



Generación de Insumos y Herramientas para la Toma de Decisiones en la Estrategia Integral para la Recuperación del Río Santiago

3

Metodología y Plan de Monitoreo





CONTENIDO E ÍNDICES

3.1	PLAN DE MONITOREO	3-1
3.1.1	<i>Parámetros de calidad del agua analizados</i>	3-6
3.2	CAMPAÑAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS 2019.....	3-11
3.2.1	<i>Campaña de monitoreo 1.....</i>	3-14
3.2.2	<i>Campaña de monitoreo 2.....</i>	3-25
3.3	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	3-42
3.4	ANÁLISIS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS	3-49
3.4.1	<i>Bis-2-(Etilhexil)Ftalato (DEHP)</i>	3-50
3.4.2	<i>Fenol</i>	3-52
3.4.3	<i>Tolueno.....</i>	3-54
3.4.4	<i>Metil-T-Butil Eter (MTBE).....</i>	3-56
3.4.5	<i>2,4,5-Triclorofenol</i>	3-58
3.4.6	<i>2,4,6-Triclorofenol</i>	3-59
3.4.7	<i>Isoforona</i>	3-61
3.4.8	<i>Dietilftalato</i>	3-63
3.4.9	<i>Dibutylftalato</i>	3-66
3.4.10	<i>Di-2-(Etil-Hexil) Adipato</i>	3-68
3.4.11	<i>Cloroformo.....</i>	3-70
3.4.12	<i>Disulfuro de Carbono.....</i>	3-71
3.4.13	<i>m+p-Cresol.....</i>	3-74
3.4.14	<i>m+p-Xileno.....</i>	3-76
3.4.15	<i>o-Xileno</i>	3-78
3.4.16	<i>Resumen.....</i>	3-80
3.5	REFERENCIAS	3-93
3.6	ANEXO FOTOGRÁFICO CAMPAÑAS AFORO Y MUESTREO.....	3-14
3.6.1	<i>Río Zula Aguas Arriba de Arandas (RZ1) (23/09/2019).....</i>	3-14
3.6.2	<i>Río Zula Aguas Arriba de Atotonilco (RZ2) (23/09/2019).....</i>	3-14
3.6.3	<i>Río Zula Aguas Abajo de Atotonilco (RZ3) (23/09/2019).....</i>	3-14
3.6.4	<i>Río Zula Aguas Arriba de San Martín de Zula (RZ4) (23/09/2019).....</i>	3-14
3.6.5	<i>Río Zula en Afluente Tototlán (RZ5) (23/09/2019).....</i>	3-15
3.6.6	<i>Río Zula en San Martín de Zula (RZ6) (24/09/2019)</i>	3-15
3.6.7	<i>Río Zula en Ocotlán (RZ7) (24/09/2019).....</i>	3-15
3.6.8	<i>Río Santiago en Ocotlán (RS1) (24/09/2019).....</i>	3-15
3.6.9	<i>Río Santiago Aguas Abajo Compuertas Poncitlán (RS2) (24/09/2019).....</i>	3-15
3.6.10	<i>Río Santiago en Presa Corona (RS3) (25/09/2019)</i>	3-15
3.6.11	<i>Río Santiago en Macrolibramiento (RS4) (25/09/2019)</i>	3-16
3.6.12	<i>Río Santiago en El Salto Juanacatlán (RS5) (25/09/2019)</i>	3-16
3.6.13	<i>Río Santiago en Puente Grande (RS6) (26/09/2019).....</i>	3-16
3.6.14	<i>Río Santiago en Puente Matatlán (RS7) (26/09/2019).....</i>	3-16
3.6.15	<i>Río Santiago Aguas arriba del río Verde (RS8) (27/09/2019 y 02/10/2019).....</i>	3-17
3.6.16	<i>Río Santiago en Puente Guadalupe (RS9) (27/09/2019).....</i>	3-17
3.6.17	<i>Río Santiago en Puente La Laja (RS10) (25/09/2019)</i>	3-17





3.6.18	Arroyo El Ahogado No. 1 (A1) (26/09/2019).....	3-17
3.6.19	Arroyo El Ahogado No. 2 (A2) (26/09/2019).....	3-17
3.6.20	Río Zula Aguas Arriba de Arandas (RZ1) (04/11/2019).....	3-25
3.6.21	Río Zula Aguas Arriba de Atotonilco (RZ2) (04/11/2019).....	3-25
3.6.22	Río Zula Aguas Abajo de Atotonilco (RZ3) (04/11/2019).....	3-25
3.6.23	Río Zula Aguas Arriba de San Martín de Zula (RZ4) (04/11/2019).....	3-25
3.6.24	Río Zula en Afluente Tototlán (RZ5) (04/11/2019).....	3-26
3.6.25	Río Zula en San Martín de Zula (RZ6) (05/11/2019).....	3-26
3.6.26	Río Zula en Ocotlán (RZ7) (05/11/2019).....	3-26
3.6.27	Río Santiago en Ocotlán (RS1) (05/11/2019).....	3-26
3.6.28	Río Santiago Aguas Abajo Compuertas Poncitlán (RS2) (05/11/2019).....	3-27
3.6.29	Río Santiago en Presa Corona (RS3) (06/11/2019).....	3-27
3.6.30	Río Santiago en Macrolibramiento (RS4) (06/11/2019).....	3-27
3.6.31	Río Santiago en El Salto Juanacatlán (RS5) (06/11/2019).....	3-27
3.6.32	Río Santiago en Puente Grande (RS6) (07/11/2019).....	3-28
3.6.33	Río Santiago en Puente Matatlán (RS7) (07/11/2019).....	3-28
3.6.34	Río Santiago Aguas arriba del río Verde (RS8) (08/11/2019).....	3-28
3.6.35	Río Santiago en Puente Guadalupe (RS9) (08/11/2019).....	3-28
3.6.36	Río Santiago en Puente La Laja (RS10) (06/11/2019).....	3-28
3.6.37	Arroyo El Ahogado No. 1 (A1) (07/11/2019).....	3-28
3.6.38	Arroyo El Ahogado No. 2 (A2) (07/11/2019).....	3-29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1	Coordenadas de monitoreo del río Santiago (TDR).....	3-2
Tabla 3-2	Coordenadas de los puntos de monitoreo del río Zula (TDR).....	3-2
Tabla 3-3	Coordenadas de los puntos de monitoreo en el arroyo El Ahogado (TDR).....	3-2
Tabla 3-4	Coordenadas de los puntos de monitoreo realizados	3-5
Tabla 3-5	Parámetros Monitoreados	3-6
Tabla 3-6	Parámetros Analizados Adicionales al Uso 3 de la LFD.....	3-9
Tabla 3-7	Resumen de resultados de laboratorio. Campaña 1.....	3-19
Tabla 3-8	Datos de campo en los puntos del río Zula. Campaña 1.....	3-22
Tabla 3-9	Datos de campo en los puntos del río Santiago. Campaña 1.....	3-22
Tabla 3-10	Datos de campo en los puntos del arroyo El Ahogado. Campaña 1.....	3-23
Tabla 3-11	Concentración inicial y final de monitoreo, río Zula - Lluvias.....	3-24
Tabla 3-12	Concentración inicial y final de monitoreo, río Santiago - Lluvias.....	3-24
Tabla 3-13	Resumen de resultados de laboratorio. Campaña 2.....	3-30
Tabla 3-14	Datos de campo en los puntos del río Zula. Campaña 2	3-33
Tabla 3-15	Datos de campo en los puntos del río Santiago. Campaña 2.....	3-33
Tabla 3-16	Datos de campo en los puntos del arroyo El Ahogado. Campaña 2.....	3-34
Tabla 3-17	Concentración inicial y final de monitoreo, río Zula. Campaña 2.....	3-39
Tabla 3-18	Concentración inicial y final de monitoreo, Río Santiago. Campaña 2.....	3-41
Tabla 3-19	Aforos de los puntos de monitoreo (Campaña 1 y 2).....	3-44



Tabla 3-20 Resumen de Información de los Compuestos Orgánicos.....	3-81
Tabla 3-21 Compuestos Orgánicos en los Afluentes del Río Santiago – Primera Campaña de Muestreo.....	3-86
Tabla 3-22 Compuestos Orgánicos en el Río Santiago – Primera Campaña de Muestreo.....	3-87
Tabla 3-23 Concentración en los Afluentes del Río Santiago – Segunda Campaña de Muestreo..	3-91
Tabla 3-24 Compuestos Orgánicos en el Río Santiago – Segunda Campaña de Muestreo.....	3-92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Ubicación de los Sitios de Monitoreo Propuestos en TDR.....	3-3
Figura 3-2 Ubicación de los sitios de monitoreo realizados	3-4
Figura 3-3 Perfil y trayectoria del río Zula, y los sitios de monitoreo.....	3-12
Figura 3-4 Perfil y trayectoria del río Santiago y los sitios de monitoreo	3-13
Figura 3-5 Trabajos de muestreo y aforo en los puntos de muestreo. Campaña 1.....	3-14
Figura 3-6 Trabajos de muestreo y aforo en los puntos de muestreo. Campaña 2.....	3-25
Figura 3-7 Resultados de DQO, Río Zula.....	3-35
Figura 3-8 Resultados de SST, Río Zula.....	3-36
Figura 3-9 Resultados de Fosforo, Río Zula.....	3-36
Figura 3-10 Resultados de DBO, Río Zula.....	3-37
Figura 3-11 Resultados de OD, Río Zula.....	3-37
Figura 3-12 Resultados de Nitrógeno Amoniacal, Río Zula	3-38
Figura 3-13 Resultados de Nitrógeno Total, Río Zula.....	3-38
Figura 3-14 Resultados de DBO, Río Santiago.....	3-39
Figura 3-15 Resultados de OD, Río Santiago.....	3-40
Figura 3-16 Resultados de nitrógeno amoniacal, Río Santiago.....	3-40
Figura 3-17 Resultados de nitrógeno total, Río Santiago	3-41
Figura 3-18 Caudales aforados en el cauce principal (1ra y 2da Campaña).....	3-42
Figura 3-19 Concentración de DBO ₅ en el cauce Principal (Campaña 1 y 2).....	3-45
Figura 3-20 Concentración de nitrógeno en el cauce principal (Campaña 1 y 2).....	3-47
Figura 3-21 Concentración de Fósforo Total en el Cauce Principal (Campaña 1 y 2).....	3-48
Figura 3-22 Concentración de oxígeno disuelto en el cauce principal (Campaña 1 y 2).....	3-48
Figura 3-23 Resultados DEHP – Primera Campaña	3-50
Figura 3-24 Resultados DEHP -Segunda Campaña	3-51
Figura 3-25 Resultados Fenol – Segunda Campaña.....	3-53
Figura 3-26 Resultados Tolueno – Primera Campaña	3-55
Figura 3-27 Resultados Tolueno – Segunda Campaña	3-55
Figura 3-28 Resultados MTBE – Primera Campaña	3-57
Figura 3-29 Resultados para 2,4,5-Triclorofenol -Primera Campaña	3-58
Figura 3-30 Resultados 2,4,6-Triclorofenol – Primera Campaña.....	3-60
Figura 3-31 Resultados Isoforona – Primera Campaña	3-62
Figura 3-32 Resultados Isoforona – Segunda Campaña.....	3-62



<i>Figura 3-33 Resultados Dietilftalato – Primera Campaña</i>	<i>3-64</i>
<i>Figura 3-34 Resultados Detilftalato – Segunda Campaña.....</i>	<i>3-65</i>
<i>Figura 3-35 Resultados Dibutilftalato – Primera Campaña.....</i>	<i>3-67</i>
<i>Figura 3-36 Resultados Dibutilftalato – Segunda Campaña</i>	<i>3-67</i>
<i>Figura 3-37 Resultados Di-2-(EtilHexil)Adipato – Segunda Campaña.....</i>	<i>3-69</i>
<i>Figura 3-38 Resultados Cloroformo – Segunda Campaña</i>	<i>3-70</i>
<i>Figura 3-39 Resultados Disulfuro de Carbono – Primera Campaña.....</i>	<i>3-72</i>
<i>Figura 3-40 Resultados Disulfuro de Carbono – Segunda Campaña</i>	<i>3-73</i>
<i>Figura 3-41 Resultados M+P-Cresol – Primera Campaña.....</i>	<i>3-75</i>
<i>Figura 3-42 Resultados M+P-Cresol – Segunda Campaña.....</i>	<i>3-75</i>
<i>Figura 3-43 Resultados M+P-Xileno – Segunda Campaña.....</i>	<i>3-77</i>
<i>Figura 3-44 Resultados O-Xileno – Segunda Campaña.....</i>	<i>3-79</i>
<i>Figura 3-45 Primera Campaña.....</i>	<i>3-84</i>
<i>Figura 3-46 Segunda Campaña</i>	<i>3-88</i>





Esta sección comprende las actividades ejecutadas y resultados obtenidos en las campañas de muestreo realizadas para la ejecución de este proyecto. Dentro de las actividades del plan de monitoreo se realizó el aforo y muestreo en distintos puntos del río Zula y del río Santiago, así como en sus principales afluentes, para determinar las características fisicoquímicas y biológicas en cada sitio monitoreado, y así poder analizar su comportamiento a lo largo de cauce y con ello determinar el impacto que generan las distintas aportaciones que se realizan sobre el río Zula y el río Santiago.

3.1 PLAN DE MONITOREO

Con la evaluación de la información contenida en las bases de datos y los puntos de monitoreo seleccionados en los diferentes estudios consultados se determinó un plan de monitoreo que consistió en seleccionar 19 sitios de monitoreo, nueve de ellos se localizaron sobre el cauce del río Santiago y en dos afluentes por su relevancia de aportación de contaminantes y con objeto de posibilitar balance de masa del modelo matemático a aplicar. Los sitios de los afluentes seleccionados fueron: dos en el arroyo de El Ahogado y uno en el arroyo de La Laja.

En el caso del río Zula se seleccionaron siete sitios de monitoreo, el primero de ellos agua arriba de Arandas en la parte alta cerca de su nacimiento y el séptimo cercano a su desembocadura con el Lago de Chapala en la localidad de Ocotlán.

Se programaron dos campañas de monitoreo con la intención de cubrir periodos de estiaje y lluvias, de tal forma que se obtuviera información de las dos condiciones más representativas de cada temporada y con ello lograr valorar el impacto que tienen en la calidad de agua las descargas a los ríos Santiago y Zula y el efecto de dilución que se pueda generar durante el periodo de lluvias.

Con la finalidad de dar cumplimiento a los Términos de Referencia (TDR), se definieron los diez puntos de monitoreo en río Santiago cuya localización se indica en la **Tabla 3-1**, los siete puntos del río Zula se presentan en la **Tabla 3-2** y los dos puntos de monitoreo en el arroyo El Ahogado se listan en la **Tabla 3-3**.

En la **Figura 3-1**, se presenta su localización de manera gráfica donde se puede observar que todos ellos se localizan dentro del polígono AIP.



Tabla 3-1 Coordenadas de monitoreo del río Santiago (TDR)

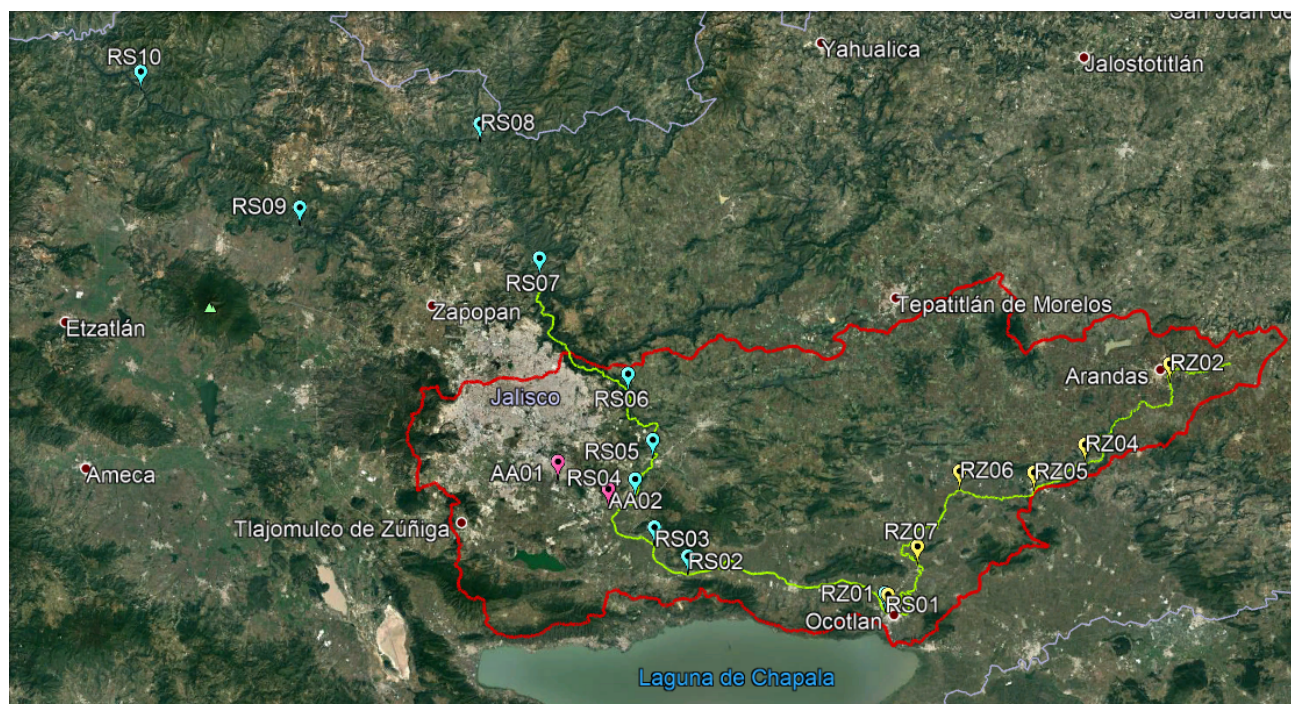
No. De sitio	Clave de sitio	X	Y
1	RS01	731818.8	2251407
2	RS02	699250.4	2256867
3	RS03	693644.8	2261490
4	RS04	690349.2	2269295
5	RS05	693120.9	2275771
6	RS06	688842.3	2286491
7	RS07	673871.9	2305242
8	RS08	663553.7	2327202
9	RS09	633958.7	2312943
10	RS10	606915.3	2335009

Tabla 3-2 Coordenadas de los puntos de monitoreo del río Zula (TDR)

No. De sitio	Clave de sitio	X	Y
1	RZ01	732305	2251178.9
2	RZ02	777925.8	2289788.3
3	RZ03	774297.1	20.652273
4	RZ04	764280.3	2276316
5	RZ05	755969.1	2271601.3
6	RZ06	743722.6	2271576.1
7	RZ07	737001.6	2259163.9

Tabla 3-3 Coordenadas de los puntos de monitoreo en el arroyo El Ahogado (TDR)

No. De sitio	Clave de sitio	X	Y
1	A1	677580.9	2271925.1
2	A2	685969.5	2267590.8

Figura 3-1 Ubicación de los Sitios de Monitoreo Propuestos en TDR

Fuente: Elaboración propia.

Los sitios de monitoreo fueron definidos en conjunto con personal del Gobierno del Estado de Jalisco después de realizar recorridos de campo y evaluar la conveniencia de cada uno de estos puntos considerando los siguientes conceptos generales de conveniencia:

1. Que el punto seleccionado permita obtener información relativa a impactos de descargas de origen municipal o industrial de relevancia.
2. Que las condiciones del sitio permitan el aforo del cauce.
3. En la medida de lo posible seleccionar puntos ya establecidos en estudios previos que permita establecer puntos de referencia temporales.
4. Evaluar que el punto seleccionado posibilite mejores condiciones de calibración del modelo matemático a aplicar.
5. Que las condiciones de aforo y muestreo del sitio no comprometan la seguridad del personal de campo al momento de realizar los trabajos.

Para cumplir con las premisas anteriores, en un análisis de gabinete se realizó una primera propuesta de sitios de monitoreo que fue evaluada mediante recorridos de campo y la posterior revisión de gabinete. En conjunto con personal del Gobierno del Estado de Jalisco se desarrollaron estos trabajos.

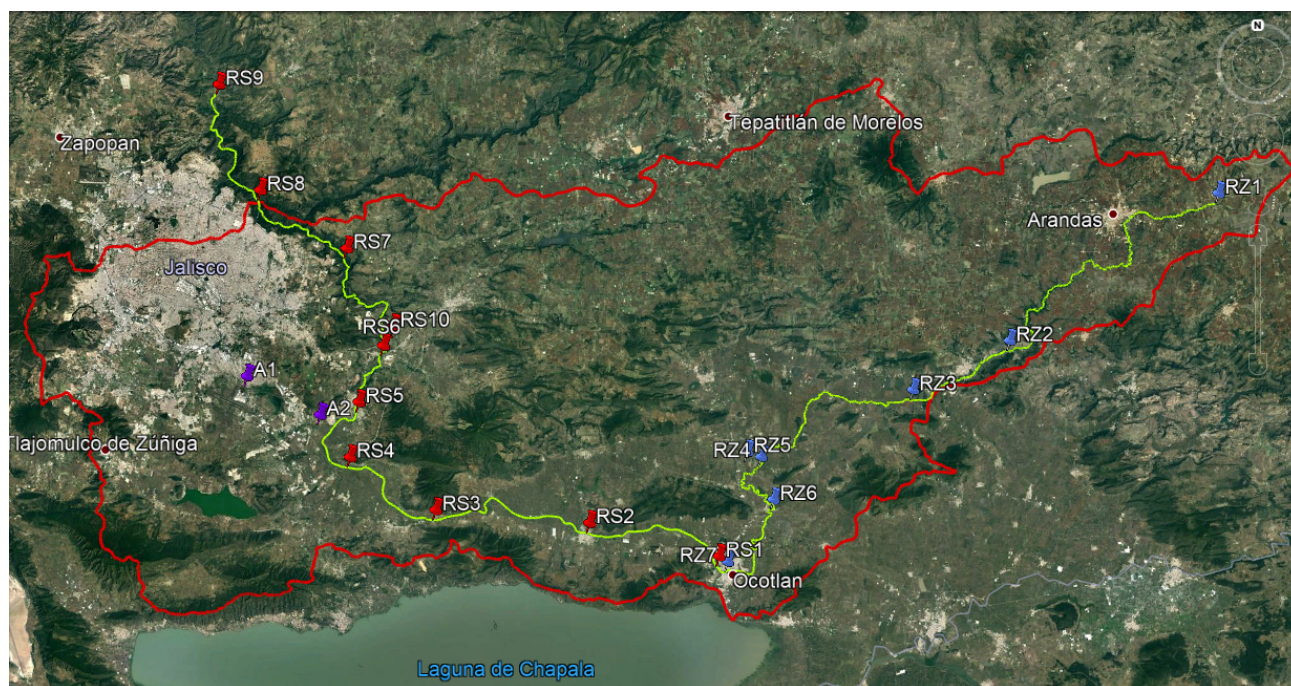
Como resultado de los recorridos de campo y evaluaciones de gabinete algunos de los sitios propuestos no cumplieron con la representatividad requerida en el proyecto e incluso algunos sitios presentaban dificultades de acceso para llevar a cabo los aforos y muestreos, por ello, dichos sitios de monitoreo fueron descartados y reubicados.

Para lograr mayor representatividad en los resultados, los sitios se ubicaron en puntos estratégicos, es decir de mejor accesibilidad y sitios donde se pueda observar el efecto que generan los afluentes principales y las descargas de unidades económicas como de localidades cercanas.

Así mismo se seleccionaron aquellos sitios que son monitoreados por la CEA de manera rutinaria. De esta manera se pueden establecer análisis comparativos de la calidad del agua a lo largo de tiempo y así facilitar el análisis de la información y la toma de decisiones para revertir el daño ambiental que actualmente presentan los ríos Santiago y Zula.

En la **Figura 3-2**, se muestra la ubicación de los sitios de monitoreo finalmente seleccionados y en los cuales se realizaron las actividades de monitoreo del presente estudio para el estiaje y lluvias. El primer sitio de monitoreo se ubicó en el nacimiento del río Zula es decir, en la localidad de Santiaguito de Velázquez (aguas arriba de Arandas), muy cercano a su nacimiento para conocer las condiciones iniciales del río, mientras que el resto de los sitios se ubicaron aguas abajo de las localidades principales aledañas del cauce del río Zula y río Santiago, como son Arandas, Atotonilco y Ocotlán, así como en los afluentes que conducen aportaciones de agua residual como el caso de Tototlán y el arroyo El Ahogado por su relevancia al recibir las aportaciones del sur del AMG y de la zona industrial del Salto, y de esta manera lograr evaluar el efecto que causan estas aportaciones en el cauce principal.

Figura 3-2 Ubicación de los sitios de monitoreo realizados



Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 3-4**, se muestran las coordenadas de los sitios de monitoreo seleccionados, así como la clave asignada en este estudio y una breve descripción sobre su ubicación.



Tabla 3-4 Coordenadas de los puntos de monitoreo realizados

Clave	Sitio del Muestreo	X	Y
RZ1	Aguas arriba Arandas	787956.5351	2293079.936
RZ2	Aguas arriba Atotonilco	764358.7809	2276313.12
RZ3	Aguas abajo Atotonilco	753377.9468	2270703.784
RZ4	Aguas arriba SM Zula	736144.1906	2263067.429
RZ5	Afluente Tototlán	734551.5246	2263632.489
RZ6	En SM de Zula	737555.6591	2258244.909
RZ7	En Ocotlán	732375.2045	2251199.172
RS1	En Ocotlán	731418.1363	2251835.37
RS2	Aguas abajo compuertas Poncitlán	716686.6591	2255523.495
RS3	En Presa Corona	699233.4037	2256904.284
RS4	En Macrolibramiento	689414.7292	2262816.244
RS5	En Salto Juanacatlán	690399.0843	2269058.091
RS6	En Puente Grande	693131.472	2275455.208
RS7	En Puente Matatlán	688844.3738	2286483.682
RS8	Aguas arriba río Verde	678859.1189	2293118.784
RS9	En Puente Guadalupe	673868.6612	2305248.831
RS10	Puente La Laja	694254.4671	2277662.232
A1	Ahogado No. 1	677580.446	2271921.667
A2	Ahogado No. 2	685964.9646	2267581.771



3.1.1 Parámetros de calidad del agua analizados

Los parámetros a monitorear se decidieron con base en los parámetros propuestos para su análisis en los TDR del presente proyecto, mismos que son los considerados en la Ley Federal de Derechos (LFD), Disposiciones aplicables en materia de Aguas Nacionales, para el uso No. 3: Protección a la vida acuática: Agua dulce, incluye humedales, contenidos en la tabla: Lineamientos de calidad del agua, la cual considera en forma general los siguientes parámetros.

- 24 inorgánicos
- 69 orgánicos
- 6 físicos
- 1 microbiológico

Finalmente, a los parámetros de la LFD se le añadieron 38 (ver **Tabla 3-5**) y los parámetros monitoreados fueron los listados a continuación:

Tabla 3-5 Parámetros Monitoreados

Parámetros Monitoreados		
<i>Parámetros de Campo</i>		
Caudal	Olor	Oxígeno Disuelto
Temperatura	Color	Materia Flotante
pH	Aspecto	
<i>Parámetros Inorgánicos</i>		
Alcalinidad Total como CaCO_3	Cianuro como CN	Cromo Total
Cloruros (Cl)	Grasas y Aceites	Fierro
Color Verdadero	Antimonio	Níquel
Fluoruros	Talio	Plata
Fósforo Total	Sulfuros	Plomo
Sólidos Suspendidos Totales	Aluminio	Selenio
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5)	Bario	Zinc
Demanda Química de Oxígeno	Berilio	Arsénico
Nitrógeno Amoniacal	Cadmio	Mercurio
Nitrógeno Total	Cobre	
<i>Microbiológicos</i>		



Parámetros Monitoreados		
Coliformes Fecales	Huevos de Helminto (Sólo en Campaña 2)	
Compuestos Orgánicos Volátiles		
1,1,1-Tricloroetano	Acroleína	Disulfuro de Carbono
1,1,2-Tricloroetano	Benceno	Estireno
1,1,1,2-Tetracloroetano	Bromodiclorometano	Etilbenceno
1,1,2,2-Tetracloroetano	Bromoformo	m+p-Xileno
1,1-Dicloroetano (1,1-Dicloroetileno)	Bromometano (Bromuro de Metilo)	MTBE (Metil-T-Butil Éter)
1,2-Diclorobenceno	Cis-1,2-Dicloroetileno (Dicloroetano)	o-Xileno (1,2-Dimetilbenceno)
1,2-Dicloroetano	Cis-1,3-Dicloropropileno	TAME (T-Amyl Metil Éter)
1,2-Dicloropropano	Clorobenceno	Tetracloruro de Carbono
1,3-Diclorobenceno	Clorodibromometano	Tetracloetano (Tetracloroetileno)
1,4-Diclorobenceno	Cloroformo	Tolueno
2-Cloroetil Vinil Éter	Cloruro de Metileno	Trans-1,2-Dicloroetileno
Acetato de Vinilo	Cloruro de Metilo (Clorometano)	Trans-1,3-Dicloropropileno
Acrilonitrilo	Cloruro de Vinilo	Tricloroetileno
Compuestos Orgánicos Semivolátiles Extractables Básicos		
1,2-Difenilhidracina	Benzo (K) Fluoranteno	Hexaclorobutadieno
1-Cloronaftaleno	Bis (2-etilhexil) ftalato	Hexaclorociclopentadieno
2,4-Dinitrotolueno	Bis-2-(Cloroetil) Éter	Hexacloroetano
2,6-Dinitrotolueno	Bis-2-(Cloroisopropil) Éter	Indeno
2-Cloronaftaleno	Criseno	Isoforona
4-Bromofenil Fenil Eter	Di-2-(Etil-Hexil)-Adipato	Naftaleno
Acenafteno	Dibenzo (A, H) Antraceno	Nitrobenceno
Acenaftileno	Dibutilftalato	N-Nitrosodifenilamina



Parámetros Monitoreados		
Antraceno	Dietilftalato	N-Nitrosodimetilamina
Bencidina	Dimetilftalato	N-Nitroso-Di-N-Propilamina
Benzo (A) Antraceno	Di-N-Octilftalato	Pentaclorobenceno
Benzo (A) Pireno	Fenantreno	Pireno
Benzo (B) Fluoranteno	Fluoranteno	Piridina
Benzo (G, H, I) Perileno	Fluoreno	
Compuestos Orgánicos Semivolátiles Extractables Ácidos		
2,3,4,6-Tetraclorofenol	2,4-Dinitrofenol	Fenol
2,3-Diclorofenol	2-Clorofenol	m+p-Cresol
2,4,5-Triclorofenol	2-Nitrofenol	o-Cresol
2,4,6-Triclorofenol	4-Cloro-3-Metilfenol	Pentaclorofenol
2,4-Diclorofenol	4-Nitrofenol	
2,4-Dimetilfenol	Dinitro-o-Cresol	
Pesticidas Organoclorados		
Aldrin	Endosulfansulfato	-BHC
Clordano	Endrin	Hexaclorobenceno
DDD (Diclorodifenildicloroetano)	Heptacloro	Metoxicloro
DDE (Diclorodifenildicloroetileno)	-BHC	Toxafeno
DDT (Diclorodifeniltricloroetano)	-BHC	
Dieldrín	-BHC	
Otros		
PCB (Policlorobifenilos)	Sustancias Activas al Azul de Metileno	



Adicionalmente a los parámetros que señala la LFD, se analizaron en ambas campañas: DBO₅, DQO y Nitrógeno Total con la finalidad de posibilitar la calibración del modelo de calidad del agua con esos parámetros. En el caso de la Campaña 2, se analizaron además los Huevos de Helminto, dando cumplimiento con lo solicitado por la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA).

En lo que respecta a los parámetros de tipo orgánico, la LFD señala 69 compuestos, en el presente estudio se analizaron un total de 114 parámetros.

El 1,2-Dicloroeteno (También llamado 1,2-Dicloroetileno) presenta dos formas, una es la cis-1,2-Dicloroeteno y la otra es la trans-1,2-Dicloroeteno. Algunas veces ambas formas están presentes como una mezcla, es por esto que se analizaron ambos parámetros, así se cubre lo solicitado para el 1,2-Dicloroeteno.

La forma comercial del Endosulfán está formada por los isómeros α -endosulfán y β -endosulfán, siendo el Endosulfán-Sulfato el metabolito principal, razón por la cual fue analizado este último para cubrir los isómeros α y β .

En cuanto a los BHC (Hexacloruros de Benceno), ahora llamados como hexaclorociclohexanos (HCH), se analizaron los compuestos α -BHC, β -BHC y δ -BHC para cubrir con este parámetro.

El BHC (Lindano) corresponde al isómero γ -BHC.

Referente a los CloroNaftalenos, se analizaron los parámetros 1-Cloronaftaleno y 2-Cloronaftaleno para dar cumplimiento a este punto.

En el caso de los Diclorobencenos, se analizaron el 1,2-Diclorobenceno, 1,3-Diclorobenceno y 1,4-Diclorobenceno.

En lo que respecta al compuesto 1,2-Dicloropropileno (también conocido como 1,2-Dicloropropeno), se decidió sustituirlo por el 1,3-Dicloropropileno debido a que el 1,2-dicloropropileno se degrada ligeramente y el 99% se disipa por volatilización, por lo que su presencia en agua es extremadamente baja. El 1,3-dicloropropileno puede lixivarse en aguas someras cuando los suelos arenosos y puede ser detectado en análisis de agua.

Similar al caso del 1,2-Dicloroeteno, el 1,3-Dicloropropeno (o 1,3-Dicloropropileno) presenta dos formas, cis-y trans, por lo que se analizaron ambos parámetros para cumplir con el análisis de este compuesto.

El Dicloroetileno y el Tricloroetano no tienen un valor límite establecido en el Uso 3 de la tabla de la LFD, por lo que se optó por agregar los parámetros de la **Tabla 3-6** adicionales a este uso.

Tabla 3-6 Parámetros Analizados Adicionales al Uso 3 de la LFD

• 1,1,1,2-Tetracloroetano	• Bromodiclorometano	• Fenantreno
• 2,3,4,6-Tetraclorofenol	• Bromoformo	• Fluoreno
• 2,3-Diclorofenol	• Bromometano (Bromuro de Metilo)	• Indeno
• 2,4,5-Triclorofenol	• Clorodibromometano	• m+p-Cresol



• 4-Cloro-3-Metilfenol	• Criseno	• m+p-Xileno
• Acenaftileno	• Di-2-(Etil-Hexil)-Adipato	• MTBE (Metil-T-Butil Éter)
• Acetato de Vinilo	• Dibenzo (A, H) Antraceno	• o-Cresol
• Antraceno	• Dibutilftalato	• o-Xileno (1,2-Dimetilbenceno)
• Benzo (A) Antraceno	• Dimetilftalato	• Pentaclorobenceno
• Benzo (A) Pireno	• Dinitro-o-Cresol	• Pireno
• Benzo (B) Fluoranteno	• Di-N-Octilftalato	• Piridina
• Benzo (G, H, I) Perileno	• Disulfuro de Carbono	• TAME (T-Amyl Metil Éter)
• Benzo (K) Fluoranteno	• Estireno	

Conforme a los TDR, en los 10 puntos de muestreo del río Santiago, el punto RZ01 del río Zula y los 2 puntos del arroyo El Ahogado, se debieron realizar los monitoreos de los parámetros establecidos en la Tabla contenida en la Ley Federal de Derechos, mencionada anteriormente, siempre y cuando dichos parámetros no fueran monitoreados por la CEA.

Debido a lo anterior, la totalidad de parámetros establecidos y listados anteriormente, fueron monitoreados en 6 puntos del río Zula y un punto del río Santiago: RZ1 al RZ6 y el RS10.

A todos los puntos del río Santiago, excepto el RS10, los dos puntos del arroyo El Ahogado (A1 y A2) y el punto RZ7 perteneciente al monitoreo del río Zula, no se les realizaron los análisis de los parámetros que se mencionan enseguida, debido a que ya son monitoreados por el programa rutinario de la CEA.

- | | | |
|-------------------------------|--------------------|------------|
| • Coliformes fecales | • Grasas y Aceites | • Plomo |
| • Fósforo Total | • Cadmio | • Zinc |
| • Sólidos Suspendidos Totales | • Cobre | • Arsénico |
| • Demanda Química de Oxígeno | • Cromo Total | • Mercurio |
| • Cianuro como CN | • Níquel | |

Durante ambas campañas de monitoreo, la metodología aplicada en los muestreos y análisis fueron realizados en apego a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), Normas Mexicanas (NMX) y en la ausencia de ellas a los Métodos Estándar para calidad del agua.

Los parámetros analizados suman un total de 148 entre físicos, químicos (orgánicos e inorgánicos), biológicos y organolépticos, de los cuales ocho fueron realizados en campo, incluyendo el aforo y 140 parámetros determinados analíticamente en el laboratorio.



3.2 CAMPAÑAS DE MUESTREO Y ANÁLISIS 2019

Los alcances de este proyecto consideraron dos campañas de muestreo y análisis a llevarse a cabo sobre los principales cauces y sus afluentes de la cuenca Lerma-Santiago. Cada campaña tiene un alcance de 19 puntos de muestreos, siete sobre el cauce del río Zula, diez sobre el río Santiago y dos sobre el arroyo El Ahogado.

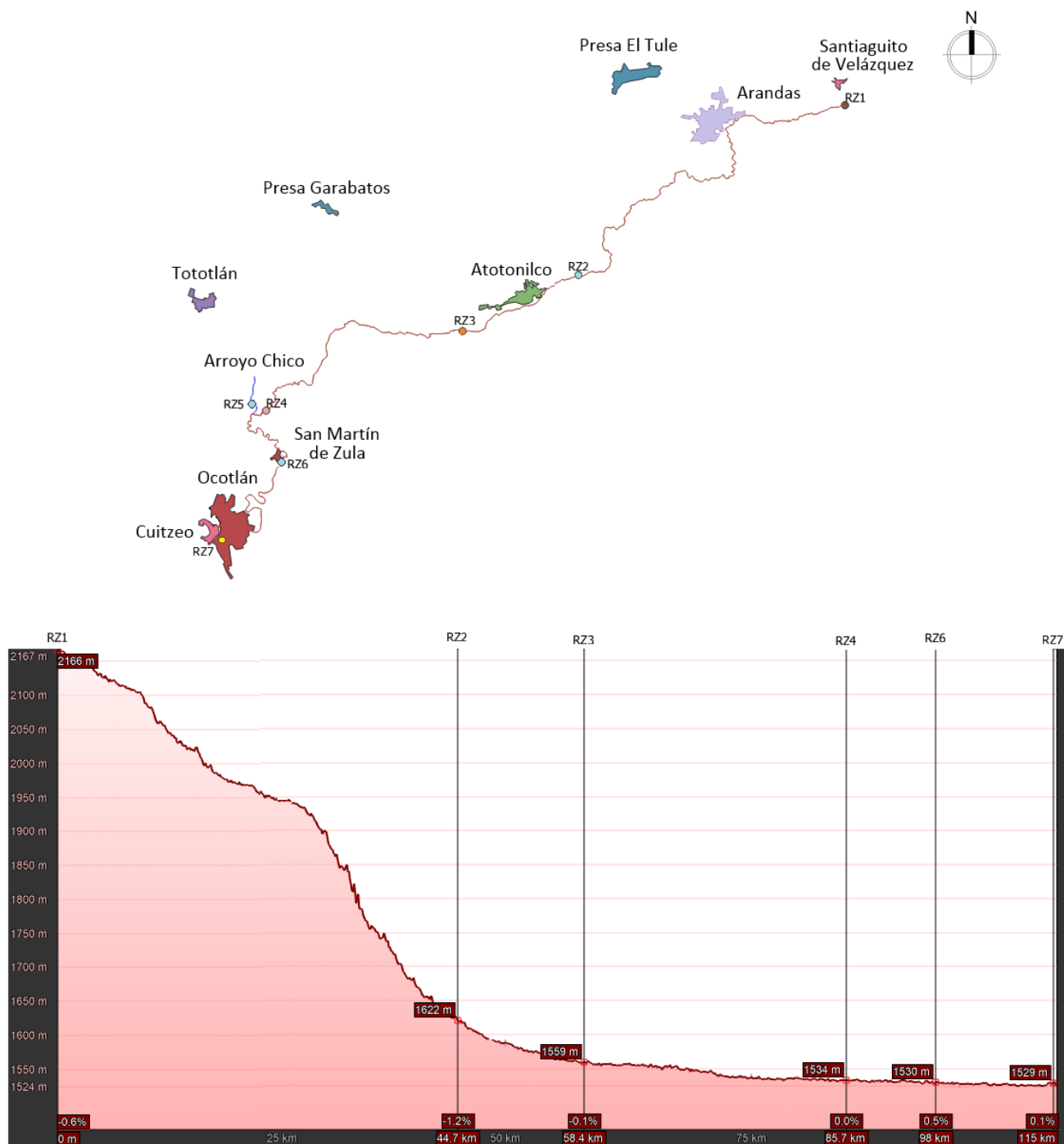
En la **Tabla 3-4** se muestra la clave del sitio de muestreo, descripción de su ubicación y sus coordenadas.

En la **Figura 3-3** se muestra la ubicación de cada uno de los sitios de muestreo sobre el cauce del río Zula y en la **Figura 3-4** la ubicación de los sitios de muestreo sobre el río Santiago, donde se aprecian los municipios cercanos a los sitios y un perfil de elevaciones.



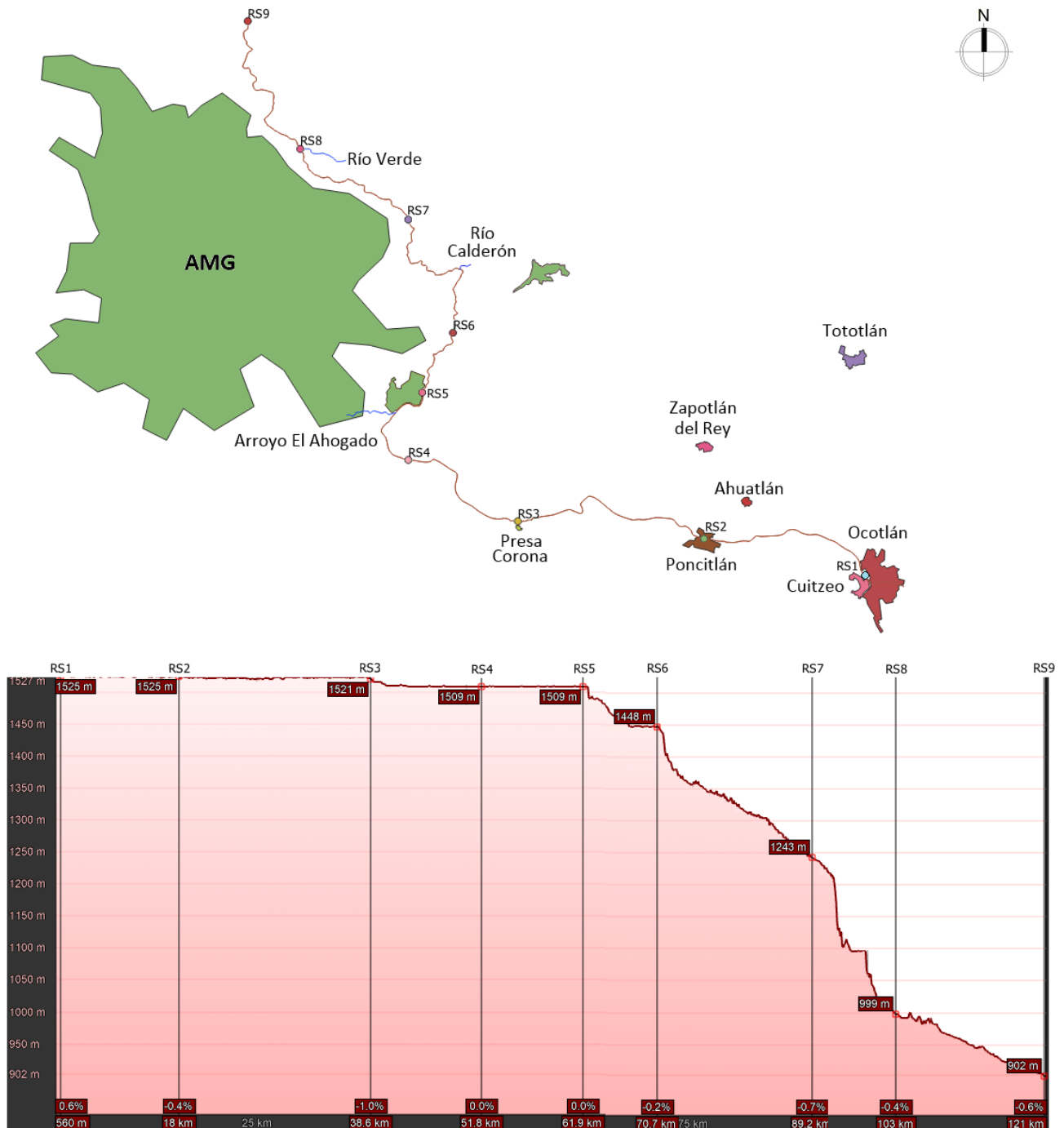


Figura 3-3 Perfil y trayectoria del río Zula, y los sitios de monitoreo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-4 Perfil y trayectoria del río Santiago y los sitios de monitoreo



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen los resultados obtenidos en cada una de las campañas de muestreo y análisis.

3.2.1 Campaña de monitoreo 1

La primera campaña de monitoreo se llevó a cabo del 23 al 27 de septiembre de 2019, realizando adicionalmente, trabajos de aforo y mediciones de parámetros de campo en el punto RS8 el día 02 de octubre de 2019 con fines confirmatorios.

Figura 3-5 Trabajos de muestreo y aforo en los puntos de muestreo. Campaña 1



Río Zula aguas arriba de Arandas (RZ1)
(23/09/2019)



Río Zula aguas arriba de Atotonilco (RZ2)
(23/09/2019)



Río Zula aguas abajo de Atotonilco (RZ3)
(23/09/2019)



Río Zula aguas arriba S.Martín de Zula (RZ4)
(23/09/2019)



Río Zula en afluente Tototlán (RZ5)
(23/09/2019)



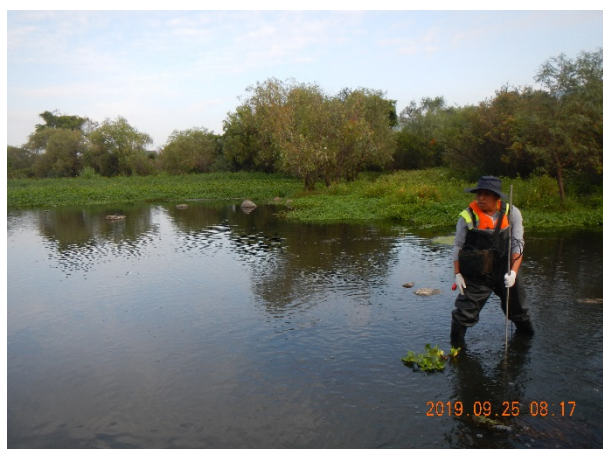
Río Zula en San Martín de Zula (RZ6)
(24/09/2019)



Río Zula en Ocotlán (RZ7) (24/09/2019)



Río Santiago en Ocotlán (RS1) (24/09/2019)





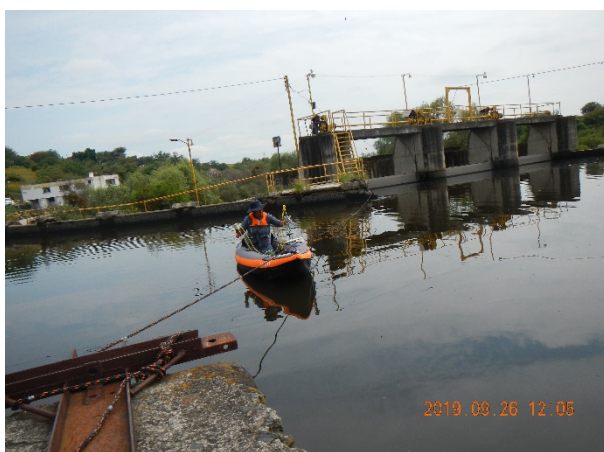
Río Santiago aguas abajo compuertas
Poncitlán (RS2) (24/09/2019)



Río Santiago en Presa Corona (RS3)
(25/09/2019)



Río Santiago en Macrolibramiento (RS4)
(25/09/2019)



Río Santiago en El Salto Juanacatlán (RS5)
(25/09/2019)



Río Santiago en Puente Grande (RS6)
(26/09/2019)

Río Santiago en puente Matatlán (RS7)
(26/09/2019)



Río Santiago aguas arriba del río Verde (RS8)
(27/09/2019 Y 02/10/2019)



Río Santiago en puente Guadalupe (RS9)
(27/09/2019)



Río Santiago en puente La Laja (RS10)
(25/09/2019)



Arroyo El Ahogado No. 1 (A1) (26/09/2019)



Arroyo El Ahogado No. 2 (A2) (26/09/2019)



En la **Tabla 3-7** se presenta una tabla resumen con todos los resultados obtenidos en esta campaña de muestreo y aforo.

Dadas la gran cantidad de determinaciones y el limitado tiempo programado para la realización del trabajo de muestreo y análisis se tuvo que recurrir a más de un laboratorio con acreditación de los parámetros analizados por la Entidad Mexicana de Acreditamiento. Todo ello con la finalidad de dar cumplimiento al calendario de trabajo.

Cabe hacer notar que, para hacer más sencilla la presentación de los resultados obtenidos, en el caso de los parámetros orgánicos, de los cuales se llevaron a cabo todos los análisis, no se están relacionando aquellos que, en la totalidad de las muestras, se reporta como resultado una concentración menor al límite de detección. La consulta de los resultados completos se presenta en el **Anexo A**, en donde se recopila la totalidad de los resultados de laboratorio realizados.



Tabla 3-7 Resumen de resultados de laboratorio. Campaña 1

Parámetro	Unidades	23/09/2019					24/09/2019				25/09/2019			26/09/2019		27/09/2019		25/09/2019	26/09/2019	
		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10	A1	A2
Alcalinidad Total como CaCO ₃	mg/l	67.9	81.7	100	116	71.9	128	132	148	189	171	221	421	391	350	342	162	248	331	414
Temperatura (Medida en campo)	°C	20.7	19.8	24.9	23.7	22.3	22	22.6	26	23.8	19.8	23.4	25	24.3	22.5	24.1	24.1	27.7	25.4	26.5
Cloruros (-Cl)	mg/l	14.7	10.3	10.3	9.83	8.35	17.2	18.2	18.2	37.8	29	51.6	78.6	83.5	87.5	73.7	34.4	55	57	98.3
Color Verdadero	Pt-Co	50	50	50	80	100	70	50	40	40	40	50	50	80	80	50	30	40	50	50
Fluoruros	mg/l	0.189	0.209	0.236	0.217	0.165	0.207	0.226	0.294	0.23	0.179	0.303	0.52	0.552	0.833	0.669	0.891	0.195	0.396	0.547
Fósforo Total	mg/l	0.379	0.233	0.29	0.864	0.826	0.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.88	-	-
Materia Flotante	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Oxígeno Disuelto (Medido en campo)	mg/l	5.7	6.48	5.27	4.48	4.6	3.73	2.52	2.88	1.81	3.35	1.62	2.78	1.79	4.33	5.81	6.31	1.79	3.15	1.81
pH (Medido en campo)	Unid. pH	6.71	7.22	7.31	7.06	6.78	7.03	7.03	7.15	6.97	6.88	7	7.27	7.46	7.85	7.54	7.54	7.42	7.35	7.49
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	16	33	35	107	273	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5)	mg/l	10.6	4.47	6.55	7.4	8.48	9.53	8.9	8.25	7.03	7.18	11.9	34.7	22.2	28.9	30.1	48.9	94.6	61.6	65.1
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	33.5	<30	<30	35.2	40.8	33.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	145	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/l	0.0943	0.0909	0.197	0.225	0.289	0.157	0.301	0.397	0.435	0.184	0.373	2.9	1.61	0.335	0.693	2.25	0.471	2.89	3.43
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	1.31	<0.3	0.328	0.82	0.631	0.315	1.02	1.97	1.66	1.26	2.49	19.4	20.6	14.4	14.5	5.47	8.99	15.9	21.9
Nitrógeno Total	mg/l	5.43	4.66	4.93	5.48	5.51	4.88	3.99	4.85	3.4	2.62	3.09	22.4	26.2	24.6	44.7	10.8	15.5	21.6	29.3
Cianuro como CN	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	-	-
Grasas y Aceites	mg/l	<5	7.18	6.34	5.4	8.87	6.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.6	-	-
Antimonio	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Talio	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Aluminio	mg/l	1.48	2.1	1.56	5.31	14.9	6.28	4.08	2.56	0.488	0.2	0.02	0.188	0.14	0.129	0.513	4.08	0.552	0.318	1.45
Bario	mg/l	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Berilio	mg/l	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Cadmio	mg/l	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.0005	-	-
Cobre	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.05	-	-
Cromo Total	mg/l	0.00165	0.00427	0.00301	0.00796	0.0182	0.00849	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00167	-	-
Fierro	mg/l	1.78	2.53	1.81	4.42	12.7	5.45	3.34	2.25	0.4	0.325	0.238	0.25	0.262	0.207	0.54	2.16	1.44	0.349	0.686



Parámetro	Unidades	23/09/2019					24/09/2019				25/09/2019			26/09/2019		27/09/2019		25/09/2019	26/09/2019	
		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10	A1	A2
Níquel	mg/l	0.00245	0.00789	0.00299	0.00814	0.0114	0.00946	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00128	-	-
Plata	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Plomo	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.005	-	-
Selenio	mg/mL	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Zinc	mg/l	0.0286	0.024	<0.02	<0.02	0.0293	0.0211	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0289	-	-
Arsénico	mg/l	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.003	-	-
Mercurio	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.001	-	-
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	≥2400	≥2400	≥2400	≥2400	≥2400	≥2400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≥2400	-	-
Sulfuros	mg/l	<1	<1	1.85	1.13	<1	<1	<1	<1	<1	1.05	2.73	4.97	3.53	1.37	1.13	1.37	<1	2.73	3.45
Aldrin	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025	<0.025
Hexaclorobenceno	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
a-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
b-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
g-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
d-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Heptacloro	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Dieldrin	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
DDE	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Endrin	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
DDD	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Endosulfan Sulfato	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
DDT	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Metoxicloro	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091





Parámetro	Unidades	23/09/2019					24/09/2019				25/09/2019			26/09/2019		27/09/2019		25/09/2019	26/09/2019	
		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10	A1	A2
Clordano	µg/l	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182
Toxafeno	µg/l	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
PCB	µg/l	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401
Trihalometanos	mg/l	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032
2,4,5-Triclorofenol	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.33	ND	ND	ND	ND
2,4,6-Triclorofenol	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.38	ND	ND	ND
m+p-Cresol	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27.27	16.82	ND	ND	50.1	58.26	19.24
Bis-2-(Etilhexil) Ftalato	µg/l	ND	1.52	0.85	1	ND	0.72	ND	0.76	0.84	ND	ND	4.97	3.51	2.57	1.75	3.17	1.16	4.51	10.83
Dibutilftalato	µg/l	0.53	0.48	0.3	ND	ND	0.73	ND	ND	0.67	ND	ND	1.47	1.07	0.61	0.42	0.93	0.99	1.54	18.73
Dietilftalato	µg/l	ND	ND	ND	0.45	ND	ND	ND	ND	1.09	ND	ND	5.13	ND	ND	ND	0.37	ND	4.08	5.05
Isoforona	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.52	ND	ND	ND
Disulfuro de Carbono	µg/l	12.74	5.42	7.96	1.06	1.68	41.89	32.88	34.9	27.55	ND	16.31	46.62	75.67	5.58	24.43	39.67	40.96	75.5	55.2
MTBE (Metil-T-Butil Eter)	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	8.82	ND	ND
Tolueno	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.72	5.06	ND	ND	ND	42.8	24.52	4.4

ND No Detectado
- No Realizado





Tabla 3-8 Datos de campo en los puntos del río Zula. Campaña 1

Parámetro	RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7
Fecha	23/09/2019	23/09/2019	23/09/2019	23/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	24/09/2019
Hora	09:36	11:28	13:40	16:30	17:30	09:00	11:00
Temperatura, °C	20.7	19.8	24.9	23.7	22.3	22	22.6
pH, Unid. pH	6.71	7.22	7.31	7.06	6.78	7.03	7.03
Oxígeno Disuelto, mg/l	5.7	6.48	5.27	4.49	4.6	3.74	2.52
Olor	Inoloro	Inoloro	Ligero vinaza	Inoloro	Inoloro	Inoloro	Ligero fecal
Color	Amarillo	Ligero Café	Ligero amarillo	Café	Café	Café	Café
Aspecto	Turbio	Turbio	Turbio	Turbio	Turbio	Turbio	Turbio
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Tabla 3-9 Datos de campo en los puntos del río Santiago. Campaña 1

Parámetro	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5
Fecha	24/09/2019	24/09/2019	25/09/2019	25/09/2019	25/09/2019
Hora	12:30	16:20	09:15	13:10	11:20
Temperatura, °C	26	23.8	19.8	23.4	25
pH, Unid. pH	7.15	6.97	6.88	7	7.27
Oxígeno Disuelto, mg/l	2.88	1.81	3.35	1.62	2.78
Olor	Inoloro	Fétido	Inoloro	Inoloro	Fétido
Color	Ligero Café	Incoloro	Ligero amarillo	Ligero amarillo	Amarillo
Aspecto	Turbio	Claro	Claro	Claro	Turbio
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente



Parámetro	RS6	RS7	RS8	RS8	RS9	RS10
Fecha	26/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	02/10/2019	27/09/2019	25/09/2019
Hora	12:20	09:00	13:35	10:15	08:20	10:00
Temperatura, °C	24.3	22.5	24.3	24.1	24.1	27.7
pH, Unid. pH	7.46	7.85	8.12	7.54	7.54	7.42
Oxígeno Disuelto, mg/l	1.79	4.33	5.81	6.31	6.31	1.79
Olor	Ligero Fétido	Inoloro	Inoloro	Fétido	Fétido	Fétido
Color	Ligero Amarillo	Ligero amarillo	Ligero amarillo	Ligero gris	Ligero gris	Negro
Aspecto	Claro	Claro	Claro	Turbio	Turbio	Turbio
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Tabla 3-10 Datos de campo en los puntos del arroyo El Ahogado. Campaña 1

Parámetro	A1	A2
Fecha	26/09/2019	26/09/2019
Hora	15:45	14:00
Temperatura, °C	25.4	26.5
pH, Unid. pH	7.35	7.49
Oxígeno Disuelto, mg/l	3.15	1.81
Olor	Fétido	Fecal
Color	Ligero amarillo	Gris
Aspecto	Turbio	Turbio
Materia Flotante	Ausente	Ausente

En la **Tabla 3-11**, se describe la concentración inicial y final de cada uno de los parámetros analizados en la primera campaña de muestreo a lo largo del Río Zula.



Tabla 3-11 Concentración inicial y final de monitoreo, río Zula - lluvias

Parámetro	Concentración mg/l al km 0	Km Final	Concentración Final mg/l
DQO	33.5	102.8	33.7
SST	16	102.8	105
P	0.38	102.8	0.72
DBO	10.6	120.6	8.9
OD	5.7	120.6	2.57
N-NH ₄	1.31	120.6	1.02
N _{total}	5.43	120.6	3.99

La concentración de DQO es prácticamente igual en el kilómetro cero y en el kilómetro 102.8, aguas abajo de San Martín Zula; en el caso de la DBO, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total, se obtiene una disminución en la concentración final que no refleja el efecto esperado por dilución en el sitio de Ocotlán que debiera presentar si no existieran aportaciones de materia orgánica en el último tramo del río.

Como es de esperarse, lo mismo sucede con el oxígeno disuelto, mientras que el caso de los SST y el fósforo estos incrementan considerablemente.

Sin embargo, cabe destacar el patrón de comportamiento que se manifiesta con los parámetros de DQO, SST, P y DBO, los cuales disminuyen su concentración inicial al llegar al km 46.9 aguas arriba de Atotonilco donde sí se aprecia efectos de autodepuración y dilución, que se pierde en el resto del recorrido incrementándose en el km 89.7 aguas arriba de San Martín de Zula.

Un análisis de los resultados se presenta con mayor detalle en el numeral posterior a la presentación de los resultados obtenidos.

En la **Tabla 3-12**, se describe la concentración inicial y final de cada uno de los parámetros analizados en la primera campaña de muestreo a lo largo del río Santiago.

Tabla 3-12 Concentración inicial y final de monitoreo, río Santiago - lluvias

Parámetro	Concentración mg/l al km 0	Concentración Final mg/l al km 121.1
DBO	8.25	48.9
OD	2.88	6.31
N-NH ₄	1.97	5.47
N _{total}	4.85	10.8

Al igual que el río Zula, en el río Santiago se mantiene un patrón en el comportamiento de la concentración de los parámetros DBO y nitrógeno total, disminuyendo su concentración a la altura del macrolibramiento e incrementando a la altura de Juanacatlán; posteriormente a este punto, se pierde la relación en su comportamiento.

En el caso del OD, este mantiene una serie de variaciones desde Ocotlán hasta Puente Grande, y posteriormente, se genera un incremento constante en la concentración hasta el Puente de Guadalupe.

3.2.2 Campaña de monitoreo 2

La segunda campaña de monitoreo se llevó a cabo del 04 al 08 de noviembre de 2019, realizando la medición de caudal en el punto RS9 el día 12 de noviembre de 2019, debido a que no fue posible aforar el día 08 de noviembre que era la fecha que le correspondía.

Figura 3-6 Trabajos de muestreo y aforo en los puntos de muestreo. Campaña 2



Río Zula aguas arriba de Arandas (RZ1)
(04/11/2019)



Río Zula aguas arriba de Atotonilco (RZ2)
(04/11/2019)





Río Zula aguas abajo de Atotonilco (RZ3)
(04/11/2019)



Río Zula aguas arriba S.Martín de Zula (RZ4)
(04/11/2019)



Río Zula en afluente Tototlán (RZ5)
(04/11/2019)



Río Zula en San Martín de Zula (RZ6)
(05/11/2019)



Río Zula en Ocotlán (RZ7) (05/11/2019)

Río Santiago en Ocotlán (RS1) (05/11/2019)



Río Santiago aguas abajo compuertas
Poncitlán (RS2) (05/11/2019)



Río Santiago en Presa Corona (RS3)
(06/11/2019)



Río Santiago en Macrolibramiento (RS4)
(06/11/2019)



Río Santiago en El Salto Juanacatlán (RS5)
(06/11/2019)



Río Santiago en Puente Grande (RS6)
(07/11/2019)



Río Santiago en puente Matatlán (RS7)
(07/11/2019)



Río Santiago aguas arriba del río Verde (RS8)
(08/11/2019)



Río Santiago en puente Guadalupe (RS9)
(08/11/2019)





Río Santiago en puente La Laja (RS10)
(06/11/2019)

Arroyo El Ahogado No. 1 (A1) (07/11/2019)



Arroyo El Ahogado No. 2 (A2) (07/11/2019)

En la **Tabla 3-13** se presenta una tabla resumen con todos los resultados obtenidos en esta campaña de muestreo y aforo.

Similar a los datos presentados para la campaña 1, para hacer más sencilla la presentación de los resultados obtenidos, en el caso de los parámetros orgánicos, no se relacionan aquellos que en la totalidad de las muestras se reporta que se obtuvo un resultado menor al límite de detección. El detalle de los resultados de laboratorio se presenta en el **Anexo A** en donde se presenta la totalidad de los resultados.



Tabla 3-13 Resumen de resultados de laboratorio. Campaña 2

Parámetro	Unidades	04/11/2019					05/11/2019				06/11/2019			07/11/2019		08/11/2019		06/11/2019	07/11/2019	
		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10	A1	A2
Alcalinidad Total como CaCO ₃	mg/l	84.9	95.7	113	184	73.1	48.4	153	146	152	209	191	293	321	289	280	259	376	342	379
Temperatura (Medida en campo)	°C	21.1	22.1	21.4	22.0	20.4	22.2	24.7	24.9	22.8	21.1	23.6	23.9	23.3	24.0	24.5	26.1	24.7	22.6	24.5
Cloruros (Cl)	mg/l	14.7	12.3	12.5	22.1	9.83	22.1	29	27	32.4	43.2	47.2	65.8	70.8	65.8	68.8	55	63.9	64.9	81.6
Color Verdadero	Pt-Co	50	40	30	100	65	120	45	40	60	50	100	80	100	80	70	40	90	60	65
Fluoruros	mg/l	0.277	<0.1	0.262	0.149	0.135	0.266	0.303	0.292	0.422	0.495	0.561	0.448	0.828	0.778	0.814	1.42	0.704	0.493	0.449
Fósforo Total	mg/l	0.575	1.01	0.477	5.37	1.21	1.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.49	-	-
Materia Flotante	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausente	-	-
Oxígeno Disuelto (Medido en campo)	mg/l	6.69	7.23	5.21	2.82	4.86	4.74	2.20	2.99	2.99	3.22	2.63	2.79	1.62	6.41	6.35	5.80	4.01	1.93	3.50
pH (Medido en campo)	Unid. pH	7.37	7.59	7.22	7.32	7.12	7.21	7.25	7.25	6.98	7.00	6.90	7.16	7.58	8.07	8.06	7.83	7.67	7.27	7.36
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	40	133	47	513	294	323	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5)	mg/l	5.63	17.4	4.75	20.9	6.65	14.6	6.35	4.48	6.95	4.18	5.15	15.5	9.52	16.2	25.4	25.5	12.5	98.3	43.7
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	31.2	40.9	<30	245	53	77.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73.7	-	-
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/l	0.249	0.62	0.264	0.603	0.357	0.37	0.249	0.274	0.417	0.184	0.212	1.89	0.704	0.32	0.789	0.718	0.449	3.94	2.49
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	2.27	2.51	0.419	8.13	1.32	2.51	2.63	2.27	2.64	1.8	1.32	10.2	13.1	7.22	11.9	8.73	10.2	16.3	15.7
Nitrógeno Total	mg/l	6.1	7.59	5.91	21.2	7.76	9.45	6.56	5.16	4.18	2.63	2.86	12.2	15.3	13.3	17.9	14.8	15.5	23.3	20.9
Cianuro como CN	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	-	-
Grasas y Aceites	mg/l	<5	6.9	<5	5.21	<5	<5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<5	-	-
Antimonio	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Talio	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Aluminio	mg/l	1.66	2.98	0.977	7.52	7.66	8.07	1.28	1.28	2.55	0.15	2.96	0.322	0.27	0.359	0.241	1.35	0.784	0.417	0.402
Bario	mg/l	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25
Berilio	mg/l	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Cadmio	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.05	-	-
Cobre	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	0.12	<0.05	<0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.05	-	-



Parámetro	Unidades	04/11/2019					05/11/2019				06/11/2019			07/11/2019		08/11/2019		06/11/2019	07/11/2019	
		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10	A1	A2
Cromo Total	mg/l	0.00215	0.00561	0.00241	0.012	0.00837	0.0127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00261	-	-
Fierro	mg/l	2.7	5.59	1.84	13.3	9.93	9.86	1.2	1.22	2.61	0.165	3	0.252	0.201	0.512	0.391	1.39	1.34	0.484	0.365
Níquel	mg/l	0.00262	0.00552	0.00315	0.00742	0.00537	0.0136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00604	-	-
Plata	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Plomo	mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	-	-
Selenio	mg/mL	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Zinc	mg/l	0.0234	0.0268	<0.02	0.0991	0.0569	0.0462	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.025	-	-
Arsénico	mg/l	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.003	-	-
Mercurio	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.001	-	-
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	≥1800	≥1800	≥1800	≥1800	≥1800	≥1800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≥1800	-	-
Sulfuros	mg/l	1.91	1.61	1.91	2.51	1.91	1.29	1.69	1.69	2.01	1.53	2.41	6.26	2.01	<1	<1	<1	1.53	4.63	1.82
Huevos de Helminto	H/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Aldrin	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Hexaclorobenceno	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
a-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
b-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
g-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
d-BHC	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Heptacloro	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Dieldrin	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
DDE	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091



Parámetro	Unidades	04/11/2019					05/11/2019				06/11/2019			07/11/2019		08/11/2019		06/11/2019	07/11/2019	
		RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10	A1	A2
Endrin	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
DDD	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Endosulfan Sulfato	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
DDT	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Metoxicloro	µg/l	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091	<0.0091
Clordano	µg/l	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182	<0.0182
Toxafeno	µg/l	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1
PCB	µg/l	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401	<0.401
Trihalometanos	mg/l	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032	<0.032
Fenol	µg/l	ND	0.69	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.55	ND	ND	0.24	0.22	ND	1.87	0.57
m+p-Cresol	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.31	ND	ND	6.48	0.77	ND	ND	0.42	ND	25.4	5.44
Bis-2-(Etilhexil) Ftalato	µg/l	ND	0.93	0.42	ND	ND	0.22	0.28	0.26	0.88	0.28	ND	1.18	1.31	ND	1.63	1.92	0.51	6.05	5.22
Di-2-(Etil-Hexil) Adipato	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.31	ND	ND	ND	ND
Dibutilftalato	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	0.26	ND	0.3	ND	ND	ND	0.98	ND	ND	ND	0.49	ND	1.64	ND
Dietilftalato	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.32	0.34	0.63	ND	ND	1.46	ND	ND	ND	ND	ND	4.26	2.74
Isoforona	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.22	ND	ND	ND
Cloroformo	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.59	ND
Disulfuro de Carbono	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	17.11	25.96	ND	ND	ND
m+p-Xileno	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.14	ND
o-Xileno	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.24	ND
Tolueno	µg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.47	ND	ND	ND	1.17	ND	15.29	2.28

ND No Detectado
- No Realizado





Tabla 3-14 Datos de campo en los puntos del río Zula. Campaña 2

Parámetro	RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7
Fecha	04/11/2019	04/11/2019	04/11/2019	04/11/2019	04/11/2019	05/11/2019	05/11/2019
Hora	12:00	14:00	15:00	17:10	16:30	11:30	14:00
Temperatura, °C	21.1	22.1	21.4	22	20.4	22.2	24.7
pH, Unid. pH	7.37	7.59	7.22	7.32	7.12	7.21	7.25
Oxígeno Disuelto, mg/l	6.69	7.23	5.21	2.82	4.86	4.74	2.2
Olor	Inoloro	Inoloro	Inoloro	Inoloro	Inoloro	Inoloro	Inoloro
Color	Café	Café	Incoloro	Café	Café	Café	Incoloro
Aspecto	Turbio	Turbio	Claro	Turbio	Turbio	Turbio	Claro
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Tabla 3-15 Datos de campo en los puntos del río Santiago. Campaña 2

Parámetro	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5
Fecha	05/11/2019	05/11/2019	06/11/2019	06/11/2019	06/11/2019
Hora	14:45	15:40	13:30	11:50	10:00
Temperatura, °C	24.9	22.8	21.1	23.6	23.9
pH, Unid. pH	7.25	6.98	7	6.9	7.16
Oxígeno Disuelto, mg/l	2.99	2.99	3.22	2.63	2.79
Olor	Inoloro	Fétido	Inoloro	Fétido	Ligero Fétido
Color	Incoloro	Gris	Incoloro	Gris	Incoloro
Aspecto	Claro	Turbio	Claro	Turbio	Claro
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Parámetro	RS6	RS7	RS8	RS9	RS10
Fecha	07/11/2019	07/11/2019	08/11/2019	08/11/2019	06/11/2019
Hora	12:30	14:00	10:00	15:30	15:40
Temperatura, °C	23.3	24	24.5	26.1	24.7



pH, Unid. pH	7.58	8.07	8.06	7.83	7.67
Oxígeno Disuelto, mg/l	1.62	6.41	6.35	5.8	4.01
Olor	Ligero Fétido	Inoloro	Inoloro	Inoloro	Fétido
Color	Ligero Amarillo	Incoloro	Incoloro	Ligero gris	Ligero Amarillo
Aspecto	Claro	Claro	Claro	Turbio	Claro
Materia Flotante	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Tabla 3-16 Datos de campo en los puntos del arroyo El Ahogado. Campaña 2

Parámetro	A1	A2
Fecha	07/11/2019	07/11/2019
Hora	09:00	10:20
Temperatura, °C	22.6	24.5
pH, Unid. pH	7.27	7.36
Oxígeno Disuelto, mg/l	1.93	3.5
Olor	Fétido	Fétido
Color	Gris	Gris
Aspecto	Turbio	Turbio
Materia Flotante	Ausente	Ausente

Con objeto de facilitar la interpretación de la información de ambas campañas de aforo u muestreo, se presenta gráficamente el comportamiento de los siguientes parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), fósforo (P), nitrógeno (N) y sólidos suspendidos totales (SST).

Se analiza el comportamiento de la concentración de dichos parámetros en función de la distancia recorrida en ambos cauces, río Zula y río Santiago.

Las gráficas correspondientes al río Zula y río Santiago se listan a continuación:

Río Zula

- Figura 3-7 Resultados de DQO, Río Zula
- Figura 3-8 Resultados de SST, Río Zula



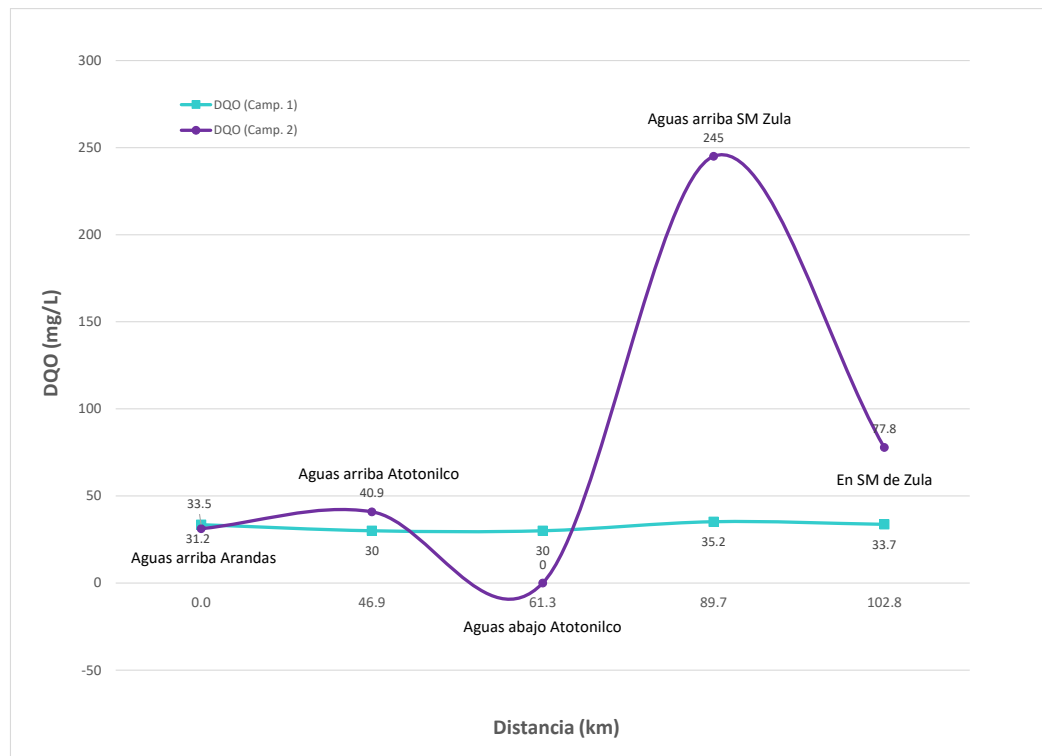


- Figura 3-9 Resultados de Fosforo, Río Zula
- Figura 3-10 Resultados de DBO, Río Zula
- Figura 3-11 Resultados de OD, Río Zula
- Figura 3-12 Resultados de Nitrógeno Amoniacal, Río Zula
- Figura 3-13 Resultados de Nitrógeno Total, Río Zula

Río Santiago

- Figura 3-14 Resultados de DBO, Río Santiago
- Figura 3-15 Resultados de OD, Río Santiago
- Figura 3-16 Resultados de nitrógeno amoniacal, Río Santiago
- Figura 3-17 Resultados de nitrógeno total, Río Santiago

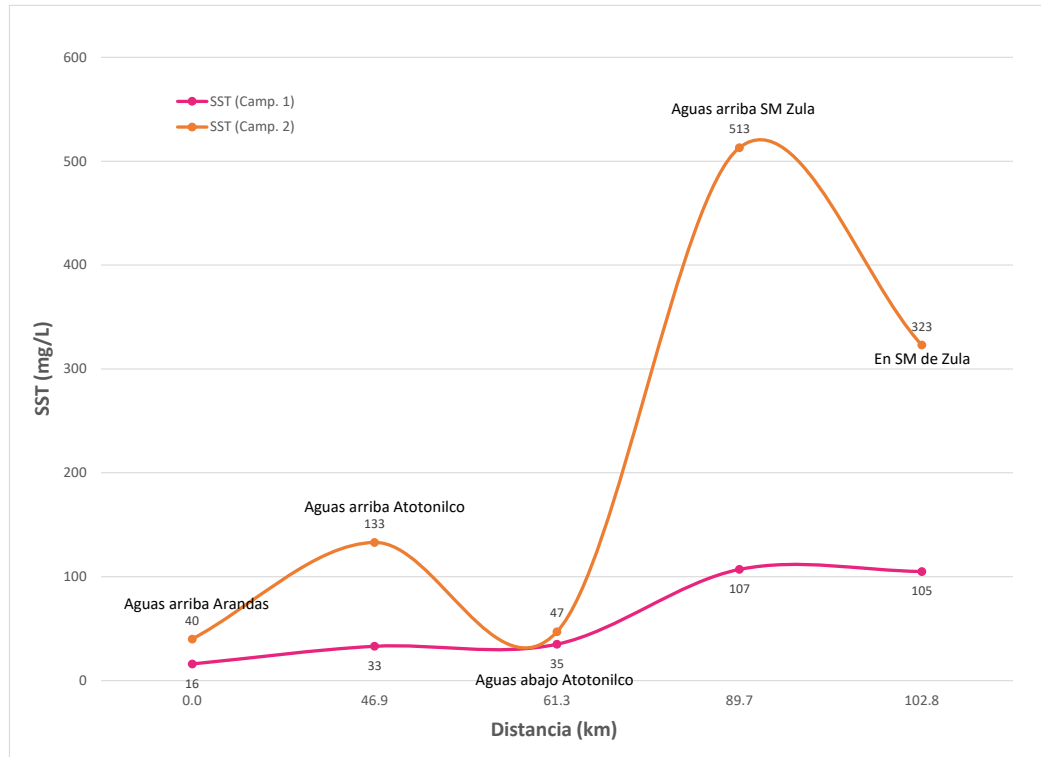
Figura 3-7 Resultados de DQO, Río Zula



Fuente: Elaboración propia.

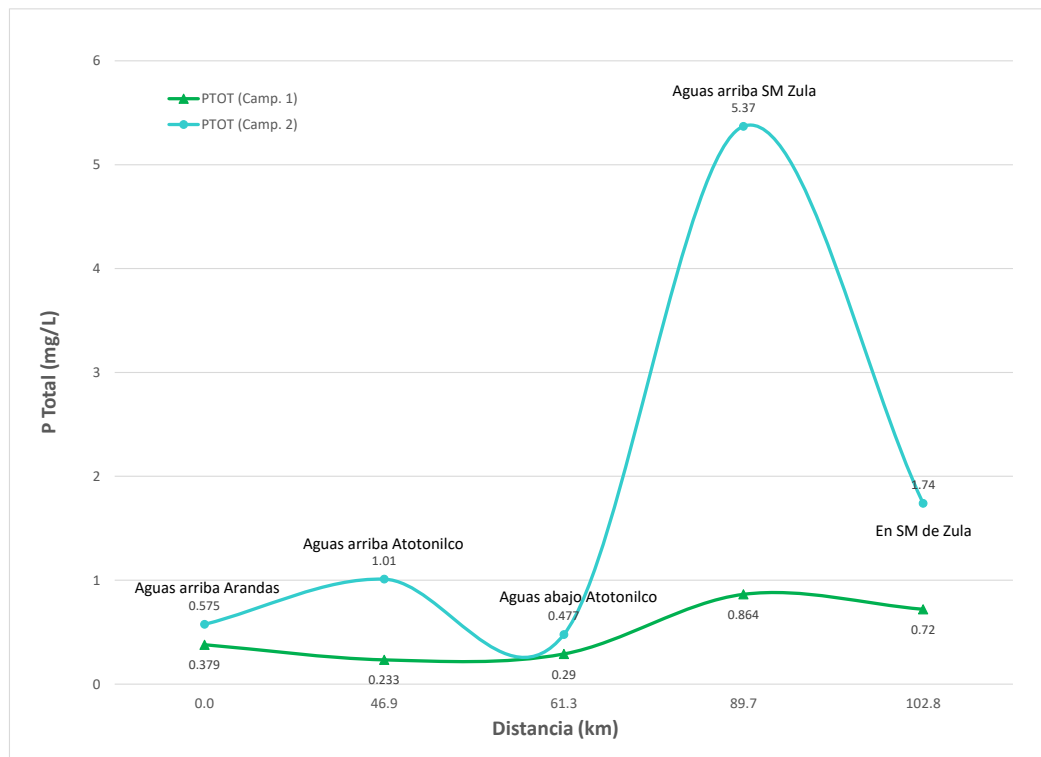


Figura 3-8 Resultados de SST, Río Zula



Fuente: Elaboración propia.

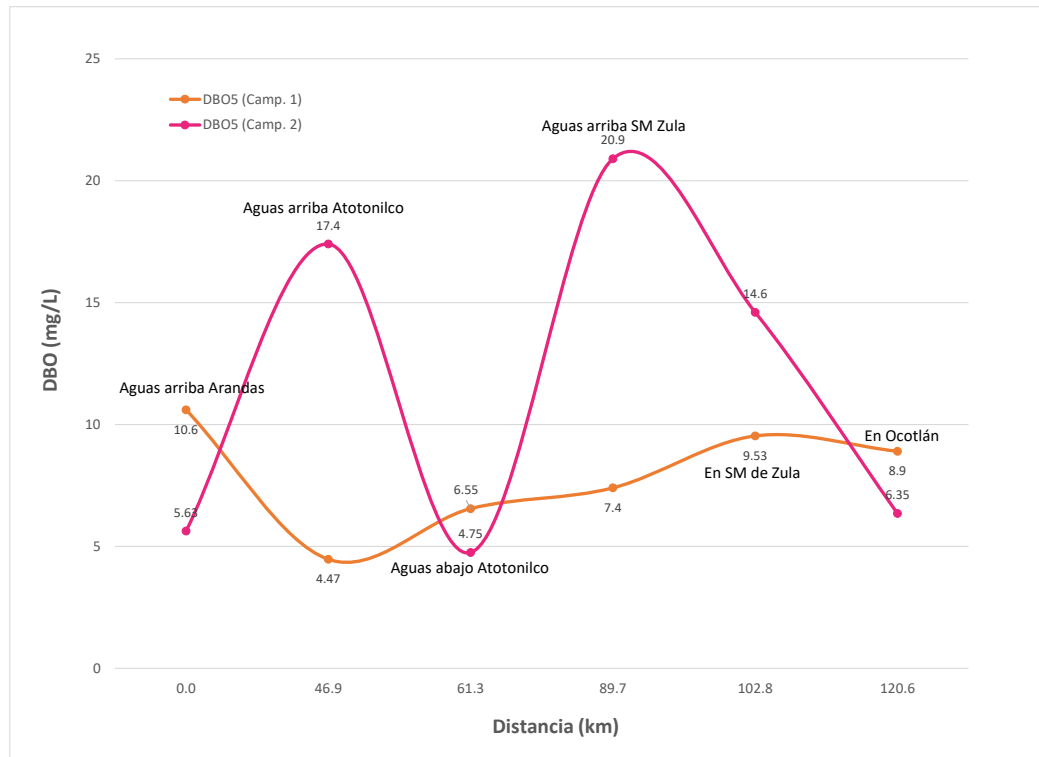
Figura 3-9 Resultados de Fosforo, Río Zula



Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-10 Resultados de DBO, Río Zula



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-11 Resultados de OD, Río Zula

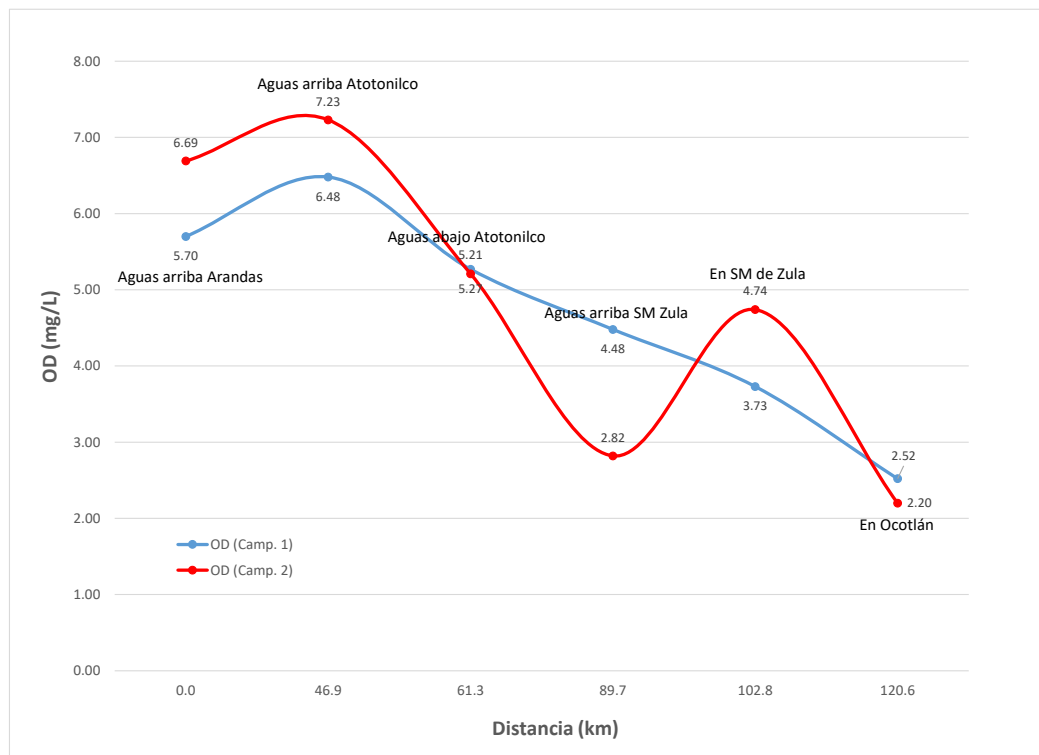
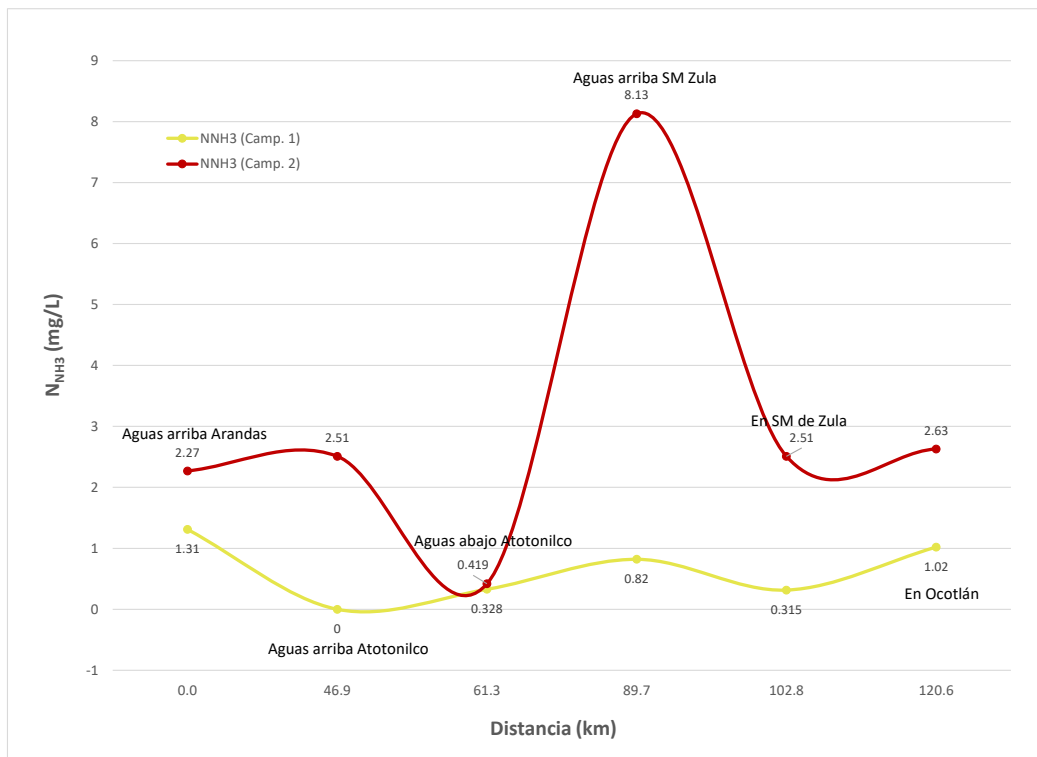


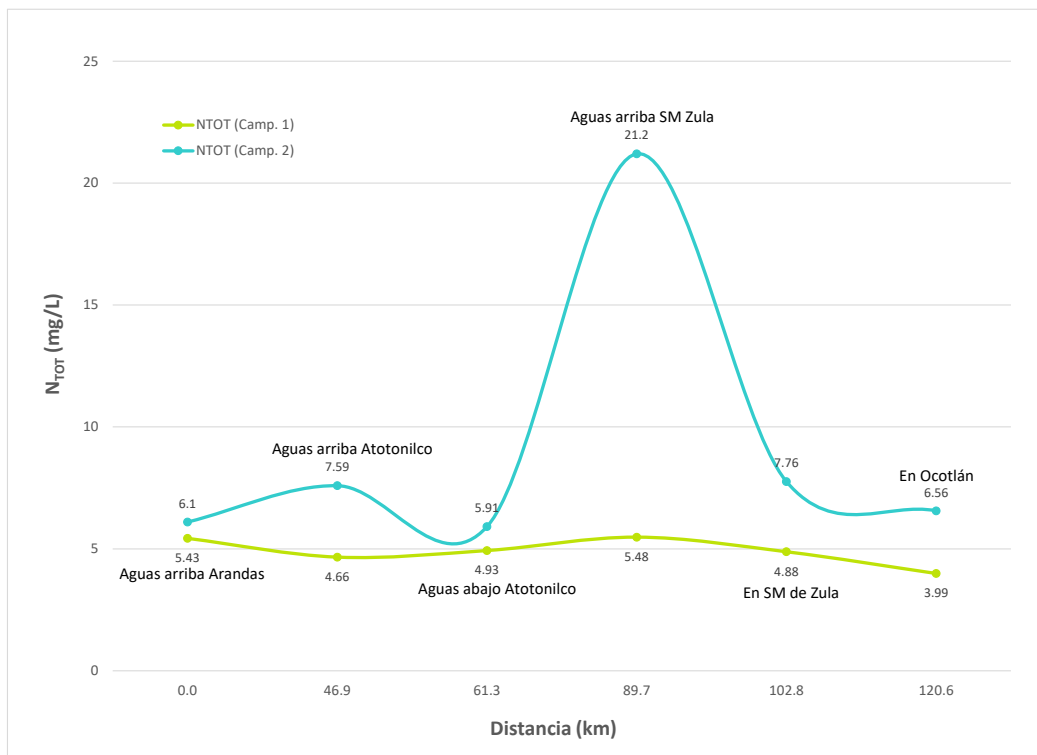


Figura 3-12 Resultados de Nitrógeno Amoniacal, Río Zula



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-13 Resultados de Nitrógeno Total, Río Zula



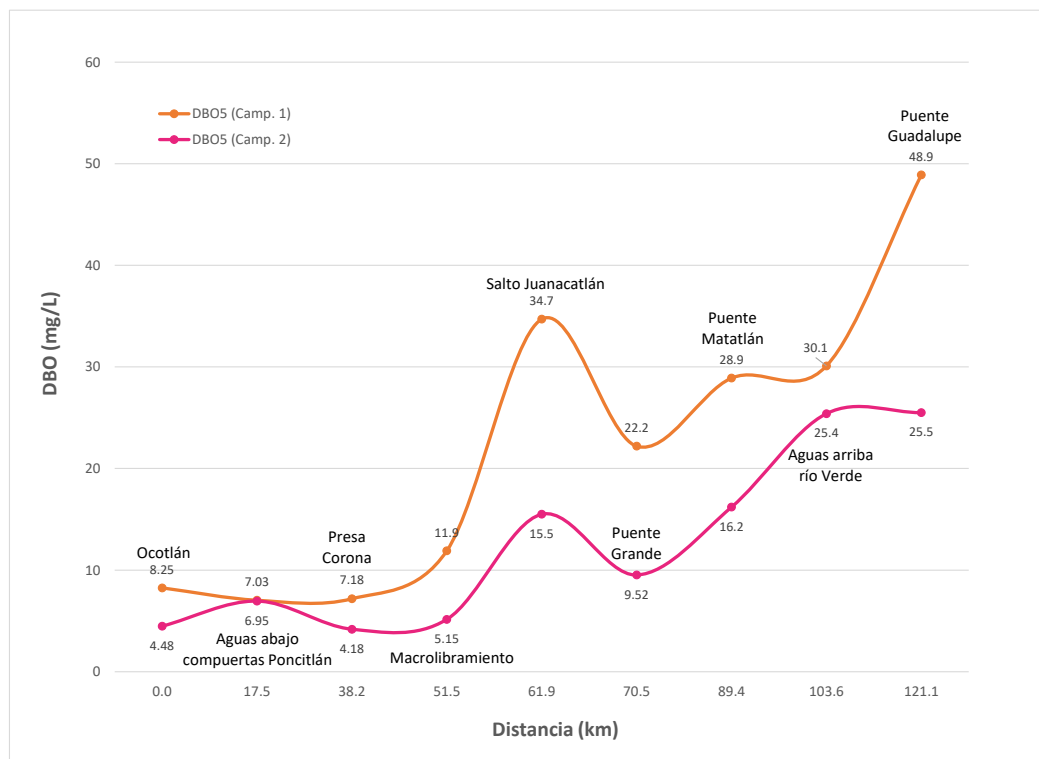


En la **Tabla 3-17**, se describe la concentración inicial y final de cada uno de los parámetros analizados en la segunda campaña de muestreo a lo largo del Río Zula.

Tabla 3-17 Concentración inicial y final de monitoreo, río Zula. Campaña 2

Parámetro	Concentración mg/l al km 0	Km final	Concentración final mg/l
DQO	31.2	102.8	77.8
SST	40.0	102.8	323
P	0.58	102.8	1.74
DBO	5.6	120.6	6.35
OD	6.7	120.6	2.20
N-NH ₄	2.3	120.6	2.63
N _{Total}	6.1	120.6	6.56

Figura 3-14 Resultados de DBO, Río Santiago



Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-15 Resultados de OD, Río Santiago

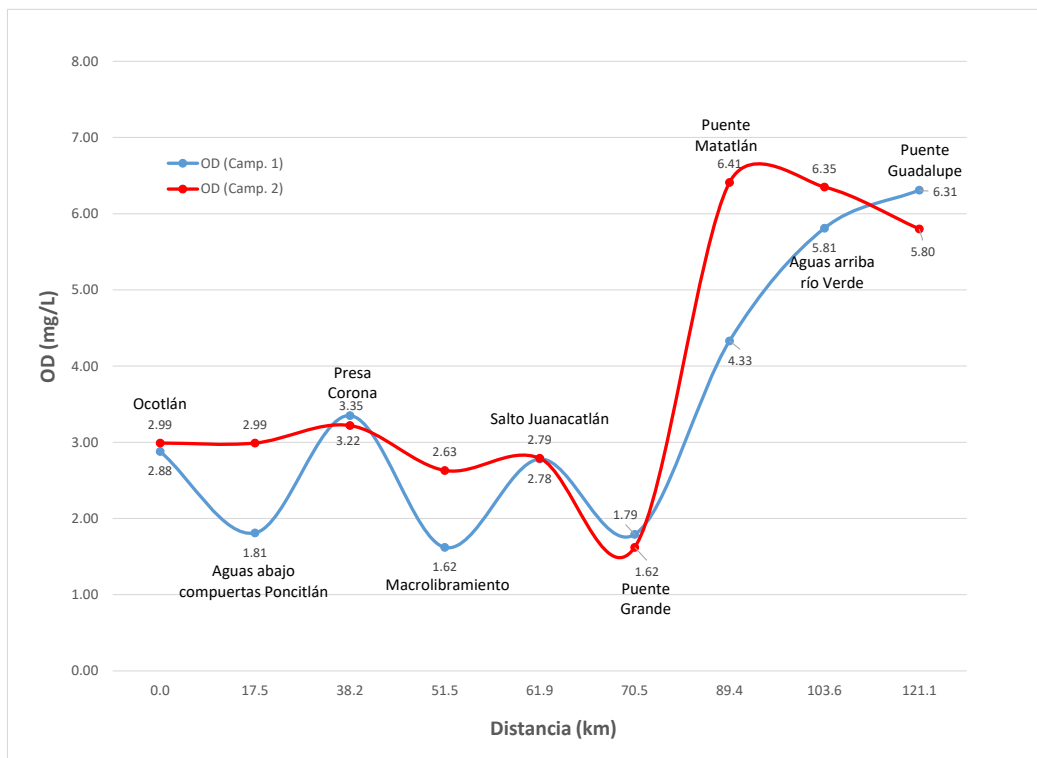
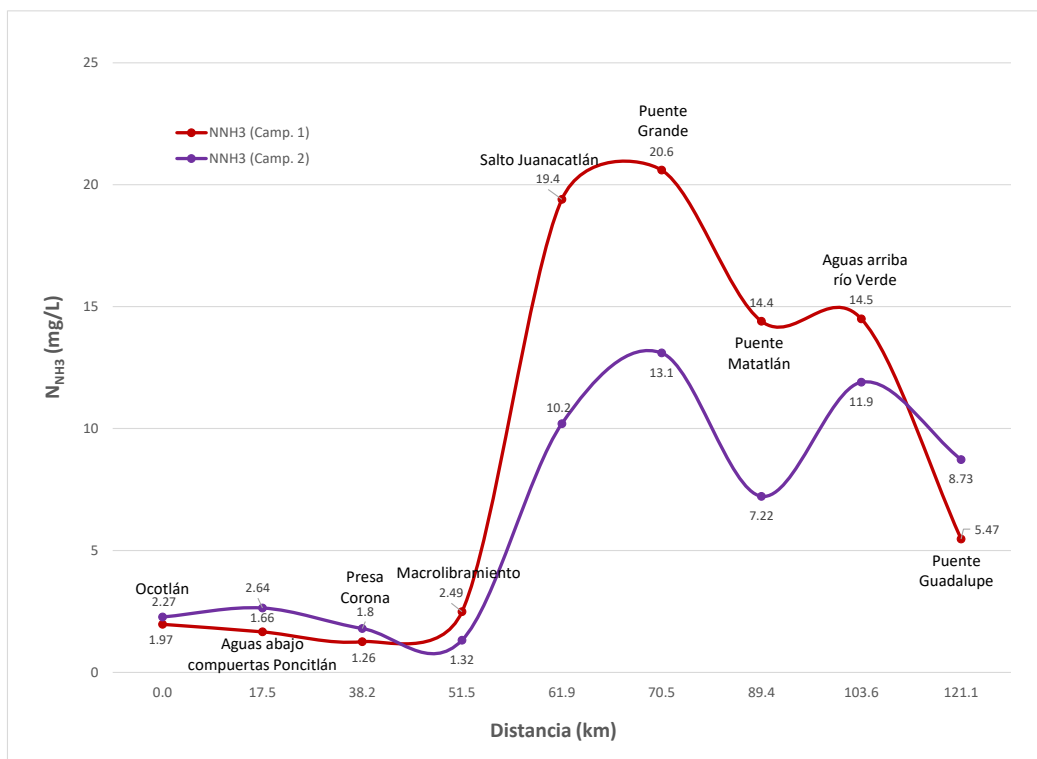


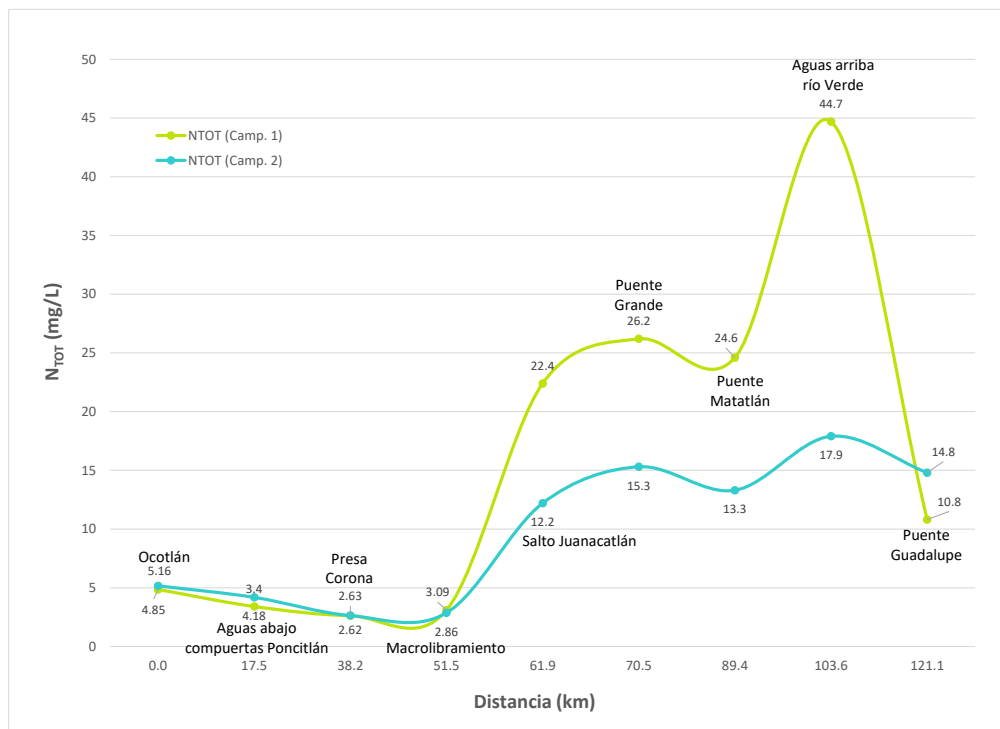
Figura 3-16 Resultados de nitrógeno amoniacal, Río Santiago



Fuente: Elaboración propia.



Figura 3-17 Resultados de nitrógeno total, Río Santiago



Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 3-18** se describe la concentración inicial y final de cada uno de los parámetros analizados en la segunda campaña de muestreo a lo largo del río Santiago.

Tabla 3-18 Concentración inicial y final de monitoreo, Río Santiago. Campaña 2

Parámetro	Concentración mg/l al km 0	Concentración final mg/l al km 121.1
DBO	4.48	25.5
OD	2.99	5.8
N-NH ₄	227.0	8.7
N _{Total}	5.16	14.8

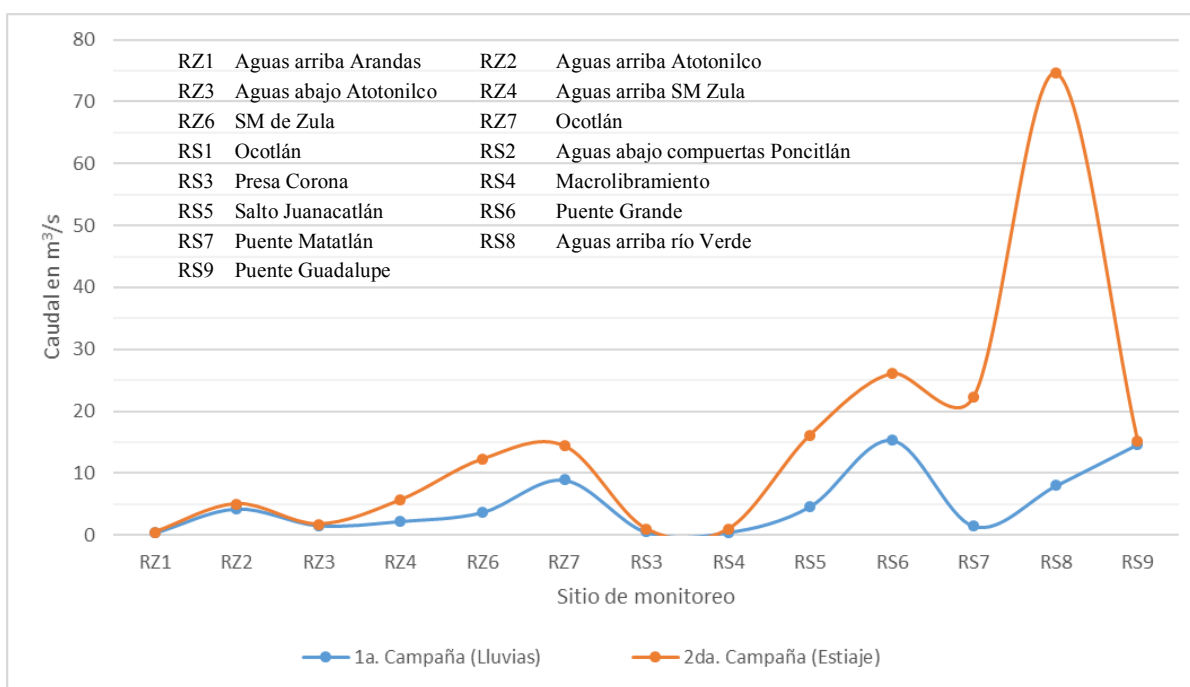


3.3 ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos en las campañas de aforo y muestreo, se procedió a analizar la información en conjunto para obtener el panorama completo sobre la situación en la que se encuentra el cauce principal. Para esto fue necesario analizar los caudales aforados y la calidad del agua obtenida en cada uno de los sitios y en cada campaña.

Un aspecto relevante en este análisis es la variable de caudal, debido a que las condiciones ambientales que se presentaron durante las campañas de monitoreo se prestan a una distinta interpretación de los resultados. Como se mencionó anteriormente, la campaña de monitoreo no.1 y no.2 se realizaron durante el temporal de lluvias y estiaje respectivamente; sin embargo, durante los primeros días del mes de noviembre (días en los que se llevó a cabo la segunda campaña), se presentaron lluvias de mayor intensidad comparadas con las lluvias presentadas a finales del mes de septiembre, lo anterior impactó en los resultados obtenidos al mostrar mayor caudal en el muestreo de estiaje que en el de lluvias, ver **Figura 3-18**.

Figura 3-18 Caudales aforados en el cauce principal (1ra y 2da Campaña)



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura anterior, en la segunda campaña de monitoreo la mayoría de los sitios de aforo presentan mayor caudal, particularmente las estaciones RS5 a RS8, cuando este suele ser inferior en otros años, sin embargo, la tendencia de caudal se mantiene en ambas campañas.



El comportamiento del caudal corresponde al funcionamiento hidrológico el cual se describe en la sección anterior y se esquematiza en la **Figura 3-3** y **Figura 3-4**, es decir, se incrementa el caudal aguas abajo de los afluentes al cauce como el arroyo Chico (RZ5) ubicado aguas abajo del sitio RZ4 y aguas arriba del RZ6; arroyo El Ahogado (A1 y A2) ubicado aguas abajo del sitio RS4 y aguas arriba del RS5; río Calderón (RS10) ubicado aguas abajo del sitio RS6; y el río Verde ubicado aguas abajo del sitio RS8.

En los sitios RS1 y RS2 no se cuenta con aforo debido a que las condiciones del sitio no permitieron que esta actividad se llevara a cabo con la precisión adecuada ya que la velocidad del agua en el río era tan pequeña que no podía ser medida por el equipo; sin embargo, en los sitios RS3 y RS4, el flujo se mantiene estable y con disminución del caudal en el sitio RS4 con respecto al RS3, debido a que es un caudal regulado desde el Lago de Chapala y la presa Poncitlán (RS2) y entre el sitio RS3 y RS4 se encuentran los canales de riego que suministran agua al Distrito de Riego No.13.

En el sitio RS5 se aprecia un incremento en el caudal, debido a que aguas arriba se ubica el afluente del arroyo del Ahogado (A2). La diferencia del flujo aforado en la campaña no.1 entre el sitio RS5 y RS4 es congruente con el aforo del sitio A2, sin embargo, el caudal aforado en el sitio A2 en la segunda campaña queda muy por debajo de diferencial de flujo entre los sitios RS4 y RS5.

El incremento del caudal en el sitio RS6 es consistente con las aportaciones de aguas arriba a este sitio, donde se ubican las localidades del Salto y Puente Grande, sin embargo, este incremento es cercano a los 10 m³/s en ambas campañas, valor alto para ser atribuido a aportaciones de estas localidades, por lo que dicho incremento corresponde a escurrimientos tardíos del temporal.

Aguas abajo al sitio RS6, se ubica el afluente del río Calderón, con aportaciones de 0.06 y 1.6 m³/s en la primera y segunda campaña respectivamente, sin embargo, en el sitio RS7 el caudal aforado disminuye considerablemente con respecto a sitio RS6 con diferenciales de 13.9 y 3.7 m³/s en la primera y segunda campaña respectivamente, se esperaría un incremento por el escurrimiento en del tramo, ya que no se tiene registro de alguna derivación en el cauce que permita la salida de agua.

Los aforos de la primera campaña en los sitios RS7, RS8 y RS9 son congruentes con el incremento del flujo, ya que entre el sitio RS7 y RS8 se encuentran las descargas de aguas residuales de Tonalá y una parte de Guadalajara, y aguas arriba del sitio RS9 se encuentra la confluencia del río Verde, las descargas de agua residual del río San Juan de Dios y canal de Atemajac y las aportaciones a la cuenca de Agua Prieta, así como los escurrimientos naturales de la zona. En el caso de la segunda campaña, se aprecia el incremento del caudal del sitio RS7 al RS8 siendo muy notorio el incremento en el aforo de la segunda campaña que no es consistente con el aforo obtenido en el sitio RS9. El caudal observado fue de 74.5 m³/s que contrasta con los 15 m³/s observados en el sitio de RS9 donde ya se incorpora la aportación del río Verde.

En la **Tabla 3-19** se muestran de forma tabular los valores obtenidos en los aforos de los sitios monitoreados en ambas campañas.



Tabla 3-19 Aforos de los puntos de monitoreo (Campaña 1 y 2)

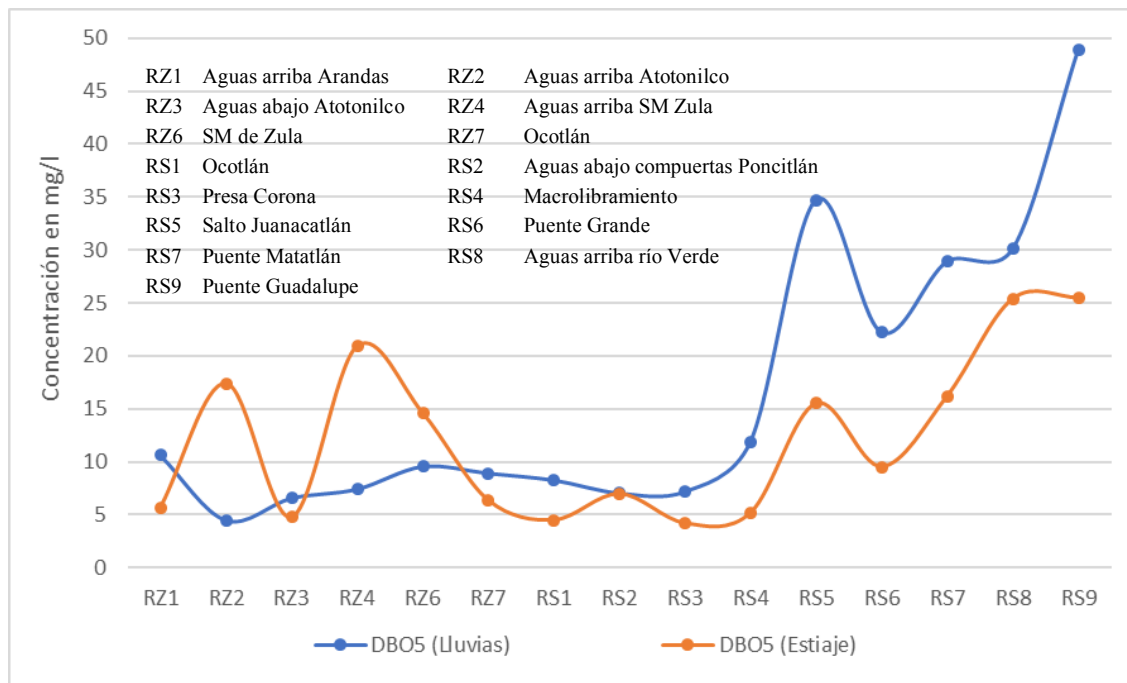
Sitio	Gasto total, L/s	
	1a. Campaña (lluvias)	2da. Campaña (estiaje)
RZ1	338.5	437.5
RZ2	4,265.4	5,009.8
RZ3	1,574.8	1,734.0
RZ4	2,262.4	5,624.2
RZ5	1,794.7	4,837.7
RZ6	3,694.9	12,220.6
RZ7	8,914.6	14,362.0
RS1*	-	-
RS2*	-	-
RS3	508.3	978.2
RS4	436.0	911.3
RS5	4,629.6	16,106.0
RS6	15,357.6	26,037.0
RS7	1,464.2	22,365.0
RS8	7,971.4	74,583.0
RS9	14,678.0	15,087.2
RS10	61.5	1,663.2
A1	1,950.6	2,963.9
A2	4,354.6	5,931.2

*No fue posible aforar debido a las condiciones del sitio

A pesar de la interferencia generada por las lluvias atípicas en la segunda campaña, los resultados de calidad del agua aportan herramientas para interpretar lo que sucede a lo largo del cauce principal. En la **Figura 3-19** se muestra la concentración de la DBO₅ a lo largo del cauce principal, donde logra apreciarse que en el tramo del río Santiago se muestra el mismo patrón de comportamiento en ambas campañas de monitoreo, sin embargo, en el río Zula al patrón en el temporal de lluvias muestra una tendencia con incremento en la concentración, mientras que en estiaje no se presenta algún patrón constante.



Figura 3-19 Concentración de DBO₅ en el cauce Principal (Campaña 1 y 2)



Fuente: Elaboración propia

Con base en la información mostrada en las páginas anteriores, se puede apreciar que el río Zula ya presenta un impacto en su calidad de agua en el sitio cercano a su nacimiento, que se puede atribuir a su poca capacidad de dilución por el pequeño caudal que escurre en este punto y por las descargas que ya recibe desde este punto.

Para el caso de DBO es en los puntos RZ2, RZ4 y RZ6 donde se presenta la mayor concentración en todo el río con valores superiores a 10 mg/l que contrasta con un objetivo deseable menor a 3 mg/l de DBO para un río (SEMARNAT, 2008). También se puede observar que presentó uno de los niveles más altos de oxígeno disuelto, que confirma lo anteriormente mencionado.

Es también notoria la mejoría de la calidad en su recorrido hasta aguas arriba de la localidad de Atotonilco aun cuando se recibe la descarga de Arandas cuya planta de tratamiento no operaba en condiciones adecuadas en las fechas en las que se realizaron las campañas de muestreo. Esto se atribuye a la diferencia de altura entre Arandas y Atotonilco (700 m) y que en este tramo el río casi no recibe aportaciones.

En su paso por Atotonilco el río Zula recibe la descarga municipal de esta localidad y de las unidades económicas asentadas en la región, lo que impacta de manera negativa en la calidad de agua, mostrando en este tramo el mayor incremento que se presenta en todo el río el cual va acumulando aportaciones desde este punto sin alcanzar a bajar las concentraciones de DBO como resultado de autodepuración o dilución hasta su paso por Ocotlán.

Un aspecto que debe ser valorado es que el caudal del río Zula es más del doble en el sitio de Ocotlán con respecto al punto localizado aguas arriba de Atotonilco, que muestra la razón de una ligera mejoría con respecto al punto en San Martín de Zula, pero también permite identificar que existe una aportación importante de materia orgánica en el tramo comprendido entre San Martín



de Zula, que no permite la mejoría de calidad de agua que se pudiera esperar por la dilución que se presenta.

La mayor relevancia se presenta en la sección del río Santiago, donde se puede apreciar que en la parte alta de la cuenca los valores de DBO son los más bajos de todo el río que se explican en gran medida como resultado de la dilución que se obtiene con el agua aportada por el Lago de Chapala para ser usada en riego y abastecimiento público del AMG.

Una vez que un caudal importante es derivado a los canales Aurora y Atequiza, la concentración de DBO se va incrementado en el sitio RS4 posterior a presa Corona. El sitio de mayor relevancia es el RS5, ubicado en el Salto, donde el incremento en la concentración de la DBO se eleva cerca de 3 veces con respecto al sitio RS4, que se explica como resultado de aportaciones de materia orgánica de origen municipal y de unidades económicas de la región. Aunado a lo anterior, las condiciones de topografía relativamente plana, provoca una baja aireación del agua, así como la baja capacidad de dilución del río en este tramo, como resultado de los aprovechamientos que se hacen del río aguas arriba, generan condiciones tan adversas que se reflejan en un severo detrimento en la calidad de agua.

Aguas abajo del sitio RS5 se ubica el afluente arroyo El Ahogado (A2), donde se obtuvieron concentraciones elevadas de DBO de 65.1 y 43.7 mg/l en la primera y segunda campaña de monitoreo respectivamente.

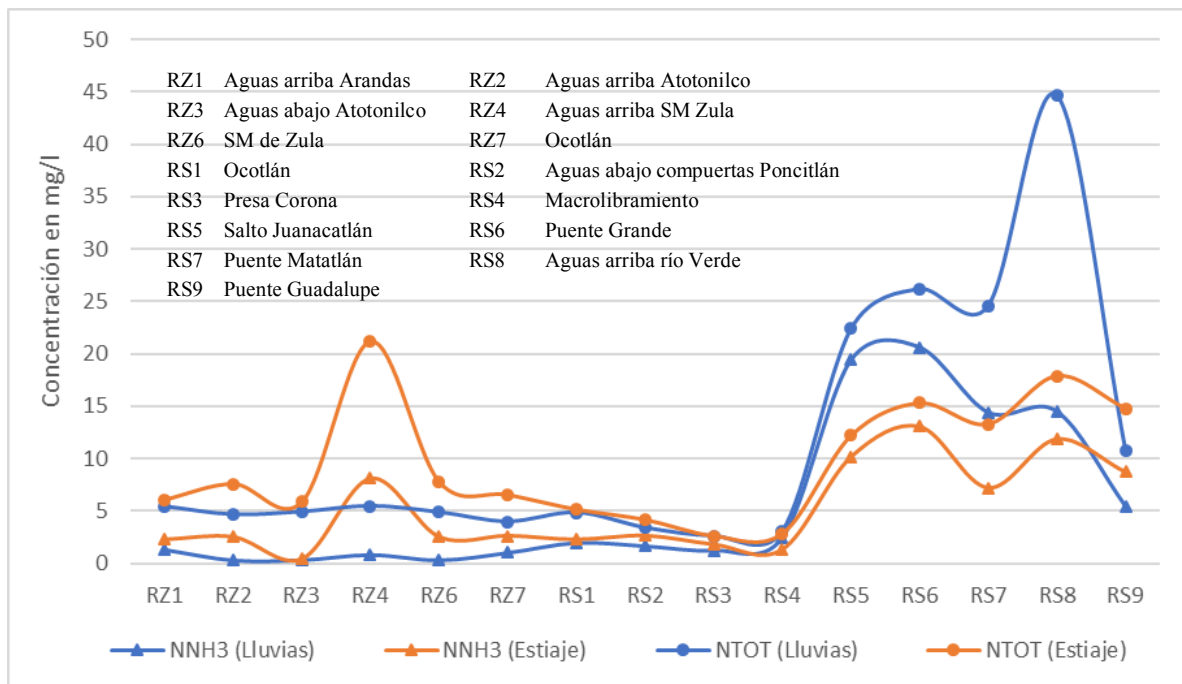
En el sitio RS6, se ubica la presa de Puente Grande, en donde se lleva a cabo una autodepuración significativa, ya que aquí se presenta una sedimentación y procesos biológicos naturales de degradación de materia orgánica, razón por la cual disminuye la concentración de DBO. Sin embargo, aguas abajo de este sitio, continua el incremento en la concentración. Todo ello como consecuencia de las descargas de aguas residuales crudas del AMG entre los sitios RS7 a RS9 provenientes de la zona oriente de la ciudad, del río San Juan de Dios, canal Atemajac y las aportaciones de la cuenca de la PTAR Agua Prieta, la cual descarga agua residual tratada aguas arriba del sitio RS9.

Si se relaciona el incremento de la concentración de DBO entre el sitio RS6 en Puente Grande al sitio RS9 en Paso de Guadalupe con sus caudales, se puede afirmar, que es en este tramo el mayor impacto de contaminación que recibe el río Santiago como resultado de las descargas de aguas residuales crudas de la zona oriente del AMG.

Con respecto al nitrógeno total y nitrógeno amoniacal, estos presentan patrones más consistentes en ambas campañas, ver **Figura 3-20** y responde de manera similar a la DBO, por lo que en general corresponde el mismo análisis que el presentado para DBO, siendo el tramo de mayor impacto la zona oriente del AMG como resultado de las descargas de agua cruda al río Santiago en este tramo.



Figura 3-20 Concentración de nitrógeno en el cauce principal (Campaña 1 y 2)



Fuente: Elaboración propia

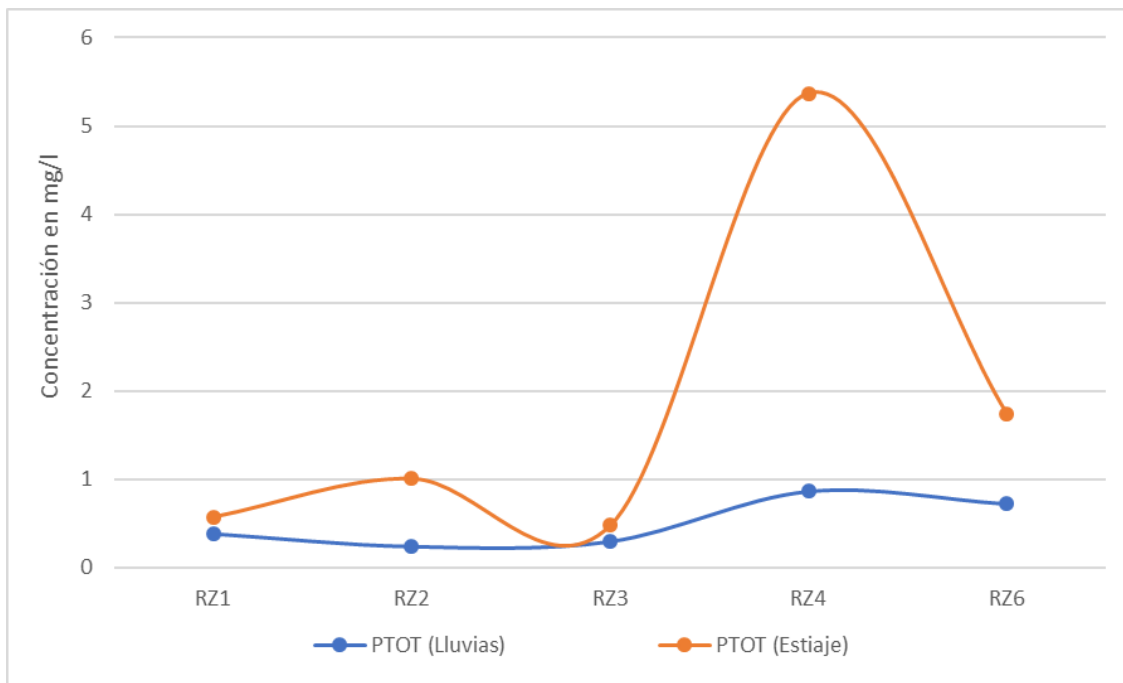
Se debe observar que la concentración de nitrógeno en el sitio RS5 en El Salto, incrementa de manera significativa con respecto al sitio RS4, a pesar de los resultados obtenidos en el tratamiento del agua que se lleva a cabo en la PTAR El Ahogado, ya que aguas arriba del sitio RS4 se ubica la descarga de agua residual (sitios de monitoreo A1 y A2), ya que aparte del efluente de la PTAR El Ahogado, el Arroyo El Ahogado conduce también caudales urbanos e industriales sin tratamiento. La concentración de nitrógeno en el sitio RS4 resulta menor a 5 mg/l en ambas campañas, mientras que en el RS5 esta se eleva a 22.4 mg/l y 12.2 mg/l en la primera y segunda campaña respectivamente, cuando en el sitio A2 se obtuvieron concentraciones de 29.3 mg/l en la primera campaña y de 21 mg/l en la segunda.

La aportación del arroyo El Ahogado (A2) al río Santiago es muy importante, toda vez que los caudales aforados en este sitio fueron de 6 a 10 veces superior al caudal aforado en el sitio RS4 Macrolibramiento, donde ya el río no conduce el agua que fue aprovechada para riego y abastecimiento público, lo que genera una condición de muy baja capacidad de dilución en este tramo del río. Este fenómeno explica el incremento de la concentración de nitrógeno en el sitio RS5, donde a pesar de la operación de la PTAR El Ahogado, esta se eleva de manera importante, ya que el caudal de operación de esta PTAR es de alrededor de 2.25 m³/s y el caudal aforado en el sitio A2 es de 2 a 2.6 veces el flujo de operación en la PTAR. La diferencia de estos caudales no recibe tratamiento.

En el caso del río Zula, el único incremento significativo de nitrógeno se presentó en el sitio RZ4, que recibe aportaciones de San Martín de Zula y las unidades económicas de la zona que se corresponde con las concentraciones de fósforo total (ver **Figura 3-21**).



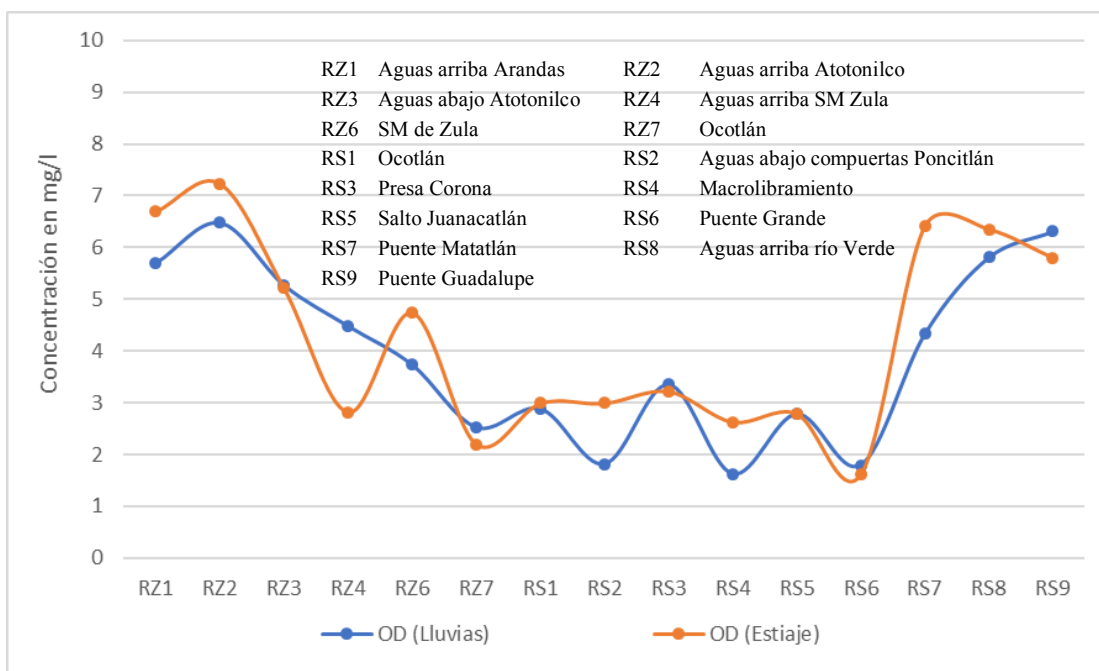
Figura 3-21 Concentración de Fósforo Total en el Cauce Principal (Campaña 1 y 2)



Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 3-22** se muestra la concentración de oxígeno disuelto, donde se aprecia un patrón inverso al generado por la DBO, en el cual este va disminuyendo a lo largo del cauce, siendo los sitios con menor concentración RZ4, RZ7, RS4 y RS6.

Figura 3-22 Concentración de oxígeno disuelto en el cauce principal (Campaña 1 y 2)





Fuente: Elaboración propia.

Con base a la información anterior, los sitios de mayor relevancia son: RZ4 y del RS5 al RS9. El sitio RZ4 se ubica aguas arriba de San Martín de Zula; sin embargo, está a un costado de una pequeña localidad agropecuaria, lo cual justifica el incremento en la concentración de los contaminantes descritos anteriormente como DBO, nitrógeno y fósforo, así como en la disminución de oxígeno disuelto.

En el caso del sitio RS5, El Salto, muestra un incremento sustancial en la concentración de DBO₅ y nitrógeno, ya que este sitio se ubica aguas arriba de la cascada del Salto y Juanacatlán, mismo sitio que recibe las aportaciones de estas localidades y del arroyo El Ahogado.

Se considera que es necesario mantener una campaña permanente de monitoreo con medición de caudal en cada uno de los sitios muestreados que corresponda a temporada de estiaje y lluvias, y con ello contar con mayor representatividad de los resultados obtenidos.

Esto se fundamenta principalmente por la variación que presentan los resultados de caudal y calidad de agua que requieren de mayor cantidad de datos que permita identificar una clara condición de los ríos Santiago y Zula y correlacionar la información de laboratorio con el flujo másico de contaminantes y los resultados obtenidos mediante modelación matemática de la calidad de agua.

3.4 ANÁLISIS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS

En el **Anexo D – Comparación de Compuestos Orgánicos** se presenta la comparación entre los compuestos orgánicos analizados como parte del estudio elaborado por el IMTA en 2010 “*Estudio de Actualización del Estudio de Calidad del Agua del Río Santiago (desde su nacimiento en el Lago de Chapala, hasta la Presa Santa Rosa)*” y los compuestos orgánicos analizados como parte de los trabajos del presente estudio. En la tabla se muestra el número de sitios en los que fue detectado cada compuesto en cada una de las campañas de muestreo de los dos estudios, resaltándose en color rojo las ocasiones en las que la concentración detectada fue superior a los límites establecidos en la Ley Federal de Derechos Uso 3 (LFD Uso 3) en alguno de los sitios muestreados.

De los 113 compuestos orgánicos analizados, sólo 15 de ellos se detectaron en alguno de los sitios muestreados durante alguna de las dos campañas realizadas. En este apartado se presenta una descripción de los compuestos detectados, sus usos más comunes y el tipo de tratamiento de agua necesario para removerlos, así como si exceden la concentración de los criterios establecidos.

Como primera instancia se evaluaron los valores de concentración en comparación con los normados en la Ley Federal de Derechos (uso 3), en ausencia de un valor se recurrió a normas de criterios de concentraciones en cuerpos de agua, nacionales e internacionales, basadas en la protección a la vida acuática.

3.4.1 Bis-2-(Etilhexil)Ftalato (DEHP)

El Bis-2-(Etilhexil)Ftalato (número CAS: 117-81-7), más conocido como DEHP, es un producto químico manufacturado y se agrega comúnmente a los plásticos para volverlos más flexibles. Se encuentra de forma líquida, es incoloro y casi inodoro (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

La concentración de DEHP en cuerpos de agua se encuentra normada por la Ley Federal de Derechos, uso 3: protección a la vida acuática (LFD uso 3), estableciendo un límite máximo de concentración permitido de 9.4 $\mu\text{g/L}$. A continuación, se comparan los resultados obtenidos de los análisis de los muestreos de las dos campañas de monitoreo con el límite establecido en la LFD uso 3.

En la **Figura 3-23** se muestra de manera gráfica los resultados obtenidos de los análisis para los muestreos realizados en la primera campaña (realizados del 23 al 27 de septiembre) en los 19 sitios de monitoreo, detectándose presencia de este compuesto en 13 sitios con concentraciones inferiores al límite y en el sitio A2 correspondiente al arroyo El Ahogado previo a la confluencia con el río Santiago, se detectó una concentración de 10.83 $\mu\text{g/L}$, que es superior al límite establecido por la LFD Uso 3. Lo cual significaría concentraciones dañinas para el medio ambiente en ese sitio de muestreo.

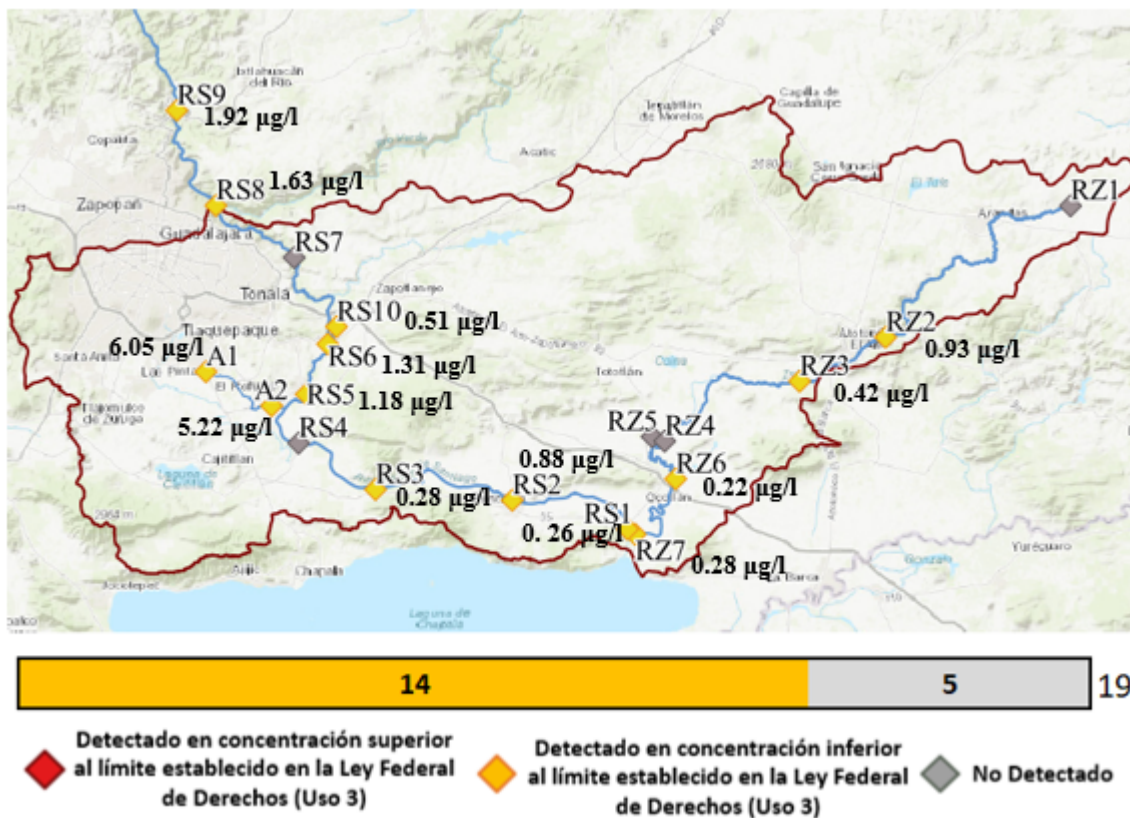
En la **Figura 3-24** se muestra una comparación de los resultados obtenidos de los análisis para los muestreos realizados en la segunda campaña (realizados del 4 al 8 de noviembre), de los 19 puntos monitoreados se detectó presencia de este compuesto en 14 sitios con concentraciones inferiores al límite establecido en la normativa nacional.

Figura 3-23 Resultados DEHP – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-24 Resultados DEHP -Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El DEHP es comúnmente añadido a los plásticos para volverlos más flexibles, por lo que se encuentra presente en productos plásticos como: manteles, cortinas para baños, ropa para lluvia, pantalones para bebés, revestimientos de paredes, baldosas, tapicería de muebles, mangueras de jardín, revestimientos de piscinas, muñecas, algunos juguetes, zapatos, tapicería y techos de automóviles, películas y láminas de embalaje, revestimientos para alambres y cables, tubos médicos y bolsas de almacenamiento de sangre (National Center for Biotechnology Information, s.f.). Además, se utiliza como lubricante y en fluidos hidráulicos (NHMRC, 2018).

El DEHP puede encontrarse en agua que ha estado en contacto con los productos mencionados anteriormente por largos periodos de tiempo o como resultado de descargas o derrames industriales (NHMRC, 2018).

DEHP en el Medio Ambiente

Si se libera DEHP en el suelo, se espera que no tenga mucha movilidad, ni a través del suelo, ni por volatilización. El destino principal del DEHP será la biodegradación, aunque ésta procede lentamente. Con base a su presión de vapor se espera que si el DEHP se libera en el aire éste exista en forma de vapor y de partículas en el aire. La parte del DEHP que se encuentre en forma de



vapor se degrada en la atmósfera por la reacción que se da con radicales hidroxilos, mientras que la parte del DEHP en fase de partículas puede ser removida del aire por medio de deposición húmeda o seca. Además, el DEHP en el aire puede ser susceptible a fotólisis directa por la luz solar. Si se libera en corrientes de agua se espera que el DEHP se adsorba a los sólidos y sedimentos suspendidos. El nivel de bioacumulación que se puede dar en los organismos acuáticos puede ir de bajo a muy alto, dependiendo de la habilidad de cada organismo acuático de metabolizar este compuesto.

De acuerdo con el Instituto de Sanidad y Protección de los Consumidores - Toxicología y sustancias químicas (TCS) de la Comisión Europea el DEHP no causa efectos adversos en los organismos presentes en el medio ambiente. No es tóxico para los microorganismos, las plantas ni los animales, a excepción de los peces cuya comida contenga DEHP en concentraciones altas (TCS, 2008).

Tratamiento

El DEHP es un compuesto orgánico, por lo que usualmente se utilizan tratamientos biológicos para su remoción en el agua residual. En 2018 se realizó una comparación en Sudáfrica sobre la eficiencia de tratamiento de tres tipos de tratamientos biológicos: lodos activados, laguna de oxidación y filtro percolador; con diferentes ftalatos, incluido el DEHP. Como resultado de ese análisis se obtuvo que los mejores resultados de tratamiento se obtenían en la planta de lodos activados, con un porcentaje de remoción del 83.62%, en segundo lugar quedó la planta con la laguna de oxidación, con un porcentaje de remoción del 76.76%, y por último con el filtro percolador, obteniendo una remoción del 73.24%, no muy diferente a la obtenida en la laguna de oxidación (Salaudeen, Okoh, Agunbiade, & al, 2018)

3.4.2 Fenol

El fenol (número CAS 108-95-2), también llamado ácido carbólico, es una sustancia química natural y también manufacturada. En su estado puro el fenol se encuentra en forma sólida, que va de incoloro a blanco, mientras que en su forma comercial se encuentra como líquido. Esta sustancia además es reconocible por su olor característico el cuál es excesivamente dulce y alquitranado, y se puede percibir a concentraciones mucho menores a las que causa daños para el ser humano (ATSDR, 2016).

Se identificó un límite para el fenol en el agua establecido en la LFD Uso 3 de 100 µg/l y se comparó con los resultados obtenidos de los análisis de la segunda campaña de muestreo. Esta comparación se ilustra en la **Figura 3-25**, en la cual se puede observar que de los 19 puntos muestreados se detectó fenol en concentraciones por debajo del límite seleccionado en 6 puntos, tres sobre el río Santiago, uno sobre el río Zula y dos sobre el arroyo El Ahogado.

El sitio A1, el cuál corresponde al arroyo El Ahogado antes de su paso por el corredor industrial de El Salto, presentó la concentración más alta de todos los sitios de muestreo con una concentración de 1.87 µg/l.

Figura 3-25 Resultados Fenol – Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El fenol se utiliza principalmente para la producción de resinas fenólicas, nylon, plásticos y otras fibras sintéticas. Es usado como desinfectante, ya sea solo o mezclado con otras sustancias para: inodoros, establos, pisos, desagües, etc.; y en medicinas (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Además, se encuentra comúnmente en productos de uso doméstico como: productos de limpieza, enjuagues bucales, pastillas para el dolor de garganta, lociones antisépticas (ATSDR, 2016), en revestimientos de suelo, ropa de cama, pinturas, productos de plástico y caucho y neumáticos. Además de ser utilizado como solvente, para limpieza, desengrasado, etc. (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Fenol en el Medio Ambiente

El fenol se puede liberar al ambiente por medio de diferentes descargas residuales como consecuencia de su uso y disposición de productos que lo contengan, además de producirse naturalmente como resultado de la descomposición de la materia orgánica (National Center for Biotechnology Information, s.f.). El fenol puede durar en el agua semanas, se ha detectado fenol en agua de lluvia, agua subterránea, agua potable, aguas superficiales y agua de escorrentía proveniente de industrias y áreas urbanas (ATSDR, 2016).



Si se libera en el suelo se espera que tenga gran movilidad. La biodegradación es un destino importante en el suelo y se completa en un rango de 2 a 5 días. En el aire se espera que el fenol exista únicamente en fase vapor, con base en su presión de vapor. Durante el día una fracción del fenol en fase vapor se degrada debido a la reacción con los radicales hidroxilos disponibles, corresponde a una vida media de 14.6 horas. Mientras que durante la noche la degradación más importante se da por medio de la reacción con los radicales de nitrato (vida media de 12 minutos). Si se libera fenol directamente en cuerpos de agua se espera que una parte se adsorba a los sólidos suspendidos y a los sedimentos. La biodegradación es un proceso importante para el fenol en cuerpos de agua. El fenol se puede llegar a eliminar por completo del agua de un río después de 2 días a 20°C y 4 días a 4°C. La bioacumulación en organismos acuáticos es considerada poco probable (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

En el agua superficial el fenol es una sustancia nociva para los organismos acuáticos, provocando diferentes efectos adversos dependiendo de la concentración a la cual se encuentren expuestos. Además, el fenol se encuentra clasificado como Compuesto Orgánico Volátil (COV), lo que quiere decir que se volatiliza con facilidad y contribuye a la formación de ozono troposférico el cual resulta dañino para los cultivos, la fauna y el hombre (PRTR, 2007).

Tratamiento

El fenol se biodegrada fácilmente en plantas de tratamiento biológico y se han obtenido remociones de casi 100% en reactores de lodos activados con tiempo de retención de 8 horas (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

3.4.3 Tolueno

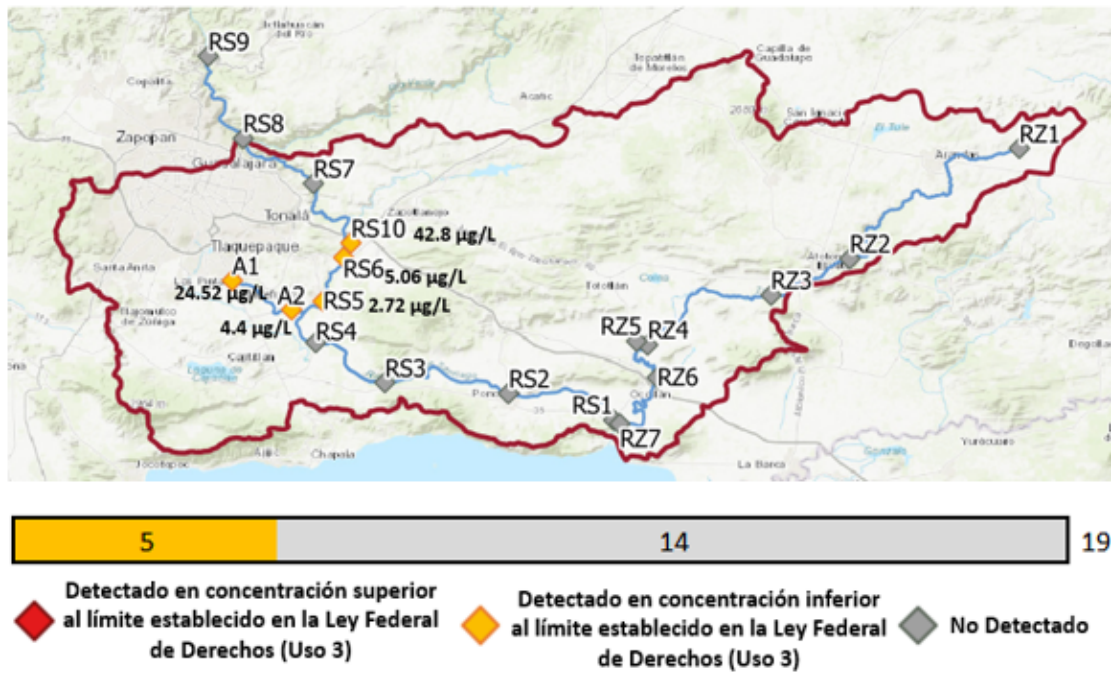
El tolueno (número CAS 108-88-3) también conocido como metilbenceno es un líquido incoloro que se encuentra naturalmente como componente del petróleo crudo y se produce en grandes cantidades en su refinamiento. El tolueno también es comúnmente usado como solvente y como aditivo de gasolina, y puede ser reconocido en el agua por su olor y sabor en concentraciones tan bajas como 0.025 mg/l (NHMRC, 2018).

La LFD (Uso 3) establece un límite de concentración máxima de 200 µg/l para el tolueno en el agua. En la **Figura 3-26** se muestra la comparación realizada entre los resultados obtenidos tras el análisis del muestreo realizado durante la primera campaña de muestreo. Se detectó tolueno en concentraciones inferiores a los 200 µg/l en 5 de los 19 sitios muestreados. En el arroyo El Ahogado se detectó en los dos sitios muestreados: el A1 cerca del aeropuerto y en el A2 aguas arriba del río Santiago; mientras que sobre el río Santiago se detectó en 3 sitios: RS5 en el Salto Juanacatlán, RS6 en Puente Grande y RS10 en puente La Laja.

En cuanto al muestreo realizado durante la segunda campaña (**Figura 3-27**), fue detectado tolueno en 4 sitios de muestreo. Nuevamente en los dos sitios de muestreo del arroyo El Ahogado y sobre el río Santiago en RS5 y RS9.

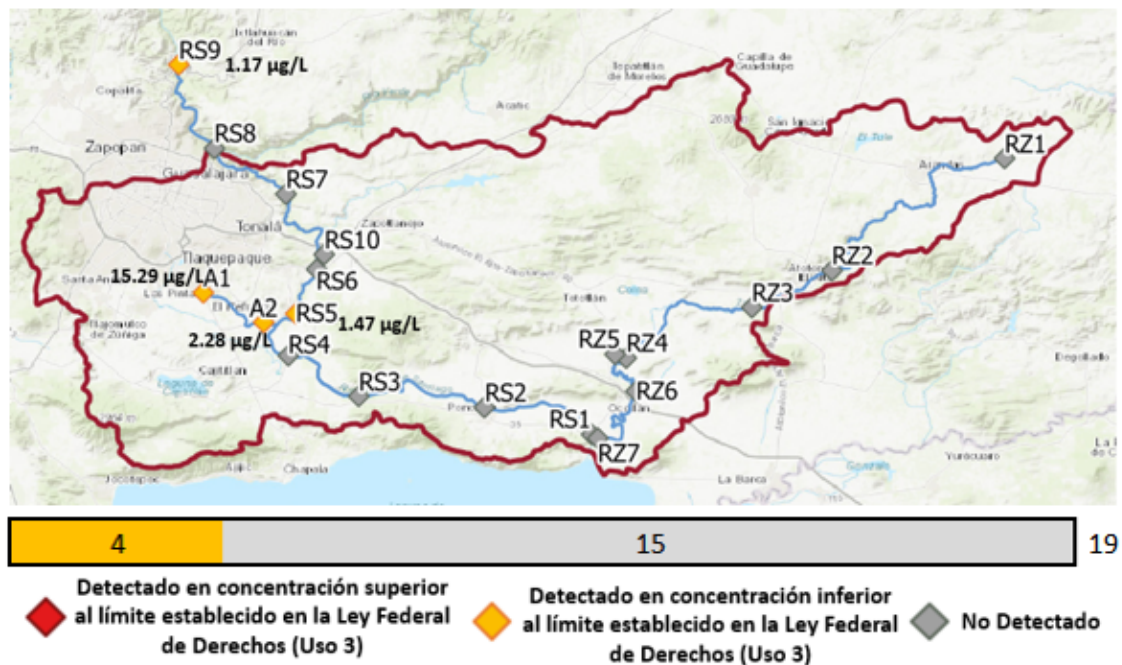


Figura 3-26 Resultados Tolueno – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-27 Resultados Tolueno – Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.



Procedencia

El uso más común del tolueno es como aditivo de gasolina, utilizado para mejorar el octanaje de esta. Además, se utiliza como solvente en pinturas, revestimientos, fragancias sintéticas, adhesivos, tintas y artículos de limpieza. Se utiliza en la producción de varios productos como lo son: el nylon, plásticos (en especial botellas de plástico), productos farmacéuticos, tintes, barniz para las uñas y para la síntesis de productos químicos orgánicos (EPA, 2012), por ejemplo el trinitrotolueno (TNT), ácido benzoico, cloruro de benzoilo y tolueno disocianato (ATSDR, 2016).

El tolueno también se encuentra en varios productos de consumo común como: adhesivos y selladores, productos para el cuidado de automóviles, productos de tela y textiles, productos de tinta, tóner y colorantes, lubricantes y productos de cuidado personal. Además, el tolueno está presente naturalmente en el humo de los volcanes, en incendios forestales y en petróleo crudo, también se puede encontrar en algunos pinos, plantas y especias (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tolueno en el Medio Ambiente

Si el tolueno es liberado directamente en el suelo se espera que tenga alta movilidad. Una gran parte del tolueno se espera que se volatilice, del suelo húmedo con base en su constante de la ley de Henry y del suelo seco con base a su presión de vapor. Mientras que otra gran parte del tolueno en el suelo se biodegradará. En el aire el tolueno se degrada por las reacciones que tiene con los radicales de hidroxilos y nitratos y las moléculas de ozono disponibles en la atmósfera (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

El tolueno se puede llegar a encontrar en el agua debido a derrames de solventes o productos de petróleo, cuando productos que contienen tolueno se colocan en vertederos o sitios de desechos o se encuentran en contacto con agua por tiempo prolongado, etc. En el agua el tolueno puede ser degradado por microorganismos anaerobios con facilidad y otra gran parte se volatiliza, escapando hacia la atmósfera, pero cuando se encuentra en concentraciones altas, debido a su solubilidad, puede llegar a provocar problemas graves en el ecosistema (ATSDR, 2016).

Tratamiento

Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), como el tolueno, se tratan generalmente por medio de aireación para eliminarlo del agua, también se utiliza la absorción con carbón activado granulado en algunos casos o con filtros de arena biológicamente activada (NHMRC, 2018).

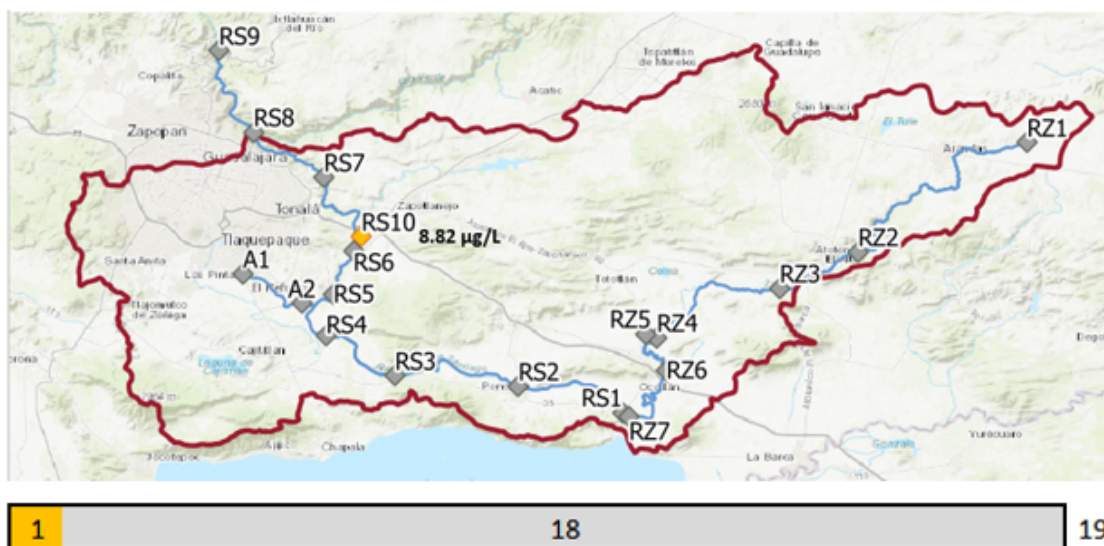
3.4.4 Metil-T-Butil Eter (MTBE)

El Metil-T-Butil-Éter (MTBE), con número de identificación CAS 1634-04-4, es un líquido incoloro con olor desagradable de origen sintético (National Center for Biotechnology Information, s.f.). El MTBE se utiliza principalmente como aditivo de gasolina y tiene algunos usos especiales en laboratorios químicos y en la medicina (ATSDR, 1996).

No se determina un valor de referencia o límite a la concentración de MTBE en el agua con base a los efectos a la vida acuática en ninguna de las normativas revisadas.

En la **Figura 3-28** se muestran los sitios en los que se detectó el MTBE durante el muestreo de la primera campaña. De los 19 puntos de muestreo a lo largo del río Zula, Santiago y el arroyo El

Figura 3-28 Resultados MTBE – Primera Campaña



Procedencia

El MTBE es un químico comercial importante. Es muy comúnmente usado como aditivo de gasolina y para la producción de otros químicos, es usado además como solvente, en la industria farmacéutica y en la medicina se utiliza para disolver cálculos biliares (piedras en la vesícula) y como control para el colesterol (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

MTBE en el Medio Ambiente

El MTBE se puede encontrar en el medio ambiente como resultado de derrames o por su mismo uso en diferentes descargas de desechos (National Center for Biotechnology Information, s.f.). Una vez que se libera al ambiente se espera que la mayoría del MTBE se disuelva en el aire basado en su volatilidad.

Dependiendo del tiempo de exposición y de las concentraciones en las que se encuentran en contacto los organismos acuáticos presentan diferentes efectos. El MTBE es tóxico para varios organismos acuáticos, en concentraciones de 57 a 1000 mg/l para invertebrados y concentraciones de 388 a 2600 mg/l para vertebrados (Werner, I. et Al., 2001). Pero estudios de la EPA declaran que para que el MTBE represente una amenaza a la vida acuática este se debe de encontrar en concentraciones mayores a 151 mg/l, lo cual es muy poco probable de acuerdo a sus estudios.

Tratamiento

El MTBE es muy difícil de degradar de manera natural y es resistente a la descomposición por medio de microorganismos por lo que su tratamiento se vuelve difícil y costoso (Toxic Action Center, s.f.). Derivado de lo anterior, para este compuesto en particular, es importante el control de su descarga desde la fuente de generación.

3.4.5 2,4,5-Triclorofenol

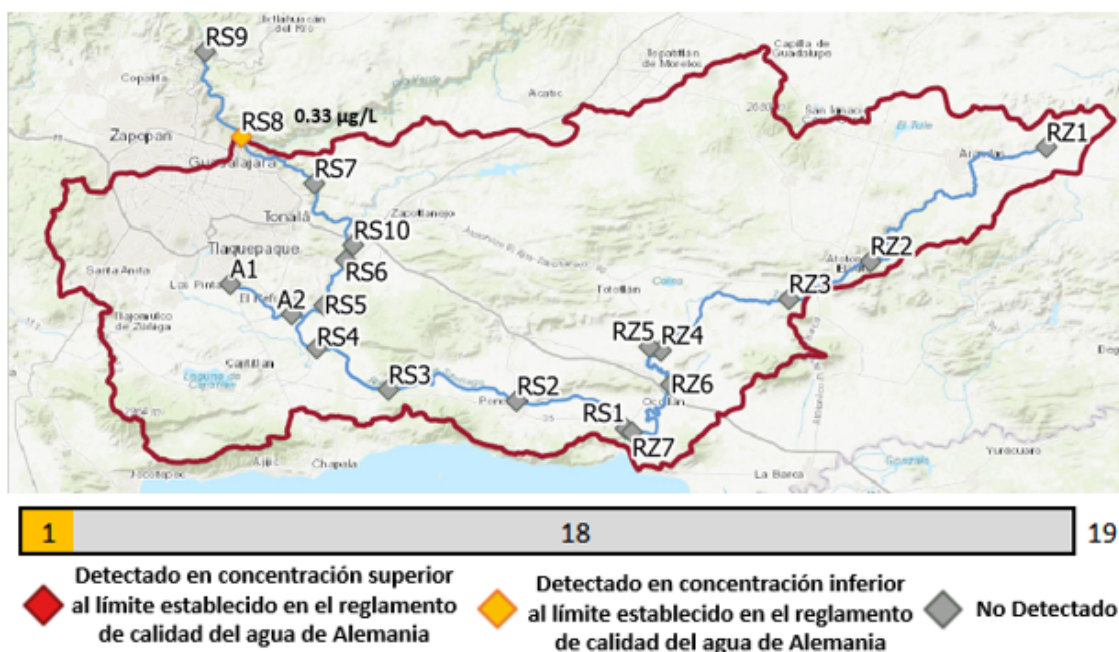
El 2,4,5-Triclorofenol, número CAS 95-95-4, es un químico de apariencia como agujas incoloras, escamas grises o como sólido grumoso de color blanco, dependiendo de su nivel de pureza. Tiene un fuerte olor fenólico, ha sido utilizado comúnmente como fungicida y bactericida, y es altamente soluble en el agua (National Center for Biotechnology Information, s.f.)

Al no encontrarse normado en el LFD Uso 3 se realizó una búsqueda entre regulaciones de diferentes países y organismos internacionales y se encontró en la normativa alemana un reglamento para el manejo de los recursos hídricos, en el cual se establecen lineamientos de calidad del agua para diferentes compuestos, incluido el 2,4,5-Triclorofenol, para protección a la vida acuática. En este reglamento se establece un límite máximo permisible de 1 µg/l en el agua.

Se realizó una comparación de los resultados obtenidos con el criterio alemán, obteniéndose en temporada de lluvias lo mostrado en la **Figura 3-29**.

Sólo en uno de los 19 monitoreados se detectó 2,4,5-Triclorofenol, pero a concentraciones menores al límite establecido de 1 µg/l. Este sitio es identificado como RS8 y corresponde al río Santiago antes de la confluencia del río Verde.

Figura 3-29 Resultados para 2,4,5-Triclorofenol -Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.



Procedencia

El 2,4,5-Triclorofenol es comúnmente usado como conservador, fungicida y bactericida, o como intermediario en la manufactura de otros pesticidas. Se utiliza en torres de enfriamiento, procesamiento de pieles y cuero, como desinfectante en piscinas, cuartos de hospitales, equipos para habitaciones de enfermos, plantas y equipos de procesamiento de alimentos, baños, etc. Además, se utiliza comúnmente como agente antifúngico en varias aplicaciones, en adhesivos, como conservador en emulsiones de acetato de polivinilo y en las industrias automotriz, textil y del rayón (National Center for Biotechnology Information, s.f.)

2,4,5-Triclorofenol en el Medio Ambiente

El 2,4,5-Triclorofenol se puede liberar al medio ambiente a través de diferentes corrientes de desecho como resultado de su producción o utilización. Si es liberado directamente en el suelo se espera que se volatilice del suelo húmedo, pero no en suelo seco. Este compuesto se biodegrada en suelos bajo condiciones aeróbicas en aproximadamente 15 días. En el aire el compuesto se degrada por medio de la reacción que se da por la interacción con los radicales hidroxilos disponibles en la atmósfera, con una vida media de 6.8 días. Una vez que el 2,4,5-Triclorofenol entra en contacto con el agua, si esta se encuentra expuesta al sol, se degradará rápidamente. Una parte del compuesto se volatilizará, mientras que el resto puede ser degradado por medio de los microorganismos en el agua. La bioacumulación en organismos acuáticos puede ir de alta a muy alta dependiendo el metabolismo del organismo (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

Se cree que el 2,4,5-Triclorofenol puede ser removido del agua con la ayuda de carbón activado granular, debido a que este ha sido utilizado con 2-clorofenol y se obtuvieron eficiencias de remoción superiores 90% (NHMRC, 2018).

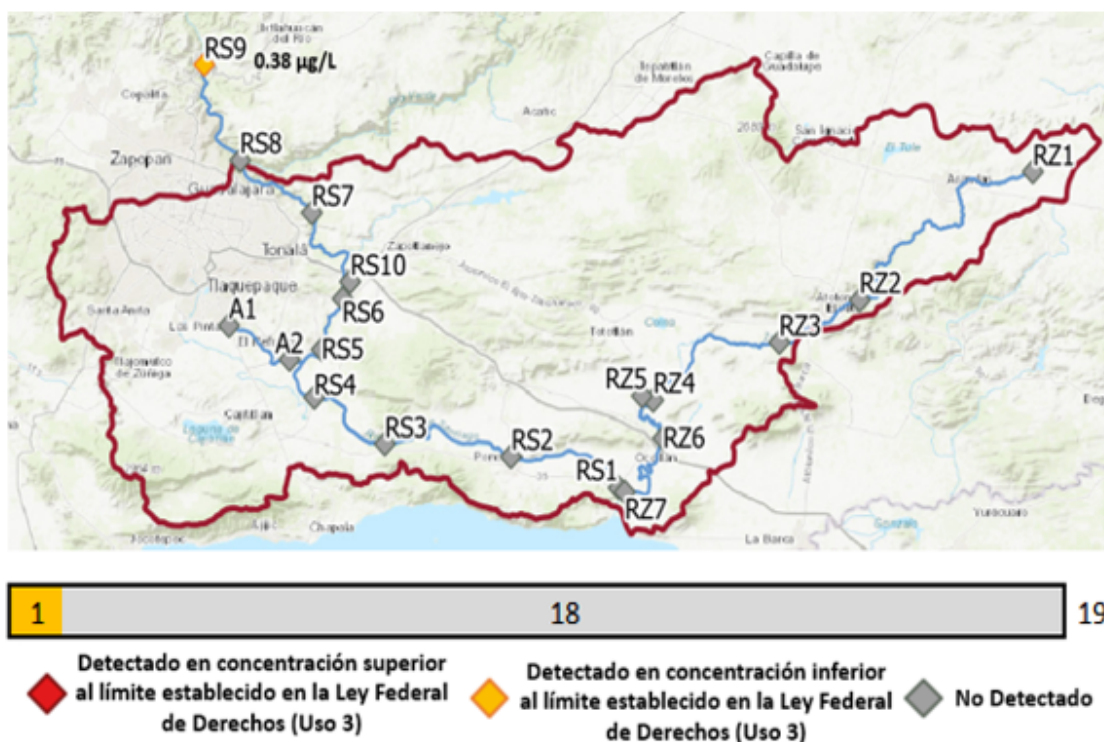
3.4.6 2,4,6-Triclorofenol

El 2,4,6-Triclorofenol, número CAS 88-06-2, es un químico sintético en forma de sólido cristalino incoloro, ligeramente soluble en agua y muy soluble en solventes orgánicos. El 2,4,6-Triclorofenol fue comúnmente utilizado en la formulación de pesticidas y como conservador para madera, pero su uso ha ido disminuyendo en los últimos años (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

La concentración de 2,4,6-Triclorofenol en el agua muestreada se determinó únicamente para los muestreos realizados durante la primera campaña. La LFD (Uso 3) establece un límite máximo de concentración de 10 µg/l, en la **Figura 3-30** se muestra la comparación realizada entre los resultados obtenidos del laboratorio y el límite establecido en la normativa.

Sólo se detectó en el sitio RS9 con una concentración de 0.38 µg/l en la campaña 1, y esta concentración se encuentra por debajo del límite seleccionado. Este sitio corresponde al puente Guadalupe.

Figura 3-30 Resultados 2,4,6-Triclorofenol – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El 2,4,6-Triclorofenol es comúnmente utilizado para la formulación de fungicidas y otros pesticidas, como conservador de madera y pegamento o como tratamiento anti moho, o como intermediario en la producción de fenoles de alto contenido en cloro. Además, al utilizar cloro para desinfectar agua se puede producir 2,4,6-Triclorofenol (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

2,4,6-Triclorofenol en el Medio Ambiente

El 2,4,6-Triclorofenol se libera al ambiente de varias maneras, una de las más comunes es durante su producción y uso como fungicida, lo cual da lugar a que este se libere directamente al ambiente. Pero se debe de tener gran cuidado para evitar que se libere de manera adicional, por ejemplo, debido a una mala disposición final de los productos que lo contengan. El 2,4,6-Triclorofenol también puede ser liberado al ambiente como subproducto de la cloración de aguas residuales o agua potable que contenga fenol.

En el suelo el 2,4,6-Triclorofenol tiene una movilidad moderada. Un destino importante del compuesto en el suelo es la volatilización de este en el suelo húmedo, pero no en el suelo seco. Se espera que se biodegrade en suelos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, en aproximadamente 5 y 20 días respectivamente. En el aire el 2,4,6-Triclorofenol se encuentra en fase vapor y es degradado debido a la reacción que se da con la interacción con los radicales



hidroxilos disponibles en la atmósfera. En el agua el compuesto se adsorbe a los sólidos suspendidos y los sedimentos y otra gran parte se volatilizará con base a la constante de la ley de Henry del compuesto y su presión de vapor. El compuesto es muy tóxico para la vida acuática, y la bioacumulación en los organismos acuáticos va de moderada a alta (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

De manera similar al 2,4,5-Triclorofenol, se cree que se puede eliminar o reducir el 2,4,6-Triclorofenol del agua por medio de carbón activado granular, con base en su éxito con otros clorofenoles (NHMRC, 2018) .

3.4.7 Isoforona

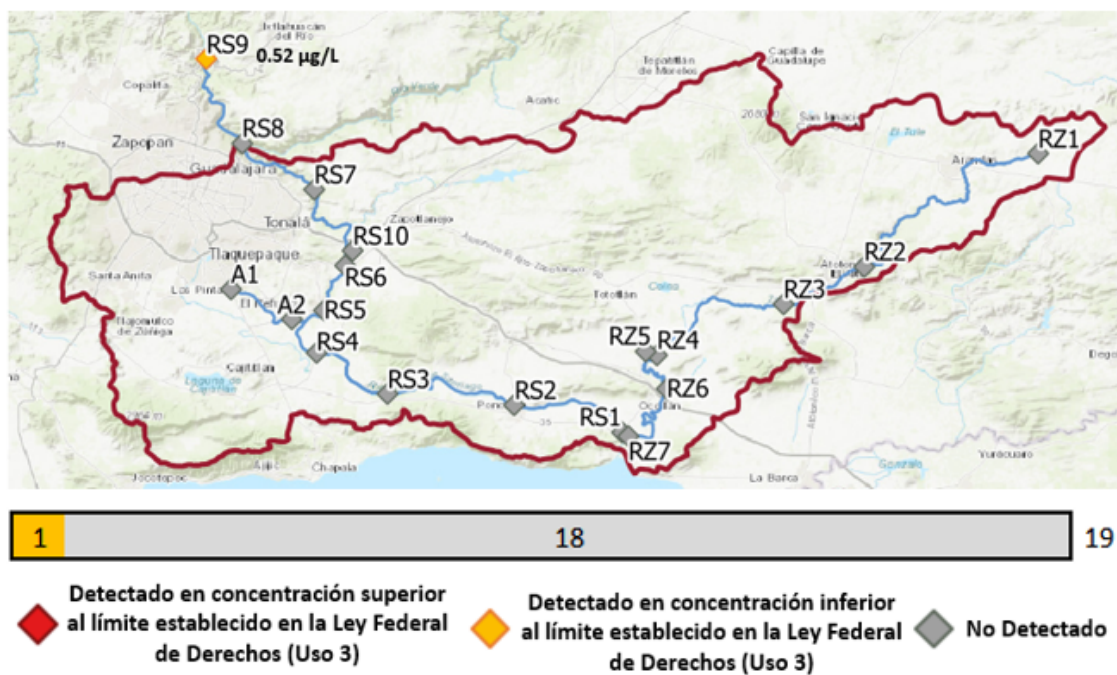
La isoforona, número CAS 78-59-1, es un líquido transparente con olor muy parecido al de la menta, no se mezcla completamente con el agua y se evapora más rápido que ésta. La isoforona es una sustancia química manufacturada por el hombre para su uso comercial, pero se ha encontrado de manera natural en los arándanos. Se utiliza principalmente como solvente en tintas de impresora, pinturas, etc. (ATSDR, 1999).

El límite establecido en la LFD Uso 3 para la isoforona es de 1,200 µg/l, En la **Figura 3-31** se muestra la comparación realizada entre el límite máximo permisible de la LFD Uso 3 y los resultados de los análisis de los muestreos realizados durante la primera campaña de muestreo (realizados del 23 al 27 de septiembre). Se puede observar que de los 19 sitios muestreados sólo se detectó isoforona en el sitio RS9 localizado en el Puente de Guadalupe.

De la misma manera en la **Figura 3-32** se muestra la comparación con los resultados de los análisis realizados del 4 al 8 de noviembre, donde se aprecia que el único sitio en que se detectó isoforona fue en el mismo sitio RS9.

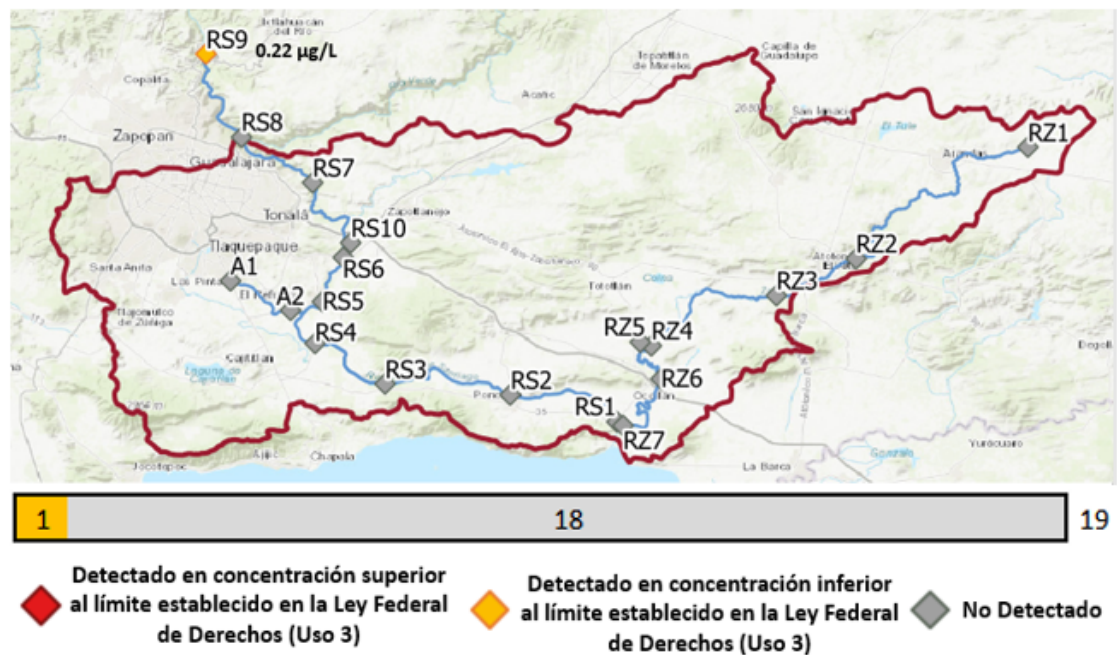


Figura 3-31 Resultados Isoforona – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-32 Resultados Isoforona – Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.



Procedencia

La isoforona se utiliza comúnmente como solvente para tintas de imprenta, pinturas, lacas, adhesivos, aceites, grasas, nitrocelulosa, polímeros de resina de vinilo, entre otros (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Isoforona en el Medio Ambiente

Como consecuencia de su producción y diferentes usos la isoforona puede ser liberada al medio ambiente. Si se libera en el aire la isoforona en fase vapor se degrada por medio de su reacción con los radicales hidroxilos disponibles. En el suelo el compuesto tiene una alta movilidad y gran parte se puede volatilizar del suelo húmedo y seco, con base a la constante de la ley de Henry y la presión de vapor del compuesto. De acuerdo con sus propiedades se espera que una parte de la isoforona en el agua se volatilice y que el resto no se espera que ocasione daños severos en los organismos acuáticos con base en estudios de toxicidad en organismos acuáticos en los que se analizaron aspectos biológicos como: el crecimiento vegetativo y la reproducción. De estos estudios se concluyó que la isoforona tiene una toxicidad acuática relativamente baja (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

Comúnmente la isoforona en aguas residuales es tratada mediante tratamientos biológicos, mediante los cuales se pueden lograr diferentes eficiencias de remoción. Desde una remoción del 98% en tratamiento con lodos activados, un 30% mediante lagunas facultativas, un 24% en lagunas aireadas y un 19% mediante filtros percoladores (Howard, 1990).

3.4.8 Dietilftalato

El Dietilftalato, número CAS 84-66-2, es una sustancia química sintética incolora y con un ligero olor aromático y sabor amargo. Es conocido por diferentes nombres, por ejemplo: solvanol, peilatinol y neantina. El dietilftalato se utiliza comúnmente para darle mayor flexibilidad a los plásticos, en cosméticos, insecticidas y en la aspirina (ATSDR, 1995). Este compuesto es más denso que el agua e insoluble en ésta, por lo que tiende a hundirse cuando se encuentra en el agua.

La LFD Uso 3 establece un límite máximo de concentración de dietilftalato de 9.4 µg/l, con el cual se compararon los resultados de los análisis de las muestras.

En la **Figura 3-33** se muestra la comparación realizada con los resultados obtenidos de los muestreos realizados del 23 al 27 de septiembre en la figura se puede observar que el límite establecido por la LFD Uso 3, no se sobrepasó en ningún punto de muestreo, sin embargo, el dietilftalato fue detectado en 6 de los 18 sitios de muestreo.

En el río Zula se detectó en el sitio denominado RZ4, aguas arriba de San Martín de Zula; en el arroyo El Ahogado se detectó dietilftalato en los dos sitios muestreados: en el punto denominado A2 el cual corresponde al arroyo previo a su confluencia con el río Santiago y en el punto A1, el cual se encuentra aguas arriba del punto A2, cerca del Aeropuerto Internacional de Guadalajara.

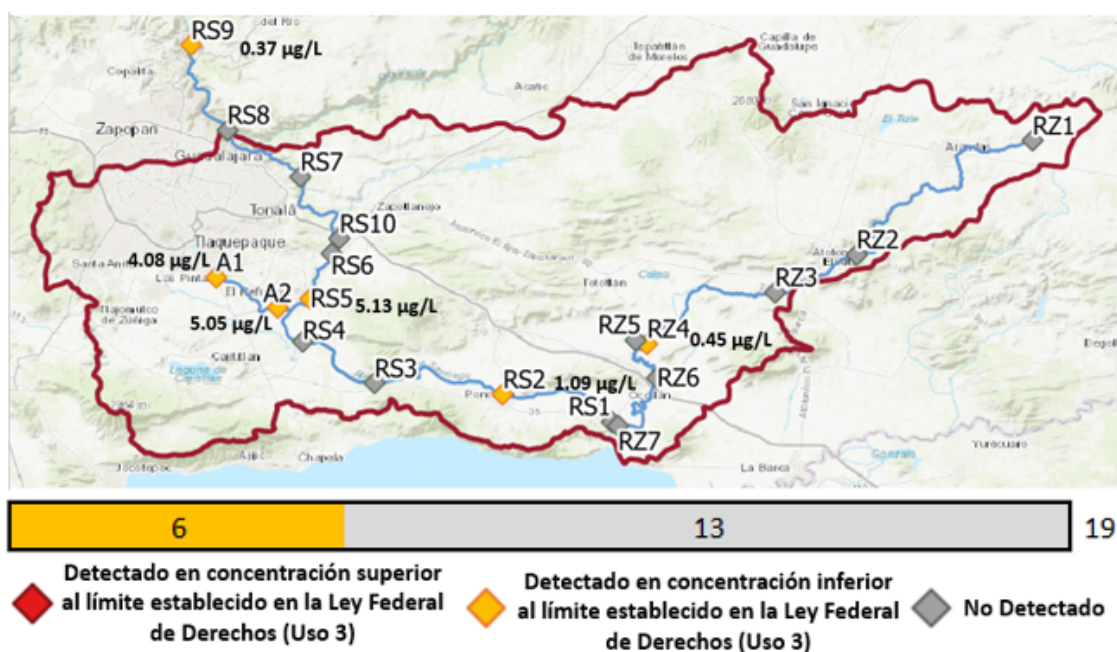
En cuanto al río Santiago, se detectó dietilftalato en 3 de los 10 sitios de muestreos, los sitios donde se detectó fueron: el denominado RS2, el cual corresponde al río aguas abajo de las compuertas de Poncitlán; el punto RS5, en El Salto Juanacatlán; y el punto RS9, en el Puente Guadalupe.



En la **Figura 3-34** se muestra la comparación del límite establecido por la LFD uso 3 y los resultados obtenidos de los análisis de los muestreos realizados del 4 al 8 de noviembre. Como se puede ver en la figura, en ninguno de los sitios de muestreo se obtuvo una concentración superior al límite establecido para dietilftalato, pero de los 19 sitios de muestreo se detectó dietilftalato en 6 puntos. En el arroyo El Ahogado se detectó en los dos sitios muestreados, A1 y A2, en comparación con el muestreo anterior se obtuvo una concentración mayor para el punto A1 y una concentración mucho menor para el punto A2.

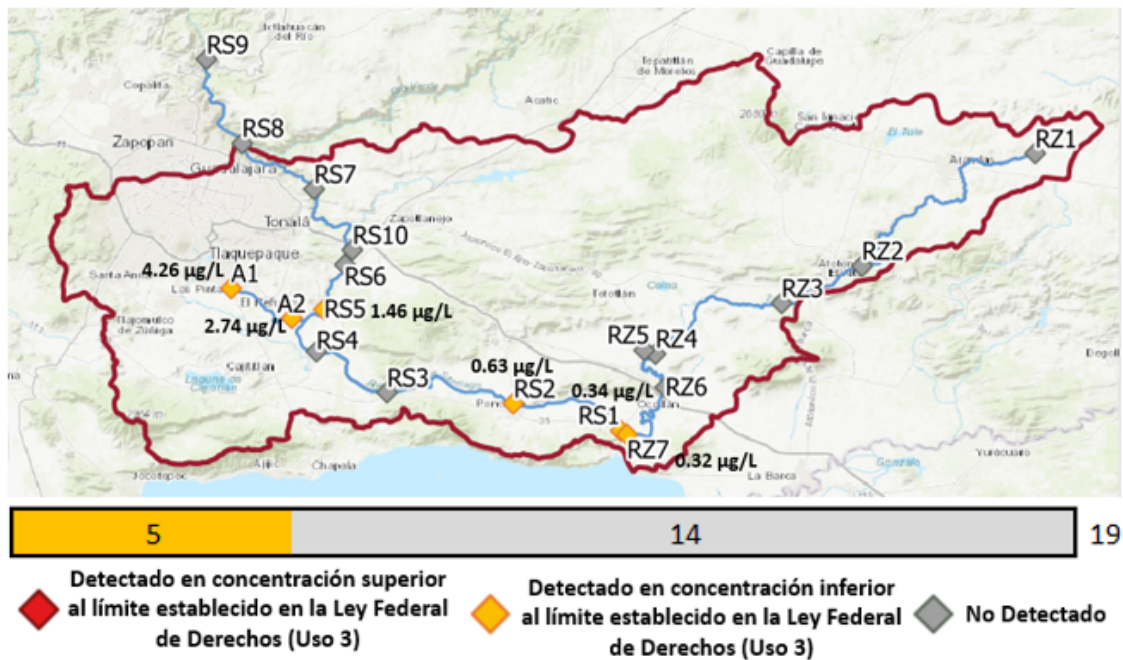
De los 7 sitios muestreados en el río Zula, solo se detectó dietilftalato en el sitio RZ7, localizado en la comunidad de Ocotlán antes de su confluencia con el río Santiago. Los otros 3 puntos se localizan en el río Santiago y corresponden a: RS1, en Ocotlán; RS2, sobre el río aguas abajo de las compuertas de Poncitlán; y en el sitio RS5, en El Salto Juanacatlán.

Figura 3-33 Resultados Dietilftalato – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-34 Resultados Dietilftalato – Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El dietilftalato se utiliza comúnmente para volver los plásticos más flexibles y se encuentra en productos como: cepillos de dientes, partes de automóviles, herramientas, juguetes, equipo deportivo y empaques de alimentos. Además de ser utilizado en la manufactura de diferentes productos como: perfumes, repelentes de mosquitos, adhesivos y selladores, productos para el cuidado de automóviles, productos de limpieza y cuidado de mobiliarios, productos para lavar ropa y vajilla y productos de cuidado personal (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Dietilftalato en el Medio Ambiente

Debido a sus usos en la industria el dietilftalato puede ser liberado al ambiente por medio de aguas residuales industriales, al evaporarse desde lugares donde se ha desechado o directamente de los productos de consumo, durante la quema de productos plásticos y en los líquidos de lixiviación de los rellenos sanitarios (ATSDR, 1995).

Al ser liberado directamente al aire el dietilftalato se biodegrada por medio de la reacción que se da con los radicales de hidroxilo disponibles en aproximadamente 4.6 días, además, de ser susceptible a la fotólisis directa del sol. En el suelo el dietilftalato se biodegradará bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, siendo un proceso más lento bajo la última. Una vez que entra en el agua, se espera que el dietilftalato se degrade a compuestos no tóxicos por medio de los microorganismos que se encuentran en el agua o en los sedimentos, con una vida útil de entre 3, para condiciones aerobias, y 28 días, para condiciones anaerobias. Aunque no se tiene mucha información, se cree que esta sustancia puede ser muy peligrosa para la vida acuática, en especial



para los peces, por lo que se recomienda tener especial cuidado en su manejo (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

El dietilftalato es un compuesto orgánico, por lo que generalmente es tratado por medios biológicos. En 2018 se realizó un estudio en Sudáfrica sobre la remoción de ftalatos en tres plantas de tratamiento con diferentes procesos biológicos: tratamiento con lodos activados, lagunas de oxidación y filtro percolador. En cuanto al dietilftalato se encontró que de los tres procesos se obtuvo una mayor remoción en la laguna de oxidación (82.3%), seguido del tratamiento con lodos activados (77.04%) y por último el filtro percolador (63.45%) (Salaudeen, Okoh, Agunbiade, & al, 2018).

3.4.9 Dibutilftalato

El dibutilftalato, número CAS 84-74-2, es un éster de ftalato, es un líquido aceitoso que puede ir de incoloro a ligeramente amarillento. Es comúnmente usado como plastificante, solvente, insecticida, lubricante, entre otras cosas (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

El dibutilftalato no se encuentra normado en ninguna normativa nacional en cuestión de protección a la vida acuática ni se encontró en las normativas de agua revisadas de otros países (Estados Unidos, Canadá, Alemania y Australia). Por lo que únicamente se muestran las concentraciones detectadas en cada una de las dos campañas de muestreo.

En el muestreo realizado durante la primera campaña (**Figura 3-35**), se detectó dibutilftalato en 13 de los 19 sitios de muestreados. De los 7 sitios sobre el río Zula se detectó en 4: en el sitio RZ1 (aguas arriba de Arandas), RZ2 (aguas arriba de Atotonilco), RZ3 (aguas debajo de Atotonilco) y RZ6 (en San Martín de Zula). De los 2 sitios muestreados sobre el Arroyo El Ahogado se detectó dibutilftalato en ambos, A1 y A2. En cuanto al río Santiago se detectó en 7 de los 10 sitio muestreados, el RS2 (aguas debajo de las compuertas de Poncitlán), RS5 (en el Salto Juanacatlán), RS6 (en Puente Grande), RS10 (en Puente la Laja), RS7 (en Puente Matatlán), RS8 (aguas arriba del río Verde) y en el RS9 (en Puente Guadalupe).

En cuanto al muestreo realizado durante la segunda campaña (**Figura 3-36**), se detectó dibutilftalato en 5 de los 19 sitios muestreados. Uno sobre el río Zula, el sitio denominado RZ6 (en San Martín de Zula), uno sobre el arroyo el Ahogado, el sitio A1 (cerca del aeropuerto) y 3 sobre el río Santiago: RS1 (en Ocotlán), RS5 (en el Salto Juanacatlán) y RS9 (en Puente Guadalupe).

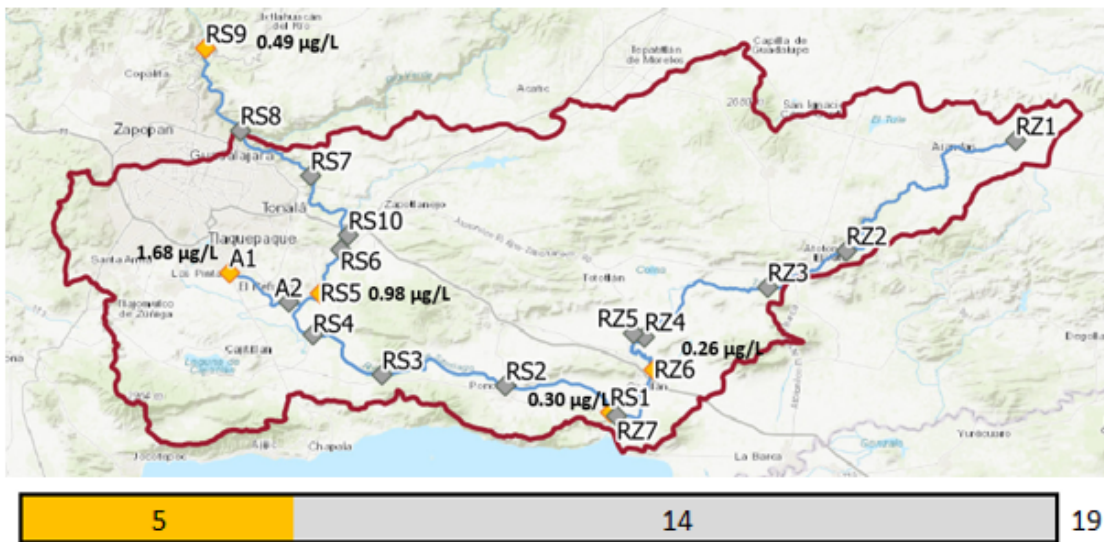


Figura 3-35 Resultados Dibutilftalato – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-36 Resultados Dibutilftalato – Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El uso más común del dibutil ftalato es como plastificante, se añade a los plásticos para volverlos más flexibles, se utiliza con este fin en productos como: cortinas de baño, impermeables, empaques de alimentos, interiores de automóviles, telas de vinilo, baldosas para pisos, etc.



El dibutilftalato se utiliza como insecticida, lubricante, solvente para tintes solubles en aceite, repelente de mosquitos y revestimientos de papel. Además, se encuentra en otros productos como lo son: pinturas, barnices y lacas, vidrios de seguridad de automóviles, esmaltes de uñas, perfumes y en el humo de los cigarrillos (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Dibutilftalato en el Medio Ambiente

El dibutilftalato puede encontrarse en el medio ambiente como resultado de su producción, uso o disposición de los productos que lo contienen. En el suelo el dibutilftalato tiene una movilidad relativamente baja, y se espera que en el suelo húmedo la volatilización sea un destino importante. El dibutilftalato en el aire existe en fase vapor y como partículas suspendidas a condiciones ambientales normales. El dibutilftalato en fase vapor se degrada por medio de su reacción con los radicales hidroxilos en aproximadamente 42 horas, mientras que el dibutilftalato en forma de partículas suspendidas puede ser removido por medio de deposición húmeda o seca. Este compuesto puede además degradarse por medio de fotólisis directa del sol.

En el agua se espera que el compuesto se degrade rápidamente, se tienen datos de tiempo medio de vida de 2.9 días en ríos naturales en condiciones aerobias y 14.4 días para condiciones anaerobias, con base en estudios realizados en seis ríos de Taiwán. De acuerdo con estudios en organismos acuáticos, altas concentraciones de dibutilftalato en el agua pueden ocasionar problemas de reproducción en peces y otros organismos acuáticos (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

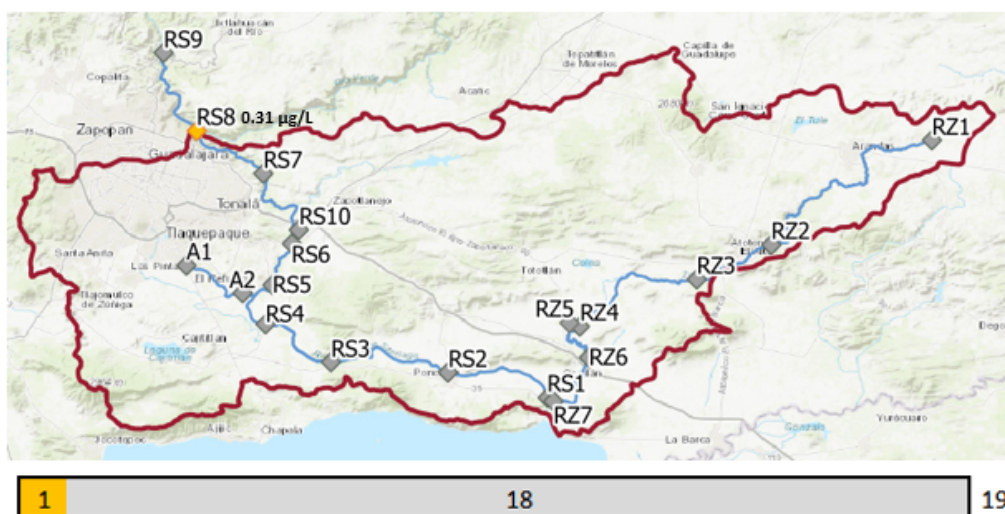
Tratamiento

Se espera que el dibutilftalato sea fácilmente biodegradado por medio de tratamientos biológicos, aerobios y anaerobios (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

3.4.10 Di-2-(Etil-Hexil) Adipato

El Di-2-(EtilHexil)Adipato, número CAS 103-23-1, es un líquido incoloro con un ligero olor reconocible. Es una sustancia química sintética utilizada comúnmente como plastificante en vinil flexible.

Este compuesto no se encuentra normado con relación a su toxicidad ambiental dentro de las normativas revisadas, nacionales e internacionales (Estados Unidos, Canadá, Alemania y Australia). Por lo que únicamente se muestran las concentraciones detectadas durante la segunda campaña de muestreo (**Figura 3-37**). Únicamente se detectó este compuesto en el sitio de muestreo denominado RS8 el cuál se encuentra sobre el río Santiago aguas arriba de su confluencia con el río Verde. La concentración detectada en el sitio fue de 0.31 µg/l.

Figura 3-37 Resultados Di-2-(EtilHexil)Adipato – Segunda Campaña

Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El uso más común que se le da al Di-2-(EtilHexil)Adipato es como plastificante, para volver los plásticos más flexibles, es muy comúnmente usado en la industria del vinil, es muy usado para la manufactura del policloruro de vinilo (PVC) junto con el di-2-(EtilHexil)Ftalato. También es muy usado en el procesamiento de la nitrocelulosa y el caucho sintético, la plastificación del poliestireno, entre otros, y en la manufactura de cosméticos (como labiales y líquidos a base de celulosa) (IARC, 2000).

Además, es comúnmente usado como lubricante y como solvente en los siguientes productos cosméticos: aceites de baño, sombras de ojos, colonia, bases, colorete, quitaesmalte, hidratantes y bronceadores artificiales. Se incluye en productos como: adhesivos, selladores, productos para el cuidado de automóviles, materiales de construcción, algunos productos eléctricos y electrónicos, productos de tela, textiles y cuero, envases de alimentos, pinturas, revestimientos, productos de cuidado personal, combustibles, lubricantes y grasas (National Center for Biotechnology Information, s.f.)

Di-2-(EtilHexil)Adipato en el Medio Ambiente

El Di-2(EtilHexil)Adipato puede liberarse al medio ambiente durante su fabricación y distribución, durante la fabricación de los productos que lo contienen, durante el corte del PVC, a partir de su uso comercial o el consumo de los productos terminados, o por la incineración de los desechos y la lixiviación de los plásticos que lo contienen (IARC, 2000).

El Di-2-(Etil Hexil)Adipato es prácticamente inmóvil en el suelo, por lo que si es liberado en este, se espera que el proceso principal por el que pasa sea la biodegradación. En el aire el compuesto puede existir, a condiciones normales ambientales, en fase vapor y como partículas suspendidas. La fase vapor se llega a degradar por medio de la reacción que se da con los radicales hidroxilos disponibles en aproximadamente 15 horas, y por fotólisis directa del sol. Mientras que las partículas

suspendidas pueden llegar a eliminarse del aire por deposición húmeda o seca. El Di-2-(EtilHexil)Adipato es muy poco soluble en el agua y es probable que se divida entre el sedimento y los organismos acuáticos. No se tiene información sobre su toxicidad en los organismos acuáticos por lo que se recomienda tener cuidado al manejarlo (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

Se han realizado estudios en los que se ha logrado degradar casi por completo altas concentraciones de Di-2-(EtilHexil)Adipato en el agua (alrededor de 20 mg/l) en dióxido de carbono, dentro de sistemas de tratamiento con lodos activados en 35 días (IARC, 2000).

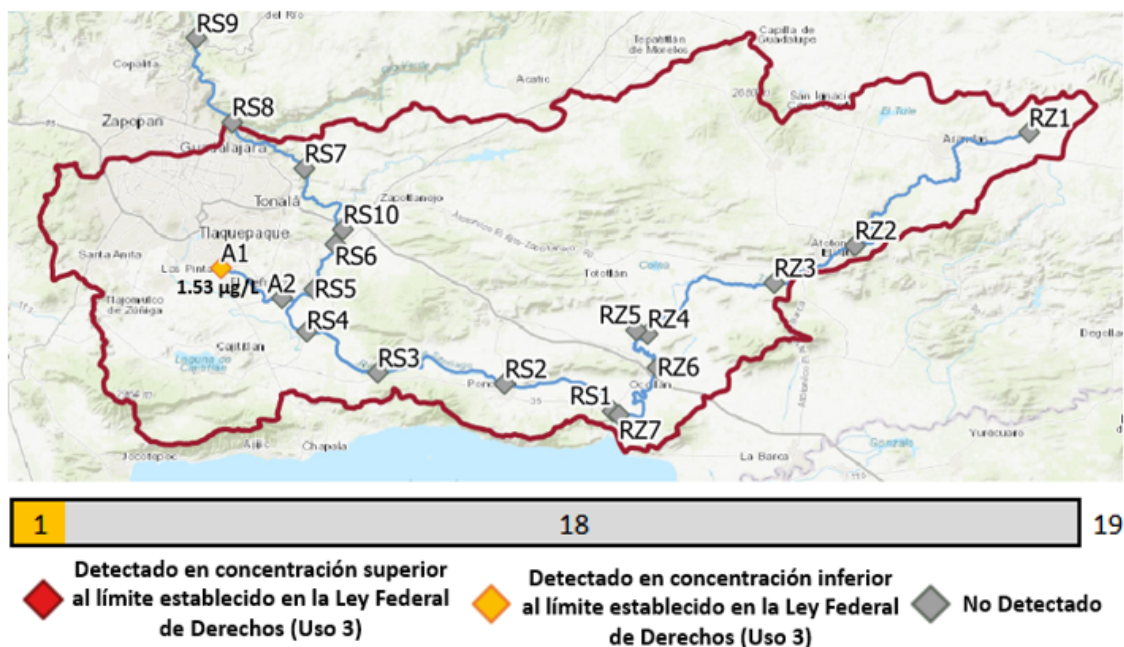
3.4.11 Cloroformo

El cloroformo, número CAS 67-66-3, es un compuesto químico también conocido como triclorometano o tricloruro de metilo. Es un líquido incoloro con un olor agradable y un sabor un poco dulce. Fue muy comúnmente usado como anestésico para cirugías, pero en la actualidad la mayoría del cloroformo se utiliza en la industria como solvente o en la producción de refrigerantes (ATSDR, 2016).

Tras la búsqueda de normativas que regulen la concentración de cloroformo en cuerpos de agua se identificó el criterio establecido por la LFD uso 3, con relación a la toxicidad del compuesto hacia ecosistemas acuáticos. En la LFD uso 3 se establece un límite máximo de concentración permisible de 30 µg/l en cuerpos de agua y se utilizó para comparar los resultados de los análisis realizados para el muestreo realizado durante la segunda campaña (**Figura 3-38**).

El compuesto solo fue detectado en el sitio de monitoreo A1 sobre el arroyo El Ahogado antes del corredor industrial de El Salto. La concentración detectada fue de 1.53 µg/l, muy por debajo del límite establecido.

Figura 3-38 Resultados Cloroformo – Segunda Campaña





Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El cloroformo es una sustancia química de gran importancia para la industria, sus usos principales son: la producción de refrigerantes, plásticos de fluorocarbono, como pesticida, solvente, agente de limpieza e intermediario químico (National Center for Biotechnology Information, s.f.)

Cloroformo en el Medio Ambiente

El cloroformo se libera al medio ambiente como resultado de las actividades de las industrias, sobre todo de las empresas químicas y las plantas de fabricación de papel. También se puede generar como un subproducto de la cloración en plantas de aguas residuales y agua potable (ATSDR, 2016).

En el suelo el cloroformo tiende a volatizarse, en el suelo húmedo debido a su constante de ley de Henry y en el suelo seco por su presión de vapor. Mientras que la biodegradación en el suelo tiende a ser muy pequeña y lenta. En el aire el cloroformo existe únicamente en fase vapor, a condiciones ambientales estándar. El cloroformo en el aire se puede llegar a degradar por medio de su reacción con los radicales hidroxilos disponibles en la atmósfera. Esta reacción es considerada lenta, se estima que la vida media del cloroformo en la troposfera es de 3 años.

En los cuerpos de agua el compuesto se adsorbe a los sólidos suspendidos y a los sedimentos. Se espera que gran parte del cloroformo en el agua se volatilice, se estima una vida media en un río de 3.5 horas (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

En concentraciones de alrededor de 28,900 g/l se presenta toxicidad aguda en los organismos acuáticos, puede presentarse a concentraciones menores entre especies más sensibles. Mientras que la toxicidad crónica puede ocurrir a concentraciones de 1,240 g/l o más bajas para especies más sensibles (EPA, 1980)

Tratamiento

El cloroformo se descompone a temperatura ambiente bajo el sol en ausencia de aire y en la oscuridad en presencia de aire. En base a estudios se ha demostrado que bajas concentraciones de cloroformo pueden ser degradadas de forma anaerobia por parte de bacteria metano génicas (National Center for Biotechnology Information, s.f.)

3.4.12 Disulfuro de Carbono

El disulfuro de carbono (CAS 75-15-0) puro es un líquido incoloro con un olor agradable (dulce), mientras que el disulfuro de carbono impuro, comúnmente utilizado en la industria, es un líquido amarillento con olor desagradable (parecido a rábano podrido). El disulfuro de carbono se evapora a temperatura ambiente y en el aire puede llegar a explotar o prenderse fuego con facilidad. Esta sustancia se utiliza comúnmente en para la producción de rayón, celofán, tetracloruro de carbono y pesticidas (ATSDR, 1996)

El disulfuro de carbono no se encuentra normado por el gobierno nacional ni por el gobierno de otros países revisados (Estados Unidos, Canadá, Alemania y Australia) en cuanto a su toxicidad a

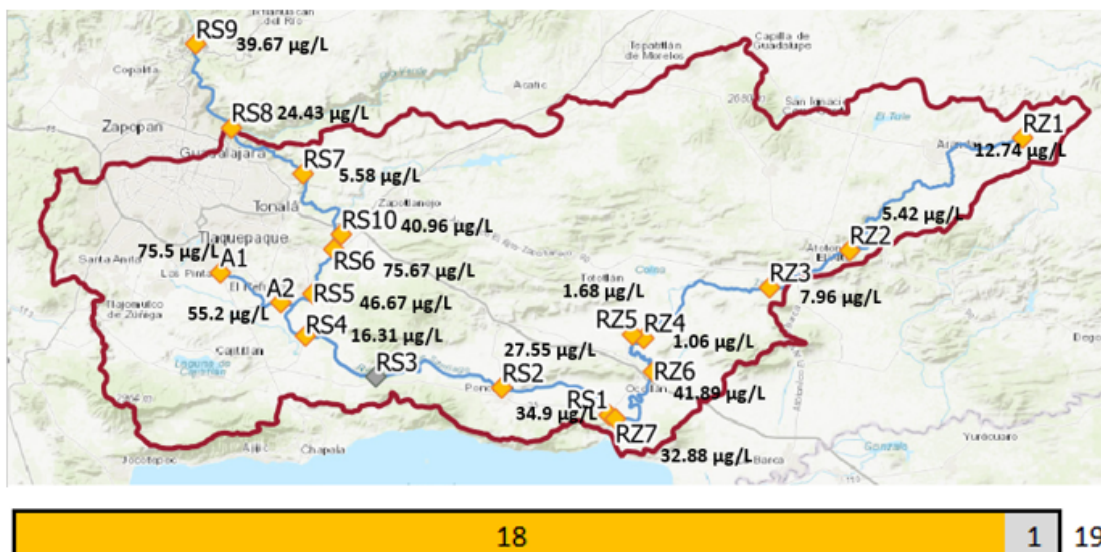
la vida acuática. Por lo que únicamente se muestran las concentraciones detectadas en cada una de las dos campañas de muestreo.

Los resultados del primer muestreo, realizado entre el 23 al 27 de septiembre se muestra en la **Figura 3-39**. Se puede observar que se detectó disulfuro de carbono en 18 sitios de muestreo, lo que significa que se detectó en todos con excepción del sitio RS3, el cual se encuentra sobre el río Santiago en Presa Corona probablemente como resultado de la dilución de agua que se presenta por la aportación de agua del Lago de Chapala para el distrito de riego y el abasto público del AMG.

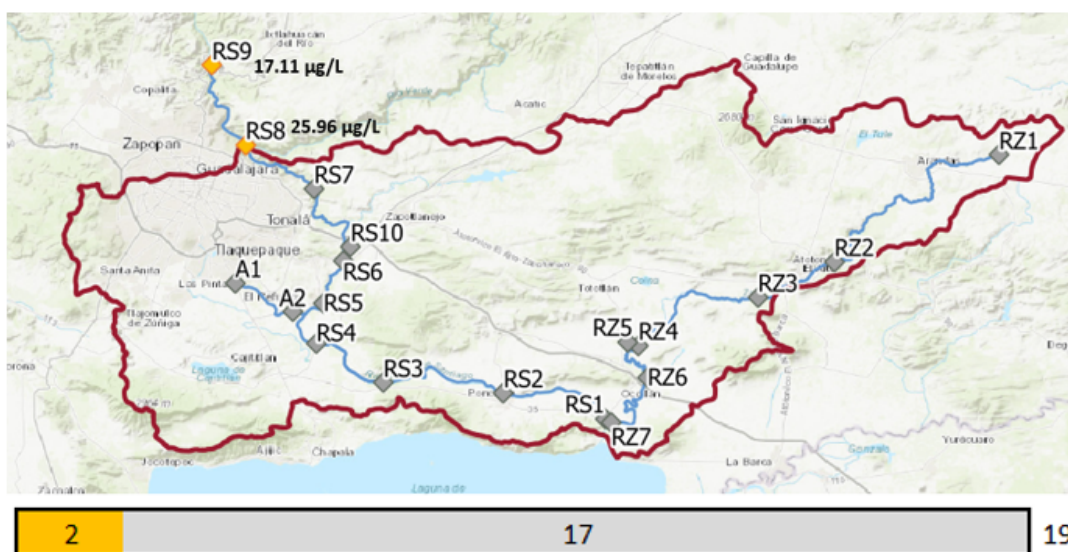
Las concentraciones detectadas varían en cada sitio de muestreo y van desde una concentración de 1.06 µg/l en el sitio RZ4 sobre el río Zula, aguas arriba de San Martín de Zula, hasta concentraciones de 75.67 µg/l en el sitio RS6 sobre el río Santiago en Puente Grande.

De la misma manera en la **Figura 3-40**, se muestran los resultados obtenidos del segundo muestreo, realizado entre el 4 y el 8 de noviembre. En este segundo muestreo solo se detectó disulfuro de carbono en dos sitios de muestreo. Los sitios en los que se detectó el disulfuro de carbono fueron: el RS8 sobre el río Santiago, aguas arriba del río Verde con una concentración de 25.96 µg/l y el sitio RS9 sobre el río Santiago, en Puente de Guadalupe con una concentración de 17.11 µg/l.

Figura 3-39 Resultados Disulfuro de Carbono – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-40 Resultados Disulfuro de Carbono – Segunda Campaña

Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El disulfuro de carbono es un producto químico comercial importante, se utiliza en la fabricación de otros productos químicos, principalmente el rayón, pero también en la fabricación de tetracloruro de carbono, sulfito de sodio, xantatos, mercaptanos y tioureas. Se utiliza también como disolvente para grasas, lípidos, resinas, gomas, fósforo, azufre, selenio, yodo y bromo (National Center for Biotechnology Information, s.f.)

Disulfuro de Carbono en el Medio Ambiente

Una vez que el disulfuro de carbono es liberado al ambiente se traspasa rápidamente al aire. En el aire debido a su densidad se mantiene cerca del suelo, ya que es más pesado que el aire. En el aire el disulfuro de carbono tiene una vida media aproximada de 12 días, dentro de los cuales se espera que se transforme en compuestos más simples (ATSDR, 1996).

En el suelo el disulfuro de carbono se mueve con bastante rapidez, cuando este químico es liberado a los suelos se evapora con rapidez, sin embargo, la fracción que queda en el suelo no se adhiere a este y se mueve con facilidad hacia el agua subterránea. Como se mueve con facilidad no se espera que permanezca en el suelo el tiempo suficiente como para descomponerse, y al disolverse en el agua se vuelve relativamente estable lo que significa que no se descompone fácilmente (ATSDR, 1996).

El disulfuro de carbono que se encuentra en el agua se evapora con facilidad, basado en su constante de Henry, pero el disulfuro de carbono que queda disuelto en el agua no se descompone fácilmente. Aunque la bioacumulación del disulfuro de carbono se espera que se encuentre entre baja y moderada, éste presenta un peligro para los organismos acuáticos con base en su toxicidad (National Center for Biotechnology Information, s.f.).



Tratamiento

Debido a su alta tasa de volatilización y a su estabilidad cuando se encuentra en solución, el tratamiento más común para el agua residual que contiene disulfuro de carbono es la aireación, por medio de la cual se aumenta la volatilización y disminuye la concentración de la sustancia en el agua.

3.4.13 m+p-Cresol

Los isómeros m-cresol (número CAS 108-39-4) y p-cresol (número CAS 106-44-5) son sustancias líquidas incoloras con un ligero olor similar al alquitrán. Estos fenoles son comúnmente utilizados para la manufactura de antioxidantes, desinfectantes, explosivos y perfumes, entre otros productos. Además de ser utilizados como solventes industriales (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Los isómeros m/p-cresol no se encuentran regulados en la LFD Uso 3 ni en las normativas internacionales revisadas en cuanto a la protección de la vida acuática (Estados Unidos, Canadá, Alemania y Australia). Por lo que únicamente se muestran las concentraciones obtenidas durante los muestreos realizados.

Durante la primera campaña de muestreo (**Figura 3-41**) se detectaron los compuestos en 5 de los 19 sitios muestreados. Sobre el arroyo el ahogado se detectó en los dos sitios muestreados, en el A1 arroyo El Ahogado antes del corredor industrial de El Salto y en el A2 arroyo de El Ahogado aguas arriba del río Santiago.

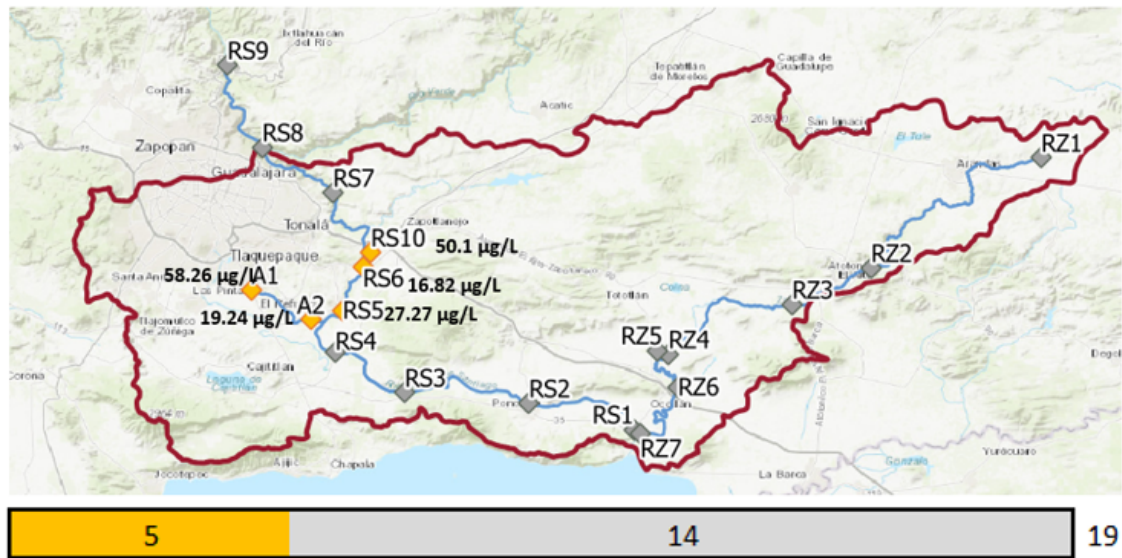
Mientras que de los 10 sitios muestreados sobre el río Santiago fueron detectados en 3: el RS5 Salto Juanacatlán, aguas abajo del arroyo El Ahogado, RS6 en Puente Grande y RS10 en Puente la Laja.

En cuanto a los resultados del análisis del muestreo realizado en la temporada de estiaje (**Figura 3-42**) se detectaron en 6 de los 19 sitios de muestreo. De los 6 sitios de muestreo donde fueron detectados, 2 se encuentran sobre el arroyo El Ahogado y 4 sobre el río Santiago.

Los sitios en que se detectaron fueron en los sitios A1, A2, RS2, RS5, RS6 y RS9. La concentración más alta fue detectada en el A1 (58.26 µg/l), seguida del RS10 (50.1 µg/l) y el RS5 (27.27 µg/l).

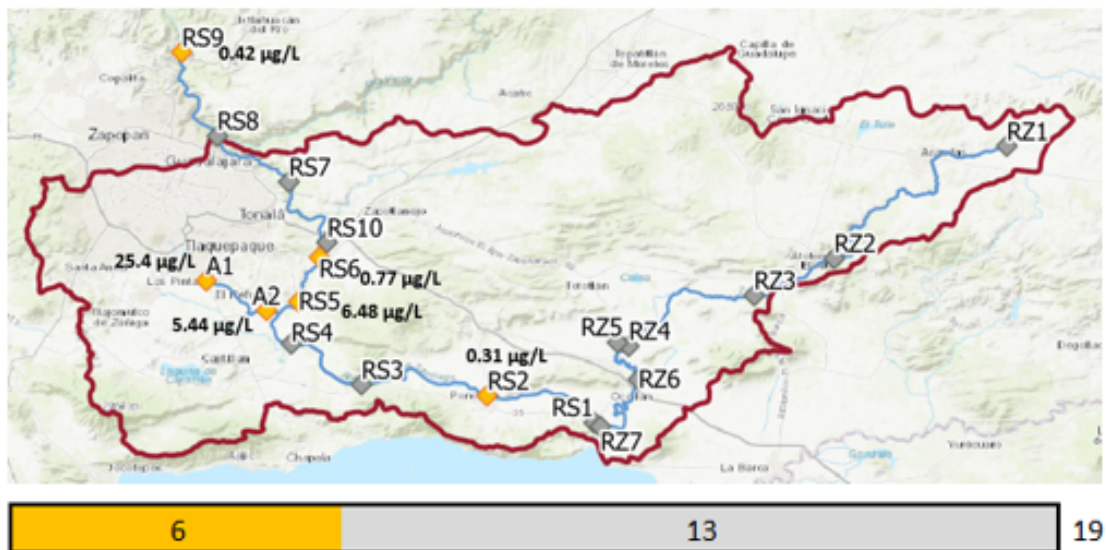


Figura 3-41 Resultados M+P-Cresol – Primera Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-42 Resultados M+P-Cresol – Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El isómero m-cresol es comúnmente utilizado como intermediario en la manufactura de diferentes productos como: antioxidantes, desinfectantes, pesticidas, perfumes, preservativos, vitamina E, resinas sintéticas, explosivos y otros productos químicos. Además de ser utilizado como solvente industrial y como agente para revelar fotografías (National Center for Biotechnology Information, s.f.).



Mientras que el isómero p-cresol es sumamente utilizado para la formulación de antioxidantes como: 2,6-di-tert-butil-p-cresol (BHT), 2,6-diciclopentil-p-cresol, 2,2'-metileno o 2,2'-tiodifenoles. También se utiliza como intermediario químico para el fosfato de tricresilo y el fosfato de cresilo difenilo, en la producción de desinfectantes, explosivos, perfumes y resinas fenólicas, como agente de limpieza de metales, solvente industrial, disolvente para esmalte de alambres y agente en la flotación de minerales. El p-cresol se utiliza comúnmente en las industrias del petróleo, la fotografía, pintura y agricultura (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

M+P/Cresol en el Medio Ambiente

La producción y los diferentes usos de los isómeros de cresol pueden ocasionar su liberación al medio ambiente. Cuando son liberados en el suelo los compuestos tienen alta movilidad. Una parte puede llegar a volatilizarse lentamente, mientras que otra (la mayoría) se biodegradará bajo condiciones aeróbicas. En el aire los compuestos de cresol existen únicamente en fase vapor en condiciones ambientales estándar. Los isómeros en el aire se pueden degradar por medio de la reacción con los radicales hidroxilos disponibles, con una vida media de aproximadamente 6 horas, y por la reacción con los radicales de nitrato disponibles. En cuerpos de agua los isómeros de cresol se pueden llegar a volatilizar (vida media estimada de 38 días en ríos). Mientras que el proceso más importante que se da en el agua para estos compuestos es la biodegradación, la cual se da bajo condiciones aeróbicas (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

Se recomienda un tratamiento biológico para tratar aguas residuales contaminadas por los isómeros de cresol; ya que se consideran altamente biodegradables bajo condiciones aeróbicas (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

3.4.14 m+p-Xileno

El m-xileno (# CAS 108-38-3), también llamado 1,3-Dimetilbenceno, y el p-xileno (# CAS 106-42-3), también llamado 1,4-Dimetilbenceno, se cuantifican comúnmente juntos. Ambos son líquidos incoloros con un aroma aromático dulce y se utilizan comúnmente en la fabricación de otros productos químicos, insecticidas y pinturas (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

La concentración de los isómeros de xileno no está regulada en las normativas mexicanas en cuanto a la protección de los ecosistemas acuáticos ni en las normativas revisadas en Estados Unidos, Canadá, Alemania y Australia.

Las muestras de agua obtenidas de la segunda campaña de muestreo se analizaron para determinar la concentración de la mezcla de isómeros m/p-xileno en los sitios muestreados. De los 19 sitios sólo se detectó la mezcla de compuestos en el sitio denominado A1, el cual corresponde al arroyo El Ahogado cerca del aeropuerto (**Figura 3-43**), la concentración detectada fue de 2.14 µg/l.

Procedencia

M+P-Xileno en el Medio Ambiente

Si son liberados al aire se espera que existan únicamente como vapor en la atmósfera, debido a la presión de vapor de ambos compuestos. Una vez en el aire los compuestos se degradarán por medio de reacciones fotoquímicas en compuestos más sencillos. Los isómeros m/p-xileno se han detectado en el agua de lluvia y en la nieve por lo que puede ser removido del aire por medio de deposición húmeda. Si son liberados al suelo se espera que una gran cantidad se volatilice, en el suelo húmedo por sus constantes de Henry y en el suelo seco debido a sus presiones de vapor. En los suelos subsuperficiales y en las aguas subterráneas, donde la volatilización de los compuestos no se puede dar, la biodegradación es un proceso importante. Los xilenos son fácilmente biodegradables y su biodegradación se puede dar bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas.



aunque el proceso es más tardado si se dan bajo condiciones anaeróbicas debido a que puede ser necesario un largo periodo de retraso antes de que comience la biodegradación. Si los compuestos son liberados en el agua, se espera que la volatilización sea un destino importante basado en la constante de Henry de ambos compuestos, con una vida media estimada de 3.1 horas en ríos. En aguas superficiales expuestas a la luz solar la fotooxidación puede llegar a tener cierta importancia. Ambos isómeros tienen bajo potencial de bioacumulación en organismos acuáticos (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

Los tratamientos más comunes para remover los xilenos del agua residual son los tratamientos biológicos, los cuales pueden ser aeróbicos o anaeróbicos. Mediante un tratamiento con un sistema de lodos activados se pueden obtener porcentajes de remoción de hasta un 92% (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

3.4.15 o-Xileno

El o-Xileno (# CAS 95-47-6), también conocido como 1,2-Dimethylbenzene, es una sustancia líquida incolora con un olor dulce y pertenece a la familia de los toluenos. El o-xileno es menos denso que el agua y es insoluble en esta. Se produce de forma natural en el alquitrán y en diversas plantas, liberándose durante incendios forestales. Es un componente del humo de los cigarros y es un importante producto químico para la industria, ya que se utiliza en la fabricación de otros productos químicos como: farmacéuticos, tintes, insecticidas y en la mezcla de gasolina (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

El o-xileno no se encuentra normado por sí solo en ninguna de las legislaciones revisadas, por lo que únicamente se muestran los sitios en los que fue detectado el compuesto y las concentraciones obtenidas durante los análisis de la segunda campaña de muestreo. Como se muestra en la **Figura 3-44** se encontró que solo se detectó o-xileno en 1 de los 19 sitios muestreados. El sitio donde se detectó fue el A1, el cual corresponde al arroyo El Ahogado con una concentración de 1.24 µg/l, esta concentración se encuentra muy por debajo de los límites establecidos y del límite de detección organoléptica.

Figura 3-44 Resultados O-Xileno – Segunda Campaña



Fuente: Elaboración propia.

Procedencia

El o-xileno es el segundo más importante de los tres isómeros comerciales del xileno, casi toda la producción de o-xileno se utiliza para la fabricación de anhídrido ftálico (utilizado para fabricar plastificantes, etc.). Además, se utiliza en la manufactura de diferentes vitaminas y farmacéuticos, tintes, insecticidas, pinturas para el hogar y productos para mantenimiento de exteriores y motores de automóviles (National Center for Biotechnology Information, s.f.)

O-Xileno en el Medio Ambiente

El o-xileno puede liberarse al ambiente a través de las emisiones de diversas industrias, a partir de la quema de madera, en los gases de escape de los vehículos de motor, y de forma natural se libera durante los incendios forestales y se produce en varias plantas. Al ser liberado en el aire se espera que el o-xileno exista únicamente en estado de vapor en la atmósfera debido a su presión de vapor. Una vez en la atmósfera el o-xileno se degrada por medio de reacciones fotoquímicas. Se ha detectado en el agua de lluvia y en la nieve, por lo que, el o-xileno puede ser eliminado del aire mediante deposición húmeda (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Si el o-xileno es liberado al suelo se espera que una gran parte se volatilice rápidamente, en el suelo húmedo con base a su constante de Henry y en el suelo seco con base a su presión de vapor. En cuanto a la parte que no se volatilice, se espera que tenga una movilidad en el suelo muy alta o moderada. En los suelos subsuperficiales y en el agua subterránea, donde la volatilización se ve obstaculizada, la biodegradación es un proceso importante, esta puede darse bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, aunque bajo condiciones anaeróbicas puede ser necesario un largo período de demora antes de que comience la degradación (National Center for Biotechnology Information, s.f.).



Si se libera o-xileno en el agua no se espera que se adsorba a los sólidos suspendidos ni a los sedimentos, sino que se espera que se biodegrade en el agua bajo condiciones aeróbicas, en cuestión de días o semanas. Además, se espera que la volatilización sea un proceso de destino importante basado en la constante de Henry del compuesto, con una vida media de volatilización estimada para un río de 3.2 horas. La bioconcentración en organismos acuáticos es considerada baja (National Center for Biotechnology Information, s.f.).

Tratamiento

El o-xileno puede ser removido del agua residual mediante tratamientos biológicos, ya sea bajo condiciones aeróbicas o bajo condiciones anaeróbicas, siendo más lento el proceso bajo estas últimas debido a la necesidad de un tiempo antes de comenzar con la biodegradación.

Al ser un compuesto volátil se pueden utilizar otro tipo de tratamientos, como lo son los filtros de carbón activado y el método de extracción por medio de aireación (air stripping). De acuerdo con estudios se puede lograr una remoción mayor al 96% utilizando el método de extracción por medio de aireación manejado un flujo de aire desde 20 L de aire/h; y una remoción de hasta un 95% con filtros de carbón activado, asegurando un tiempo de contacto de 238 segundos (Lavina & Negrea, 2008)

3.4.16 Resumen

En este numeral se presenta un resumen de la información recopilada sobre los compuestos orgánicos detectados. En la **Tabla 3-20** se muestra cada compuesto y su procedencia.



Tabla 3-20 Resumen de Información de los Compuestos Orgánicos.

No.	Compuesto	# CAS	Procedencia
1	Bis-2-(Etilhexil)Ftalato (DEHP)	117-81-7	<p>Uso más común: se añade a los plásticos para volverlos más flexibles.</p> <p>Fabricación de los siguientes productos: manteles, cortinas para baños, ropa para lluvia, pantalones para bebés, revestimientos de paredes, baldosas, tapicería de muebles, mangueras de jardín, revestimientos de piscinas, muñecas, algunos juguetes, zapatos, tapicería y techos de automóviles, películas y láminas de embalaje, revestimientos para alambres y cables, tubos médicos y bolsas de almacenamiento de sangre.</p>
2	Fenol	108-95-2	<p>Uso más común: producción de resinas fenólicas, nylon, plásticos y otras fibras sintéticas.</p> <p>Fabricación de los siguientes productos: productos de limpieza, enjuagues bucales, pastillas para el dolor de garganta, lociones antisépticas, revestimientos de suelo, ropa de cama, pinturas, productos de plástico y caucho y neumáticos.</p>
3	Tolueno	108-88-3	<p>Uso más común: aditivo de gasolina.</p> <p>Fabricación de los siguientes productos: pinturas, revestimientos, fragancias sintéticas, adhesivos, artículos de limpieza, nylon, plásticos (en especial botellas de plástico), productos farmacéuticos, tintes, barniz para las uñas y para la síntesis de productos químicos orgánicos.</p>
4	Metil-T-Butil Eter (MTBE)	1634-04-4	<p>Uso más común: aditivo de gasolina y para la producción de otros compuestos químicos.</p>
5	2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	<p>Uso más común: conservador, fungicida y bactericida, o como intermediario en la manufactura de otros pesticidas.</p>
6	2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	<p>Uso más común: formulación de fungicidas y otros pesticidas, como conservador de madera y pegamento o como tratamiento anti moho, o como intermediario en la producción de fenoles de alto contenido en cloro.</p>
7	Isoforona	78-59-1	<p>Uso más común: solvente para tintas de imprenta, pinturas, lacas, adhesivos, aceites, grasas, nitrocelulosa, polímeros de resina de vinilo, entre otros</p>
8	Dietilftalato	84-66-2	<p>Uso más común: se añade a los plásticos para volverlos más flexibles.</p> <p>Fabricación de los siguientes productos: cepillos de dientes, partes de automóviles, herramientas, juguetes, equipo deportivo, empaques de alimentos, perfumes, repelentes de mosquitos, adhesivos y selladores, productos para el cuidado de automóviles, productos de limpieza y cuidado de</p>



No.	Compuesto	# CAS	Procedencia
			mobiliarios, productos para lavar ropa y vajilla y productos de cuidado personal
9	Dibutilftalato	84-74-2	<p>Uso más común: se añade a los plásticos para volverlos más flexibles.</p> <p>Fabricación de los siguientes productos: cortinas de baño, impermeables, empaques de alimentos, interiores de automóviles, telas de vinilo, baldosas para pisos, pinturas, barnices y lacas, vidrios de seguridad de automóviles, esmaltes de uñas, perfumes y en el humo de los cigarros.</p>
10	Di-2-(EtilHexil)Adiapatato	103-23-1	<p>Uso más común: se añade a los plásticos para volverlos más flexibles.</p> <p>Fabricación de los siguientes productos: policloruro de vinilo (PVC), aceites de baño, sombras de ojos, colonia, bases, quitaesmalte, hidratantes y bronceadores artificiales. Se incluye en productos como: adhesivos, selladores, productos para el cuidado de automóviles, materiales de construcción, algunos productos eléctricos y electrónicos, productos de tela, textiles y cuero, envases de alimentos, pinturas, revestimientos, productos de cuidado personal, combustibles, lubricantes y grasas.</p>
11	Cloroformo	67-66-3	Uso más común: producción de refrigerantes, plásticos de fluorocarbono, como pesticida, solvente, agente de limpieza e intermediario químico.
12	Disulfuro de Carbono	75-15-0	Uso más común: fabricación de otros productos químicos, principalmente el rayón, pero también en la fabricación de tetracloruro de carbono, sulfito de sodio, xantatos, mercaptanos y tioureas. Se utiliza también como disolvente para grasas, lípidos, resinas, gomas, fósforo, azufre, selenio, yodo y bromo
13	m+p-Cresol	108-39-4 (m-cresol) 106-44-5 (p-cresol)	<p>Fabricación de los siguientes productos:</p> <ul style="list-style-type: none"> m-cresol: antioxidantes, desinfectantes, pesticidas, perfumes, preservativos, vitamina E, resinas sintéticas, explosivos y otros productos químicos. Además de ser utilizado como solvente industrial y como agente para revelar fotografías. p-cresol es sumamente utilizado para la formulación de antioxidantes, desinfectantes, explosivos, perfumes y resinas fenólicas, como agente de limpieza de metales, solvente industrial, disolvente para esmalte de alambres y agente en la flotación de minerales.



No.	Compuesto	# CAS	Procedencia
14	m+p-Xileno	108-38-3 (m-xileno) 106-42-3 (p-xileno)	Fabricación de los siguientes productos: <ul style="list-style-type: none"> m-xileno: ácido isoftálico, combustibles para aviones, pinturas, insecticidas y productos para el cuidado y mantenimiento de automóviles. p-xileno: ácido tereftálico, otros productos químicos, vitaminas, insecticidas, pinturas y resinas y fibras de poliéster.
15	o-Xileno	95-47-6	Uso más común: fabricación de anhídrido ftálico. Fabricación de los siguientes productos: diferentes vitaminas y farmacéuticos, tintes, insecticidas, pinturas para el hogar y productos para mantenimiento de exteriores y motores de automóviles.



Primera Campaña de Muestreo

En esta sección se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la primera campaña de muestreo (23 al 27 de septiembre). En la **Figura 3-45** se muestra el número de compuestos detectados en cada sitio de muestreo y cuáles son esos compuestos. Como se puede observar los sitios en los que se presentan mayor número de compuestos detectados son el RS5 (en El Salto Juanacatlán), RS6 (en Puente Grande), RS10 (en Puente La Laja), A1 (arroyo el Ahogado 1) y A2 (arroyo el Ahogado), lo cual coincide con la zona industrial.

Figura 3-45 Primera Campaña



Simbología

- ◆ Un compuesto detectado
- Dos compuestos detectados
- ▲ Tres compuestos detectados
- ⦿ Cuatro compuestos detectados
- ⊕ Cinco compuestos detectados
- ⊕ Seis compuestos detectados
- ⊕ Seis compuestos detectados, DEHP sobre limite
- ◆ Ningún compuesto detectado

EPSG:32613 - WGS 84 / UTM zone 13N

Sitio	Compuestos Detectados	Sitio	Compuestos Detectados
RS1	DEHP y Disulfuro de Carbono	RZ1	Dibutilftalato y Disulfuro de Carbono
RS2	DEHP, Dibutilftalato, Dietilftalato y Disulfuro de Carbono	RZ2	DEHP, Dibutilftalato y Disulfuro de Carbono
RS3	Ninguno	RZ3	DEHP, Dibutilftalato y Disulfuro de Carbono
RS4	Disulfuro de Carbono	RZ4	DEHP, Dietilftalato y Disulfuro de Carbono
RS5	m+p-Cresol, Tolueno, DEHP, Dibutilftalato, Dietilftalato y Disulfuro de Carbono	RZ5	Disulfuro de Carbono
RS6	m+p-Cresol, Tolueno, DEHP, Dibutilftalato y Disulfuro de Carbono	RZ6	DEHP, Dibutilftalato y Disulfuro de Carbono
RS7	Dibutilftalato, Dietilftalato y Disulfuro de Carbono	RZ7	Disulfuro de Carbono
RS8	DEHP, Dibutilftalato, Disulfuro de Carbono y 2,4,5-Triclorofenol	A1	m+p-Cresol, DEHP, Dibutilftalato, Dietilftalato, Tolueno y Disulfuro de Carbono
RS9	DEHP, Dibutilftalato, Dietilftalato, Isoforona, Disulfuro de Carbono y 2,4,6-Triclorofenol	A2	m+p-Cresol, DEHP, Dibutilftalato, Dietilftalato, Tolueno y Disulfuro de Carbono
RS10	m+p-Cresol, DEHP, Dibutilftalato, MTBE, Tolueno y Disulfuro de Carbono		



Los compuestos encontrados en cada sitio de muestreo se muestran en las siguientes tablas:

Río Zula y arroyo El Ahogado: Tabla 3-21 Compuestos Orgánicos en los Afluentes del Río Santiago – Primera Campaña de Muestreo

Río Santiago: Tabla 3-22 Compuestos Orgánicos en el Río Santiago – Primera Campaña de Muestreo

Río Zula

Se detectaron diferentes compuestos a lo largo del cauce del río Zula en los sitios muestreados. Los compuestos encontrados (bis-2-(etilhexil)ftalato (DEHP), dibutilftalato, dietilftalato y disulfuro de carbono) fueron detectados a concentraciones inferiores a los límites establecidos en la LFD (Uso 3).

El disulfuro de carbono y el dibutilftalato no se encuentran normados con respecto a la protección a la vida acuática (ni en normativas nacionales ni en las internacionales revisadas). Se detectó disulfuro de carbono en los siete sitios de muestreo ubicados sobre el río Zula. Las concentraciones encontradas van desde 1.06 µg/l hasta 32.88 µg/l. En cuanto al dibutilftalato, se detectó en cuatro de los siete sitios muestreados, empezando en el RZ1, RZ2 y RZ3, desapareciendo por debajo de los niveles de detección y volviendo a detectarse en el RZ6.

En cuanto al DEHP y al dietilftalato, estos si se encuentran normados con respecto a la protección a la vida acuática en la Ley Federal de Derechos (uso 3). El límite establecido para ambos compuestos es de 9.4 µg/l. El dietilftalato se detectó únicamente en el sitio RZ4, con una concentración de 0.45 µg/l. Y el DEHP se detectó en cuatro de los siete sitios de muestreo: RZ2, RZ3, RZ6 y RZ7, a concentraciones que van desde 0.22 µg/l hasta 0.93 µg/l.

Arroyo El Ahogado

En los dos sitios muestreados sobre el arroyo El Ahogado fueron detectados los siguientes compuestos: m+p/cresol, DEHP, disulfuro de carbono, dibutilftalato, dietilftalato y tolueno. Los seis compuestos fueron detectados en ambos sitios, pero únicamente el DEHP superó el límite establecido en la ley federal de derechos en el sitio denominado A2, alcanzando una concentración de 10.83 µg/l.

Río Santiago

A lo largo del tramo analizado del río Santiago fueron detectados 10 compuestos: m+p/cresol, DEHP, disulfuro de carbono, dibutilftalato, dietilftalato, metil-t-butil eter (MTBE), 2,4,5-triclorofenol, 2,4,6-triclorofenol, isoforona y tolueno. Todos a concentraciones por debajo de los límites establecidos en la LFD (Uso 3). De los 10 sitios muestreados únicamente en el sitio RS3 no fue detectado ningún compuesto, en todos los demás sitios fue detectado el disulfuro de carbono y en algunos fueron detectados más de cuatro compuestos. Como es el caso del sitio RS6 (en Puente Grande) en donde se detectaron 5 compuestos (m+p/cresol, DEHP, disulfuro de carbono, dibutilftalato y tolueno), el RS5 (en El Salto de Juanacatlán) en donde fueron detectados seis compuestos (los 5 anteriores y el dietilftalato), el RS10 (en Puente La Laja) en donde se detectaron 6 compuestos (m+p/cresol, DEHP, disulfuro de carbono, dibutilftalato, MTBE y tolueno) y en el RS9 (en Puente Guadalupe) donde se detectaron nuevamente 6 compuestos (DEHP, disulfuro de carbono, dibutilftalato, dietilftalato, 2,4,6-triclorofenol e isoforona).



Tabla 3-21 Compuestos Orgánicos en los Afluentes del Río Santiago – Primera Campaña de Muestreo

Compuesto	Límite LFD (Uso 3)	RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	A1	A2
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Bis-2-(Etilhexil)ftalato (DEHP)	9.4	N.D	1.52	0.85	1.00	N.D	0.72	N.D	4.51	10.83
Tolueno	200	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	24.52	4.40
Metil-t-butil-eter (MTBE)	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,4,5-Triclorofenol	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
2,4,6-Triclorofenol	10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Isoforona	1200	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Dietilftalato	9.4	N.D	N.D	N.D	0.45	N.D	N.D	N.D	5.05	4.08
Dibutilftalato	-	0.53	0.48	0.30	N.D	N.D	0.73	N.D	1.54	18.75
Disulfuro de Carbono	-	12.74	5.42	7.96	1.06	1.68	41.89	32.88	75.50	55.20
m+p-Cresol	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	58.26	19.24
o-Xileno	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1.24	N.D

N.D	No detectado
n	Detectado en concentración inferior al límite establecido en la LFD (Uso 3)
n	Detectado en concentración superior al límite establecido en la LFD (Uso 3)



Tabla 3-22 Compuestos Orgánicos en el Río Santiago – Primera Campaña de Muestreo

Compuesto	Límite LFD (Uso 3)	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS10	RS7	RS8	RS9
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Bis-2-(Etilhexil)ftalato (DEHP)	9.4	0.76	0.84	N.D	N.D	4.97	3.51	1.16	2.57	1.75	3.17
Fenol	100	N.D	N.D	N.D	N.D	2.72	5.06	42.80	N.D	N.D	N.D
Tolueno	200	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	8.82	N.D	N.D	N.D
Isoforona	1200	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.33	N.D
Dietilftalato	9.4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.38
Dibutilftalato	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.52
Di-2-(Etilhexil)adipato	-	N.D	1.09	N.D	N.D	5.13	N.D	N.D	N.D	N.D	0.37
Cloroformo	30	N.D	0.67	N.D	N.D	1.47	1.07	0.99	0.61	0.42	0.93
Disulfuro de Carbono	-	34.90	27.55	N.D	16.31	46.67	75.67	40.96	5.58	24.43	39.67
m+p-Cresol	-	N.D	N.D	N.D	N.D	27.27	16.82	50.1	N.D	N.D	N.D
m+p-Xileno	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

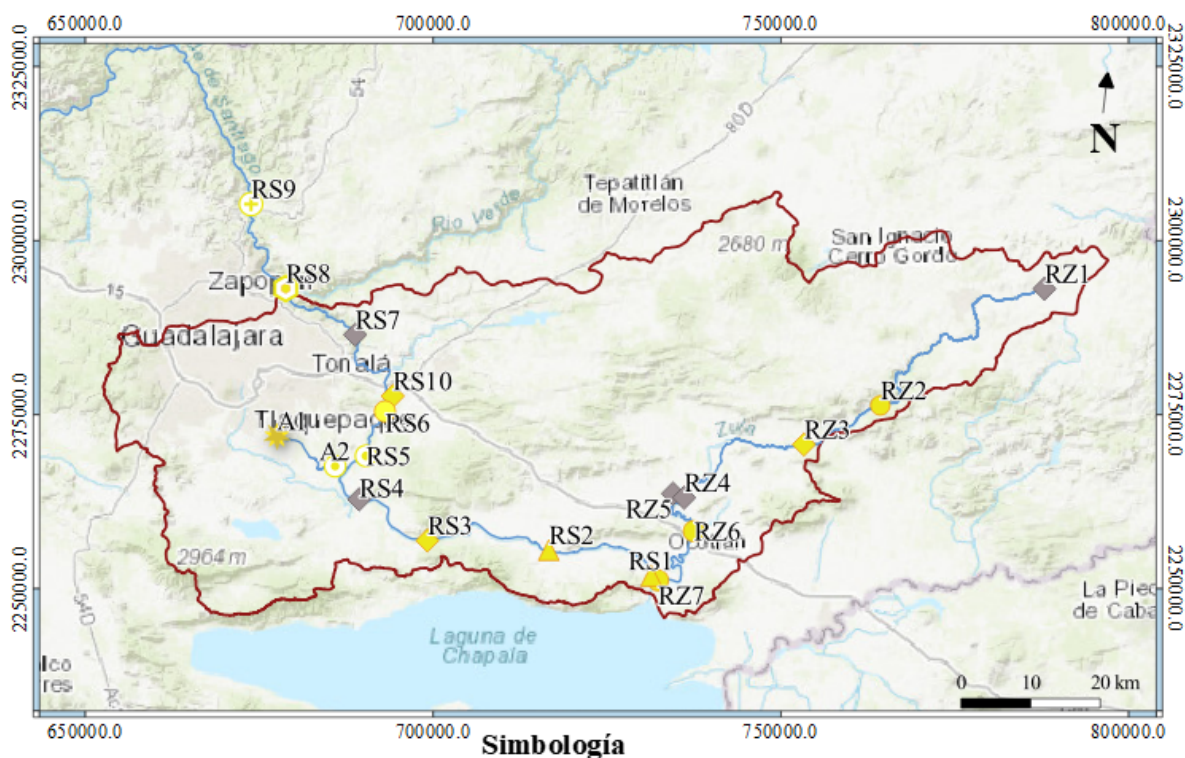
N.D	No detectado
n	Detectado en concentración inferior al límite establecido en la LFD (Uso 3)
n	Detectado en concentración superior al límite establecido en la LFD (Uso 3)



Segunda Campaña de Muestreo

En esta sección se muestra un resumen de los resultados obtenidos durante la segunda campaña de muestreo (4 y el 8 de noviembre). En la **Figura 3-46** se muestran los compuestos detectados en cada sitio de muestreo. Se puede observar que nuevamente los sitios con mayor número de compuestos detectados son RS5 en el Salto Juanacatlán, RS6 (en Puente Grande), RS10 en Puente La Laja, A1 arroyo el Ahogado y A2 arroyo el Ahogado antes del río Santiago, a los cuales se les suma el sitio RS9 en Puente de Guadalupe.

Figura 3-46 Segunda Campaña



- ◆ Un compuesto detectado ◆ Cuatro compuestos detectados ◆ Diez compuestos detectados
 ◆ Dos compuestos detectados ◆ Cinco compuestos detectados ◆ Ningún compuesto detectado
 ◆ Tres compuestos detectados ◆ Seis compuestos detectados

Sitio	Compuestos Detectados	Sitio	Compuestos Detectados
RS1	DEHP, Dietilftalato y Dibutilftalato	RZ1	Ninguno
RS2	m+p-Cresol, Dietilftalato y DEHP	RZ2	DEHP y Fenol
RS3	DEHP	RZ3	DEHP
RS4	Ninguno	RZ4	Ninguno
RS5	Fenol, m+p-Cresol, DEHP, Dibutilftalato y Dietilftalato	RZ5	Ninguno
RS6	m+p-Cresol y DEHP	RZ6	DEHP y Dibutilftalato
RS7	Ninguno	RZ7	DEHP y Dietilftalato
RS8	Fenol, DEHP, Di-2-(Etilhexil)ftalato y Disulfuro de Carbono	A1	DEHP, Fenol, m+p-Cresol, Dibutilftalato, Disulfuro de Carbono, m+p-Xileno, Dietilftalato, Cloroformo, Tolueno y o-Xileno
RS9	Fenol, DEHP, m+p-Cresol, Dibutilftalato, Disulfuro de Carbono, Isoforona y Tolueno	A2	Fenol, m+p-Cresol, DEHP, Dietilftalato y Tolueno
RS10	DEHP		



Los compuestos encontrados en cada sitio de muestreo se muestran en las siguientes figuras:

Río Zula y el Arroyo El Ahogado:

Tabla 3-23 Concentración en los Afluentes del Río Santiago – Segunda Campaña de Muestreo

Río Santiago:

Tabla 3-24 Compuestos Orgánicos en el Río Santiago – Segunda Campaña de Muestreo

Río Zula

Durante esta segunda campaña de muestreo se detectaron cuatro compuestos presentes en el cauce del río Zula: DEHP, fenol, dietilftalato y dibutilftalato, todos en concentraciones inferiores al límite establecido en la LFD (Uso 3). El DEHP fue detectado en cuatro de los siete sitios muestreados: RZ2 (aguas arriba de Atotonilco), RZ3 (aguas debajo de Atotonilco), RZ6 (en San Martín de Zula) y RZ7 (en Ocotlán), a concentraciones por debajo del límite (9.4 µg/l). Las concentraciones detectadas van de 0.22 µg/l hasta 0.93 µg/l.

El fenol se detectó únicamente en el sitio denominado RZ2, con una concentración de 0.69 µg/l. El dietilftalato únicamente en el RZ7, con una concentración de 0.32 µg/l y el dibutilftalato en el sitio RZ6, con una concentración de 0.26 µg/l.

Arroyo El Ahogado

Durante la segunda campaña de muestreo se detectaron ocho compuestos a lo largo del cauce del arroyo El Ahogado: DEHP, fenol, tolueno, dietilftalato, dibutilftalato, cloroformo, m+p-cresol y m+p-xileno. En el sitio denominado A1 fueron detectados los 8 compuestos mencionados, pero únicamente el DEHP a concentraciones superiores a los límites establecidos en la normativa para cada compuesto, con una concentración de 6.05 µg/l. Mientras que en el sitio denominado A2 fueron detectados cinco de los ocho compuestos mencionados (exceptuando el dibutilftalato y el cloroformo). Todos en concentraciones por debajo de los límites seleccionados para cada compuesto.

Río Santiago

Se detectaron 9 compuestos presentes en el cauce del río Santiago dentro del tramo de estudio: DEHP, fenol, tolueno, isoforona, dietilftalato, dibutilftalato, di-2-(etilhexil)adipato, disulfuro de carbono y m+p-cresol. Todos los compuestos fueron detectados a concentraciones inferiores a los límites establecidos para cada compuesto.

El DEHP fue detectado en ocho de los diez sitios de muestreo (RS1, RS2, RS3, RS5, RS6, RS10, RS8 y RS9) en concentraciones que van desde 0.26 µg/l en el sitio RS1 hasta 1.92 µg/l en el sitio RS9. El fenol fue detectado en tres sitios de muestreo: RS5, RS8 y RS9 con concentraciones de 0.55, 0.24 y 0.22 µg/l respectivamente. El dietilftalato fue detectado en los sitios RS1, RS2 y RS5; el dibutilftalato en el RS1, RS5 y RS9. La mezcla de isómeros m y p de cresol fue detectada en los sitios RS5, RS6 y RS10; el di-2-(etilhexil)adipato en el RS5 y RS8, el disulfuro de carbono en el RS8 y RS9; el tolueno en los sitios RS5 y RS9, mientras que la isoforona únicamente se detectó en el sitio RS9.



Los sitios con el mayor número de compuestos detectaron fueron el RS5 con siete compuestos (DEHP, fenol, tolueno, dietilftalato, dibutilftalato, di-2-(etilhexil)adipato y m+p-cresol) y el RS9 con seis compuestos (DEHP, fenol, tolueno, isoforona, dibutilftalato y disulfuro de carbono).





Tabla 3-23 Concentración en los Afluentes del Río Santiago – Segunda Campaña de Muestreo

Compuesto	Límite LFD (Uso 3)	RZ1	RZ2	RZ3	RZ4	RZ5	RZ6	RZ7	A1	A2
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Bis-2-(Etilhexil)ftalato (DEHP)	9.4	N.D	0.93	0.42	N.D	N.D	0.22	0.28	6.05	5.22
Fenol	100	N.D	0.69	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1.87	0.57
Tolueno	200	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	15.29	2.28
Isoforona	1200	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Dietilftalato	9.4	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.32	4.26	2.74
Dibutilftalato	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.26	N.D	1.68	N.D
Di-2-(Etilhexil)adipato	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Cloroformo	30	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	1.53	N.D
Disulfuro de Carbono	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
m+p-Cresol	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	58.26	19.24
m+p-Xileno	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	2.14	N.D

N.D	No detectado
N	Detectado en concentración inferior al límite establecido en la LFD (Uso 3)
N	Detectado en concentración superior al límite establecido en la LFD (Uso 3)



Tabla 3-24 Compuestos Orgánicos en el Río Santiago – Segunda Campaña de Muestreo

Compuesto	Límite LFD (Uso 3)	RS1	RS2	RS3	RS4	RS5	RS6	RS10	RS7	RS8	RS9
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$
Bis-2-(Etilhexil)ftalato (DEHP)	9.4	0.26	0.88	0.28	N.D	1.18	1.31	0.51	N.D	1.63	1.92
Fenol	100	N.D	N.D	N.D	N.D	0.55	N.D	N.D	N.D	0.24	0.22
Tolueno	200	N.D	N.D	N.D	N.D	1.47	N.D	N.D	N.D	N.D	1.17
Isoforona	1200	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.22
Dietilftalato	9.4	0.34	0.63	N.D	N.D	1.46	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Dibutilftalato	-	0.30	N.D	N.D	N.D	0.98	N.D	N.D	N.D	N.D	0.49
Di-2-(Etilhexil)adipato	-	N.D	N.D	N.D	N.D	1.47	N.D	N.D	N.D	0.31	N.D
Cloroformo	30	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
Disulfuro de Carbono	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	25.96	17.11
m+p-Cresol	-	N.D	N.D	N.D	N.D	27.27	16.82	50.1	N.D	N.D	N.D
m+p-Xileno	-	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

N.D	No detectado
N	Detectado en concentración inferior al límite establecido en la LFD (Uso 3)
N	Detectado en concentración superior al límite establecido en la LFD (Uso 3)



3.5 REFERENCIAS

- ATSDR. (Junio de 1995). *Resumen de Salud Pública. Dietil Ftalato*. Obtenido de ARSDR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs73.html
- ATSDR. (Agosto de 1996). *Public Health Statement Carbon Disulfide*. Obtenido de <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp82-c1-b.pdf>
- ATSDR. (Agosto de 1996). *Public Health Statement. METHYL-TERT-BUTYL ETHER*. Obtenido de ATSDR: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp91-c1-b.pdf>
- ATSDR. (Julio de 1999). *Resumen de Salud Pública. Isoforona*. Obtenido de ATSDR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs138.pdf
- ATSDR. (6 de Mayo de 2016). *Resumen de Salud Pública- Fenol*. Obtenido de atsd: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs115.html
- ATSDR. (Mayo de 2016). *Resumen de Salud Pública. Cloroformo*. Obtenido de ATSDR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs6.html
- ATSDR. (Mayo de 2016). *Resumen de Salud Pública. Tolueno*. Obtenido de ATSDR: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs56.html
- BMU. (2013). *Water Resource Management: Water Quality*.
- Canada Council of Ministers of the Environment. (2003). *Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE)*. Obtenido de Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/196>
- EPA. (1980). *Ambient Water Quality Criteria for Chloroform*. Obtenido de epa.gov: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-03/documents/ambient-wqc-chloroform-1980.pdf>
- EPA. (Enero de 2000). *2,4,5-Trichlorophenol Fact Sheet*. Obtenido de epa.gov: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/2-4-5-trichlorophenol.pdf>
- EPA. (Diciembre de 2011). *Preliminary Study of Carbon Disulfide. Discharges from Cellulose Products*. Obtenido de https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/cellulose-products_prelim-study_2011.pdf
- EPA. (Julio de 2012). *Toluene Fact Sheet*. Obtenido de epa.gov: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/documents/toluene.pdf>
- EPA. (Marzo de 2018). *Drinking Water Standards and Health Advisories Tables*.
- Howard, P. (1990). *Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals, Volume 2*. CRC Press.
- IARC. (2000). *DI(2-ETHYLHEXYL) ADIPATE. Monograph*. Obtenido de IARC Monographs. Vol. 77.
- Lavina, L., & Negrea, A. (2008). Studies regarding the Benzene, Toluene and o-Xylene Removal from. *Chem Bull*, Volumen 53 (67), 1-2.



National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *2,4,5-Trichlorophenol*. Obtenido de Pub Chem Database: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_4_5-Trichlorophenol

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *2,4,6-Trichlorophenol*. Obtenido de PubChem Database: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2_4_6-Trichlorophenol

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Bis(2-ethylhexyl) adipate*. Obtenido de PubChem Database : https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bis_2-ethylhexyl-adipate

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Bis(2-ethylhexyl) phthalate*. Obtenido de PubChem: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/8343>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Carbon disulfide*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Carbon-disulfide>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Chloroform*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chloroform>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Chloroform*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Chloroform>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Dibutyl phthalate*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dibutyl-phthalate>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Diethyl phthalate*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Diethyl-phthalate>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Isophorone*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isophorone>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *m-Cresol*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/m-Cresol>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Methyl tert-butyl ether*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methyl-tert-butyl-ether>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *m-xylene*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/M-Xylene>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *O-Xylene*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/O-Xylene>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *p-Cresol*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/P-Cresol>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Phenol*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/996#section=Consumer-Uses>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *p-xylene*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/P-Xylene>

National Center for Biotechnology Information. (s.f.). *Toluene*. Obtenido de PubChem Database: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1140#section=Industry-Uses>



- NHMRC. (Agosto de 2018). *National Water Quality Management Strategy. Australian Drinking Water Guidelines. 2011 (Version 3.5).*
- OMS. (2006). *Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición.* Obtenido de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- PRTR. (2007). *FENOLES.* Obtenido de PRTR. España: <http://www.prtr-es.es/Fenoles,15658,11,2007.html>
- Salaudeen, T., Okoh, O., Agunbiade, F., & al, e. (2018). Phthalates removal efficiency in different wastewater treatment technology in the Eastern Cape, South Africa. *Environ Monit Assess*, 190, 299. doi:10.1007/s10661-018-6665-8.
- SEMARNAT. (2008). *Informe de la situación del medio ambiente en Mexico. Compendio de Estadísticas Ambientales.* México.
- TCS. (2008). *Bis(2-EthylHexyl)Phtalate. Summary Risk Assesment Report.* Italia: European Chemicals Bureau (ECB).
- Toxic Action Center. (s.f.). *Fact Sheet- MTBE.* Obtenido de Toxicsaction: <https://toxicsaction.org/wp-content/uploads/the-facts-on-mbte.pdf>
- US EPA. (31 de Agosto de 2011). *Integrated Risk Information System (IRIS) Glossary.* Obtenido de EPA: https://iaspub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&vocabName=IRIS%20Glossary
- Werner, I. et Al. (2001). Toxicity of methyl-tert-butyl ether to freshwater organisms. *Environmental Pollution*, 111(1):83-8.