuentra especificada en las fichas de información de todas y cada una de las descargas, así como en un plano general de ubicación, como se menciona en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.62. Datos generales sobre descargas en la Zona Río Salado.

No.	Municipio	Tipo de generador	Punto de descarga	Tipo de corriente	Temporalidad de la descarga	Coordenadas métricas (e, n) wgs84 utm z14 descarga		Gasto l/s
						X	Y	
S-D01	San Pablo Villa de Mitla	Municipal (Descarga por excedencias PTAR)	Río Salado	Principal	Continua	778383.00	1872734.00	3.16
S-D02	San Pablo Villa de Mitla	Municipal (Descarga PTAR, suspendida por rehabilitación)	Río Salado	Principal	Suspendida	778334.00	1872723.00	-
S-D03	Tlaxolula de Matamoros	Privado (mezcalera)	Río Salado	Tributario	Intermitente	770025.00	1874150.00	-
S-D04	Tlaxolula de Matamoros	Municipal PTAR	Canal-Arroyo	Tributario	Continua	766635.00	1877647.00	5.52
S-D05	Tlaxolula de Matamoros	Municipal-Fraccionamientos Rancho del Lago	Canal-Arroyo	Tributario	Continua	765330.11 m	1877725.06	3.00
S-D06	Tlaxolula de Matamoros	Municipal-Fraccionamientos Dainzu	Canal-Arroyo	Tributario	Continua	764568.44	1878574.23	2.00
S-D07	San Juan Guelavia	Municipal (descarga a 1 km del río Salado)	Canal-Arroyo	Tributario	Continua	760818.00	1877922.00	1.47
S-D08	Santa María el Tule	Fraccionamiento el Retiro (descarga a 1.4 km del río Salado)	Arroyo	Tributario	Continua	753131.00	1885232.00	1.20
S-D09	Santa María el Tule	Municipal	Río Salado	Tributario	Continua	751249.00	1885839.00	7.00
S-D10	Tlaxiact de Cabrera	Municipal	Río Salado	Principal	Continua	749831.00	1886388.00	13.10
S-D11	San Sebastián Tutla	Municipal	Río Salado	Principal	Continua	746899.00	1886751.00	7.00
S-D12	Santa Lucía del Camino	Fuga en Colector	Río Salado	Principal	Continua	744572.29	1887061.37	5.00
S-D13	Oaxaca de Juárez-Santa Lucía del Camino	Municipal (descarga por falla en interconexión de colectores generales)	Río Salado	Principal	Continua	744516.00	1886964.00	35.00
S-D14	San Antonio de la Cal	Municipal (descarga por fuga en registro)	Río Salado	Principal	Continua	744001.07	1884452.15	0.30
S-D15	San Antonio de la Cal	Municipal (descarga por fuga en registro)	Río Salado	Principal	Continua	743753.68	1884165.64	0.80

No.	Municipio	Tipo de generador	Punto de descarga	Tipo de corriente	Temporalidad de la descarga	Coordenadas metricas (e, n) wgs84 utm z14 descarga		Gasto l/s
						X	Y	
S-D16	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Continua	743714.00	1884134.00	0.75
S-D17	San Antonio de la Cal	Municipal (descarga de colonia)	Río Salado	Principal	Continua	743684.10	1884102.33	0.05
S-D18	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743668.00	1884061.00	0.05
S-D19	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743641.99	1884036.52	0.05
S-D20	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743637.00	1884030.00	0.05
S-D21	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743618.00	1883971.00	0.05
S-D22	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743602.00	1883941.00	0.05
S-D23	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743599.42	1883935.55	0.05
S-D24	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743589.70	1883911.02	0.05
S-D25	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743552.00	1883779.00	0.05
S-D26	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743547.00	1883690.00	0.05
S-D27	San Antonio de la Cal	Descargas de viviendas locales	Río Salado	Principal	Intermitente	743544.00	1883646.00	0.05
S-D28	San Antonio de la Cal	Punto de Descarga y tubo de drenaje fracturado	Río Salado	Principal	Intermitente	743511.00	1883306.00	0.05
S-D29	San Antonio de la Cal	Descargas de dos emisores del Mpio. de San Antonio de la Cal	Río Salado	Principal	Intermitente	743568.27	1883616.62	15.98

Figura 5.23. Ubicación de puntos de descarga en la Zona Río Salado.



5.5.5.3.3. Zona Bajo Atoyac

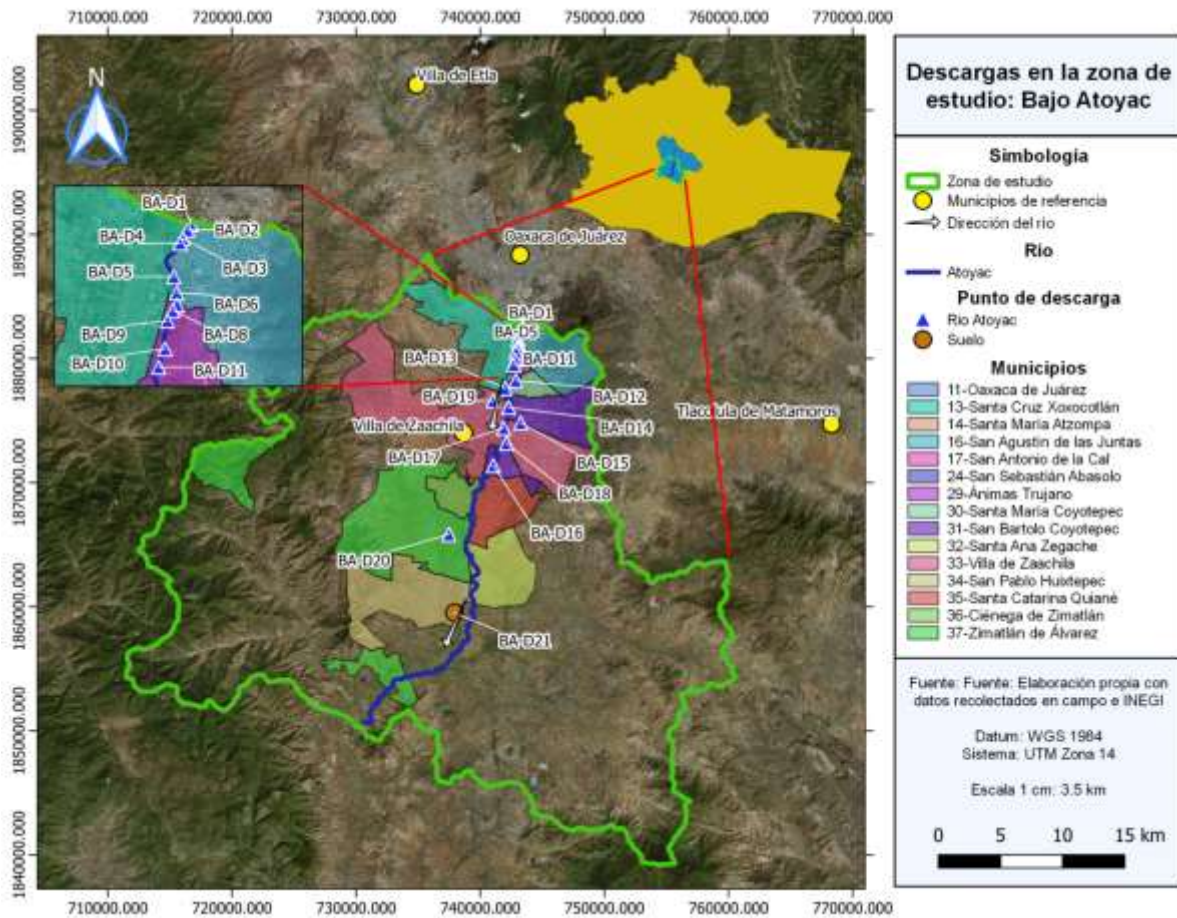
Las descargas identificadas en la Zona Bajo Atoyac fueron 21 con un gasto total de 153.74 de las cuales las que presentan un mayor gasto son la BA-D09, BA-D13, BA-D20, BA-D11, BA-D07 con gastos de 100 a 8 l/s, siendo los generadores de estas principalmente el municipio de Oaxaca de Juárez a través de la PTAR "La Raya" operada por la Comisión Nacional del Agua (CEA), Municipio de Santa María Coyotepec, Municipio de Zimatlán de Álvarez; Municipio de Ánimas Trujano, y San Agustín de las Juntas; la información desglosada se encuentran especificada en las fichas de información de todas y cada una de las descargas, así como en un plano general de ubicación, como se menciona en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.63. Datos generales sobre descargas en la Zona Bajo Atoyac.

No.	Municipio	Tipo de generador	Punto de descarga	Tipo de corriente	Temporalidad de la descarga	Coordenadas métricas (E, N) WGS84 UTM Z14 DESCARGA		Gasto l/s
						X	Y	
BA-D01	San Agustín de las Juntas	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	743413.00 m E	1882658.00 m N	4.00
BA-D02	San Agustín de las Juntas	Municipal (fuga)	Río Atoyac	Principal	Continua	743334.69 m E	1882539.31 m N	0.05
BA-D03	San Agustín de las Juntas	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	743232.18 m E	1882348.05 m N	0.05

No.	Municipio	Tipo de generador	Punto de descarga	Tipo de corriente	Temporalidad de la descarga	Coordenadas métricas (E, N) WGS84 UTM Z14 DESCARGA		Gasto l/s
						X	Y	
BA-D04	San Agustín de las Juntas	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	743169.48 m E	1882243.99 m N	1.18
BA-D05	San Agustín de las Juntas	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	743023.69 m E	1881500.51 m N	1.20
BA-D06	San Agustín de las Juntas	Se desconoce (Se Observa como fuga)	Río Atoyac	Principal	Continua	743094.17 m E	1881140.90 m N	0.01
BA-D07	San Agustín de las Juntas	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	743102.00 m E	1880874.00 m N	5.17
BA-D08	Ánimas Trujano	Se desconoce	Río Atoyac (Margen Derecha)	Principal	Continua	743012.94 m E	1880747.53 m N	0.05
BA-D09	Ánimas Trujano	Descarga de la PTAR de la Raya	Río Atoyac (Margen Derecha)	Principal	Continua	742883.33 m E	1880518.75 m N	100.00
BA-D10	Ánimas Trujano	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	742832.00 m E	1879894.00 m N	1.50
BA-D11	Ánimas Trujano	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	742692.00 m E	1879489.00 m N	5.22
BA-D12	Santa María Coyotepec	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	742873.72 m E	1878216.73 m N	4.07
BA-D13	Santa María Coyotepec	Municipal (Agencia La Raya, Mun. Sta. Cruz Xoxocotlan)	Río Atoyac	Principal	Continua	742000.48 m E	1877596.77 m N	8.00
BA-D14	San Bartolo Coyotepec	Municipal (Ptar)	Río Atoyac	Principal	Continua	742293.00 m E	1876060.00 m N	3.50
BA-D15	San Bartolo Coyotepec	Municipal (Zona de Hospitales)	Río Atoyac	Principal	Continua	743268.00 m E	1874816.00 m N	(Se infiltra)
BA-D16	San Bartolo Coyotepec	Municipal (Agencia Reyes Mantecón)	Río Atoyac	Principal	Continua	741065.07 m E	1871366.12 m N	1.50
BA-D17	Villa de Zaachila	Municipal (Xoxocotlán, San Raymundo Jalpam, Agencia San Pedro)	Río Atoyac	Principal	Continua	741882.00 m E	1874392.00 m N	4.04
BA-D18	Villa de Zaachila	Municipal (Agencia Emiliano Zapata)	Río Atoyac	Principal	Continua	742120.53 m E	1873179.20 m N	2.60
BA-D19	Villa de Zaachila	Municipal (Agencia San Pedro la Reforma)	Río Atoyac	Principal	Continua	741042.99 m E	1876584.34 m N	1.60
BA-D20	Zimatlán de Álvarez	Municipal	Río Atoyac	Principal	Continua	737475.97 m E	1865834.05 m N	6.00
BA-D21	San Pablo Huixtepec	Municipal	Suelo	Principal	Continua	737919.23 m E	1859512.00 m N	4.00

Figura 5.24. Ubicación de puntos de descarga en la Zona Bajo Atoyac.



5.5.5.4. Análisis y priorización

Una vez identificadas todas las descargas en las tres zonas de estudio y considerando los criterios utilizados en la identificación y priorización de las descargas de aguas residuales, los cuales son: tipo de la descarga de agua residual, origen de la descarga de agua residual y temporalidad. Se procedió a su priorización, la cual se resume a continuación.

5.5.5.4.1. Zona Alto Atoyac

Las descargas identificadas como prioritarias en la Zona Alto Atoyac fueron 14, con un gasto total de aportación de 61.75 l/s, de las cuales las que presentan un mayor gasto son la AA-01 con un gasto, AA-07, AA-23, AA-28, AA-D35 con gastos de 4.5 a 8 l/s, siendo los generadores los municipios de San Francisco Tlaxiahuaca, Municipal de la Villa de Etna, Descarga SAPAO (por trabajos de rehabilitación), descarga de un colector quemado y el que queda a la altura de Fraccionamiento -CIDIR. Estas descargas se encuentran referenciadas con sus fichas de información, así como un plano de ubicación, como se menciona en el siguiente Cuadro.

Cuadro 5.64. Descargas prioritarias en la zona del Alto Atoyac.

No.	Municipio	Tipo de generador	Actividades e infraestructura para su tratamiento	
AA-D01	San Francisco Telixtlahuaca	Municipal PTAR	Rehabilitation de la PTAR	El agua residual de la descarga municipal actualmente se utiliza esporádicamente en el riego de cultivos agrícolas en los terrenos aguas abajo del municipio de Telixtlahuaca y huitzo
AA-D07	Guadalupe Etla	Municipal (Villa de Etla)	Construcción de PTAR del Municipio de Villa de Etla, cuyas aguas residuales son descargadas al río chiquito y este descarga al río atoyac en territorio de Guadalupe Etla.	El agua residual de la descarga municipal de Etla actualmente es utilizada por ejidatarios de la agencia municipal de Santo Domingo Barrio Bajo, los cuales desvían el agua residual del río chiquito para sus terrenos
AA-D10	Santa María Atzompa	Fraccionamiento La Esmeralda	Rehabilitation de la PTAR existente	El agua residual ya tratada se podría utilizar para mantener el caudal Ecológico del Río atoyac.
AA-D14	Santa María Atzompa	(Fracc. -Inverna-Aroyo)	Rehabilitation de la PTARs existente	El agua residual ya tratada se podría utilizar para mantener el caudal Ecológico del Río atoyac.
AA-D17	Santa María Atzompa	Fraccionamiento Yahuiche	Rehabilitation de la PTAR existente	El agua residual ya tratada se podría utilizar para mantener el caudal Ecológico del Río atoyac.
AA-D19	San Jacinto Amilpas	Descarga aguas pluviales (Descarga altamente contaminante) "Gasolinera"	Identificación de la descarga por parte de SAPAO y establecer condiciones particulares de descarga.	El agua residual ya tratada se podría utilizar para mantener el caudal Ecológico del Río atoyac.
AA-D22	San Jacinto Amilpas	Descarga SAPAO	Seguimiento y atención por parte de SAPAO para que se conecte al colector	El agua residual actualmente es conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, tratada y descargada al cauce del río atoyac, se podría utilizar para riego, pero por problemas sociales no se ha podido establecer los acuerdos necesarios para su utilización
AA-D23	Oaxaca de Juárez	Descarga SAPAO (por trabajos de rehabilitación)	Seguimiento y atención por parte de SAPAO para que se conecte al colector	El agua residual actualmente es conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, tratada y descargada al cauce del río atoyac, se podría utilizar para riego, pero por problemas sociales no se ha podido establecer los acuerdos necesarios para su utilización
AA-D24	Oaxaca de Juárez	Descarga SAPAO	Seguimiento y atención por parte de SAPAO para que se conecte al colector	El agua residual actualmente es conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, tratada y descargada al cauce del río atoyac, se podría utilizar para riego, pero por problemas sociales no se ha podido establecer los acuerdos necesarios para su utilización
AA-D25	Oaxaca de Juárez	Descarga SAPAO	Seguimiento y atención por parte de SAPAO para que se conecte al colector	El agua residual actualmente es conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, tratada y descargada al cauce del río atoyac, se podría utilizar para riego, pero por problemas sociales no se ha podido establecer los acuerdos necesarios para su utilización

AA-D28	Santa Cruz Xoxocotlán	Descarga Colector quemado	Seguimiento y atención por parte de SAPAO para que se conecte al colector	El agua residual actualmente es conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, estratada y descargada al cauce del río atoyac, se podría utilizar para riego, pero por problemas sociales no se ha podido establecer los acuerdos necesarios para su utilización
AA-D31	Santa Cruz Xoxocotlán	Fraccionamiento Santa Elena	Proyección de un colector para el tratamiento de AR de la zona del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán	Conducir el agua residual a la hasta la PTAR de la Raya, para su tratamiento y su posterior utilización en el riego agrícola
AA-D33	Santa Cruz Xoxocotlán	Col. Indeco Xoxo	Proyección de un colector para el tratamiento de AR de la zona del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán	Conducir el agua residual a la hasta la PTAR de la Raya, para su tratamiento y su posterior utilización en el riego agrícola
AA-D35	Santa Cruz Xoxocotlán	Fraccionamiento - CIDIR	Proyección de un colector para el tratamiento de AR de la zona del municipio de Santa Cruz Xoxocotlán	Conducir el agua residual a la hasta la PTAR de la Raya, para su tratamiento y su posterior utilización en el riego agrícola

5.5.5.4.2. Zona Río Salado

Las descargas identificadas como prioritarias en la Zona Río Salado fueron 10, con un gasto de aportación de 96.76 l/s de las cuales las que presentan un mayor gasto son la S-D3 con 35 l/s, S-D2 15.98 l/s, S-D10 Tlalixtac de Cabrera siendo los generadores de estas: el emisor general de SAPAO, aguas residuales de Oaxaca de Juárez y Santa Lucía del Camino (descarga por falla en interconexión de colectores generales), descargas de dos emisores del municipio de San Antonio de la Cal y de la PTAR del Municipio de Tlalixtac de Cabrera, y estas descargas se encuentran referenciadas con sus fichas de información, así como ubicadas en coordenadas UTM en un plano general; todas las descargas prioritarias se enlistan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.65. Descargas prioritarias en la Zona del Río Salado.

No.	Municipio	Tipo de generador	Actividades e infraestructura para su tratamiento	
S-D01	San Pablo Villa de Mitla	Municipal (Descarga por excedencias PTAR)	Esta planta que está operando al 100%	El agua residual tratada es descargada al cauce del río Salado y contribuye a mantener el caudal ecológico
S-D04	Tlacolula de Matamoros	Municipal PTAR	Rehabilitación de la PTAR existente	El agua residual tratada es descargada al cauce de un arroyo tributario de un humedal natural y se podría utilizar para el mantenimiento de la flora de este humedal natural.
S-D05	Tlacolula de Matamoros	Municipal-Fraccionamientos Rancho del Lago	Rehabilitación de la PTAR existente	El agua residual sin tratar es descargada a un canal tributario de un humedal natural y se podría utilizar para el mantenimiento de la flora de este humedal natural una vez tratada.
S-D06	Tlacolula de Matamoros	Municipal-Fraccionamiento Dainzu	Rehabilitación de la PTAR existente	El agua residual sin tratar es descargada a un canal tributario de un humedal natural y se podría utilizar para el mantenimiento de la flora de este humedal natural una vez tratada.
S-D09	Santa María el Tule	Municipal	Rehabilitación de la PTAR existente	El agua residual sin tratar es descargada al cauce del río Salado y podría utilizarse en mantener el caudal ecológico del río Salado una vez tratada
S-D10	Tlalixtac de Cabrera	Municipal	Rehabilitación de la PTAR existente	El agua residual sin tratar es descargada al cauce del río Salado y podría utilizarse en mantener el caudal ecológico del río Salado una vez tratada
S-D11	San Sebastián Tutla	Municipal	Rehabilitación de la PTAR existente o conexión del gasto municipal a la red de colectores y emisores de SAPAO para llevar el gasto residual a la PTAR de LA Raya	El agua residual sin tratar es descargada al cauce del río Salado y podría utilizarse en mantener el caudal ecológico del río Salado una vez tratada

No.	Municipio	Tipo de generador	Actividades e infraestructura para su tratamiento	
S-D12	Santa Lucía del Camino	Fuga en Colector	Seguimiento y atención por parte de SAPAO para la reparación y reconexión al colector y emisor general	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
S-D13	Oaxaca de Juárez-Santa Lucía del Camino	Municipal (descarga por falla en interconexión de colectores generales)	Seguimiento y atención por parte de SAPAO, municipios de Oaxaca de Juárez, San Antonio de la Cal y Santa Lucía del Camino para la reparación y reconexión al colector y emisor general	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
S-D29	San Antonio de la Cal	Descargas de dos emisores del Mpio. de San Antonio de la Cal	Seguimiento y atención por parte de SAPAO y Municipio para que se conecte al colector	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.

5.5.5.4.3. Zona Bajo Atoyac

Las descargas identificadas como prioritarias en la Zona Bajo Atoyac fueron 13 con un gasto de aportación de 141.98 l/s, de las cuales las que presentan un mayor gasto de descarga son la BA-D09 con un gasto de 100 l/s y corresponde a la planta de tratamiento denominada "La Raya" que da servicio a la ciudad de Oaxaca de Juárez y Municipios conurbados, BA-D13 con un gasto de 8 l/s correspondientes a la descarga puntual de la red de alcantarillado de la comunidad de "La Raya" agencia municipal de Santa María Xoxocotlán, BA-D11 con un gasto de 5.22 l/s, correspondiente a la red de alcantarillado del municipio de Ánimas Trujano y BA-D12 con un gasto de 5.17 l/s correspondiente a la red de alcantarillado del municipio de San Agustín de las Juntas; estas descargas se encuentran referenciadas con sus fichas de información, así como ubicadas en coordenadas UTM en un plano general; todas las descargas prioritarias se enlistan en el siguiente cuadro.

Cuadro 5.66. Descargas prioritarias en la Zona del Bajo Atoyac.

No.	Municipio	Tipo de generador		
BA-D01	San Agustín de las Juntas	Municipal	Conexión al colector y emisor general que descarga al la PTAR de la Raya	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
BA-D04	San Agustín de las Juntas	Municipal	Conexión al colector y emisor general que descarga al la PTAR de la Raya	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
BA-D05	San Agustín de las Juntas	Municipal	Conexión al colector y emisor general que descarga al la PTAR de la Raya	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
BA-D07	San Agustín de las Juntas	Municipal	Conexión al colector y emisor general que	El agua residual sería conducida por los colectores

No.	Municipio	Tipo de generador		
			descarga al la PTAR de la Raya	y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
BA-D09	Ánimas Trujano	Descarga de la PTAR de la Raya	Conexion al colector y emisor general que descarga al la PTAR de la Raya	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
BA-D10	Ánimas Trujano	Municipal	Conexion al colector y emisor general que descarga al la PTAR de la Raya	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
BA-D11	Ánimas Trujano	Municipal	Conexion al colector y emisor general que descarga al la PTAR de la Raya	El agua residual sería conducida por los colectores y emisores generales hasta la PTAR de la Raya, donde sería tratada y se podría utilizar para riego Agrícola.
BA-D12	Santa María Coyotepec	Municipal	Rehabilitacion y ampliacion de la PTAR	mantener el caudal ecologico del rio salado una vez tratada
BA-D13	Santa María Coyotepec	Municipal (Agencia La Raya, Mun. Sta. Cruz Xoxocotlan)	Construir una nueva PTAR	mantener el caudal ecologico del rio salado una vez tratada
BA-D14	San Bartolo Coyotepec	Municipal (Ptar)	Rehabilitacion de la PTAR existente	mantener el caudal ecologico del rio salado una vez tratada
BA-D16	San Bartolo Coyotepec	Municipal (Agencia Reyes Mantecón)	Mantenimeiento y operacion de la PTAR existente	mantener el caudal ecologico del rio salado una vez tratada
BA-D17	Villa de Zaachila	Municipal (Xoxocotlán, San Raymundo Jalpam, Agencia San Pedro)	Rehabilitacion de la PTAR existente	mantener el caudal ecologico del rio salado una vez tratada
BA-D18	Villa de Zaachila	Municipal (Agencia Emiliano Zapata)	Rehabilitacion de la PTAR existente	mantener el caudal ecologico del rio salado una vez tratada

5.5.5.5. Conclusiones y recomendaciones

5.5.5.5.1. Zona Alto Atoyac

De las descargas identificadas como prioritarias en la Zona Alto Atoyac; las descargas **AA-D23 (8 l/s)**, **AA-D25 (8 l/s)**, **AA-D28 (6 l/s)**, **AA-D22 (8 l/s)**, **AA-D24 (8 l/s)**, aunque se encuentran ubicadas en territorio de diferentes municipios, son responsabilidad directa de SAPAO, y con su rehabilitación, que consiste básicamente en su reconexión a la red de colectores y emisores de SAPAO, se estaría eliminando la aportación de 33.93 l/s lo que representa un 38% del total del gasto de aguas residuales que se descargan al río Atoyac en la zona de estudio Alto Atoyac:

- La descarga **AA-D07** que se encuentra ubicada en territorio del Municipio de Guadalupe ETLA, es responsabilidad directa del municipio de La Villa de ETLA la cual vierte el total del gasto de su sistema de alcantarillado (6 L/S) sin ningún tratamiento previo, para solucionar esta problemática específica será necesario el análisis de rehabilitación de las dos plantas existentes en dicho municipio que se encuentran fuera de operación y abandonadas y/o el análisis de la

construcción de una nueva PTAR, para descarga con la calidad que marca la NOM-001-SEMARNAT 2006.

- Con la atención y solución de estas seis (6) descargas se estaría disminuyendo la aportación de contaminantes en un 45% del total que se vierte en esta zona.
- Para el caso de la descarga **AA-D01 (4.50 l/s)** la cual corresponde al municipio de San Francisco Telixtlahuaca, la afectación se da en una longitud aproximada de 3.15 km sobre el cauce del río, en la parte alta de la cuenca; afectando al propio municipio generador y municipio de San Pablo Huitzo, el cual utiliza el total del gasto del afluente para riego de sus cultivo; la solución es la rehabilitación de la PTAR existente San Francisco Telixtlahuaca que se encuentra fuera de operación y/o el análisis de la construcción de una nueva PTAR; lo anterior no ha sido posible a pesar de la intervención del gobierno del Estado y la CEA debido a una problemática social muy fuerte entre grupos políticos y grupos sociales; el municipio de San Pablo Huitzo no cuenta con red de alcantarillado por lo que no genera descargas al río.
- Para el caso de la descarga **AA-D10 (4.00 l/s)** la cual se encuentra ubicada en territorio de Santa María Atzompa, corresponde y es responsabilidad del fraccionamiento de "La Esmeralda"; la solución es la rehabilitación de la PTAR existente a cargo de la CEA, que se encuentra fuera de operación y/o el análisis de la construcción de una nueva PTAR.

Con la atención y solución de estas ocho (8) descargas se estaría disminuyendo la aportación de contaminantes en un 54.4% del total que se vierte en esta zona; el 45.60 % restante corresponde a las 28 descargas con gastos entre 3 y menos de 1 l/s.

5.5.5.2. Zona Río Salado

De las descargas identificadas como prioritarias en la Río Salado; la descarga **BA-D09 (100 l/s)**, corresponde a la PTAR intermunicipal "La Raya" la cual da servicio a la ciudad de Oaxaca de Juárez y municipios conurbados, operada por la CEA, y de la cual se proporcionaron las caracterizaciones del agua tratada y vertida al cauce de río Atoyac, donde se puede identificar que de todos los parámetros que marca la normatividad, solo el parámetro correspondiente a Nitrógeno Total mg/l presenta una baja eficiencia de remoción y no cumple con dicho parámetro, según lo establece la norma: además de necesitar adecuaciones y rehabilitaciones en los diferentes procesos que la integran. Por lo que se recomienda la elaboración y ejecución de un proyecto de rehabilitación con lo que cumpliría totalmente con la Norma, considerando que dicho gasto representa el 65.04% del total del agua residual vertida en la zona del bajo Atoyac.

Para el caso de la descarga **BA-D13 (8 l/s)**, correspondiente a la localidad de la Raya, agencia municipal de San Cruz Xoxocotlán, la cual descarga aguas residuales sin ningún tratamiento la recomendación es la elaboración y construcción del proyecto de PTAR.

Las descargas **BA-D11(5.22 l/s)** y **BA-D07 (5.17 l/s)**, correspondientes a los municipios de Ánimas Trujano y San Agustín de las Juntas, es necesario realizar un análisis de factibilidad técnica, económica y social de poder elaborar los proyectos de emisores generales que conduzcan estos gastos hacia la **PTAR** de "La Raya", para su tratamiento; o la alternativa es el construir dos plantas nuevas, una para cada localidad.

Finalmente, las descargas **BA-D12(5.22 l/s)** y **BA-D14 (3.50 l/s)** las cuales corresponden a las PTARs de los Municipio de Santa María Coyotepec y San Bartolo Coyotepec, la problemática se da debido a que a pesar de que las PTARs se encuentran en funcionamiento, no cumplen con los parámetros de la normatividad para descargar al cauce del río, por lo que es necesario elaborar un proyecto de rehabilitación y en su caso de ampliación si fuera necesario.

Solo con la atención de estas seis (6) descargas se estaría disminuyendo la aportación de contaminantes en un 81.93% del total que se vierte en esta zona; el resto 18.07 % corresponde a las 7 descargas restantes con gastos entre 1 y 3 l/s.

5.6. Problemática general en el área de estudio

La problemática general en las Zonas de estudio Alto y Bajo Atoyac y Río Salado radica en factores múltiples ya mencionados como los procesos de migración, que genera un incremento en la demanda de servicios y en especial del agua potable, ésta ha sido satisfecha primordialmente bajo condiciones tendientes a ser críticas afectando la explotación de las aguas subterráneas, la consecuencia es la pérdida de las áreas naturales de captación y el potencial de infiltración del agua precipitada, propiciando la presencia de niveles freáticos que no se recuperan.

Por otro lado, la calidad del agua subterránea se ha visto amenazada de manera importante por las descargas de aguas residuales, generadas por las principales poblaciones establecidas en los tres valles que conforman el acuífero, las cuales, la gran mayoría de estas son vertidas sin tratamiento previo a los cauces de las corrientes que escurren en la cuenca de cada uno de los valles, que junto con las aguas residuales para el riego de cultivos, ponen en entredicho la calidad del agua para consumo humano en áreas próximas a pozos de abastecimiento. Históricamente, el principal acuífero abastecedor de agua a la ciudad estuvo sujeto a la presión artesiana, de manera que todos los pozos del fondo del valle llevaban el agua a la superficie sin necesidad de bombeo, sin embargo, derivado del propio crecimiento y la escasa cultura del agua, han propiciado la presencia de sustancias ajenas a las que por naturaleza tiene evidenciando infiltraciones del río hacia pozos que han muestreado. Uno de los aspectos más preocupantes es la alta incidencia de enfermedades gastrointestinales asociadas al consumo de agua no desinfectada, por la falta de aplicación de medidas precautorias, por la falta de educación y cultura del agua entre la población. Ligado a esta problemática, es la falta de infraestructura de prevención y protección contra inundaciones que, aunque estas se presentan de manera estacional, no deja de ser importante foco de infección que altera la calidad del agua para consumo humano provenientes de las norias, además de la disminución de los caudales en la época de secas que provocan la concentración de los contaminantes. La alta incidencia de enfermedades gastrointestinales asociadas al consumo de agua no desinfectada, por la falta de aplicación de medidas precautorias, por la falta de educación y cultura del agua entre la población. Ligado a esta problemática, es la falta de infraestructura de prevención y protección contra inundaciones que aunque estas se presentan de manera estacional, no deja de ser importante foco de infección que altera la calidad del agua para consumo humano provenientes de las norias, además de la disminución de los caudales en la época de secas que provocan la concentración de los contaminantes (UACH, 2010).

Con análisis realizados durante la temporada de lluvias se ha observado que algunos de los parámetros de preocupación se diluyen sin representar un peligro para la población, sin embargo, el manganeso y el amoníaco no siguen este comportamiento. Las aguas residuales urbanas han presentado nitrógeno amoniacal y coliformes por arriba de la norma. Por otro lado, se han detectado las altas concentraciones de aluminio observadas en las salidas de las plantas potabilizadores las cuales han sido relacionadas con el uso de sales de aluminio y con algunas deficiencias en el proceso de potabilización, lo que puede constituir un serio problema de toxicidad. Es importante mencionar que existen altas concentraciones de hierro y manganeso producidas de forma natural. La mayoría de las aguas de la región de uso agrícola presentan aguas altamente salinas lo que restringe el uso de estas aguas para el riego agrícola.

La práctica de la irrigación agrícola por gravedad, con el uso de aguas residuales es otras de las fuentes de contaminación, principalmente cuando no existe ningún tratamiento previo. Las aguas subterráneas tienen un alto grado de susceptibilidad a la contaminación ya que la condición predominante en las Zonas de estudio Alto y Bajo Atoyac y Salado es un manto freático somero (*Idem*).

El trabajo realizado para el desarrollo de la Caracterización y Diagnóstico para el Saneamiento Integral de los Ríos Atoyac y Salado presenta información relevante para la visualización de las condiciones ambientales existentes en el área de estudio, así como la identificación de las problemáticas que existen en torno a los ríos Atoyac y Salado. La información generada se plantea en una visión integral que contribuye a la mejora en el medio ambiente, así como contribuir en la mejora de la calidad de vida de la población.

Para el estudio se consideraron inicialmente 37 municipios que se encuentran en los márgenes de los ríos Atoyac y Salado, pero que los efectos del manejo de su agua negra y que estaban impactando a otros municipios, se incluyó, a la Villa de Etla, conformando un **total de 38 municipios**. La delimitación territorial de estos municipios conforma el área de estudio, la que se encuentra dentro de los límites de la subcuenca Río Atoyac-Oaxaca de Juárez (RH20Ac). Y para un mejor análisis **se dividió en tres zonas: Alto Atoyac, Bajo Atoyac y Río Salado**. La extensión del Alto Atoyac es de 1,040.72 km², la de Bajo Atoyac es 1,294.29 km² y Río Salado cuenta con una superficie de 1,203.04km².

Se realizaron **balances de agua superficial para cada zona** de estudio encontrando que en la **Zona Alto Atoyac la precipitación es 756.94 Mm³**, de los cuales se evapotranspiran 639.98 Mm³, escurre 34.19 Mm³ y se infiltra 82.78 Mm³. En la **Zona Bajo Atoyac precipita 969.28 Mm³**, evapotranspiran 844.30 Mm³, escurre 88.71 Mm³ y se infiltra 36.27 Mm³. En la **Zona Río Salado precipita 841.98 Mm³**, evapotranspiran 723.22 Mm³, escurre 52.81 Mm³ e infiltra 65.96 Mm³. De aquí que sea crucial la recuperación de los ríos Atoyac y Salado para propiciar que el agua que escurre sea provechada para actividades de la población, permita la infiltración de agua de calidad y permita la recuperación ambiental de los ecosistemas acuáticos.

Con la información existente y la que se generó, se visualizaron los **sitios con problemas de erosión**, siendo en el **Bajo Atoyac donde este problema es más agudo**, ya que la pérdida del suelo en esta zona se encuentra en las categorías **de severa y muy severa** con 1,871,011.25 y 161,668.60 ton/año respectivamente.

Dentro de los resultados más significativos, con metodologías desarrolladas para el Manejo Integrado de Cuenca se **identificaron las áreas potenciales de infiltración** en las zonas de estudio y en los municipios de interés, **obteniendo un alto potencial de infiltración en la zona del alto Atoyac y de medio potencial en la zona del Salado** generando cartografía con las zonas con potencial de infiltración, áreas que tienen que ser protegidas para seguir garantizando la infiltración al acuífero de Valles Centrales.

Con información de la **Red Nacional de Monitoreo, datos de 2012-2019, se analizaron 44 variables de calidad del agua superficial, en puntos distribuidos a lo largo de los ríos Atoyac y Salado**; estos se evalúan de forma bimestral a lo largo del año. Se comprobó el grado de contaminación con respecto a la NOM-001-SEMARNAT-1996, **en donde 25 variables salen, históricamente en algún punto de monitoreo, por arriba de la NOM, siendo las más significativas las asociadas a aguas negras generadas por la población (coliformes fecales, nitrógeno amoniacal, Escherichia coli)**. El análisis de calidad del agua, segmentado por tramos indica que, en los tramos de los ríos Salado, **entre los municipios de Santa Lucía del Camino a San Antonio de la Cal, y de San Jacinto Amilpas a San Bartolo Coyotepec, en el río Atoyac, se mantiene históricamente mayor contaminación**.

De acuerdo al análisis realizado en los **38 municipios** ubicados en el área de estudio para el

saneamiento del Río Atoyac y Salado, el 57.8% cuenta con un sitio de Disposición final, de los cuales solo cinco de los municipios tiene un sitio de Disposición Final tipo relleno sanitario y de esos cinco, cuatro operan cumpliendo las especificaciones de la NOM-SEMARNAT-083. **El 42.2% de los municipios no cuentan con un sitio de Disposición final y depositan sus residuos en el Sitio de Disposición final de Oaxaca de Juárez**, ubicado en la jurisdicción del municipio de Villa de Zaachila el cual recibe aproximadamente 800 toneladas diarias de basura, recibe basura de todos los municipios conurbados de Oaxaca de Juárez, de agencias y colonias, también recibe los residuos de camionetas particulares que recogen en los municipios donde no se cuenta con un servicio de recolección por parte del municipio. Y finalmente, **sólo 5 municipios cuentan con un programa de gestión y prevención de residuos y lo llevan a cabo.**

El análisis permitió, a través de **recorridos de campo, la identificación de fuentes puntuales y difusas de contaminación en los dos ríos, siendo las plantas de tratamiento de aguas con diferentes estatus de operación, descargas de aguas negras y grises irregulares, tiraderos de residuos sólidos urbanos y animales, como de escombros**, entre las principales causas de contaminación.

Las descargas identificadas en la Zona Alto Atoyac fueron 36, de las cuales las que presentan un mayor gasto son los municipios de San Francisco Telixtlahuaca, Municipal de la Villa de Etla, Descarga SAPAO (por trabajos de rehabilitación), descarga de un colector quemado y el que queda a la altura de Fraccionamiento CIIDIR, con gastos de 4.5 a 8 l/s.

Las descargas identificadas en la Zona Bajo Atoyac fueron 21, con gastos de 4 a 8 l/s, por parte de los Municipios de San Agustín de las Juntas, Ánimas Trujano, Santa María Coyotepec, Municipio de Santa María Xoxocotlán Agencia La Raya, y Municipal (Xoxocotlán, San Raymundo Jalpam, Agencia San Pedro). De esta zona se identificó la descarga de la PTAR de la Raya con un gasto aproximado de 100 l/s.

En Río Salado se identificaron 29 descargas con gastos de 5.5 a 15.9 l/s correspondientes a los municipios de Tlacolula de Matamoros, Santa María el Tule, Tlalixtac de Cabrera, Municipal de Santa Lucía del Camino (descarga por falla en interconexión de colectores generales) y descargas de emisores del municipio de San Antonio de la Cal.

La planeación del desarrollo de los núcleos poblacionales debe basarse en los instrumentos que vinculan los ejes políticos, ambientales y administrativos de los municipios, como son los ordenamientos territoriales, los atlas de riegos y los planes municipales. De los 38 municipios considerados dentro del estudio sólo **12 municipios cuentan con su Atlas de riesgo, 5 con el Plan de Reducción de Riesgos de Desastres del Municipio.** Los municipios que cuentan con un Atlas de riesgo en Alto Atoyac son San Jacinto Amilpas, San Lorenzo Cacaotepec, San Pablo Etla y Santa María Atzompa. En Bajo Atoyac son Ocotlán de Morelos y Santa Cruz Xoxocotlán y en Río Salado son San Sebastián Tutla, San Agustín Yatareni, Santa Lucía del Camino, Santa María del Tule, Santo Domingo Tomaltepec y Tlalixtac de Cabrera. Cabe mencionar que este **instrumento técnico data del año 2003 para los municipios mencionados.** Se comenta que existen algunas actualizaciones, sin embargo, no están disponibles en las páginas oficiales.

Se han identificado las características de la infraestructura destinada al saneamiento del agua, se describen las condiciones de operación y eficiencia de dicha infraestructura en los 38 municipios considerados en el estudio. **En el Alto Atoyac se ubicaron 14 plantas, en el Bajo Atoyac 14 plantas y en Río Salado se encontraron 11**, con diferentes sistemas de tratamiento y en diferentes estatus de operación.

En la infraestructura de Agua Potable, **en la zona Alta del Atoyac, que se incluyeron 14 municipios, se encuentran entre ellos, Oaxaca de Juárez y Santa Cruz Xoxocotlán;** en donde se identificó la falta

de aprovechamientos para cubrir el abastecimiento del agua. En la **Zona del Salado**, se incluyeron **10 municipios**; San Pablo Villa de Mitla, ha trabajado en cubrir el servicio de agua potable en zonas conurbadas de su municipio, construyendo infraestructuras para almacenamiento (presas). En el caso de **San Antonio de la Cal, Santa Cruz Amilpas, Santa Lucía del Camino y San Juan Gelavía**, son **municipios que no cuentan con suficiente agua potable** para cubrir las necesidades de la población. **Zona del Bajo Atoyac**, se consideraron **9 municipios**; **Animas Trujano**, no cuenta con el suficiente recurso para cubrir el abasto de la demanda de agua potable para su población y en el caso de **Santa María Coyotepec**, en un periodo corto de tiempo, tendrá insuficiencia para cubrir el abasto de agua.

De los municipios que se encuentran en las tres áreas de estudio, se identificaron aquellos que requieren una intervención pronta como son: **Oaxaca de Juárez, Santiago Suchilquitongo, Nazareno ETLA, San Lorenzo Cacaotepec, Soledad ETLA, Santa Cruz Xoxocotlán, Santa María Atzompa, San Antonio de la Cal, Santa Cruz Amilpas, Santa Lucía del Camino, San Juan Gelavía, Ánimas Trujano y Villa De ETLA.**

En la red de alcantarillado, la zona de **Alto Atoyac**, se encuentran **5 municipios que no cuentan una red de alcantarillado, por lo que manejan biodigestores y baños secos**: Santiago Suchilquitongo, Magdalena Apasco, San Pablo Huitzo, Guadalupe ETLA y Villa De ETLA; **en estos municipios manifiestan que continúen con ese tipo de sistemas**. De los 14 municipios que están en esta zona, 6 de ellos cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, pero en 4 se encuentran inactivos.

En la zona de **Río Salado**, se encuentran **3 municipios que no cuentan una red de alcantarillado, por lo que manejan biodigestores y baños secos**: Rojas de Cuahémoc, San Sebastián Abasco, Santa Cruz Papalutla. En el caso de San Pablo Villa de Mitla, maneja una red de alcantarillado, así como sistemas de biodigestores y baños secos; en estos municipios manifiestan que continúen con ese tipo de sistemas. **De los 13 municipios, 7 de ellos cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, pero en 2 se encuentran inactivos.**

En la zona de **Bajo Atoyac**, se encuentran **3 municipios que no cuentan una red de alcantarillado, por lo que manejan biodigestores y baños secos**: Santa Ana Zegache, Santa Catarina Quiané y Ciénega de Zimatlán. En el caso de los municipios de Santa María Coyotepec, San Bartolo Coyotepec y Villa de Zaachila manejan una red de alcantarillado, así como sistemas de biodigestores y baños secos; en estos municipios manifiestan que continúen con ese tipo de sistemas. **De los 11 municipios que están en esta zona, 5 de ellos cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales, pero en 2 se encuentran inactivos.**

Para las plantas de tratamiento de aguas residuales, en la zona definida como **Alto Atoyac se realizó el diagnóstico de 11 de ellas**, cabe señalar que en esta zona se encuentran inmersos 15 municipios, en el Valle de ETLA. Se identificaron los sistemas de tratamiento **prevaleciendo el sistema formado por sedimentador-FAFA-humedal**, lo anterior debido a que en estas zonas existen extensiones de terrenos en los cuales puede ser construida una planta de tratamiento de este tipo. De **5 de las 14 plantas diagnosticadas se encuentran fuera de operación (no funciona la planta), 3 se encuentran inactiva (puede activarse la planta, pero por alguna circunstancia esta inactiva), y 1 planta se encuentra sin concluir (se encuentra la obra civil pero no está lista para operar)**, lo cual ocasiona impactos adversos en factores de la sostenibilidad.

En la **Zona Río Salado se efectuó la visita a 10 plantas de tratamiento de aguas residuales**. En esta zona de estudio, prevalece el sistema formado por sedimentador-FAFA-humedal. Del total de las PTAR **4 se encuentra actualmente Inactivas** (Puede activarse la planta; pero por alguna circunstancia esta inactiva) y **6 se encuentra activas**. En Villa de Mitla, se identificó que esta planta contó con un proceso de rehabilitación para evitar estragos al medio ambiente ocasionado por falta de saneamiento de las aguas residuales.

En la **Zona Bajo Atoyac se visitaron 7 plantas de tratamiento de aguas residuales** existentes; prevalecen dos sistemas: a) 1. lodos activados y Sedimentador-FAFA-Humedal, debido a que existen zonas en las que se requiere de un sistema compacto y eficiente; **3 de las 7 plantas visitadas se encuentran inactivas** y descargando sus aguas residuales sin tratamiento alguno a sitios y **4 activas**.

Dentro de la problemática indicada anteriormente, se identificaron tramos prioritarios en la que es necesario intervenir para disminuir los impactos que se están generando por todas las acciones antropogénicas y naturales. Dentro de este apartado, se anexa documento donde se desarrolla esta información, en la que se tiene los siguientes resultados en las tres zonas de estudio:

Cuadro 5.67. Tramos prioritarios y su problemática en la Zona del Alto Atoyac.

Tramos prioritarios y su problemática.						
UBICACIÓN	ALTO ATOYAC					
NOMBRE PROBLEMÁTICA	AA2 HUITZO	AA4 XOCHIMILCO	AA6 GUADALUPE	AA8 SAN LORENZO	AA10 SAN JACINTO	AA11 CENTRAL DE ABASTOS
CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES	•		•	•	•	•
EROSIÓN-INCISIÓN DEL CAUCE	•			•	•	•
FLORA INVASIVA	•	•	•		•	•
DISMINUCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO	•	•		•		•
REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA		•			•	•
EXTRACCIÓN DE PÉTREOS		•	•	•		
TIRADERO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN	•		•	•	•	•
TIRADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (MÁRGENES-CAUCE)		•		•	•	•
TOTAL	5	5	4	6	6	4

Cuadro 5.68. Tramos prioritarios y su problemática en la Zona del Río Salado

Tramos prioritarios y su problemática.					
UBICACIÓN	RÍO SALADO				
NOMBRE PROBLEMÁTICA	PROBLEMÁTICA PUNTUAL CEREZO TANIVET	PROBLEMÁTICA PUNTUAL PTAR TLACOLULA	S3 (EL TULE-SAN SEBASTIÁN TUTLA)	S5 (SANTA LUCÍA DEL CAMINO)	S7 (SAN ANTONIO DE LA CAL)
CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES	•	•	•	•	•

Tramos prioritarios y su problemática.						
UBICACIÓN		RÍO SALADO				
PROBLEMÁTICA	NOMBRE	PROBLEMÁTICA	PROBLEMÁTICA	S3	S5	S7
		PUNTUAL CEREZO TANIVET	PUNTUAL PTAR TLACOLULA	(EL TULE-SAN SEBASTIÁN TUTLA)	(SANTA LUCÍA DEL CAMINO)	(SAN ANTONIO DE LA CAL)
EROSIÓN-INCISIÓN DEL CAUCE				•	•	•
FLORA INVASIVA				•	•	•
DISMINUCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO				•	•	•
REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA				•	•	•
EXTRACCIÓN DE PÉTREOS						
TIRADERO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN				•	•	•
TIRADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (MÁRGENES-CAUCE)			•	•	•	•
TOTAL		1	2	7	7	7

Cuadro 5.69. Tramos prioritarios y su problemática en la Zona del Bajo Atoyac.

Tramos prioritarios y su problemática.			
UBICACIÓN		BAJO ATOYAC	
PROBLEMÁTICA	NOMBRE	BA1	BA3
		SAN AGUSTÍN DE LAS JUNTAS	SAN BARTOLO COYOTEPEC
CONTAMINACIÓN POR AGUAS RESIDUALES		•	•
EROSIÓN-INCISIÓN DEL CAUCE			
FLORA INVASIVA		•	•
DISMINUCIÓN DEL NIVEL FREÁTICO		•	•
REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN HIDRÁULICA			•
EXTRACCIÓN DE PÉTREOS		•	•
TIRADERO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN		•	•
TIRADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (MÁRGENES-CAUCE)		•	•
TOTAL		6	7

En la zona del Alto Atoyac, se presentan 6 tramos, de los cuales 3 de ellos son los que se encuentran mas impactados por la problemática que se presenta, estos tramos son:

- San Lorenzo Cacaotepec
- San Jacinto Amilpa
- Central de Abastos

En la zona del Salado, se presentan 5 tramos, de los cuales tienen mayor problemática son:

- El Tule – San Sebastián Tutla
- Santa Lucía Del Camino
- San Antonio De La Cal

Y finalmente en la zona del Bajo Atoyac son los dos tramos identificados:

- San Agustín De Las Juntas
- San Bartolo Coyotepec