



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

SUBDIRECCION GENERAL TÉCNICA
GERENCIA DE CALIDAD DEL AGUA

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES



INFORME FINAL



CONTENIDO

	Pág.
ANTECEDENTES	3
MONITOREO SISTEMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES	7
EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES	8
CUADRO RESUMEN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES	26
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	31



DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES

ANTECEDENTES

La Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac, y Xochiac o Hueyapan, y sus afluentes³¹ fue publicada el 6 de julio de 2011, en el Diario Oficial de la Federación, con fundamento técnico en el Estudio de Clasificación del río Atoyac, Puebla –Tlaxcala¹¹, y en el Estudio de Clasificación del río Zahuapan, Puebla –Tlaxcala⁹.

En el estudio de clasificación, se concluyó que la calidad del agua de los ríos Zahuapan y Atipac o Atenco o Apizaco han sufrido alteración en su calidad con motivo de las descargas de aguas residuales provenientes de procesos industriales y asentamientos humanos, que vierten 59.22 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno, 25.83 toneladas al día de sólidos suspendidos totales, 15.54 toneladas al día de nutrientes, 0.011 toneladas al día de metales pesados, más contaminación microbiológica, entre otros.

También se determinó que el cumplimiento de la NOM-001-SEMARNAT-1996⁴ no es suficiente para alcanzar la calidad del agua requerida para los usos de dichos cuerpos de agua, por lo que se determinaron los límites máximos de descarga de deberán cumplir las descargas de aguas residuales para mejorar la calidad de estos cuerpos de agua.

Para el estudio y la regulación de las descargas de aguas residuales, el río Zahuapan y sus afluentes se dividieron en 6 zonas, Tabla 1^{9,15} y Figura 1.

Tabla 1. Zonas en que se dividió el río Zahuapan y río Atipac o Atenco o Apizaco, y sus afluentes para su estudio y su regulación

No.	Zona	Delimitación	Características
1	Atlangatepec	Desde la cortina de la presa Atlangatepec, hasta 8 km antes de la confluencia del arroyo Atlixlac.	Longitud de la zona 15 km. Caudal de 70 L/s.
2	Atlixlac	Inicia 8 km antes de la confluencia con el arroyo Atlixlac, hasta 2 km antes de la confluencia del río Atipac o Atenco o Apizaco.	Longitud de la zona 15 km. Confluencia del arroyo Atlixlac por la margen izquierda. Recibe 6.79 toneladas/día de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno. Caudal de 638 L/s.



No.	Zona	Delimitación	Características
3	Apizaco	Inicia 2 km antes de la confluencia del río Atipac o Atenco o Apizaco, hasta antes de la confluencia del río Los Negros.	Longitud de la zona 8 km. Confluencia del río Atipac o Atenco o Apizaco y del arroyo Dos Arroyos por la margen izquierda. Recibe 22.43 toneladas/día de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno. Caudal de 1,025 L/s.
4	Los Negros	Desde antes de la confluencia del río Los Negros hasta 4 km antes de la confluencia del río Totolac.	Longitud de la zona 8 km. Confluencia del río Los Negros por la margen izquierda. Recibe 11.47 toneladas /día de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno. Caudal de 1,262 L/s.
5	Totolac	Desde 4 km antes de la confluencia del río Totolac hasta 4 km antes de la presa Santa Agueda.	Longitud de la zona 10 km. Confluencia del río Totolac por la margen derecha. Recibe 9.13 toneladas/día de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno. Caudal de 1,277 L/s.
6	Viejo	Desde 4 km antes de la presa Santa Agueda hasta la confluencia con el río Atoyac.	Longitud de la zona 10 km. Confluencia del río Viejo por la margen izquierda. Recibe 9.3 toneladas/día de materia orgánica medida como demanda química de oxígeno. Caudal de 222 L/s.

Fuente: Estudio de Clasificación del río Zahuapan, Puebla –Tlaxcala⁹.

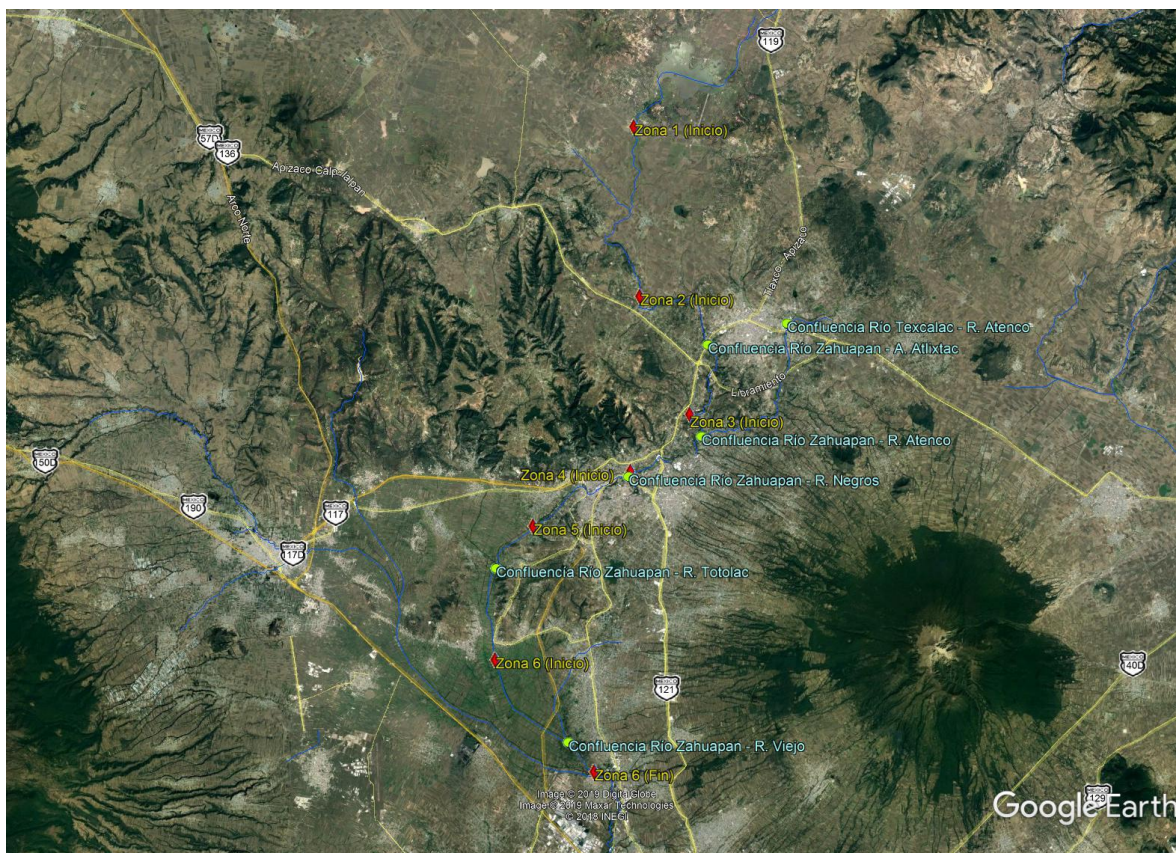


Figura 1. Zonas en que se dividió el río Zahuapan y sus afluentes para su estudio y regulación de las descargas de aguas residuales

Se determinaron los contaminantes que deberán cumplir las descargas, Tabla 2, como lo establece la Ley de Aguas Nacionales (LAN)³.

Tabla 2. Contaminantes que deberán cumplir las descargas de aguas residuales en los ríos Zahuapan y Atipac o Atenco o Apizaco, y sus afluentes

Contaminantes	
Plazo 1	Plazos 2 y 3
	Temperatura
Grasas y aceites	Grasas y aceites
Materia flotante	Materia flotante
Sólidos sedimentables	Sólidos sedimentables
Sólidos suspendidos totales	Sólidos suspendidos totales
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)
Nitrógeno total	Nitrógeno total
Fósforo total	Fósforo total
Potencial de hidrógeno	Potencial de hidrógeno
Arsénico	Arsénico
Cadmio	Cadmio
Cobre	Cobre
Cromo	Cromo



Contaminantes	
Mercurio	Mercurio
Níquel	Níquel
Plomo	Plomo
Zinc	Zinc
Cianuro	Cianuros
Coliformes fecales	Coliformes fecales
Huevos de helminto	Huevos de helminto
	Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)
	Demanda química de oxígeno
	Color (escala Pt-Co)
	Conductividad eléctrica
	Nitrógeno amoniacal
	Fenoles totales
	Sulfatos
	Fierro
	Manganeso
	Cloruros
	Aluminio
	Toxicidad aguda (<i>Vibrio fischeri</i> y <i>Daphnia magna</i>)
	Hidrocarburos aromáticos polinucleares
	2,4 Dinitrotolueno
	N-Nitrosodi-N-Propilamina
	Bis (2-Cloroetil) Éter
	Bis 2 (Etilhexil) Ftalato
	Dietilftalato

Fuente: Estudio de Clasificación del río Zahuapan, Puebla –Tlaxcala⁹.



MONITOREO SISTEMÁTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES

A partir del año 2012 se inició la operación de una nueva Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA)¹⁷ que realiza el monitoreo sistemático de los cuerpos de agua nacionales más importantes del país, entre ellos se encuentran el río Zahuapan y sus afluentes; y la presa Atlangatepec.

Uno de los objetivos del monitoreo del río Zahuapan y sus afluentes, es dar seguimiento a la calidad del agua y determinar cuantitativamente si existe mejora o deterioro con respecto a la situación que guardaban estos cuerpos de agua cuando se realizó el estudio de clasificación.

La Tabla 3 contiene los sitios de la RNMCA y sus equivalentes en el Estudio de Clasificación. Se incluyen las claves de la Red Nacional de Monitoreo (CLAVE_RNM), y sus correspondientes en el Estudio de Clasificación (CL_EST). En la tabla se indica también la zona en que se encuentra cada sitio, así como su orden, esto es, orden 1 para los sitios que se encuentran en el río Zahuapan, orden 2 para los sitios en afluentes, y orden 3 para los sitios en la presa Atlangatepec.

Tabla 3. Sitios de la RNM y del Estudio de Clasificación, en el río Zahuapan y sus afluentes

CLAVE_RNM	CL_EST	DESCRIPTOR	ZONA	SITIO-RNM	ORDEN
DLTLA2571		P. ATLANGA 5	1	Presa Atlanga Zahuapan (presa San José Atlanga 5)	3
DLTLA2569		P. ATLANGA 3	1	Presa Atlanga La Herradura (presa San José Atlanga 3)	3
DLTLA2568		P. ATLANGA 6	1	Presa Atlanga Zacapexco (presa San José Atlanga 6)	3
DLTLA2567		P. ATLANGA 4	1	Presa Atlanga aeropuerto (presa San José Atlanga 4)	3
DLTLA2566		P. ATLANGA 7	1	Presa Atlanga centro oriente (presa San José Atlanga 7)	3
DLTLA2565		P. ATLANGA 2	1	Presa Atlanga Santa Clara Ozumba (presa San José Atlanga 2)	3
DLTLA2570		P. ATLANGA CORT	1	Presa Atlanga cortina (presa de Atlangatepec 3)	3
DLTLA2572	Z-01	aa PRESA ATLANGA	1	Zahuapan-presa Atlanga	1
DLTLA2562	AAZ-01	A. ATLIXTACA	2	Procter & Gamble Manufactura, S. de R.L. de C.V. (aguas abajo)	2
DLTLA2560	Z-02	AA CASC ATLIH	2	Río Zahuapan aguas arriba de la cascada Atlihuetzia	1
DLTLA2561	Z-03	aa CASC ATLIH	3	Río Zahuapan aguas abajo de la cascada Atlihuetzia	1
DLTLA2559	RAZ-01	R. ATENCO	3	Río Atenco antes de confluencia con río Zahuapan	2
DLTLA2557	Z-04	AA R. LOS NEGROS	4	Z- 04 Confluencia río Zahuapan río de Los Negros/ Tlaxcala	1
DLTLA2558	RNZ-01	R. LOS NEGROS	4	Río de Los Negros antes de confluencia con río Zahuapan	2
DLTLA2556		PTE. TLAX-S.MARTIN	4	Puente carretera Tlaxcala-San Martín (El Trébol)	1
DLTLA2555		BCA. HUEHUETITLA	4	Barranca Huehuetitla antes de la confluencia con el río Zahuapan	2
DLTLA2554		aa HORIZONTES S.A	4	Horizontes, S.A. de C.V. (aguas abajo)	1
DLTLA2552	Z-05	AA DER. PANOTLA	4	Río Zahuapan antes derivadora Panotla	1
DLTLA2551	RTZ-01	R. TOTOLAC	5	Antes de la confluencia con el río Zahuapan	2
DLTLA2554M1		aa R.TOTOLAC	5	Río Zahuapan aguas abajo de la confluencia del río Totolac	1
DLTLA2549	Z-06	AA P. STA.AGUEDA	6	Río Zahuapan aguas arriba de presa Santa Agueda	1
DLTLA2548	RVZ-01	R. VIEJO	6	Río Viejo antes de la confluencia con el río Zahuapan	2
DLTLA2545	Z-07	AA R. ATOYAC	6	Antes de la confluencia con el río Atoyac	1

A.A = aguas arriba

a.a= aguas abajo



EVOLUCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN EL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES

La Tabla 4 contiene los indicadores anuales de 2012 a 2019, así como las concentraciones promedio determinadas en el Estudio de Clasificación. Se incluye Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Coliformes Fecales (CF) y Toxicidad Aguda (TOX).

Tabla 4. Indicadores de calidad del agua superficial de 2012 a 2019 y resultados del Estudio de Clasificación

CLAVE_RNM	Demanda Bioquímica de Oxígeno									Demanda Química de Oxígeno								
	Estudio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Estudio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
DLTLA2571		56	23.7	21	4	4.9	4.2	4.3	10.2		94.3	75.1	153	33.4	42.3	31.9	43.7	51.4
DLTLA2569		28	9.5	19.9	2.3	1.7	6.6	4	11.4		66.1	94.9	84.8	30.4	34.5	22.8	34.4	68.2
DLTLA2568		18.5	63.2	14.9	4.1	3.2	4.1	3.3	7.2		84.3	276.4	148.1	38.6	33	54.5	43	45.4
DLTLA2567		18.5	20.1	8.1	5.5	3.1	5	4	2.8		106.8	68.7	116.1	46.7	38.4	32.2	40.3	34.6
DLTLA2566		17	34.4	10.3	16.5	5.3	6.3	4.3	10.4		81.8	93.2	77.2	54.8	37	45.1	46.5	73.2
DLTLA2565		18	9.1	15.2	2.2	2.1	4.4	3	12.4		89.3	53.3	79	39.5	39.5	48.7	31.3	74.3
DLTLA2570		27	8.4	31.2	1.9	2.2	3.3	3	3.6		42.1	40.2	75.8	36.3	31.8	26.1	32.7	41.8
DLTLA2572	86.2		4.8	6.8	4	3.6	5.8	1.7	2	283.1		39	61.7	47.1	41.1	48.3	40.5	22.5
DLTLA2562	20	13.5	7.5	47.9	12.8	51.1	48.3	35.5	42.5	32.5	67.6	72.1	120.4	54.4	139.9	122.2	87	74
DLTLA2560	60.5	10.7	13	15.2	10	22.4	17	16.5	14.7	78.7	42.1	104.4	109.8	51	169.5	67.2	92.7	57.3
DLTLA2561	40	18	12	10.9	12.6	13.8	13.8	13.5	12.1	94.2	43.1	121.9	93.1	43.1	124.5	52.5	90.2	46.9
DLTLA2559	183.5	29	106.7	49.2	38.7	42.1	27	41	57.3	420		185	167.8	151.1	156.1	130.7	192.6	151.6
DLTLA2557	91.9	62	25.8	13.4	26	21.1	15.8		30.9	267.3		121.2	103.8	113.6	123.3	81.5		115.8
DLTLA2558	359.7	185	145	100.4	228.3	88.3	110	93.3	63.4	612.4		219.5	225.3	479.2	255.3	291	316.5	280.2
DLTLA2556		40	46	15	23.7	25	21.5	24.2	53.4		73.1	140.7	92.8	63.9	123.2	84.9	113.7	418.9
DLTLA2555		1	15.7	15.2	28	53.3	14.8	33.7	110		36.2	72.8	108.2	44.5	137.8	51.5	142.4	442.2
DLTLA2554		12	31	36	31						73.6	152.7	160.3	98.3				
DLTLA2552	99.4	16.5	60.8	21.7	35.8	30.9	21.3	36	34.3	173.4	58.6	168.5	144.2	112.7	149	117.1	148.1	140
DLTLA2551	150.3	10.7	15.5	16.4	9.7	27.3	14.3	15.3	47.3	447.9	47.6	199.2	87	62.5	168.9	71	77.5	148.1
DLTLA2554M1						32	17.3	23	29.3						140.6	68.4	91.9	95.4
DLTLA2549	46.5	32	16	27.4	14.7	18	22	23.3	39	142	61.6	159.5	118.1	73.4	159.7	68.6	55.8	189.8
DLTLA2548	205	27	98	63.3	59.3	113	73.3	38.3	41.6	617.8	45.6	351.8	186.8	202.9	263.8	202.4	142.3	206.3
DLTLA2545	91.2	46	62.3	54.6	30.2	80	28.5	43.3	29.9	255.7		185.4	149.4	140.2	297.4	83.8	153.2	144.9



Tabla 4. (Continuación). Indicadores de calidad del agua superficial de 2012 a 2019 y resultados del Estudio de Clasificación

CLAVE_RNM	Sólidos Suspendidos Totales									Toxicidad aguda								
	Estudio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Estudio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
DLTLA2571		61	29	57.7	18.5	19	19	14	22		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2569		31	35.5	25	13.5	17.5	16	12	16		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2568		28	65	88.2	21.5	25.5	41.3	15	15		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2567		23	74.9	11.5	23.5	17.5	19.5	14	10		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2566		24	22.5	26.5	17.5	16	14	15	14		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2565		31	27.5	25	20	39.5	16	15	19		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2570		30	40.5	25.5	16	17	15	11	15		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2572	110		12	18	14	15.4	8	5	13.5			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2562	240	11	5	36.5	5	19.5	26.3	20.5	17.5		0.5	0.5	2.3	0.5	2.8	2	6.7	0.5
DLTLA2560	< 5		327	44.5	60.3	42.8	21.5	17.5	27.5		0.5	0.5	0.5	0.5	2.7	0.5	5.3	0.5
DLTLA2561	< 5		21.5	55.9	34	19	14.5	9	19		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2559	70		74	35.5	43.1	48.1	68.5	37.5	42.3		0.5	0.5	1.5	3.2	3.1	1.9	0.5	1.1
DLTLA2557	70		42.3	50	74.2	60.4	50.9		161.7		0.5	0.5	0.5	4.1	1.8	2.4		0.5
DLTLA2558	310		27	100	158	52.1	56	59.9	53.4		0.5	2	3	5.6	4.8	5.7	12.4	9.2
DLTLA2556		40	5	165	75.5	150.1	75.5	50.8	97.5		0.5	0.5	0.5	2.4	2.1	1.9	1	0.5
DLTLA2555		8	10.5	124.8	40.1	102.1	63.8	83.3	105.7		0.5	0.5	0.5	0.5	2.1	2.3	4.7	6.6
DLTLA2554		45	5	202.1	91.3						0.5	0.5	0.5	3.8				
DLTLA2552	200	36	18	79.2	44.5	69	76.2	51	43		0.5	0.5	3.8	3.2	2.1	1.5	0.5	0.5
DLTLA2551	50	6	11.3	61.3	55.4	47	36	24	22.8		0.5	0.5	0.5	1.4	2.2	0.5	0.5	1.9
DLTLA2554M1						72.9	64.5	50.5	132.8						4.5	0.5	0.5	0.5
DLTLA2549	60	107	55	220.9	85	52.6	114.8	30.5	99.5		0.5	0.5	0.5	0.5	2.9	1.4	0.5	0.5
DLTLA2548	220	28	36.5	43.5	40.8	54.3	66.5	40	34.2		0.5	3.1	4.8	6.7	3.4	2.5	5.6	1.3
DLTLA2545	45	54	72.8	91	95.1	92.5	133.7	55.8	62.5		0.5	0.5	6	3.8	4.4	3.1	4.3	0.5



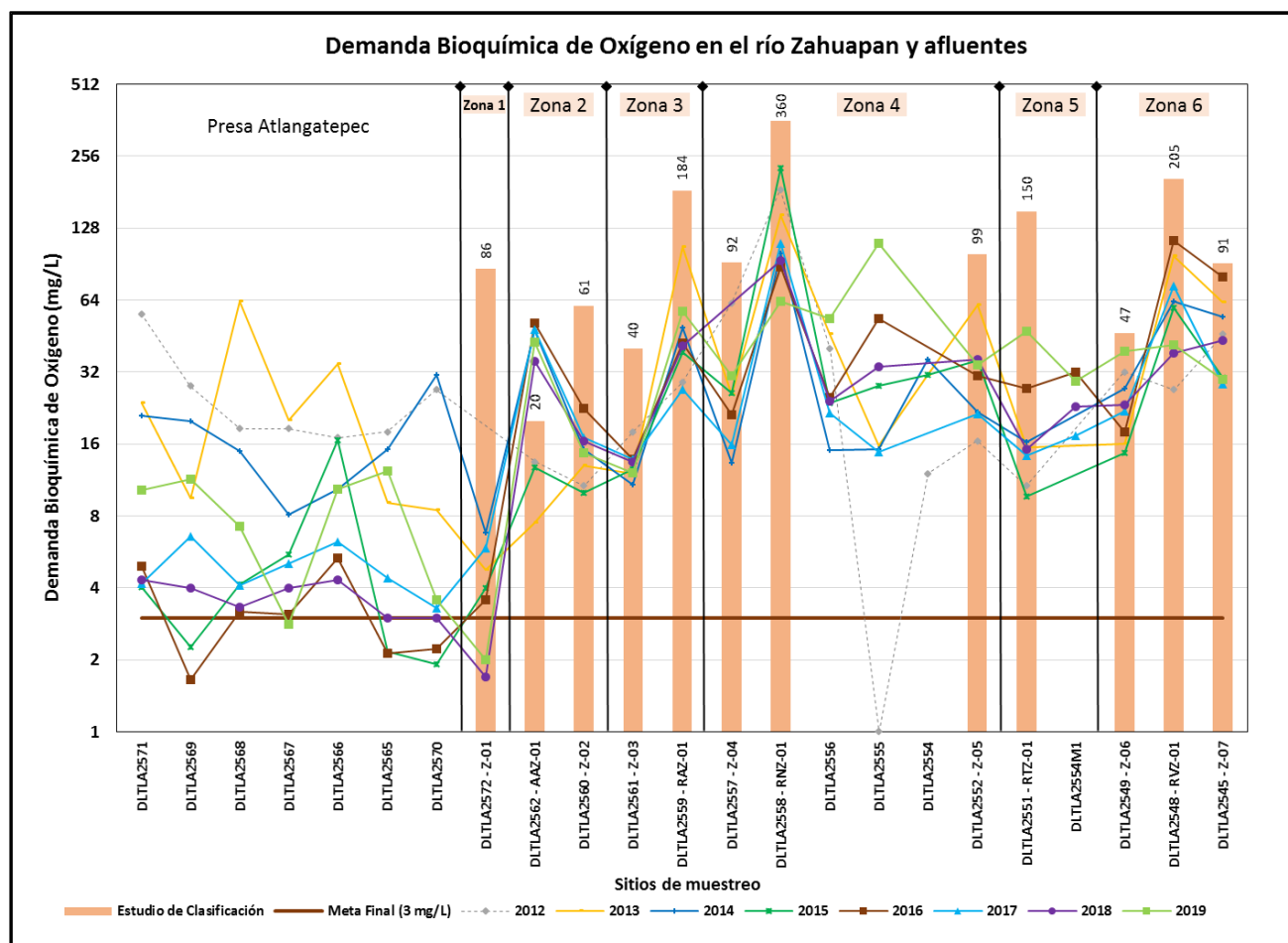
Tabla 4. (Continuación). Indicadores de calidad del agua superficial de 2012 a 2019 y resultados del Estudio de Clasificación

	Coliformes fecales								
CLAVE_RNM	Estudio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
DLTLA2571		20		14,300	2,375	14,300	7,800	430	24000
DLTLA2569		1.5		2,400	6,700	430	5,501	90	40
DLTLA2568		4		12,750	4,600	17,500	6,250	930	750
DLTLA2567		9		55	1,215	1,665	11,000	90	430
DLTLA2566				21	785	6,700	11,000	230	90
DLTLA2565		21		930	376	680	2,415	90	70
DLTLA2570		15		135	485	715	3,500	90	3
DLTLA2572	2,400,000		1,100	1,200	1,065	1,125	3,050	580	230.5
DLTLA2562	1,100,000	2,400	2,300	17,500	24,000	24,000	24,000	24,000	24,098
DLTLA2560	2,400,000		1,800	24,000	24,000	11,000	24,000	17,500	24,098
DLTLA2561	2,400,000		2,400	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	61,020
DLTLA2559	2,400,000		2,250	24,000	24,000	17,500	24,000	24,000	132,980
DLTLA2557	2,400,000		2,800	24,000	24,000	7,800	24,000		132,980
DLTLA2558	2,400,000		3,000	24,000	24,000	6,700	24,000	24,000	132,980
DLTLA2556		2,400	2,400	24,000	24,000	24,000	24,000	11,000	132,980
DLTLA2555		2,400	3,500	17,500	24,000	24,000	24,000	24,000	132,980
DLTLA2554		2,400	4,250	24,000	24,000				
DLTLA2552	1,100,000		3,900	24,000	24,000	17,500	24,000	14,300	24,098
DLTLA2551	1,100,000	1.5	24,000	24,000	24,000	17,500	24,000	24,000	132,980
DLTLA2554M1						24,000	24,000	24,000	132,980
DLTLA2549	4,600,000	9	2,400	24,000	24,000	17,500	24,000	24,000	132,980
DLTLA2548	4,600,000	210	9,300	24,000	24,000	17,500	24,000	24,000	24,098
DLTLA2545	460,000	2,400	4,600	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	132,980

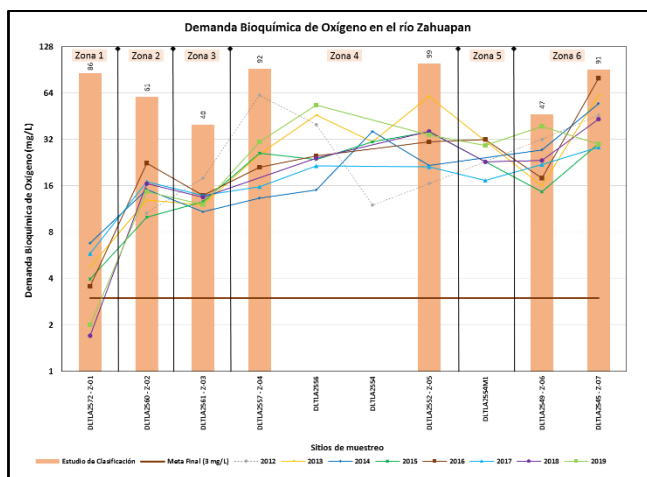


En las gráficas 1 a 5, se presenta la evolución de estos Indicadores. Las barras representan los resultados del Estudio de Clasificación y las líneas, las medianas de las concentraciones anuales de los contaminantes.

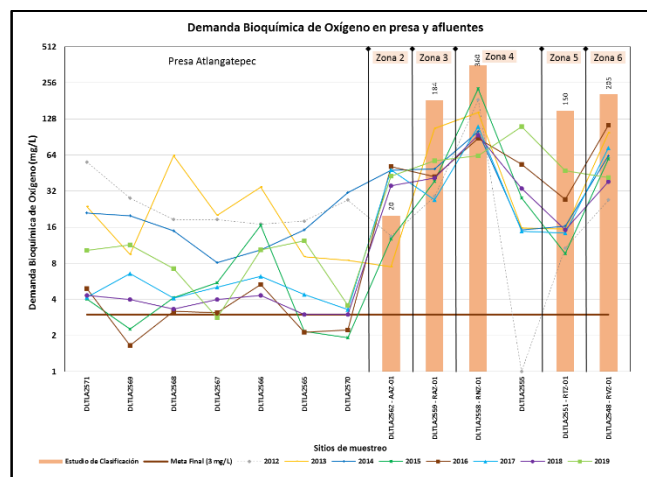
Las gráficas 6 a la 10 contienen la evolución de otros contaminantes que se encontraron ampliamente distribuidos en el cauce del río y en las inmediaciones de las confluencias de sus afluentes, estos son, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, color verdadero, sustancias activas al azul de metileno (SAAM) y fósforo total.



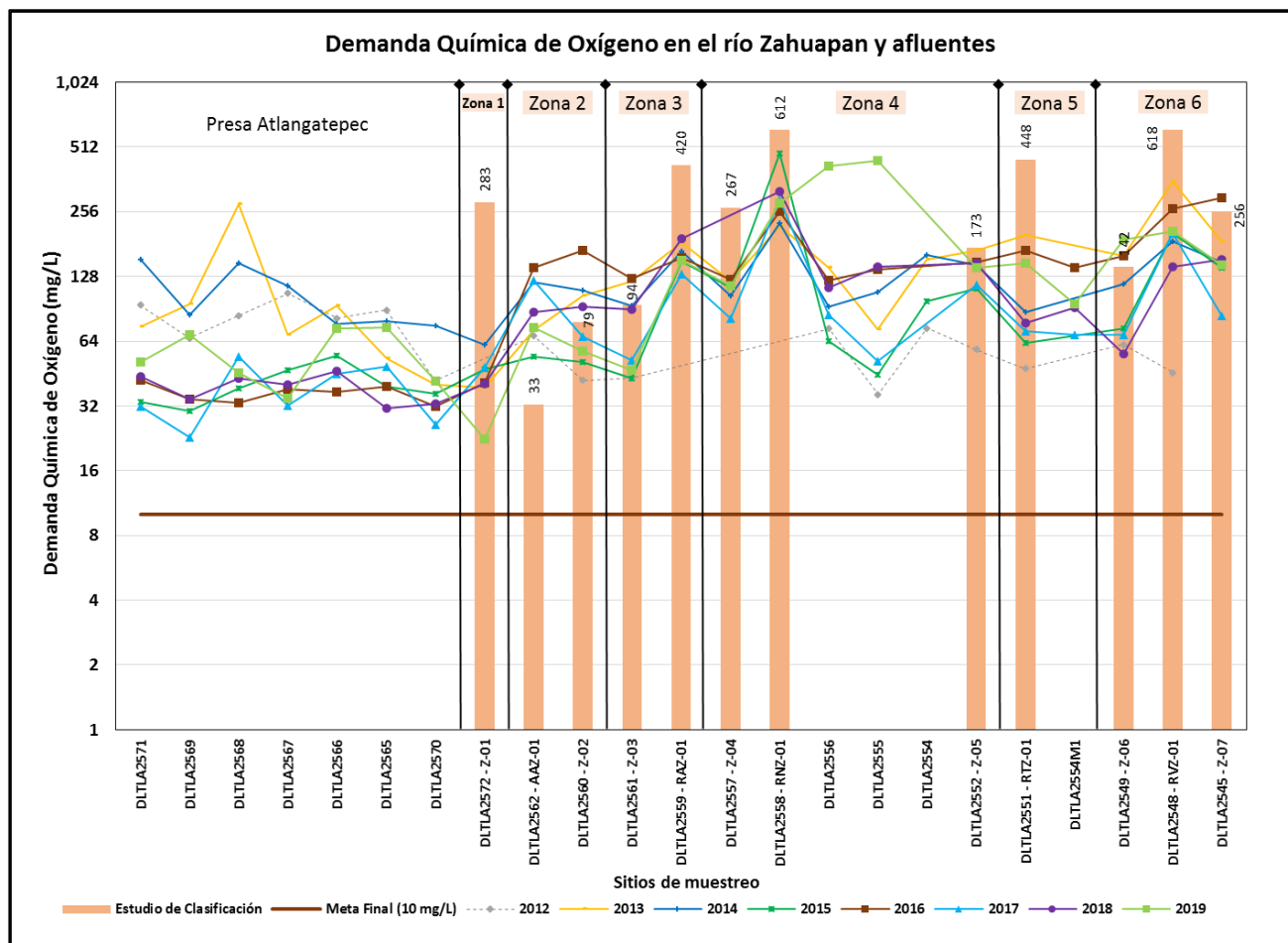
Gráfica 1a. Seguimiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Zahuapan y sus afluentes



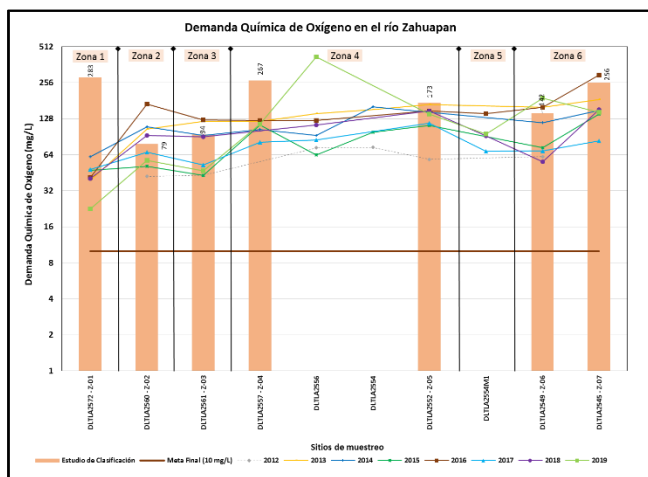
Gráfica 1b. DBO en el río Zahuapan



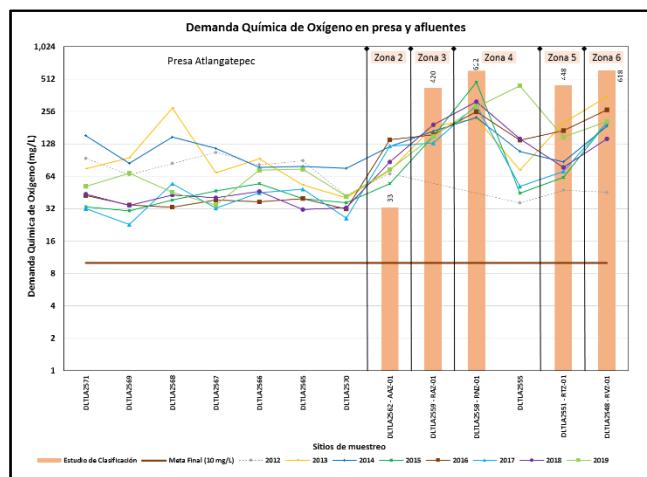
Gráfica 1c. DBO en presa y afluentes del río Zahuapan



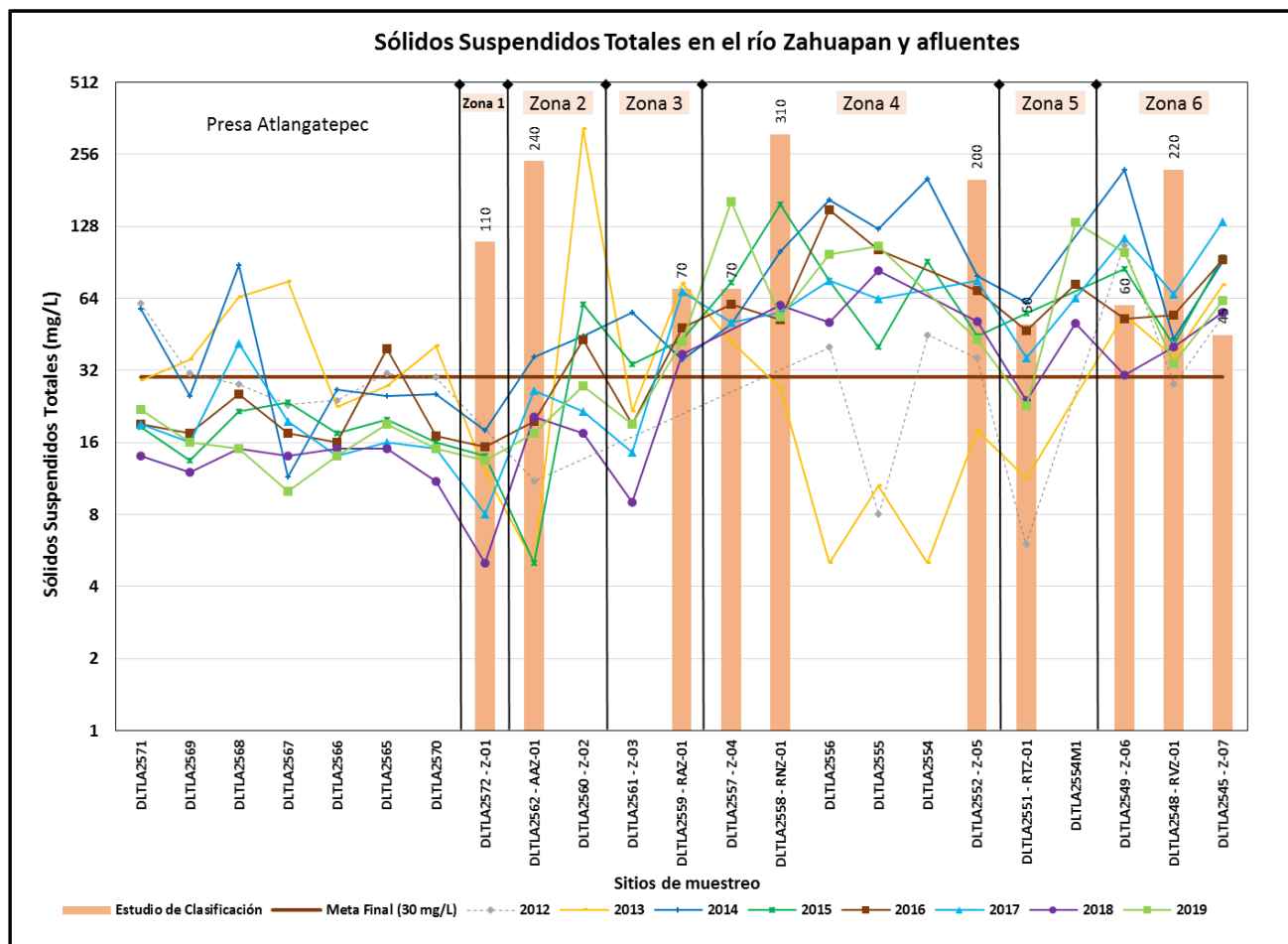
Gráfica 2a. Seguimiento de la Demanda Química de Oxígeno en el río Zahuapan y sus afluentes



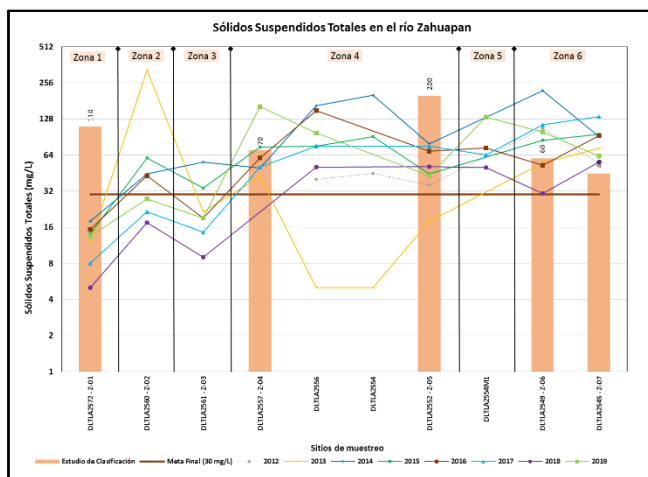
Gráfica 2b. DQO en el río Zahuapan



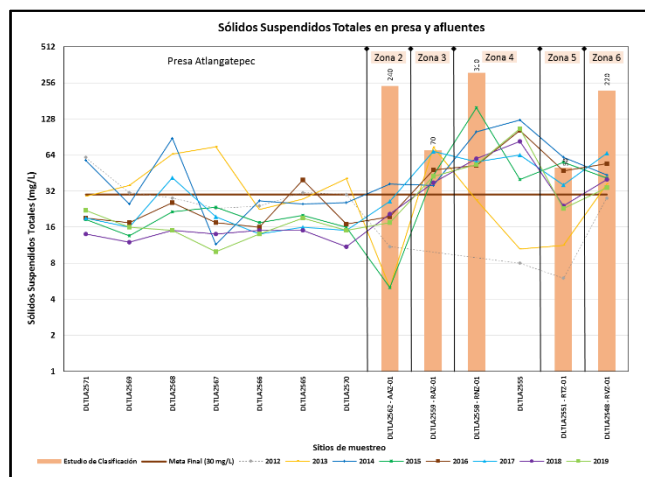
Gráfica 2c. DQO en presa y afluentes del río Zahuapan



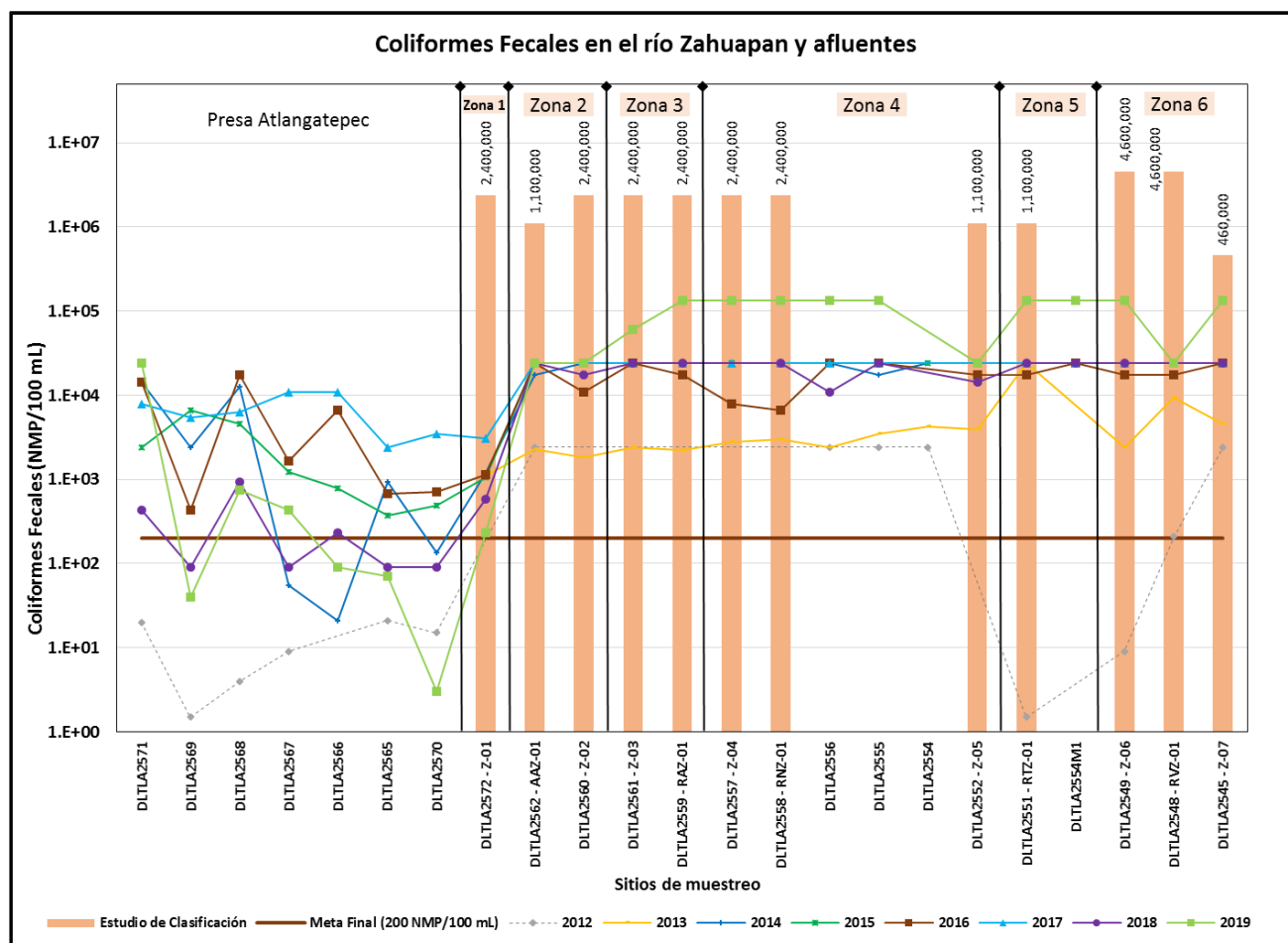
Gráfica 3a. Seguimiento de los Sólidos Suspendedos Totales en el río Zahuapan y sus afluentes



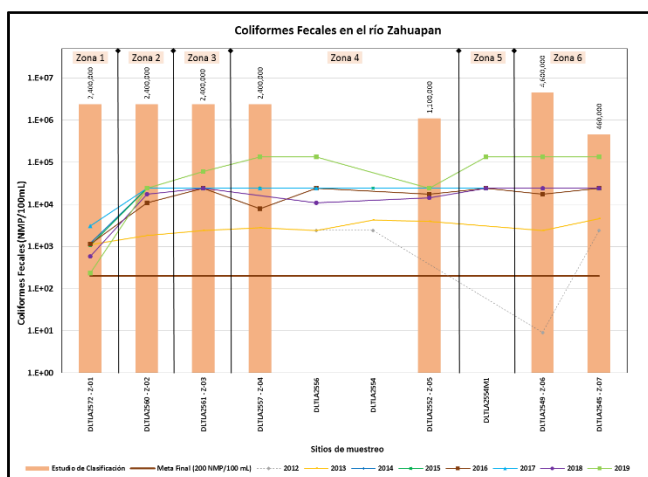
Gráfica 3b. SST en el río Zahuapan



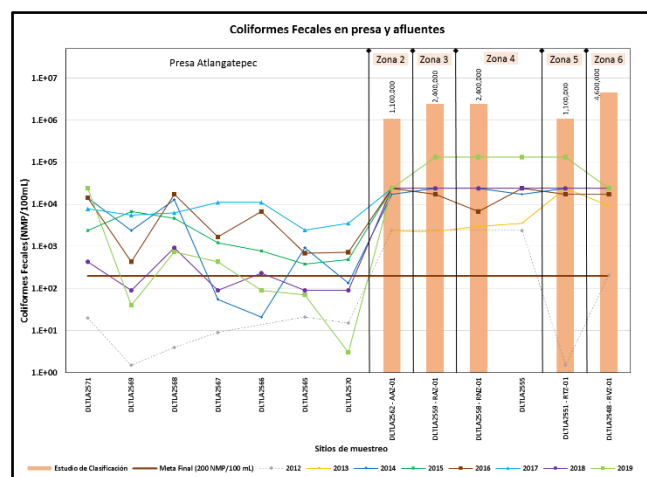
Gráfica 3c. SST en presa y afluentes del río Zahuapan



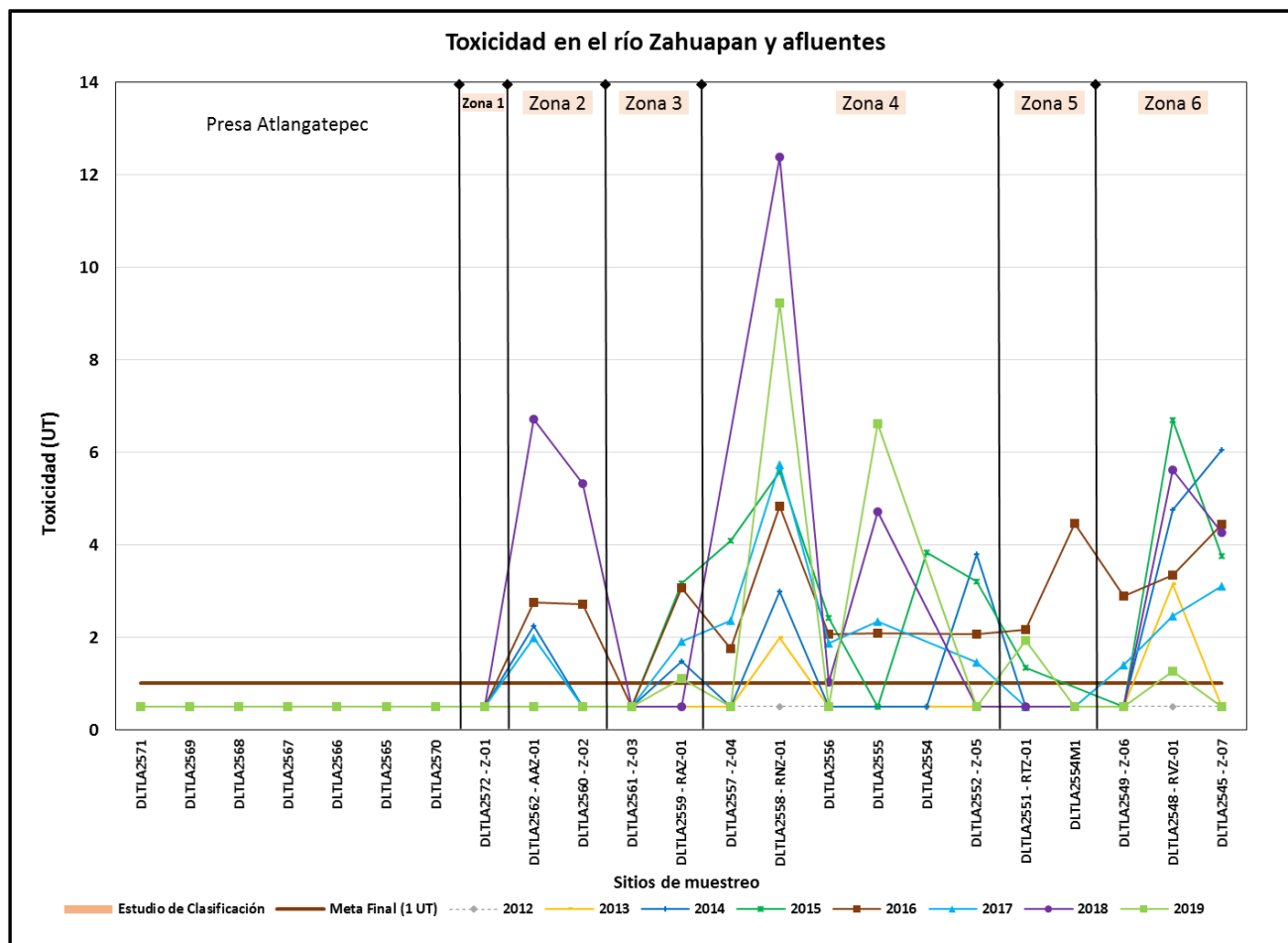
Gráfica 4a. Seguimiento de Coliformes Fecales en el río Zahuapan y sus afluentes



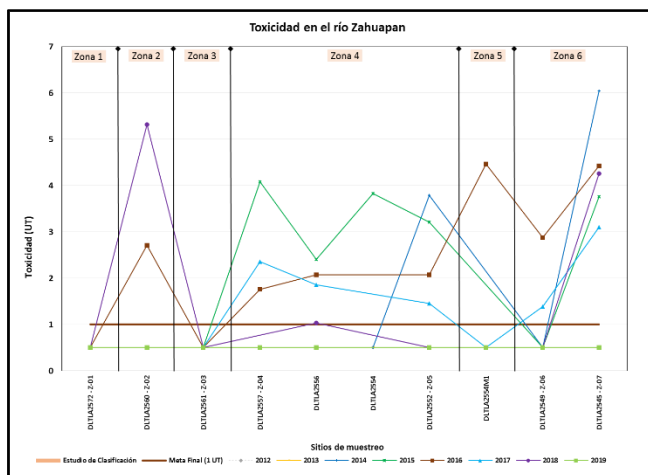
Gráfica 4b. Coliformes Fecales en el río Zahuapan



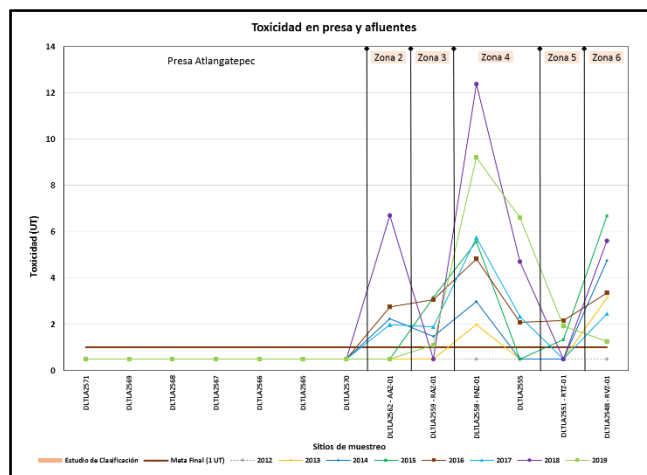
Gráfica 4c. Coliformes Fecales en presa y afluentes del río Zahuapan



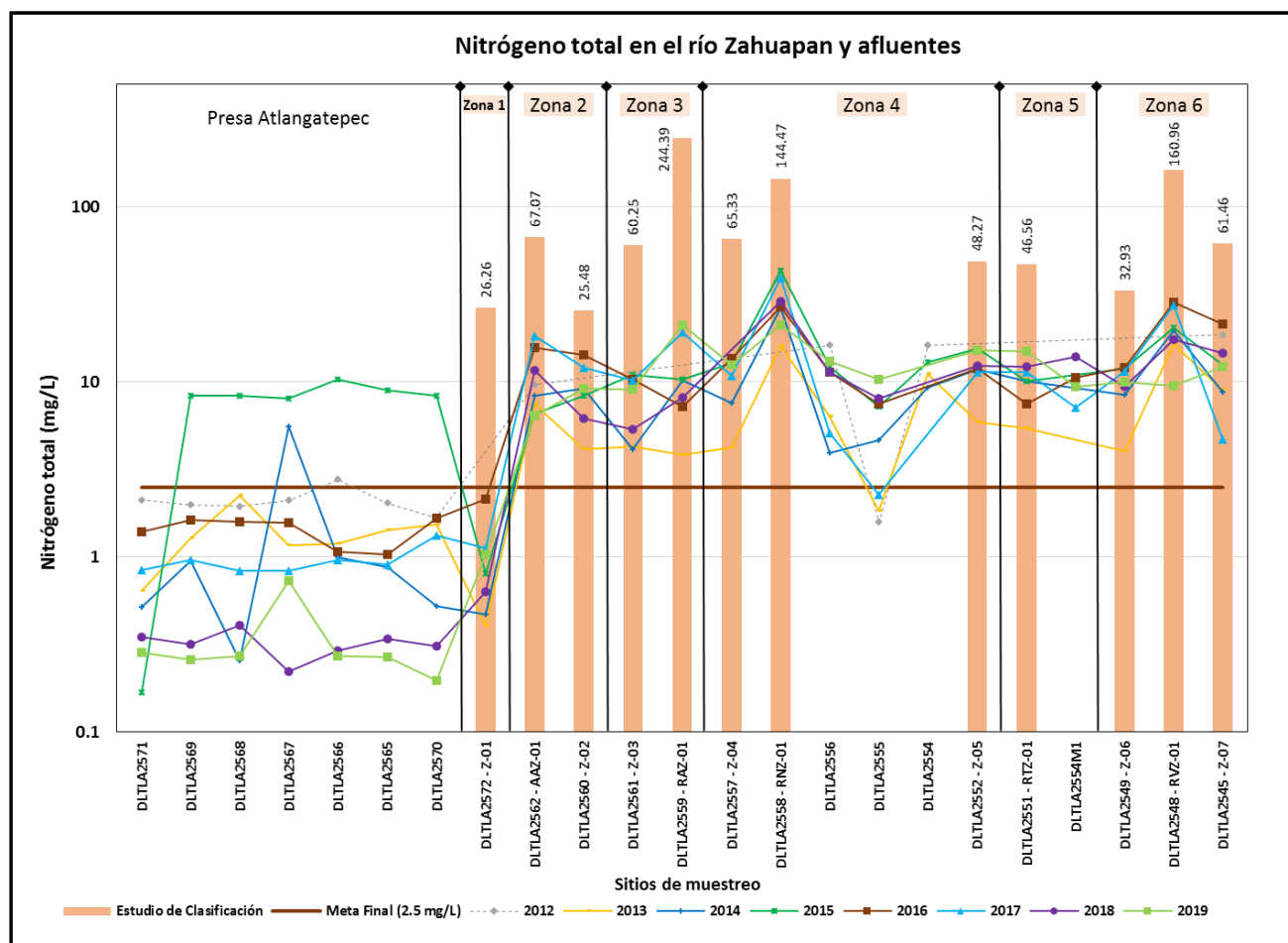
Gráfica 5a. Seguimiento de la toxicidad en el río Zahuapan y sus afluentes



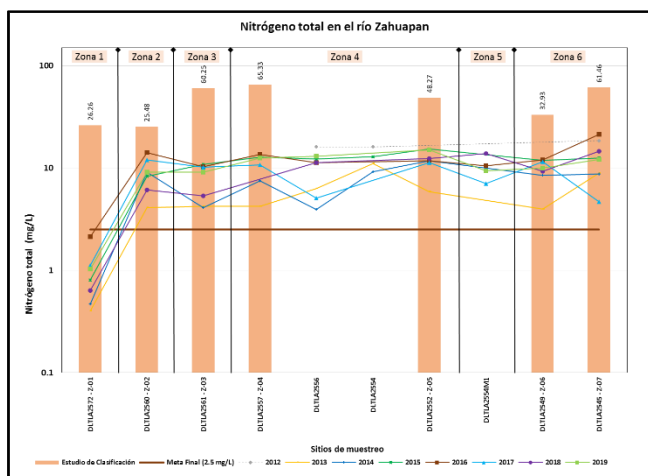
Gráfica 5b. Toxicidad en el río Zahuapan



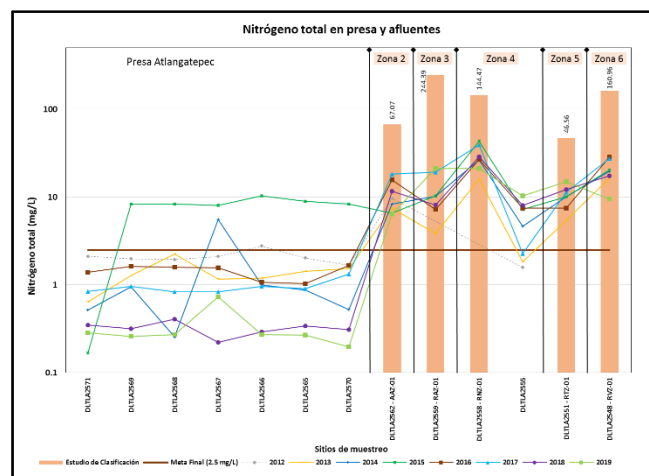
Gráfica 5c. Toxicidad en presa y afluentes del río Zahuapan



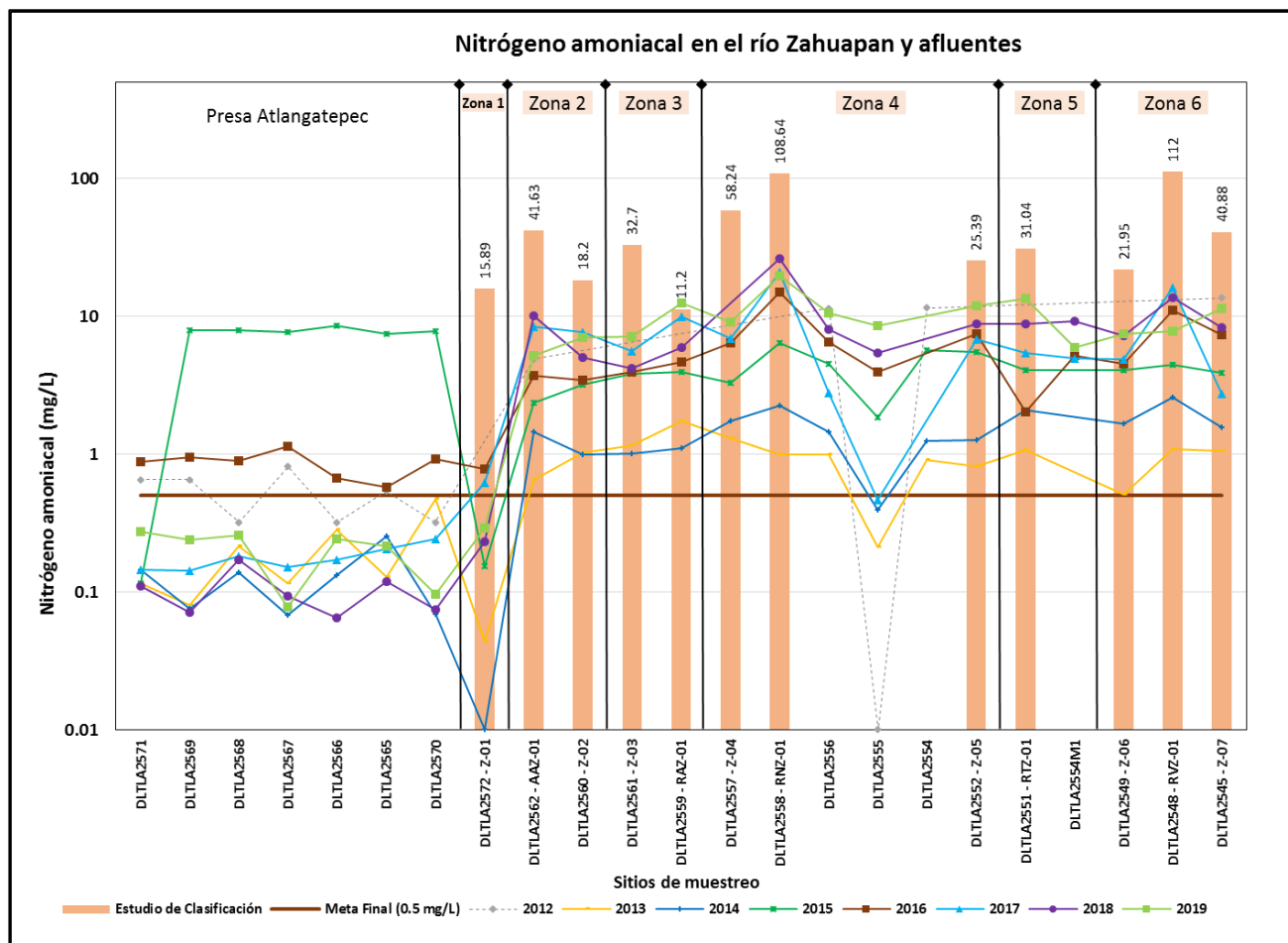
Gráfica 6a. Seguimiento de Nitrógeno total en el río Zahuapan y sus afluentes



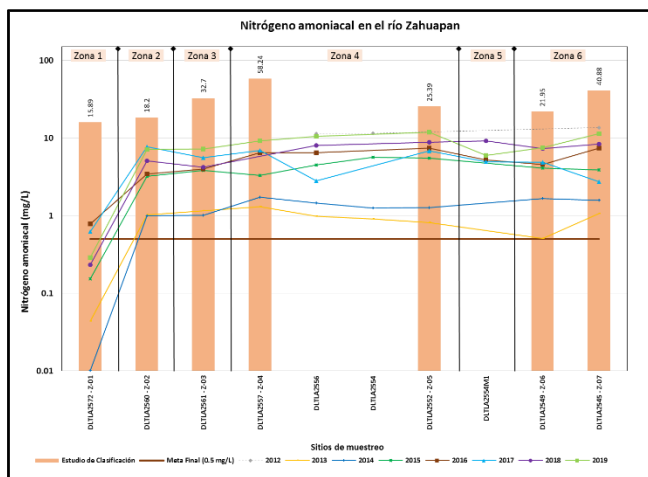
Gráfica 6b. Nitrógeno total en el río Zahuapan



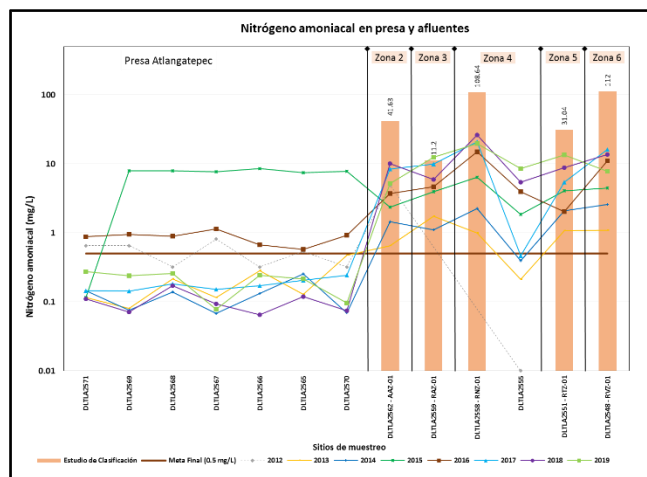
Gráfica 6c. Nitrógeno total en presa y afluentes del río Zahuapan



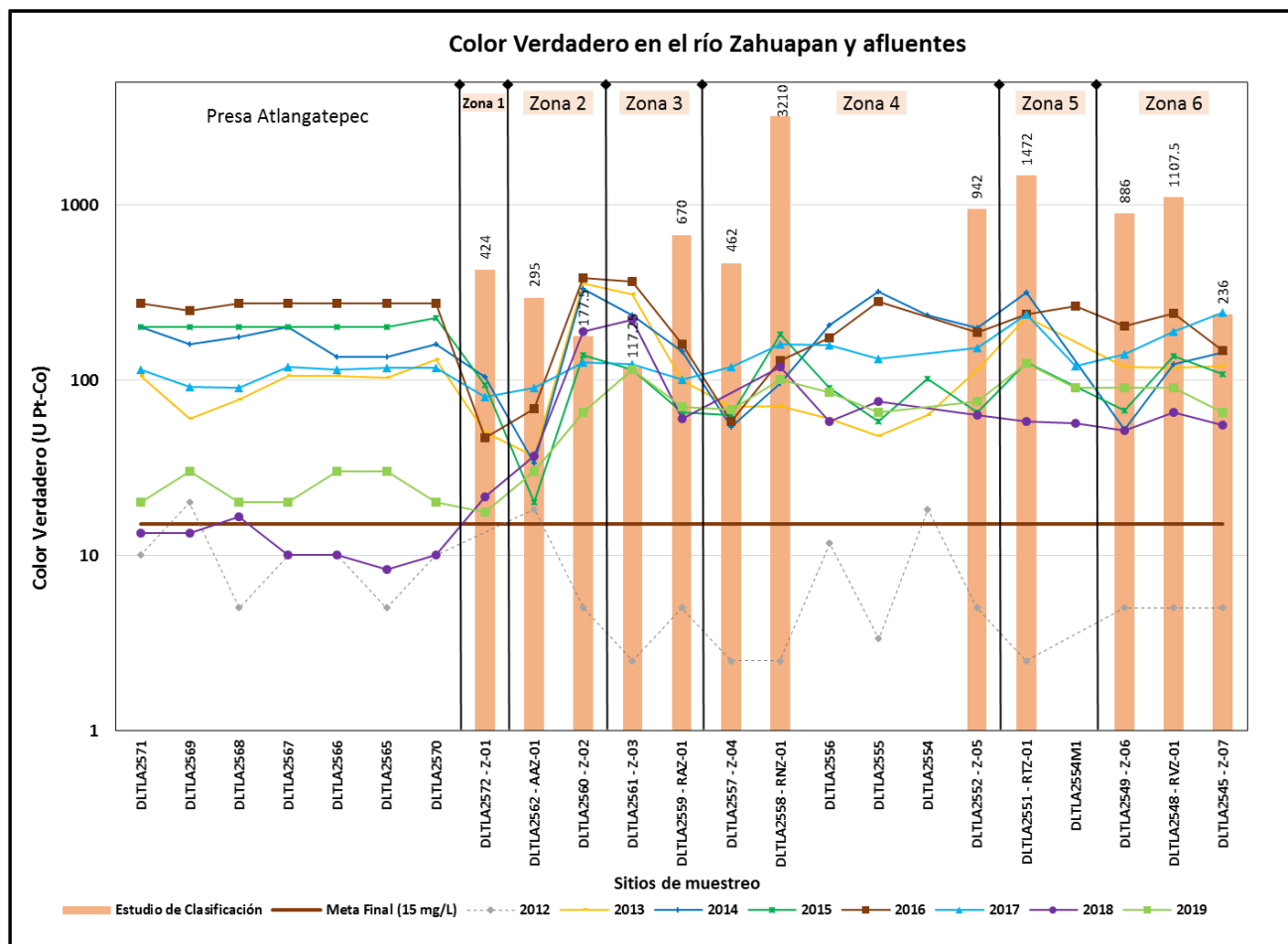
Gráfica 7a. Seguimiento de Nitrógeno amoniacal en el río Zahuapan y sus afluentes



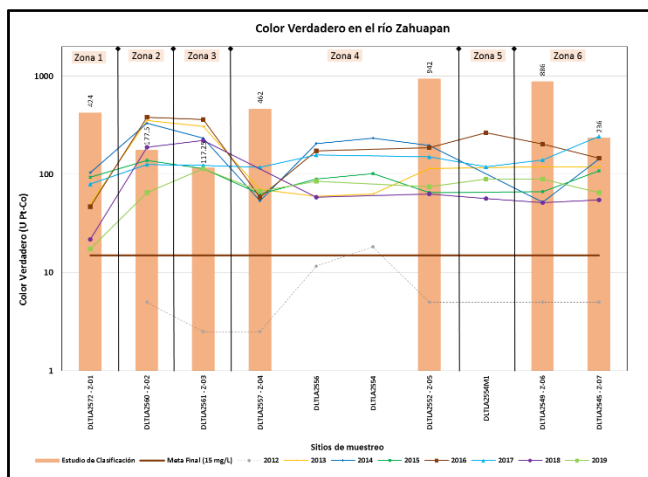
Gráfica 7b. Nitrógeno amoniacal en el río Zahuapan



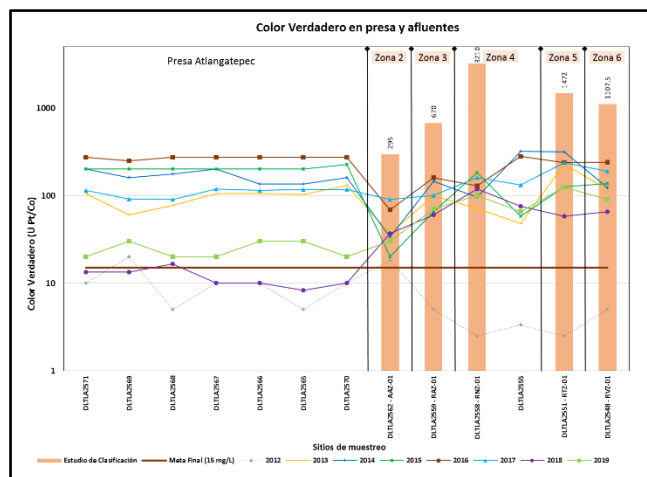
Gráfica 7c. Nitrógeno amoniacal en presa y afluentes del río Zahuapan



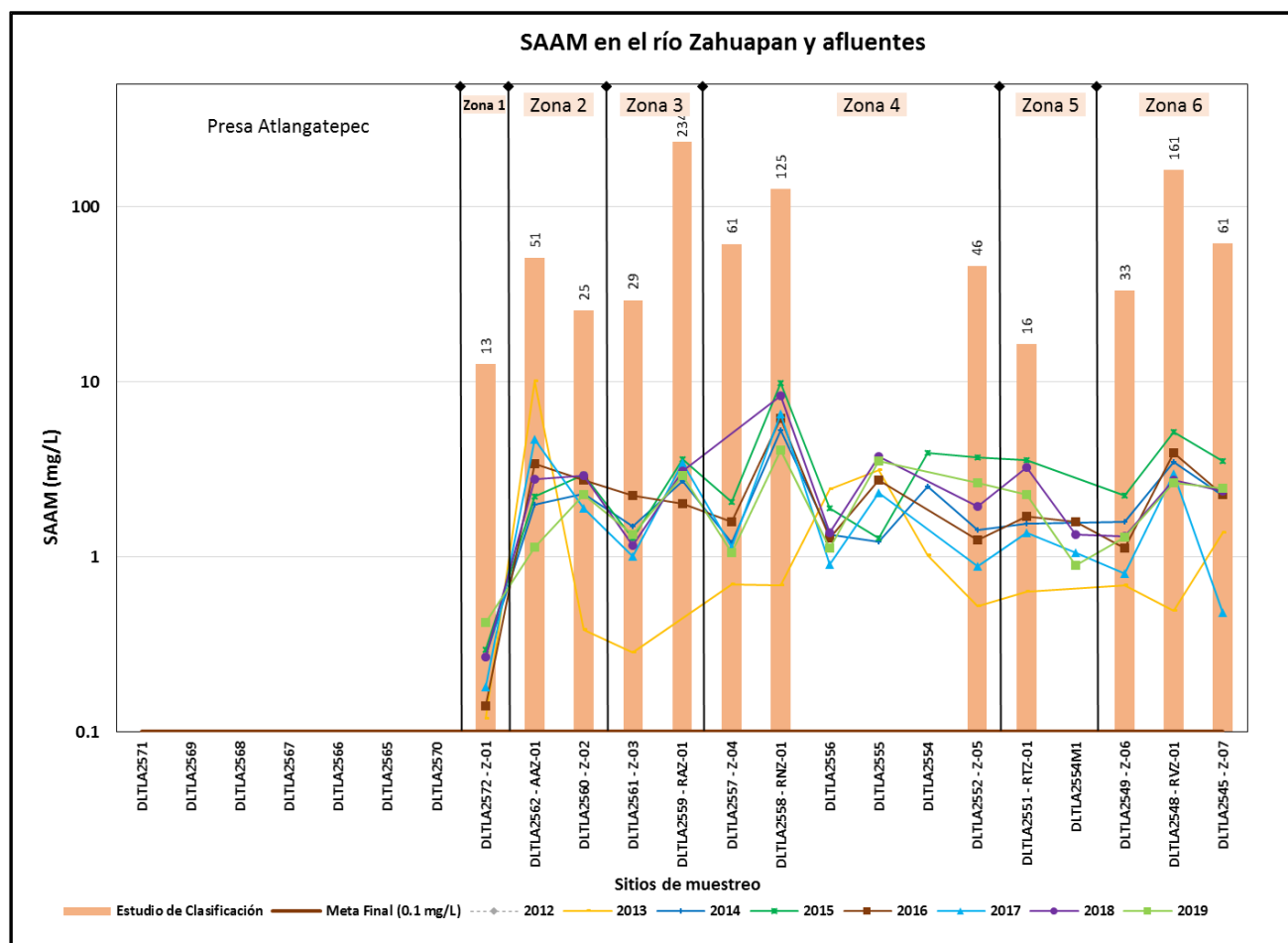
Gráfica 8a. Seguimiento del Color en el río Zahuapan y sus afluentes



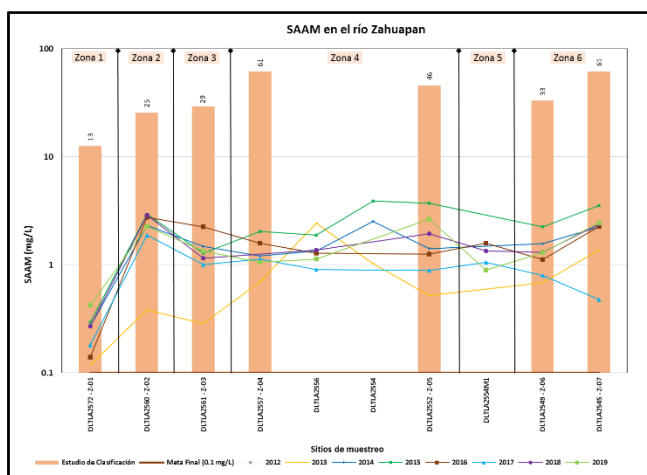
Gráfica 8b. Color en el río Zahuapan



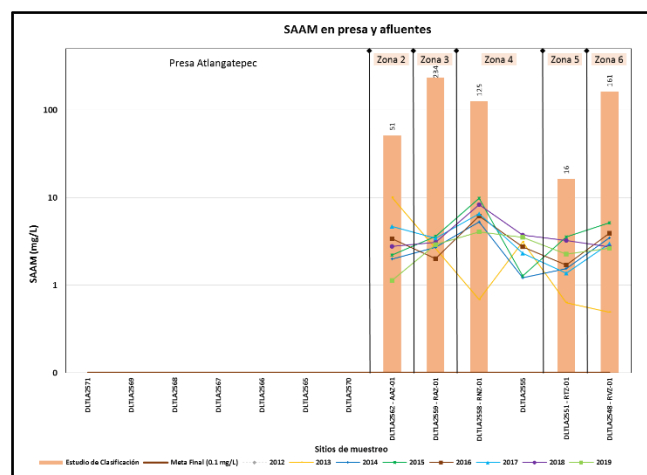
Gráfica 8c. Color en presa y afluentes del río Zahuapan



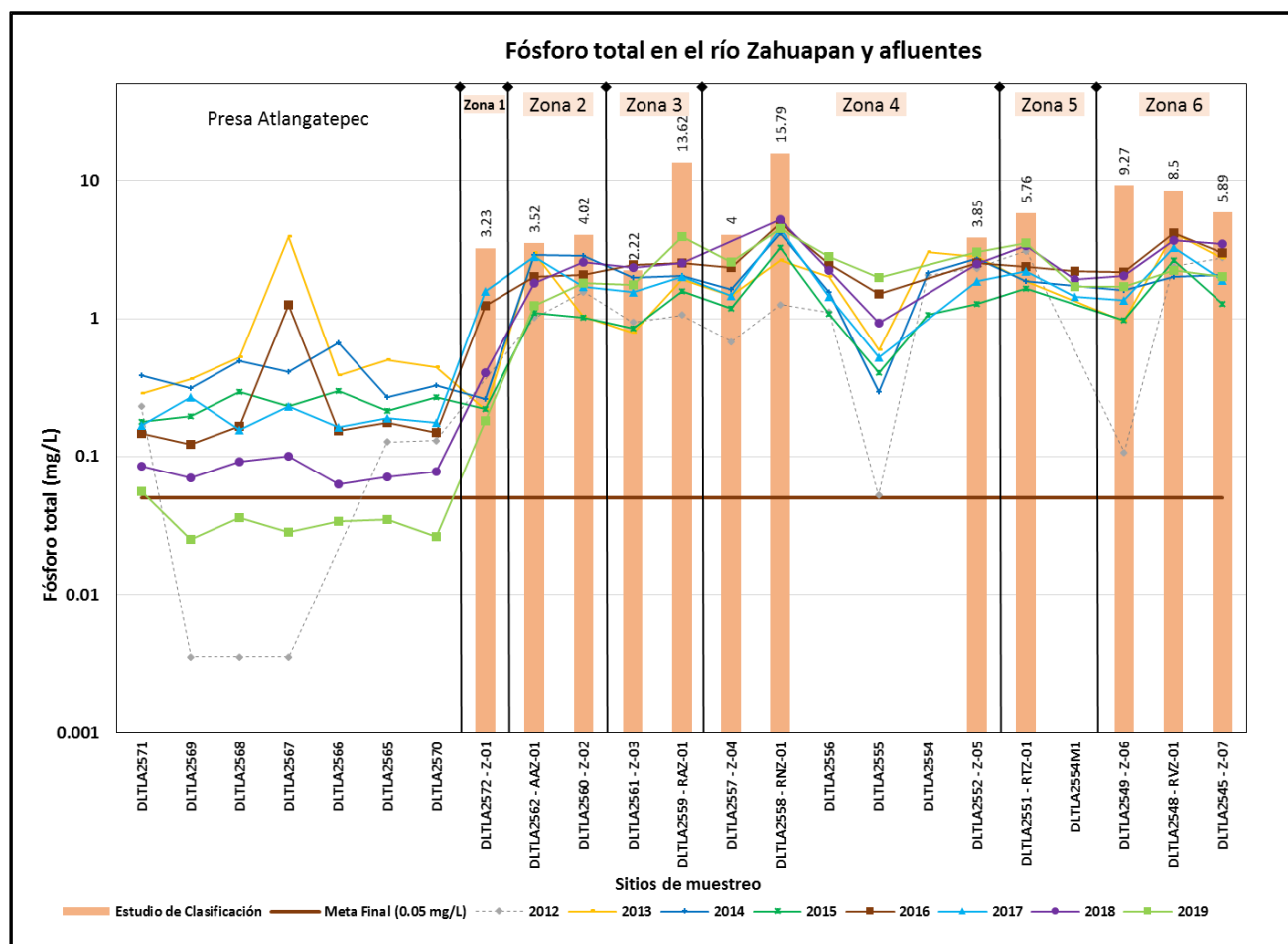
Gráfica 9a. Seguimiento de SAAM en el río Zahuapan y sus afluentes



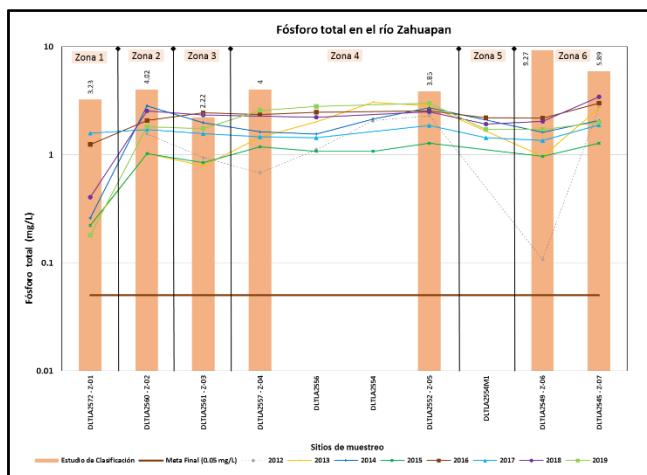
Gráfica 9b. SAAM en el río Zahuapan



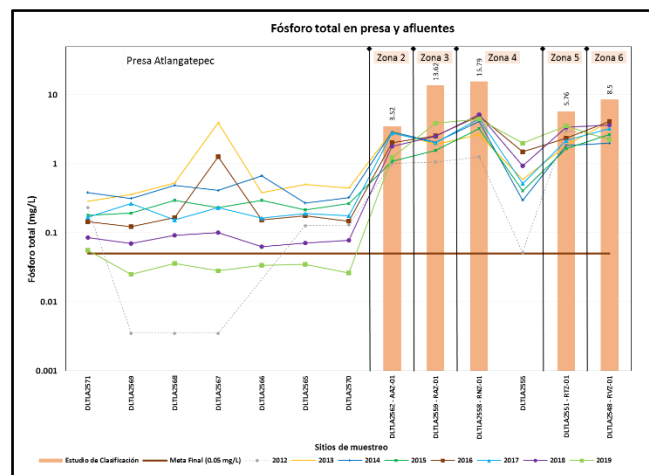
Gráfica 9c. SAAM en presa y afluentes del río Zahuapan



Gráfica 10a. Seguimiento de Fósforo total en el río Zahuapan y sus afluentes



Gráfica 10b. Fósforo total en el río Zahuapan



Gráfica 10c. Fósforo total en presa y afluentes del río Zahuapan



Con base en los Indicadores de Calidad del Agua de la tabla 4 y sus escalas de calificación, figura 2, así como los promedios de las concentraciones anuales para otros parámetros regulados, y las Metas del Estudio de Clasificación, se determinó la contaminación en cada zona del río Zahuapan, y en la presa Atlangatepec, tablas 5 y 6.

Tabla 5. Contaminación en el río Zahuapan, sus afluentes y presa

Corriente principal	Zona	DBO	DQO	SST	CF	TOX	AS	CD	CR	HG	PB	NT	PT	NH3	COLOR	CN	SAAM
Río Zahuapan	1	IC-	C	NC	C	IT-	NC	NC	IC-	IC-	NC	NC	C	IC-	C	IC-	C
Río Zahuapan	2	C	C	IC-	FC	IT-	NC	IC-	IC-	C	NC	C	C	C	C	NC	C
Río Zahuapan	3	C	C	IC-	FC	IT-	NC	NC	IC-	IC-	NC	C	C	C	C	IC-	C
Río Zahuapan	4	C	FC	C	FC	IT-	NC	NC	NC	IC-	IC-	C	C	C	C	IC-	C
Río Zahuapan	5	C	C	C	FC	IT-	NC	NC	C	IC-	NC	C	C	C	C	NC	C
Río Zahuapan	6	C	C	C	FC	IT-	NC	NC	IC-	C	NC	C	C	C	C	NC	C
Afluentes																	
A. Atlixnac	2	C	C	IC-	FC	IT-	NC	IC-	C	NC	IC-	C	C	C	C	NC	C
R. Atenco	3	C	C	C	FC	T	NC	IC-	IC-	NC	IC-	C	C	C	C	NC	C
R. Los Negros	4	C	FC	C	FC	TA	NC	NC	NC	IC-	IC-	C	C	C	C	NC	C
Bca. Huehuetitla	4	C	FC	C	FC	TA	NC	NC	NC	NC	IC-	C	C	C	C	NC	C
Río Totolac	5	C	C	IC-	FC	T	NC	NC	NC	NC	NC	C	C	C	C	NC	C
R. Viejo	6	C	C	C	FC	T	NC	NC	NC	NC	NC	C	C	C	C	NC	C
Presa																	
Presa Atlangatepec	0	IC	C	IC-	IC	NT	NC	IC-	IC-	IC-	IC-	IC-	IC-	IC-	C	SD	SD

Tabla 6. Abreviaciones utilizadas en la Tabla 5, para la contaminación del agua en el río Zahuapan y sus afluentes

Abreviación	Significado
C	Contaminada (la concentración del contaminante es superior a la meta)
NC	No contaminada (la concentración del contaminante es igual o menor a la meta)
IC	Con indicios de contaminación (ocasionalmente se encontró un sitio con concentraciones no mayores a 5 veces la meta, de 2012 a 2019)
IC-	Con indicios de contaminación, pero no contaminada en 2019
IT-	Con indicios de toxicidad, pero no tóxico en 2019
T	Tóxico
TA	Toxicidad alta (la toxicidad se encuentra por arriba de 5 UT)
NT	No tóxico
SD	Sin dato
FC	Fuertemente contaminada, la concentración del contaminante se encuentra por arriba de las concentraciones siguientes:
	120 mg/L para DBO
	200 mg/L para DQO
	400 mg/L para SST
	10,000 NMP/100 mL para CF



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	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	mg/L	DBO<=3	3<DBO<=6	6<DBO<=30	30<DBO<=120	DBO>120	ROJO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/L	DQO<=10	10<DQO<=20	20<DQO<=40	40<DQO<=200	DQO>200	ROJO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	mg/L	SST<=25	25<SST<=75	75<SST<=150	150<SST<=400	SST>400	AMARILLO
COLIFORMES FECALES	CF	NMP/100 mL	CF<=100	100<CF<=200	200<CF<=1000	1000<CF<=10000	CF>10000	AMARILLO
ESCHERICHIA COLI	EC	NMP/100 mL	EC<=126	126<EC<=576	576<EC<=850	850<EC<=1000	EC>1000	AMARILLO
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	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	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	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1.33	1.33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI, 15 min	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1.33	1.33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TODOS LOS INDICADORES								VERDE

CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS LÉNTICOS								
INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA			CALIFICACIÓN, CÓDIGO DE COLORES Y ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA DEL INDICADOR					SEMÁFORO
INDICADOR	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	mg/L	DBO<=3	3<DBO<=6	6<DBO<=30	30<DBO<=120	DBO>120	ROJO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/L	DQO<=10	10<DQO<=20	20<DQO<=40	40<DQO<=200	DQO>200	ROJO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	mg/L	SST<=25	25<SST<=75	75<SST<=150	150<SST<=400	SST>400	AMARILLO
COLIFORMES FECALES	CF	NMP/100 mL	CF<=100	100<CF<=200	200<CF<=1000	1000<CF<=10000	CF>10000	AMARILLO
ESCHERICHIA COLI	EC	NMP/100 mL	EC<=126	126<EC<=576	576<EC<=850	850<EC<=1000	EC>1000	AMARILLO
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO, SUPERFICIAL	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
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO, MEDIA	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
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO, FONDO	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	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, SUPERFICIAL	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1.33	1.33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA, 48 h, FONDO	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1.33	1.33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI, 15 min, SUPERFICIAL	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1.33	1.33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI, 15 min, FONDO	TA	Unidades de Toxicidad	TA < 1	1<=TA<=1.33	1.33<TA< 5	TA >= 5		ROJO
TODOS LOS INDICADORES								VERDE

Fuente: Gerencia de Calidad del Agua. SGT. CONAGUA

Figura 2. Indicadores de la calidad del agua de cuerpos lóticos y lénticos

A continuación se presentan mapas de la calidad del agua del río Zahuapan y sus afluentes, con base en los Indicadores de la calidad de agua superficial, para el periodo de 2012 a 2019, y las escalas de clasificación de la figura 2.



Figura 3. Calidad del agua en el río Zahuapan, sus afluentes, y la presa Atlangatepec

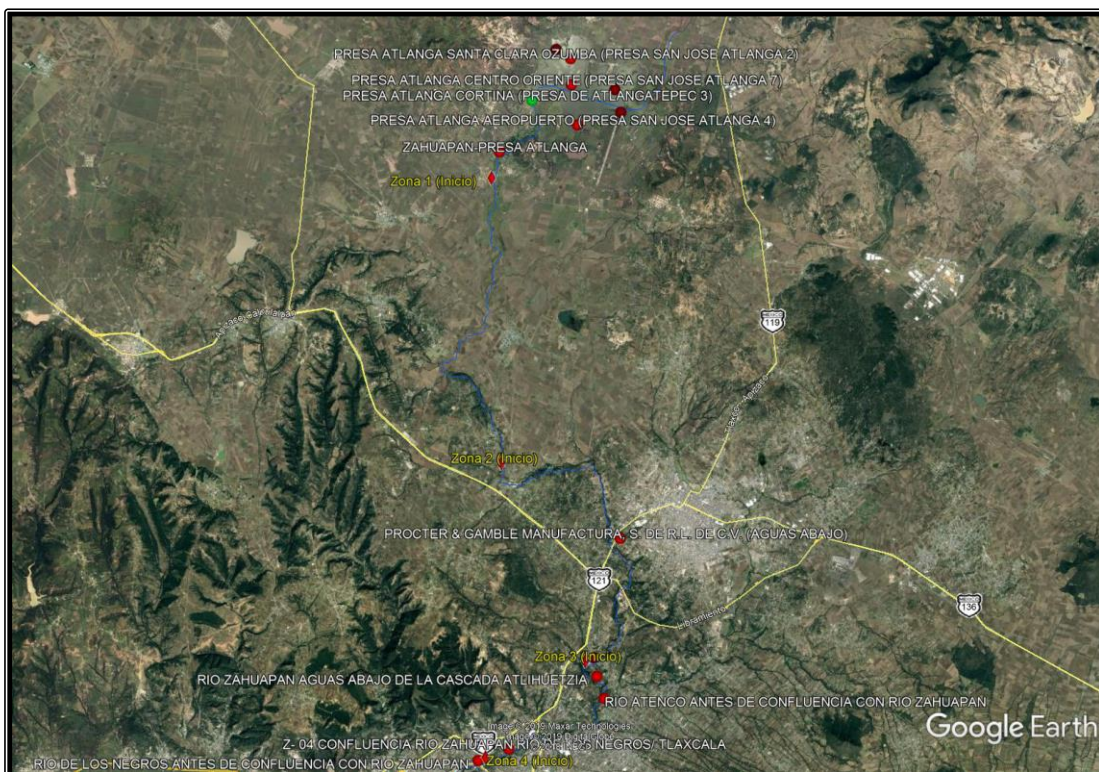
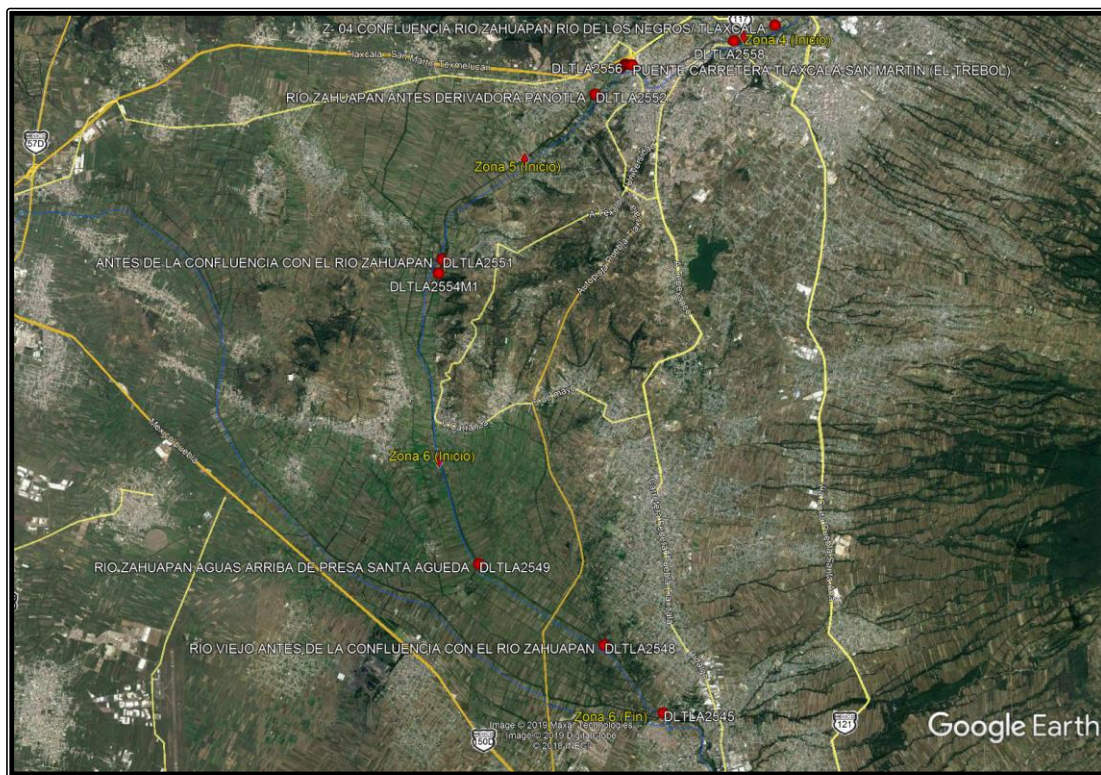


Figura 4. Calidad del agua de las zonas 1, 2 y 3 del río Zahuapan, sus afluentes y la presa Atlangatepec



**Figura 5. Calidad del agua de las zonas 4, 5 y 6 del río Zahuapan
y sus afluentes**



CUADRO RESUMEN DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO ZAHUAPAN Y SUS AFLUENTES

En la tabla 7, se resume la situación de cada uno de los contaminantes regulados en el Estudio de Clasificación del río Zahuapan y río Atipac o Atenco o Apizaco y sus afluentes.

Tabla 7, Contaminación del río Zahuapan y sus afluentes

Contaminante	Río Zahuapan	Afluentes
Demanda bioquímica de oxígeno	Si bien, hay una ligera disminución de la concentración de DBO con respecto al estudio, aún se presentan valores de 2 a 15 mg/L en las zonas 1, 2 y 3; y valores de 30 a 39 mg/L en las zonas 4, 5 y 6 lejos de la meta de 3 mg/L.	Ligera disminución de la DBO con respecto al estudio. En 2019, el arroyo Atlixnac (zona 2) aumentó de 20 a 42 mg/L; los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), tienen concentraciones entre 57 y 110 mg/L, lejos de la meta de 3 mg/L. Las concentraciones en la presa, están por arriba de la meta (entre 3 y 12 mg/L).
Demanda química de oxígeno	Aunque se observa una ligera disminución de la concentración de DQO con respecto al estudio, en todas las zonas la concentración se encuentra lejos de la meta de 10 mg/L, rango entre 22 y 418 mg/L.	Aunque hay una ligera disminución de la DQO respecto al estudio, el arroyo Atlixnac (zona 2) aumentó la concentración de 33 a 74 mg/L; y los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), tienen valores entre 152 y 442 mg/L, lejos de la meta. En la presa, las concentraciones se encuentran entre 35 y 73 mg/L.
Sólidos suspendidos totales	En las zonas 4, 5 y 6 las concentraciones están entre 43 y 162 mg/L, por arriba de la meta.	Aunque hay disminución de SST con respecto al estudio de clasificación, en 2018, los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), y Viejo (zona 6), presentan entre 34 y 105 mg/L de SST. En la presa, las concentraciones están por debajo de la meta.
Coliformes fecales	Ligera disminución de CF respecto al estudio de clasificación. En la zona 1 la concentración es de 230 NMP/100 mL, en las zonas 2, 3, 4, 5 y 6, la concentración se encuentra entre 24,098 y 132,980 NMP/100 mL, lejos de la meta de 200 NMP/100 mL.	Ligera disminución de CF con respecto al estudio de clasificación. Las concentraciones en el arroyo Atlixnac (zona 2), ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), están entre 24,098 y 132,980 NMP/100 mL, por arriba de la meta. De 7 sitios en la presa, 3 no cumplen con la meta.
Toxicidad aguda	La toxicidad en el cauce, en todas las zonas, cumple con la meta.	Los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), río Totolac (zona 5) y río Viejo (zona 6), se encuentran en un rango de 1.1 a 9.2 UT, por arriba de la meta.



Contaminante	Río Zahuapan	Afluentes
Arsénico	No se encontró arsénico por arriba de la meta de 0.05 mg/L, por lo que el cauce del río no se encuentra contaminado con este metal.	No se encontró arsénico por arriba de la meta en ninguna de las zonas. La presa tampoco presenta contaminación por este metal.
Cadmio	A partir del año 2014, no se ha encontrado cadmio por arriba de la meta de 0.004 mg/L, en todas las zonas. Actualmente el cauce no se encuentra contaminado con este metal.	Desde el año 2016, no se ha encontrado cadmio por arriba de la meta de 0.004 mg/L. En la presa no se ha encontrado cadmio desde el año 2013.
Cromo	Se encontró cromo en la zona 5 de 0.066 mg/L, ligeramente por arriba de la meta de 0.05 mg/L. Las zonas 1, 2, 3, 4 y 6 tienen concentraciones que cumplen con la meta.	Se encontró cromo por arriba de la meta de 0.05 mg/L, en el arroyo Atlixac (zona 2). Los afluentes de las zonas 3, 4, 5 y 6 no presentan contaminación por este metal. La presa tampoco presenta contaminación por este metal.
Mercurio	Se encontró mercurio por arriba de la meta de 0.0005 mg/L en las zonas 2 y 3 (en 2017), zona 4 (en 2015), zona 6 (en 2013); en las zonas 3 y 5 (en 2018), y en las zonas 2 y 6 (en 2019).	En 2017, las concentraciones de mercurio superaron la meta de 0.0005 mg/L, en la zona 3, y en la presa. Actualmente no hay contaminación por mercurio en los afluentes y la presa.
Plomo	Se encontraron concentraciones de plomo por arriba de la meta en 2014, en la zona 4. Actualmente no hay contaminación por plomo en el cauce del río Zahuapan, las concentraciones se encuentran por debajo de la meta de 0.03 mg/L.	Se encontraron indicios de contaminación en el arroyo Atlixac (zona 2), río Atenco (zona 3), Barranca Huehuetitla (zona 4) y la presa, entre los años 2012 y 2013. Actualmente no hay contaminación por plomo en los afluentes ni en la presa Atlangatepec.
Nitrógeno total	La concentración de NT ha disminuido ligeramente respecto al estudio. El cauce continúa contaminado en las zonas 2, 3, 4, 5 y 6. Las concentraciones de este contaminante oscilan entre 9 y 15 mg/L, por arriba de la meta de 2.5 mg/L. La zona 1 no presenta contaminación.	El arroyo Atlixac (zona 2), los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), presentan concentraciones en un rango de 6 a 21 mg/L. La presa Atlangatepec presentó contaminación en el año 2015, a partir de 2016, las concentraciones se encuentran por debajo de la meta.
Fósforo total	Las concentraciones de PT han disminuido ligeramente respecto al estudio. El cauce del río presenta concentraciones que oscilan entre 0.18 y 3 mg/L, por arriba de la meta de 0.05 mg/L en las zonas 1, 2, 3, 4, 5 y 6.	El arroyo Atlixac (zona 2), los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), presentan concentraciones en un rango de 1.23 a 4.47 mg/L. La presa Atlangatepec solo presenta un sitio con concentración de 0.056 mg/L, ligeramente por arriba de la meta.
Nitrógeno amoniacal	La concentración de Nitrógeno ha tenido una ligera disminución respecto al estudio. Las concentraciones en las zonas 2, 3, 4, 5 y 6, son superiores a la meta de 0.5 mg/L. En 2019 la zona 1 presentó concentraciones por debajo de la meta.	El arroyo Atlixac (zona 2), los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), presentan concentraciones entre 5 y 20 mg/L. La presa Atlangatepec, actualmente cumple con la meta de 0.5 mg/L.



Contaminante	Río Zahuapan	Afluentes
Color	El cauce del río continúa contaminado en las zonas 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Las concentraciones de este contaminante oscilan entre 18 y 115 U Pt-Co, por arriba de la meta de 15 U Pt-Co.	El arroyo Atlixlac (zona 2), los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), presentan concentraciones en un rango de 30 a 125 U Pt-Co, por arriba de la meta. La presa Atlangatepec presentó contaminación entre 20 y 30 U Pt-Co, ligeramente por arriba de la meta.
Conductividad eléctrica	El cauce presentó indicios de contaminación en 2012, con valores de conductividad eléctrica por arriba de la meta de 1000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).	El arroyo Atlixlac (zona 2), los ríos Atenco (zona 3), Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), presentaron contaminación en los años 2012, 2014 y 2016. En 2019, el río Totolac (zona 5) presenta concentraciones por arriba de la meta.
Cianuros	Las concentraciones de CN han disminuido ligeramente respecto al estudio. El cauce del río presentó indicios de contaminación en 2014. Actualmente las concentraciones en el cauce se encuentran por debajo de la meta de 0.005 mg/L.	No se encontraron cianuros por arriba de la meta de 0.005 mg/L, en los afluentes ni en la presa.
SAAM	Se observa contaminación por SAAM en todas las zonas del cauce del río. Las concentraciones oscilan entre 0.42 y 2.6 mg/L, las cuales están por arriba de la meta de 0.1 mg/L.	El arroyo Atlixlac (zona 2), los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Barranca Huehuetitla (zona 4), ríos Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), presentan concentraciones en un rango de 1.1 a 4 mg/L, lejos de la meta de 0.1 mg/L.
2,4 Dinitrotolueno	No se encontró por arriba de la meta de 0.001 mg/L.	No se encontró por arriba de la meta de 0.001 mg/L.
N-Nitrosodi-N-Propilamina	No se encontró por arriba de la meta de 0.0585 mg/L.	No se encontró por arriba de la meta de 0.0585 mg/L.
Aluminio	Se encontraron concentraciones por arriba de la meta de 0.02 mg/L en las zonas 2, 3, 4 y 6.	Se encontró por arriba de la meta en los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6).
Bis (2-Cloroetil) Éter	No se encontró por arriba de la meta de 0.0003 mg/L.	No se encontró por arriba de la meta de 0.0003 mg/L.
Bis (2-Etilhexil) Ftalato	Indicios de contaminación en las zonas 2, 3, 4 y 6 en los años 2014, 2016 y 2017. Actualmente, las concentraciones de Bis (2-Etilhexil) Ftalato se encuentran por debajo de la meta de 0.0094 mg/L.	Se encontró por arriba de la meta en los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6) en los años 2014-2017. En 2018, el río Los Negros (zona 4) presenta una concentración de 0.072 mg/L, por arriba de la meta.
Cloruros	No se encontró por arriba de la meta de 250 mg/L en el cauce del río.	Se encontró por arriba de la meta, en 2016 y 2018, en el río Atenco (zona 3).
Cobre	Con indicios de contaminación, por arriba de la meta de 0.05 mg/L en las zonas 2 y 6, en 2014 y 2015.	Con indicios de contaminación, se encontró por arriba de la meta en el río Viejo (zona 6) en 2014.
Dietilftalato	Con indicios de contaminación por arriba de la meta de 0.0094 mg/L, en la zona 2 en 2014.	Con indicios de contaminación, se encontró por arriba de la meta, en el río Viejo (zona 6) en 2017.



Contaminante	Río Zahuapan	Afluentes
Fenoles totales	No se encontró por arriba de la meta de 0.3 mg/L.	No se encontró por arriba de la meta de 0.3 mg/L.
Fierro	Con indicios de contaminación, por arriba de la meta de 0.3 mg/L en las zonas 2, 3, 4 y 6, de 2013 a 2017. Actualmente las zonas 4 y 6, presentan concentraciones entre 0.8 y 1 mg/L, por arriba de la meta.	Se encontró por arriba de la meta en los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6), con concentraciones entre 0.32 y 0.91 mg/L.
Grasas y aceites	Se observan concentraciones de grasas y aceites, por arriba de la meta de 10 mg/L, en las zonas 4 y 6.	Se encontraron concentraciones por arriba de la meta, en los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4) y Viejo (zona 6).
Huevos de helminto	Se encontraron hh por arriba de la meta de 1 hh, en las zonas 3, 4 y 6, en los años 2013, 2014 y 2017.	Se encontraron hh por arriba de la meta, en el río Totolac (zona 5), en 2017 y 2018.
Manganeso	Se encontró por arriba de la meta de 0.05 mg/L en las zonas 2, 3, 4 y 6, en 2018.	Se encontró por arriba de la meta en los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6).
Materia flotante	Se encontró presente en las zonas 2, 3, 4 y 6.	Se encontró materia flotante en los ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6).
Níquel	Se encontró por arriba de la meta de 0.01 mg/L en el cauce del río, en las zonas 4, 5 y 6	Los ríos Atenco (zona 3) y Totolac (zona 5) sobrepasan ligeramente la meta de 0.01 mg/L.
pH	El pH se encuentra dentro del rango de 6.5 a 8.5 unidades.	El pH se encuentra dentro del rango de 6.5 a 8.5 unidades en afluentes.
Sólidos sedimentables	Se encontraron por arriba de la meta de 1 mL/L en la zona 6, en 2013 y 2014.	No se encontró por arriba de la meta de 1 mL/L en los afluentes.
Temperatura	No se encontró por arriba de la meta de 35 °C.	No se encontró por arriba de la meta de 35 °C.
Zinc	Se encontró por arriba de la meta de 0.02 mg/L en las zonas 2, 3, 4 y 6, en años anteriores a 2018. Actualmente la zona 6 presenta una concentración de 0.13 mg/L.	Con indicios de contaminación, en 2013, 2015, 2016 y 2017. Actualmente el río Los Negros (zona 4) tiene una concentración de 0.034 mg/L por arriba de la meta.



CONCLUSIONES

El río Zahuapan y sus afluentes se encuentran actualmente contaminados, principalmente por materia orgánica, nutrientes, bacterias, parásitos, color; y en concentraciones menores por toxicidad y metales.

No se han alcanzado las metas de calidad del agua establecidas en el Estudio de Clasificación. Para alcanzarlas es necesario establecer Condiciones Particulares de Descarga, con base en la Declaratoria, a todos los usuarios que descargan sus aguas residuales al río Zahuapan y a sus afluentes, quienes deberán construir, ampliar o modificar sus plantas de tratamiento para lograr el cumplimiento.

La concentración de materia orgánica en el cauce del río Zahuapan con respecto a lo determinado en el Estudio de Clasificación aún es alta, a excepción de la zona 1, el cauce se encuentra contaminado en las zonas 2, 3, 4, 5 y 6 del río. Los afluentes: arroyo Atlixlac (zona 2), ríos Atenco (zona 3), Los Negros (zona 4), Totolac (zona 5) y Viejo (zona 6); y la Barranca Huehuetitla, también están contaminados por materia orgánica.

El río Zahuapan y sus afluentes aún presentan una fuerte contaminación microbiológica.

El río Zahuapan en las zonas 2, 3, 4, 5 y 6; y sus todos sus afluentes, aún presentan contaminación por nutrientes (nitrógeno total y fósforo total).

Se observa contaminación por detergentes (SAAM) en todas las zonas del cauce del río Zahuapan y sus afluentes.

El cauce del río Zahuapan continúa contaminado por color en todas sus zonas, así como sus afluentes.

La zona 6 del río Zahuapan y la Barranca Huehuetitla presentan toxicidad, y la zona 2 del río Zahuapan, el arroyo Atlixlac (zona 2), y ríos Los Negros (zona 4) y Viejo (zona 6) presentan toxicidad alta.

En el cauce del río Zahuapan y sus afluentes, se encuentran presentes otros contaminantes como: hidrocarburos aromáticos polinucleares (solo afluentes), aluminio, bis (2-Etilhexil) ftalato (río Los negros), fierro, grasas y aceites, huevos de helminto (río Totolac), mercurio (zonas 2 y 6 río Zahuapan), manganeso, materia flotante, níquel, sólidos suspendidos totales, nitrógeno amoniacal y zinc.

La presa Atlangatepec actualmente presenta ligera contaminación por materia orgánica, nutrientes (fósforo total), nitrógeno amoniacal y coliformes fecales; y presenta contaminación por color.



BIBLIOGRAFÍA

- 1 Brown, L.C., Barnwell, T. O., 1987. The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E UNCAS: Documentation and User Manual. EPA-600/3-87/007. U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
- 2 Cámara de Diputados, 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Última reforma publicada DOF 04-06-2012, México.
- 3 Comisión Nacional del Agua, 2009. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, México. Última reforma publicada DOF 18-04-2008.
- 4 Comisión Nacional del Agua, 2010, Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de enero de 1997, en Normas Oficiales Mexicanas, SEMARNAT, México, 2010.
- 5 Comisión Nacional del Agua, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de junio 1998, en Normas Oficiales Mexicanas, SEMARNAT, México, 2010.
- 6 Comisión Nacional del Agua. Ley Federal de Derechos. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales 2015, México.
- 7 Comisión Nacional del Agua. Sistematización del cálculo de cargas máximas admisibles de contaminantes en el río Alseseca (Puebla) y en el río Apatlaco (Morelos), Informe OMM/PREMIA No. GCA 01/2011, México.
- 8 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua, 2003. Metas de Calidad del Agua de Referencia, SGT-GSCA-ECA. México.
- 9 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua, 2005. Estudio de Clasificación del río Zahuapan, Puebla-Tlaxcala, Convenio No. CNA-IPN-SGT-GRB-MOR-05-005-RF México.
- 10 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua, 2007. Actualización de los estudios de clasificación de cuerpos de agua. Contrato No. SGT/GSCA-03-03, México.
- 11 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua, 2008. Estudio de clasificación del río Atoyac, Puebla-Tlaxcala. Convenio No. CNA-IMTA-SGT-GRB-MOR-05-004-RF, México.
- 12 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua. Organismo de Cuenca Golfo Norte. Dirección Local en Querétaro, 2008. Estudio de Clasificación del Río San Juan del Río (México-Querétaro-Hidalgo), México.
- 13 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua. Organismo de Cuenca Balsas. Dirección Local en Puebla. 2009. Estudio de Clasificación del río Alseseca, Puebla, México.



BIBLIOGRAFÍA

- 14 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua. Organismo de Cuenca Balsas, 2009. Estudio de Clasificación del río Apatlaco, México.
- 15 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua, 2010. Establecimiento de límites de descarga de contaminantes del río Zahuapan por descargas de aguas residuales municipales y no municipales. INFORME OMM/PREMIA No. 3678-10/REM/PEX, México.
- 16 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua, 2010. Sistematización de cargas contaminantes y límites permisibles de descarga para las declaratorias de clasificación de cuerpos de agua nacionales que facilite la estimación de costos de tratamiento. Informe OMM/PREMIA No. GCA 02/2010, México.
- 17 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua, 2019. Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Resultados de Calidad del Agua a partir de 2012.
- 18 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua. Dirección Local en Guanajuato. Comisión de Cuenca del Río Turbio. Agencia de Cooperación Internacional de Japón. Estudio de Calidad del Agua del río Turbio, Gto.
- 19 Comisión Nacional del Agua. Subdirección General Técnica. Gerencia de Calidad del Agua. Informe OMM/PREMIA No. GCA 04/2013. Modelación matemática de escenarios de regulación de contaminantes para la clasificación del río Turbio y sus principales afluentes (ríos Santiago y Pénjamo, y los arroyos Hondo y Guaje), así como sus afluentes secundarios, en Guanajuato, México 2013.
- 20 Environmental Protection Agency, 1985. QUAL2E User Manual, National Council for Air and Stream Improvement, Inc., Technical Bulletin No. 457.
- 21 Environmental Protection Agency, 1987. Development document for effluent limitations guidelines new source performance standards and pretreatment standards for the organic chemicals and the plastics and synthetic fibers point source category. Vol. I and II., USA.
- 22 Environmental Protection Agency, 1995. QUAL2E Windows Interface User's Guide, EPA/823/B/95/003, U.S., Athens, Georgia.
- 23 Gobierno de Bolivia 2001. Decreto Supremo No. 26171. Que modifica el Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos. Límites máximos permisibles para cuerpos de agua según su aptitud de uso.
- 24 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2010. Actualización del Estudio de Calidad del Agua del río Santiago (Desde su nacimiento en el lago de Chapala hasta la presa Santa Rosa). CEA-UEAS-IMTA-01/2010, México.
- 25 International Financial Corporation, International Bank for Reconstruction and Development IBRD. Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad - Niveles de efluentes por tipo de industria, USA.



BIBLIOGRAFÍA

- 26 Linfield, C. Brown, Thomas O. Barnwell. The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E UNCAS: Documentation and User Manual. EPA-600/3-87/007. U.S. Environmental Protection Agency, 1987. Athens, Georgia.
- 27 Ministerio de Obras Públicas, 1978. Norma Chilena Oficial N°1333. Aprobada por Decreto Supremo N°867 del 07/04/1978, Chile.
- 28 Organización Mundial de la Salud, 1995. Guías para la Calidad del Agua Potable, Segunda Edición. Vol. 1. Recomendaciones, Ginebra, Suiza.
- 29 Rojas García, José Alfredo, 2002. Simulación de la calidad del agua de corrientes superficiales para la determinación de límites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales. Tesis. UNAM, México.
- 30 Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua, CE-CCA-001/89. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989, México.
- 31 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus afluentes. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 6 de julio de 2011, México.
- 32 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Declaratoria de clasificación de los ríos San Juan del Río, Ñadó y Aculco. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 24 de junio de 2009, México.
- 33 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua. Declaratoria de clasificación del Río Coatzacoalcos, sus afluentes (Río Calzadas, Arroyo Gopalapa y Arroyo Teapa) y la Laguna Pajaritos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 6 de febrero de 2008, México.