



Identificación, actualización e integración de información de fuentes de contaminación puntual como base para la toma de decisiones en materia de inspección y vigilancia ambiental en el Área de Intervención Prioritaria del Río Santiago

Sección 8

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis de laboratorio



CONTENIDO

8.1	RESULTADOS GENERALES.....	8-2
8.2	CALIDAD DE AGUA Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	8-4
8.2.1	<i>Descargas a Cuerpos Receptores.....</i>	<i>8-5</i>
8.2.2	<i>Descargas a Redes de Alcantarillado.....</i>	<i>8-6</i>
8.2.3	<i>Condiciones Particulares de Descarga.....</i>	<i>8-7</i>
8.3	CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES POR ACTIVIDAD DE ORIGEN	8-8
8.3.1	<i>Descargas Municipales</i>	<i>8-11</i>
8.3.2	<i>Descargas de Plantas de tratamiento de Aguas Residuales.....</i>	<i>8-15</i>
8.3.3	<i>Servicios Inmobiliarios</i>	<i>8-18</i>
8.3.4	<i>Industria Alimentaria.....</i>	<i>8-22</i>
8.3.5	<i>Industria química</i>	<i>8-26</i>
8.3.6	<i>Industria de las Bebidas y del Tabaco</i>	<i>8-28</i>
8.3.7	<i>Crianza y Explotación de animales</i>	<i>8-29</i>
8.3.8	<i>Actividades Económicas con Pocos Muestreos</i>	<i>8-30</i>
8.4	COMPARACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES POR ACTIVIDAD.....	8-32
8.5	ANÁLISIS DE METALES PESADOS Y CIANURO.....	8-37
8.6	RESULTADOS DE AFOROS	8-41
8.7	CARGA DE CONTAMINANTES	8-45
8.7.1	<i>Subcuenca R. Verde-P. Santa Rosa.....</i>	<i>8-50</i>
8.7.2	<i>Subcuenca R. Corona- R. Verde.....</i>	<i>8-51</i>
8.7.3	<i>Subcuenca R. Zula.....</i>	<i>8-56</i>
8.7.4	<i>Subcuenca L. Chapala- R. Corona.....</i>	<i>8-58</i>
8.7.5	<i>Subcuenca R. La Laja.....</i>	<i>8-59</i>
8.8	ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA.....	8-62
8.8.1	<i>Zona Arroyo de El Ahogado.....</i>	<i>8-64</i>
8.8.2	<i>Zona Barranca de Huentitán.....</i>	<i>8-68</i>
8.8.3	<i>Zona Tonalá.....</i>	<i>8-70</i>
8.8.4	<i>Zona Tototlán- Zapotlanejo.....</i>	<i>8-72</i>
8.8.5	<i>Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán-Tlajomulco.....</i>	<i>8-75</i>
8.8.6	<i>Zona Arandas.....</i>	<i>8-77</i>
8.8.7	<i>Zona Atotonilco el Alto.....</i>	<i>8-79</i>
8.8.8	<i>Zona Norte del AMG</i>	<i>8-81</i>
8.9	REFERENCIAS	8-83

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 8-1 Clasificación de la calidad del agua de origen doméstico, adaptado de CONAGUA [1]</i>	8-4
<i>Tabla 8-2 Muestreos por destino final de la descarga.....</i>	8-4
<i>Tabla 8-3 Límites Permisibles Máximos para contaminantes básicos [3].....</i>	8-5
<i>Tabla 8-4 Límites Permisibles Máximos para metales pesados y cianuros [3].....</i>	8-6
<i>Tabla 8-5 Límites Máximos Permisibles para descargas a alcantarillado urbano o municipal [3]</i>	8-7
<i>Tabla 8-6 Condiciones Particulares de Descarga para unidades económicas seleccionadas.....</i>	8-7
<i>Tabla 8-7 Número de descargas municipales fuera del LMP por parámetro.....</i>	8-11
<i>Tabla 8-8 Comparación de descargas municipales de estudio contra la Clasificación de Agua Doméstica CONAGUA.....</i>	8-14
<i>Tabla 8-9 Resultados principales. Muestreo ID 26.....</i>	8-14
<i>Tabla 8-10 Resultados principales- Muestreo ID 135 con condiciones particulares de descarga.</i>	8-15
<i>Tabla 8-11 Número de descargas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales fuera del LMP por parámetro.....</i>	8-15
<i>Tabla 8-12 Resultados Principales - Muestreo ID 13 (Descarga en parque industrial)</i>	8-19
<i>Tabla 8-13 Número de descargas fuera del LMP en Servicios Inmobiliarios.....</i>	8-19
<i>Tabla 8-14 Comparación de descargas de Servicios Inmobiliarios contra Clasificación de Agua Doméstica de CONAGUA.....</i>	8-22
<i>Tabla 8-15 Resultados de descargas seleccionadas de la Industria Alimentaria a red municipal</i>	8-22
<i>Tabla 8-16 Número de descargas fuera del LMP en la Industria Alimentaria</i>	8-23
<i>Tabla 8-17 Resultados principales de descargas de la Industria Química a red municipal.....</i>	8-26
<i>Tabla 8-18 Número de descargas fuera del LMP en la Industria Química</i>	8-27
<i>Tabla 8-19 Resultados de muestreos realizados a la Industria Química.....</i>	8-27
<i>Tabla 8-20 Resultados Principales de descargas de la Industria de las Bebidas y el Tabaco a red municipal.....</i>	8-28
<i>Tabla 8-21 Resultados principales de descargas de la Industria de las Bebidas y el Tabaco a cuerpo receptor.....</i>	8-28
<i>Tabla 8-22 Resultados Principales - Muestreo ID 80 con destino a red municipal</i>	8-29
<i>Tabla 8-23 Resultados principales de descargas a cuerpo receptor relacionadas con la Cría y Explotación de Animales.....</i>	8-29
<i>Tabla 8-24 Concentración de contaminantes para actividades con pocos muestreos</i>	8-30
<i>Tabla 8-25 Concentración de contaminantes en actividades mayoritarias</i>	8-35
<i>Tabla 8-26 LMP de Metales Pesados y Cianuros en Normatividad Aplicable [3]</i>	8-38
<i>Tabla 8-27 Concentración de Metales Pesados y Cianuros en descargas a red municipal.....</i>	8-38
<i>Tabla 8-28 Concentración de Metales Pesados y Cianuros en descargas a cuerpos receptores ...</i>	8-39
<i>Tabla 8-29 Caudal Aforado.....</i>	8-41
<i>Tabla 8-30 Suma de Descargas Aforadas por Subcuenca</i>	8-42
<i>Tabla 8-31 Aportación Promedio de Contaminantes por Habitante por día[1].</i>	8-45
<i>Tabla 8-32 Aportación de contaminantes ID de muestreo 11.....</i>	8-45
<i>Tabla 8-33 Aportación kg/día de los muestreos con más impacto en la Subcuenca R. Verde- P. Santa Rosa.....</i>	8-50
<i>Tabla 8-34 Aportación kg/día de muestreos con más impacto en la Subcuenca R. Corona- R. Verde</i>	8-52

<i>Tabla 8-35 Aportación kg/día de muestreos relacionados a unidades económicas en la Subcuenca R. Corona R. Verde.....</i>	<i>8-54</i>
<i>Tabla 8-36 Aportación kg/día de muestreos con más impacto en la Subcuenca R. Zula.....</i>	<i>8-56</i>
<i>Tabla 8-37 Aportación kg/día de muestreos relacionados con unidades económicas en la Subcuenca L. Chapala- R. Corona.....</i>	<i>8-58</i>
<i>Tabla 8-38 Aportación kg/día de muestreos con más impacto en la Subcuenca R. La Laja.....</i>	<i>8-59</i>
<i>Tabla 8-39 Aportación kg/día de muestreos relacionados con unidades económicas en la Subcuenca R. La Laja.....</i>	<i>8-61</i>
<i>Tabla 8-40 Aportación Total de Muestreos en Zona Arroyo de El Ahogado.....</i>	<i>8-65</i>
<i>Tabla 8-41 Aportación Total de Muestreos en Zona Barranca de Huentitán.....</i>	<i>8-69</i>
<i>Tabla 8-42 Aportación Total de Muestreos en Zona Tonalá.....</i>	<i>8-71</i>
<i>Tabla 8-43 Aportación por Muestreo en Zona Tototlán Zapotlanejo.....</i>	<i>8-72</i>
<i>Tabla 8-44 Aportación Total de Muestreos en Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán-Tlajomulco.....</i>	<i>8-76</i>
<i>Tabla 8-45 Aportación por Muestreo en Zona Arandas.....</i>	<i>8-78</i>
<i>Tabla 8-46 Aportación por Muestreo en Zona Atotonilco.....</i>	<i>8-80</i>
<i>Tabla 8-47 Aportación Total de Muestreos en Zona Norte del AMG.....</i>	<i>8-81</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 8-1 Distribución de muestreos realizados por municipio de estudio</i>	8-2
<i>Figura 8-2 Número de muestreos realizados por actividad económica.....</i>	8-9
<i>Figura 8-3 Diagrama de Caja y Bigotes.....</i>	8-10
<i>Figura 8-4 Concentración de DBO y SST en muestreos a descargas municipales.....</i>	8-12
<i>Figura 8-5 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en muestreos a descargas municipales.....</i>	8-12
<i>Figura 8-6 Concentración de Grasas y Aceites y pH en muestreos a descargas municipales.....</i>	8-13
<i>Figura 8-7 Concentración de DBO y SST en muestreos a Plantas de Tratamiento.....</i>	8-16
<i>Figura 8-8 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en muestreos a Plantas de Tratamiento</i>	8-17
<i>Figura 8-9 Concentración de Grasas y Aceites y pH en muestreos a Plantas de Tratamiento</i>	8-17
<i>Figura 8-10 Concentración de DBO y SST en Muestreos a Servicios Inmobiliarios.....</i>	8-20
<i>Figura 8-11 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en Muestreos a Servicios Inmobiliarios.....</i>	8-21
<i>Figura 8-12 Concentración de Grasas y Aceites y pH en Muestreos a Servicios Inmobiliarios</i>	8-21
<i>Figura 8-13 Concentración de DBO y SST en muestreos a la Industria Alimentaria</i>	8-24
<i>Figura 8-14 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en muestreos a la Industria Alimentaria</i>	8-24
<i>Figura 8-15 Concentración de Grasas y Aceites y pH en muestreos realizados a la Industria Alimentaria</i>	8-25
<i>Figura 8-16 Concentración de DBO por actividad mayoritaria.....</i>	8-33
<i>Figura 8-17 Concentración de SST por actividad mayoritaria</i>	8-33
<i>Figura 8-18 Concentración de Nitrógeno por actividad mayoritaria.....</i>	8-34
<i>Figura 8-19 Concentración de Fósforo por actividad mayoritaria</i>	8-34
<i>Figura 8-20 Concentración de Grasas y aceites por actividad mayoritaria.....</i>	8-35
<i>Figura 8-21 Análisis de metales pesados y cianuro por actividad económica.....</i>	8-37
<i>Figura 8-22 Análisis de metales pesados y cianuro por municipio.....</i>	8-37
<i>Figura 8-23 Personas Equivalentes a Caudales Aforados</i>	8-42
<i>Figura 8-24 Ubicación de aforos y caudal de descarga</i>	8-44
<i>Figura 8-25 Aportación de contaminantes por subcuenca.....</i>	8-46
<i>Figura 8-26 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca L. Chapala</i>	8-47
<i>Figura 8-27 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. Corona R. Verde.....</i>	8-47
<i>Figura 8-28 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. Verde-P. Santa Rosa.....</i>	8-48
<i>Figura 8-29 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. La laja..</i>	8-48
<i>Figura 8-30 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. Zula</i>	8-49
<i>Figura 8-31 Aportación de contaminantes y población equivalente en los muestreos con ID 129,130 y 131 Subcuenca R. Verde- P Santa Rosa</i>	8-51
<i>Figura 8-32 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 105, 106 y 101 Subcuenca R. Corona- R. Verde</i>	8-53
<i>Figura 8-33 Confluencia de escurrimientos con el río Santiago</i>	8-55
<i>Figura 8-34 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 50, 51 y 148 Subcuenca R. Zula</i>	8-56
<i>Figura 8-35 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 150, 83 y 46 Subcuenca R. Zula</i>	8-57

<i>Figura 8-36 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 6, 32 Y 67 Subcuenca L Chapala- R. Corona.....</i>	<i>8-59</i>
<i>Figura 8-37 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 73 y ID 26 Subcuenca R. La Laja</i>	<i>8-60</i>
<i>Figura 8-38 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos relacionados con la Cría y Explotación de Animales en la Subcuenca R. La Laja</i>	<i>8-61</i>
<i>Figura 8-39 Zonas de Atención Dentro del AIP</i>	<i>8-63</i>
<i>Figura 8-40 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Arroyo de El Ahogado</i>	<i>8-66</i>
<i>Figura 8-41 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos Zona A Arroyo de El Ahogado.....</i>	<i>8-66</i>
<i>Figura 8-42 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos Zona B Arroyo de El Ahogado</i>	<i>8-67</i>
<i>Figura 8-43 Confluencia de Arroyo del Ahogado con el río Santiago</i>	<i>8-67</i>
<i>Figura 8-44 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Barranca de Huentitán</i>	<i>8-69</i>
<i>Figura 8-45 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos en Zona 1 Barranca de Huentitán...</i>	<i>8-70</i>
<i>Figura 8-46 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Tonalá8-71</i>	<i>8-71</i>
<i>Figura 8-47 Aportación de DBO de Muestreos Zona Tonalá.....</i>	<i>8-71</i>
<i>Figura 8-48 Aportación de Contaminantes en Muestreos a Cría y Explotación de Animales en Zona Tototlán Zapotlanejo.....</i>	<i>8-73</i>
<i>Figura 8-49 Aportación de Contaminantes en Muestreos a Cría y Explotación de Animales en Zona Tototlán Zapotlanejo.....</i>	<i>8-73</i>
<i>Figura 8-50 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos en Zona Tototlán Zapotlanejo.....</i>	<i>8-74</i>
<i>Figura 8-51 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán- Tlajomulco</i>	<i>8-76</i>
<i>Figura 8-52 Ubicación y DBO de Muestreos Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán- Tlajomulco..</i>	<i>8-77</i>
<i>Figura 8-53 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Arandas</i>	<i>8-78</i>
<i>Figura 8-54 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos en Zona Arandas.....</i>	<i>8-79</i>
<i>Figura 8-55 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos 147, 148 y 149 en Zona Atotonilco.</i>	<i>8-80</i>
<i>Figura 8-56 Aportación de DBO de Muestreos Zona Atotonilco.....</i>	<i>8-81</i>
<i>Figura 8-57 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Norte del AMG.....</i>	<i>8-82</i>
<i>Figura 8-58 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos Zona Norte del AMG</i>	<i>8-82</i>

En esta sección se presentan los resultados de los muestreos, aforos y análisis de laboratorio realizados a lo largo de este trabajo. Asimismo, se presenta una evaluación de la información obtenida por dichas actividades. Como punto de referencia para el lector, la sección se divide en tres partes:

1. Concentración de contaminantes;
2. Cargas de contaminantes; y
3. Propuesta de *Zonas de Atención Prioritaria* (ZAP).

La primera parte se enfoca en presentar los resultados de concentración de contaminantes básicos (150 muestras) y metales pesados y cianuros (26 muestras). En este apartado, se presenta también la normatividad aplicable para los diferentes tipos de descargas que se tomó como referencia para la evaluación de los muestreos. A los resultados específicos se les dio un tratamiento a partir de la actividad de origen de las descargas y se determinó si se excedían o no los límites máximos permisibles establecidos por la normatividad aplicable. Asimismo, se realizó una comparación de las concentraciones obtenidas entre las principales actividades económicas identificadas en el área de estudio.

En la segunda parte de esta sección, se presentan los resultados de aforos y se muestra el cálculo de aportación másica de contaminantes para los muestreos realizados. El análisis en esta parte se realizó por subcuenca, y se presentan los muestreos con carga másica más alta. Se utilizó como referencia la población equivalente que generaría la misma cantidad de contaminantes en una descarga doméstica, con el objetivo de comparar la generación de los distintos contaminantes evaluados.

Finalmente, en la tercera parte de esta sección se describen las zonas dentro del área de estudio que merecen una mayor atención debido a la carga de contaminantes que se generan en ellas y su posible impacto negativo en la calidad de agua de los cuerpos receptores. Para los casos en que se hace referencia a un muestreo con características específicas, se hace la mención correspondiente, y, cuando así se requiere se utiliza un identificador único de la muestra (ID) con fines estadísticos y de comparación.

8.1 RESULTADOS GENERALES

Se realizaron 150 muestreos en total, siendo El Salto el municipio con el mayor número de muestras obtenidas, seguido de Tlajomulco de Zúñiga y Tonalá. En la **Figura 8-1** se muestra la distribución de los muestreos realizados por municipio. En el municipio de Zapotlán del Rey no se realizó ningún muestreo por considerarse que no existían puntos de interés que pudieran ser merecedores de atención de acuerdo con los objetivos planteados en el estudio.

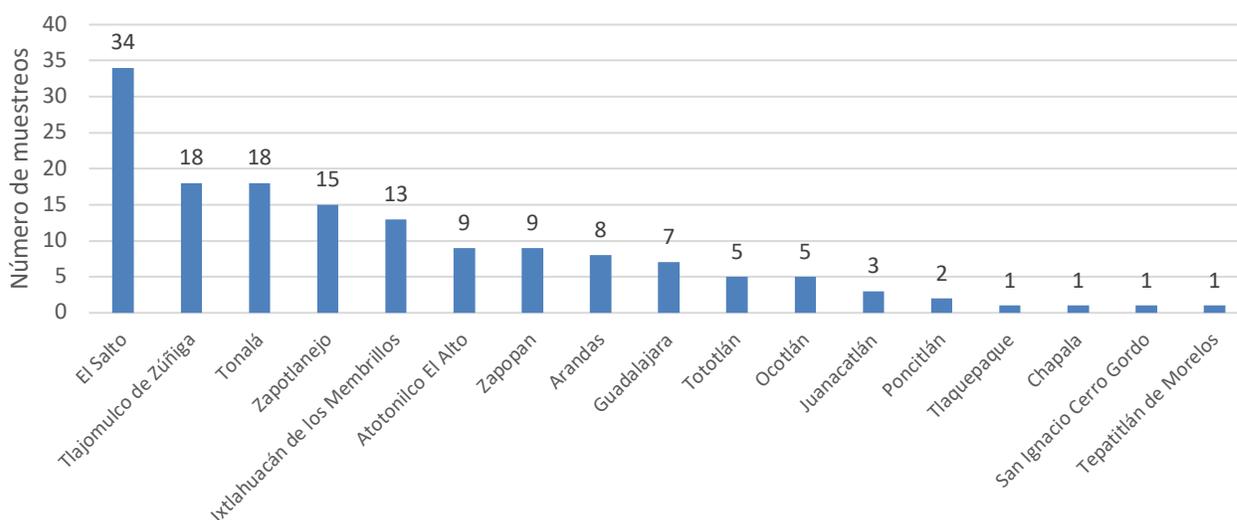


Figura 8-1 Distribución de muestreos realizados por municipio de estudio

Inicialmente se pretendía realizar la selección de los puntos de muestreo a partir de las 510 unidades económicas visitadas, sin embargo, tal como se expone en la **Sección 7**, solamente 44 unidades económicas visitadas contaban con una descarga directa a algún cuerpo receptor superficial, y también resultaron pocas el número de unidades económicas potencialmente contaminantes de importancia (prioridad alta o media alta).

Tomando en consideración dichas limitantes y para cumplir con el objetivo de realizar al menos 150 muestreos, se ampliaron los criterios de selección, considerando los hallazgos encontrados durante el levantamiento de información en campo de las 510 unidades económicas, para introducir cuatro nuevas fuentes de descarga:

1. **Descargas provenientes de desarrollos habitacionales:** son descargas provenientes de colonias y fraccionamientos que no están conectados a la red municipal, y que, en la mayoría de los casos, su destino son cuerpos receptores superficiales (pequeños cauces/arroyos). En numerosos casos, el fraccionamiento se encuentra aislado, por lo que se considera que el origen de esta descarga es principalmente doméstico. La

descarga suele presentarse en las inmediaciones del fraccionamiento y forma canales de aguas negras siguiendo la topografía del terreno. A estos fraccionamientos se les clasifica dentro del subsector **531 Servicios inmobiliarios**.

2. **Descargas municipales:** son descargas provenientes de colectores municipales que no llegan a una planta de tratamiento o que están dañados y vierten su contenido en canales de agua residual que siguen la topografía del terreno. A diferencia de las descargas de fraccionamientos, en las descargas municipales no se puede establecer si la actividad de origen es sólo doméstica, o incluye descargas de origen industrial, aunque se espera el primer escenario. No se les clasifica como parte de una actividad económica específica, y se les nombra de forma genérica como **descargas municipales**.
3. **Plantas de tratamiento:** son plantas de tratamiento de aguas residuales del sector público o privado diseñadas para tratar aguas de origen predominantemente doméstico. Se clasifican dentro del sector **221 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final**, sin embargo, dado que únicamente plantas de tratamiento forman esta categoría, se presentan de manera general como **Plantas de tratamiento** en las descripciones posteriores.
4. **Descargas propuestas por personal de los ayuntamientos:** Son descargas ubicadas mediante la coordinación con los ayuntamientos de los municipios visitados debido al interés de éstos por conocer la calidad de ciertas descargas. El personal del municipio aportó la ubicación de la descarga específica y proporcionó información sobre su posible origen. Estas descargas se categorizan de acuerdo a la información del personal del municipio o por las unidades económicas de las que presuntamente podría originarse de acuerdo a su cercanía con éstas.

Respecto a los contaminantes esperados, normalmente las descargas provenientes de fraccionamientos, descargas municipales y las plantas de tratamiento contienen principalmente aguas de origen doméstico. Los contaminantes esperados en las descargas propuestas por el personal del ayuntamiento pudieron variar de acuerdo al giro con el que se asoció, sin embargo, en la mayoría de los casos fue posible determinar si su procedencia correspondía a un origen de tipo industrial o no.

Para las aguas de origen doméstico, la concentración de contaminantes puede variar según la población que atiende, la dotación, el clima, las prácticas de las casas-habitación, entre otros factores. Como punto de referencia, se utilizó el indicador de calidad que presenta la **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)** en su **Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento** en el volumen 25 [1], donde introduce tres clasificaciones de agua residual municipal: alta, media y baja. Esta clasificación se muestra adaptada en la **Tabla 8-1**.

Tabla 8-1 Clasificación de la calidad del agua de origen doméstico, adaptado de CONAGUA [1]

Parámetro	Concentración (mg/L)*		
	Alta	Media	Baja
Sólidos Suspendidos Totales	350	220	100
Sólidos Sedimentables mL/L	20	10	5
DBO	400	220	110
DQO	1000	500	250
Nitrógeno total	85	40	20
Fósforo	15	8	4
Grasas	150	100	50

*Unidades a menos que se indique alguna otra.

La inclusión de estas nuevas fuentes de descarga permitió aumentar a 137 las descargas con destino final a cuerpos receptores superficiales, la clasificación final de muestreos por su destino de descarga se muestra en la **Tabla 8-2**.

Tabla 8-2 Muestreos por destino final de la descarga

Destino final de la descarga	Número de Muestreos Realizados
Cuerpo receptor (Río, arroyo, canal, presa)	137
Red municipal	9
Red CEA	4

8.2 CALIDAD DE AGUA Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

Para evaluar la calidad de agua de los muestreos realizados en este trabajo, se hace referencia a la normatividad aplicable según sea descarga a red de alcantarillado urbano o municipal o a cuerpo receptor. Dado que los muestreos realizados en este trabajo son simples y de carácter instantáneo, contrario a los muestreos compuestos, los resultados funcionan sólo como valores de referencia y no se puede emitir un juicio concluyente sobre si la descarga se encuentra o no dentro de norma. Los resultados se deben utilizar solamente como indicador estadístico para orientar las actividades en materia de inspección y vigilancia ambiental o para el establecimiento de políticas públicas transversales con énfasis en el medio ambiente. En ese sentido, en los apartados posteriores, cuando una muestra exceda el límite contra el que se está comparando se dice que está fuera de los límites máximos permisibles.

En cada norma aplicable, se toma el rubro correspondiente al valor promedio diario o valor instantáneo, para que se asemeje a la condición en que se tomó la muestra, en caso de no estar indicado ninguno de estos dos, se toma el valor del promedio mensual.

8.2.1 Descargas a Cuerpos Receptores

En el Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos, en el transitorio sexto [2] respecto a la clasificación de los ríos Santiago y Zula, se establece que:

“A partir del 1 de enero de 2009 y para los efectos del artículo 278-A de la Ley Federal de Derechos, se consideran cuerpos receptores tipo “C”, además de los señalados como tales en el artículo antes citado, los siguientes cuerpos de propiedad nacional, receptores de las descargas de aguas residuales ubicados en el Estado de Jalisco: [...] Río Santiago y sus afluentes directos e indirectos hasta el sitio de Arcediano, en los municipios de Ocotlán, Poncitlán, Zapotlán del Rey, Chapala, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, El Salto, Tlajomulco de Zúñiga, Tlaquepaque, Tonalá, Zapopan y Zapotlanejo, y Río Zula o los Sabinos y sus afluentes directos e indirectos en los municipios de Arandas, Atotonilco El Alto, Tototlán y Ocotlán.”

Es importante mencionar que dicho decreto se encuentra vigente. De esta manera, se establecen los límites máximos permisibles (LMP) de calidad de agua en todos los muestreos, a menos que se indique lo contrario, con destino final de algún cuerpo receptor, aquellos incluidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996 [3] para descargas a ríos de tipo C “Protección de vida acuática”. La calidad para estudios de tipo básico de esta norma se muestra en la **Tabla 8-3** y para estudios de metales pesados y cianuros se muestra en la **Tabla 8-4**. Por las condiciones en que fueron tomados los muestreos, se considera como valor de referencia, el promedio diario.

Tabla 8-3 Límites Permisibles Máximos para contaminantes básicos [3]

Parámetro	Promedio Diario Valor (mg/L) *	Promedio Mensual Valor (mg/L) *
Temperatura (°C)	40	40
Grasas y Aceites	25	15
Sólidos Sedimentables (ml/L)	2	1
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	60	40
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	60	30
Nitrógeno Total	25	15
Fósforo Total	10	5

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

Tabla 8-4 Límites Permisibles Máximos para metales pesados y cianuros [3]

Parámetro	Promedio Diario Valor (mg/L)	Promedio Mensual Valor (mg/L)
Arsénico	0.2	0.1
Cadmio	0.2	0.1
Cianuro	2	1
Cobre	6	4
Cromo	1	0.5
Mercurio	0.01	0.005
Níquel	4	2
Plomo	0.4	0.2
Zinc	20	10

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

Las descargas analizadas para presencia de metales pesados y cianuro fueron seleccionadas basándose en la actividad económica (industria química o procesos metálicos) del generador, que fuera la descarga de algún parque industrial o una descarga municipal con predominancia de aguas industriales o que se originara de algún relleno sanitario. Los valores que se encuentran por debajo del límite de detección del método de análisis, reportados como menor que (<), se tomaron como si el valor medido fuera igual al límite de detección, a menos que se indique lo contrario. En todos los casos los límites de detección analíticos son inferiores al LMP del parámetro respectivo.

8.2.2 Descargas a Redes de Alcantarillado

El destino final de 13 muestras fue una red de alcantarillado, 9 a red municipal y 4 a una red operada por la *Comisión Estatal del Agua (CEA)* (véase **Tabla 8-2**). Estas descargas se evaluaron, a menos que se contara con sus condiciones particulares de descarga o se indique lo contrario, con la NOM-002-SEMARNAT-1996 [3] que determina los límites máximos permisibles para las descargas a sistemas de alcantarillado urbano o municipal. En este caso se utilizaron para la evaluación los valores instantáneos, en la **Tabla 8-5** se muestran estos límites y también el promedio mensual.

Tabla 8-5 Límites Máximos Permisibles para descargas a alcantarillado urbano o municipal [3]

Parámetro	Valor Instantáneo (mg/L) *	Promedio Mensual Valor (mg/L) *
Grasas y aceites	100	50
Sólidos sedimentables (mL/L)	10	5
Arsénico total	1	0.5
Cadmio total	1	0.5
Cianuro total	2	1
Cobre total	20	10
Cromo hexavalente	1	0.5
Mercurio total	0.02	0.01
Níquel total	8	4
Plomo total	2	1
Zinc Total	12	6

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

8.2.3 Condiciones Particulares de Descarga

Algunos de los muestreos realizados cuentan con condiciones particulares de descarga impuestos por el organismo operador de la red a la que descargan o por la CONAGUA. Durante las visitas a unidades económicas se consiguió la información relativa a las condiciones particulares de descarga de 6 de las unidades económicas muestreadas, de las cuales 4 varían respecto a los límites aplicados en el resto del trabajo y se muestran en la **Tabla 8-6**. Las unidades económicas de las que no se consiguió información sobre sus condiciones particulares de descarga o las descargas no relacionadas directamente con una empresa se evalúan de acuerdo con el procedimiento anteriormente mencionado.

Tabla 8-6 Condiciones Particulares de Descarga para unidades económicas seleccionadas

Parámetro	ID 44 Promedio diario mg/L *	ID 135 Promedio diario mg/L	ID 12 Promedio mensual máximo mg/L *	ID 11 Promedio mensual máximo mg/L* (Instantáneo para metales)
Grasas y Aceites	25	25	75	100
Sólidos Sedimentables (ml/L)	2	2	7.5	10
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	200	125	4955	5000

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Parámetro	ID 44 Promedio diario mg/L *	ID 135 Promedio diario mg/L	ID 12 Promedio mensual máximo mg/L *	ID 11 Promedio mensual máximo mg/L* (Instantáneo para metales)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	200	150	6474	4000
Nitrógeno Total	60	60	-	80
Nitrógeno amoniacal	-	-	580	-
Fósforo Total	30	30	-	40
Arsénico	0.4	0.2	0.75	1
Cadmio	0.4	0.2	0.75	1
Cianuro	3	2	1.5	2
Cobre	6	6	15	20
Cromo	1.5	1	0.75	1
Mercurio	0.02	0.01	0.015	0.02
Níquel	4	4	6	8
Plomo	1	0.4	1.5	2
Zinc	20	20	9	12

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

8.3 CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES POR ACTIVIDAD ECONÓMICA DE ORIGEN

Se muestrearon 25 puntos relacionados directamente a alguna de las 510 unidades económicas visitadas, 49 provienen de escurrimientos de los que se sospecha que su procedencia es de una unidad económica, 32 muestreos se realizaron a plantas de tratamiento y 44 a descargas municipales de las que no se obtuvo una fuente específica de origen. La clasificación por actividad de origen, donde se agrupan las descargas de acuerdo con el subsector asignado a cada una, se muestra en la **Figura 8-2**.

En esta sección se presentan las concentraciones obtenidas en los muestreos de tipo básico y los valores estadísticos más importantes (promedio, mediana, máximo, mínimo y distribución de los datos) de las actividades con más muestreos y aquellas que pueden ser un foco de contaminación importante de acuerdo con lo presentado en la **Sección 7**, siendo estas: Descargas municipales, plantas de tratamiento, descargas de fraccionamientos, industria alimentaria, industria química, industria de las bebidas y del tabaco, y la cría y explotación de animales.

Las descargas no incluidas en las actividades anteriores, dada su variedad, se evalúan individualmente. En ese sentido, tanto para los muestreos con las concentraciones más altas como para aquellos que requieren de especial atención, se presenta información relevante al respecto.

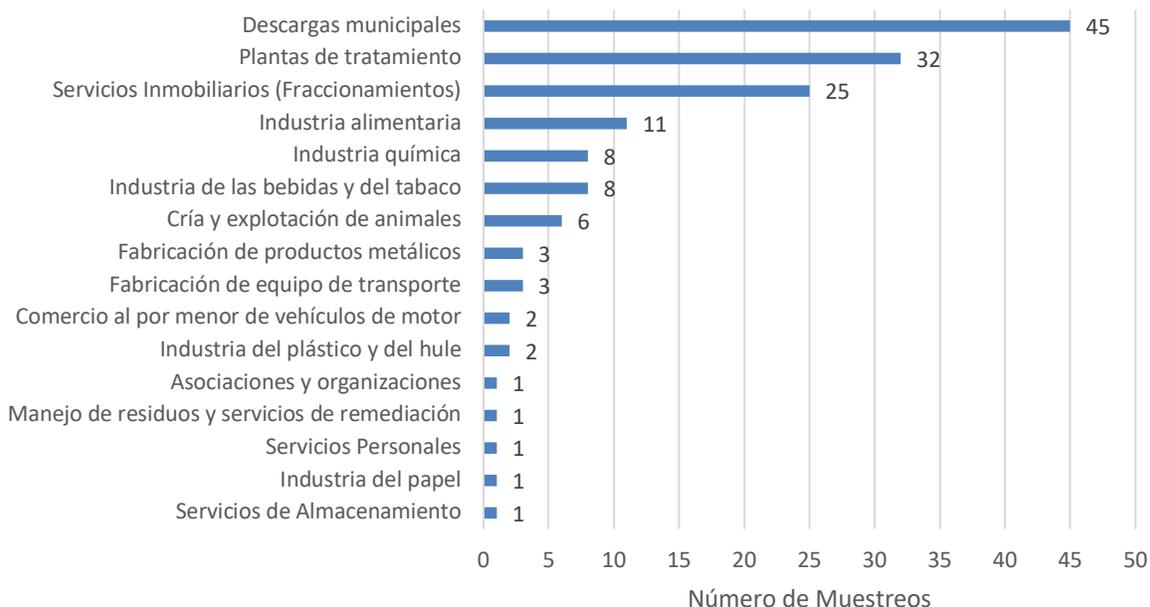


Figura 8-2 Número de muestreos realizados por actividad económica

Diagrama de Caja y Bigotes

Este apartado explica la herramienta utilizada para la interpretación de los datos: El diagrama de caja y bigotes; el cual permite visualizar la distribución de los datos y su valor, al mismo tiempo que presenta el valor de los cuartiles, el máximo, el mínimo y el promedio. En la **Figura 8-3** se presenta un diagrama de caja y bigotes elaborado con número aleatorios y se indican sus componentes.

La “caja” del diagrama se forma en sus extremos por el tercer cuartil y el primer cuartil, es decir el 25% y el 75% de los datos respectivamente. En la **Figura 8-3** el tercer cuartil tiene un valor de 85, el primer cuartil un valor de 60. La mediana, equivalente al 50% de los datos, es la línea horizontal a la mitad de la caja, en este caso tiene un valor de 71. El símbolo “X” ligeramente debajo de la mediana es el promedio, con valor de 69. La diferencia entre el primer cuartil y el tercero se le llama rango intercuartílico, y comprende el 50% de los datos.

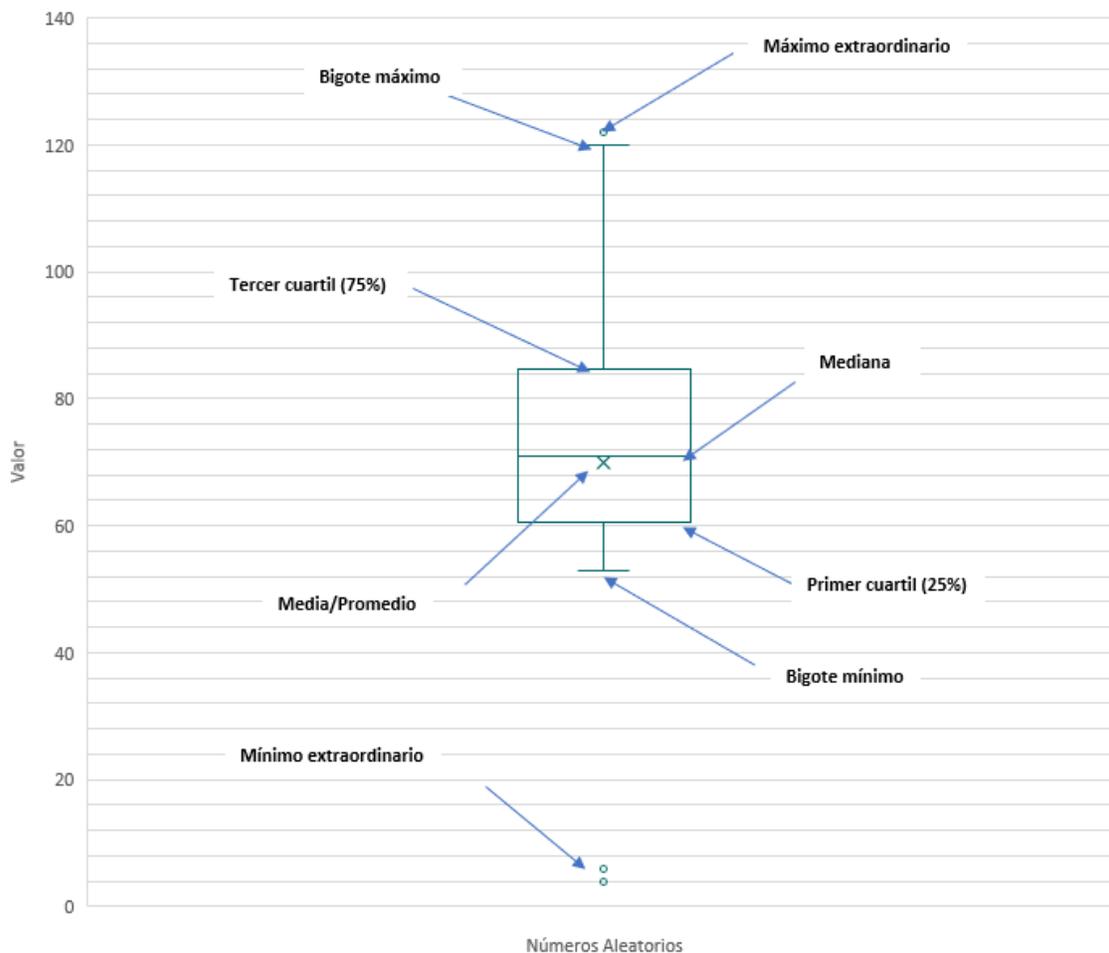


Figura 8-3 Diagrama de Caja y Bigotes

Los “bigotes” del diagrama son las líneas en forma de “T” que se extienden verticalmente hacia arriba y debajo de la caja. Los bigotes terminan en los valores máximos y mínimos y en la **Figura 8-3** tienen valores de 120 y 53 respectivamente.

Todos los puntos que estén por encima del tercer cuartil en 1.5 veces el rango intercuartílico, o aquellos por debajo del primer cuartil en la misma cantidad, se les considera como valores máximos o mínimos extraordinarios y son los puntos que quedan afuera del diagrama. Para ilustrar este punto hay que considerar los puntos máximos de la **Figura 8-3** y el rango intercuartílico:

$$\text{Rango Intercuartílico (RI)} = \text{Valor Tercer Cuartil} - \text{Valor Primer Cuartil}$$

$$RI = 85 - 60 = 25$$

Entonces:

$$\text{Valor máximo del rango} = \text{Valor Tercer Cuartil} + 1.5 RI$$

$$\text{Valor máximo del rango} = 85 + 25 \cdot 1.5 = 122.5$$

De manera similar para el límite inferior:

$$\text{Valor mínimo del rango} = \text{Valor Primer Cuartil} - 1.5 \text{ RI}$$

$$\text{Valor mínimo del rango} = 60 - 25 \cdot 1.5 = 22.5$$

Los bigotes incluirán a todos los valores dentro del rango mínimo y máximo normal de datos, no necesariamente a los valores máximos o mínimos posibles. En la **Figura 8-3** se observa el máximo de los datos en el valor de 120, siendo que está debajo del valor máximo del rango, los bigotes lo incluyen. No así el valor inmediatamente superior, que con 123 no entra en el rango normal y es marcado como un máximo extraordinario.

En la parte inferior del diagrama se observa otro ejemplo: aunque el valor mínimo del rango es de 22.5, los bigotes se ubican en el valor 53, pues es el valor mínimo dentro del rango normal de datos. Los tres mínimos se encuentran alrededor del 8, muy lejanos del 22.5 y por lo tanto entran como valores mínimos extraordinarios.

El diagrama de caja y bigotes es de utilidad para evaluar rápidamente los principales estadísticos y la distribución de los datos. La razón por la que se decidió utilizar esta herramienta fue, además, porque permite identificar rápidamente los puntos que se salen del comportamiento normal de los datos. Siendo que la discusión más adelante se realiza por actividades del mismo tipo, los puntos fuera de la caja son de especial atención pues tienen un comportamiento que se aleja de los de su tipo.

8.3.1 Descargas Municipales

Del total de 45 muestreos, 41 exceden la concentración máxima permitida para al menos un contaminante, esto es de esperarse siendo que todas las descargas que se encuentran en esta categoría no reciben ningún tipo de tratamiento. En la **Tabla 8-7**, se presenta el número de descargas que exceden los límites permisibles por parámetro, todos los muestreos en este rubro descargan a cuerpos receptores superficiales, por esa razón se utilizan los límites de la NOM-001-SEMARNAT-1996 para esta evaluación.

Tabla 8-7 Número de descargas municipales fuera del LMP por parámetro

Parámetro	Fósforo	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Nitrógeno total	Grasas y Aceites
Número de muestreos fuera de norma	14	23	39	36	36	32
Porcentaje de muestreos excedidos (45 total)	31%	51%	87%	80%	80%	71%

De la **Figura 8-4** a la **Figura 8-6**, se presentan los resultados de los principales parámetros medidos en el muestreo básico, la línea roja representa el límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996.

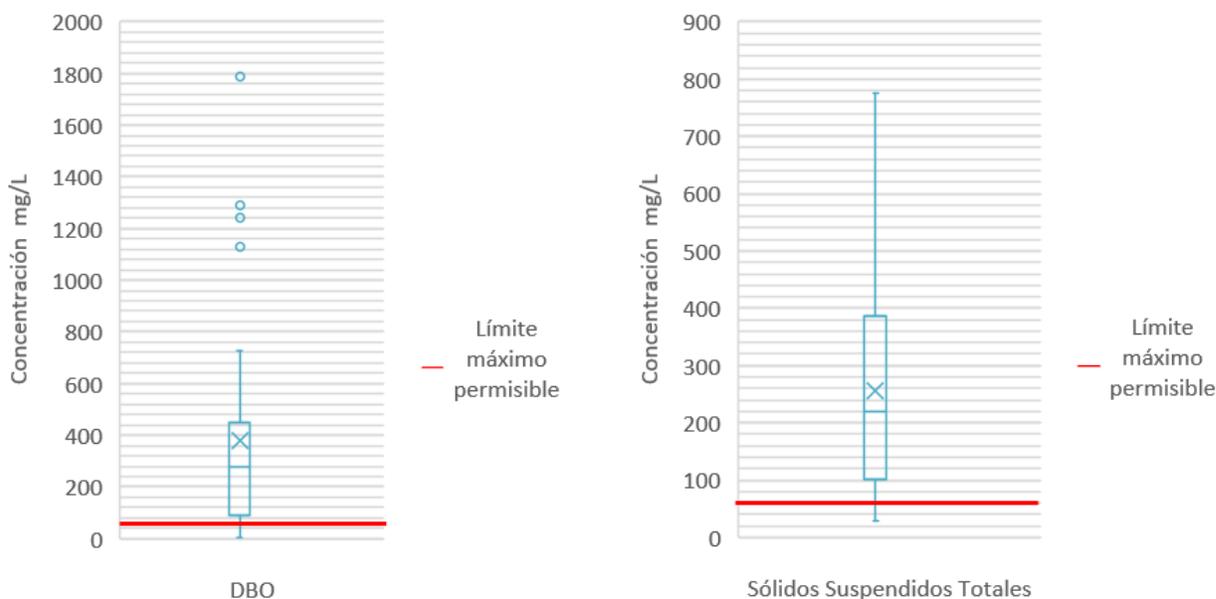


Figura 8-4 Concentración de DBO y SST en muestreos a descargas municipales

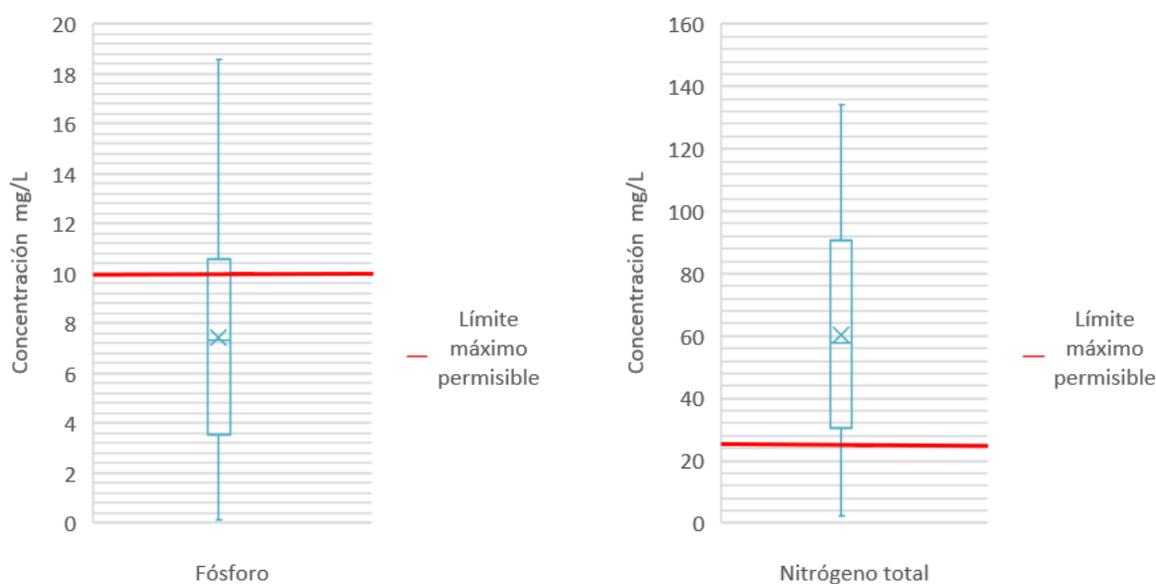


Figura 8-5 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en muestreos a descargas municipales

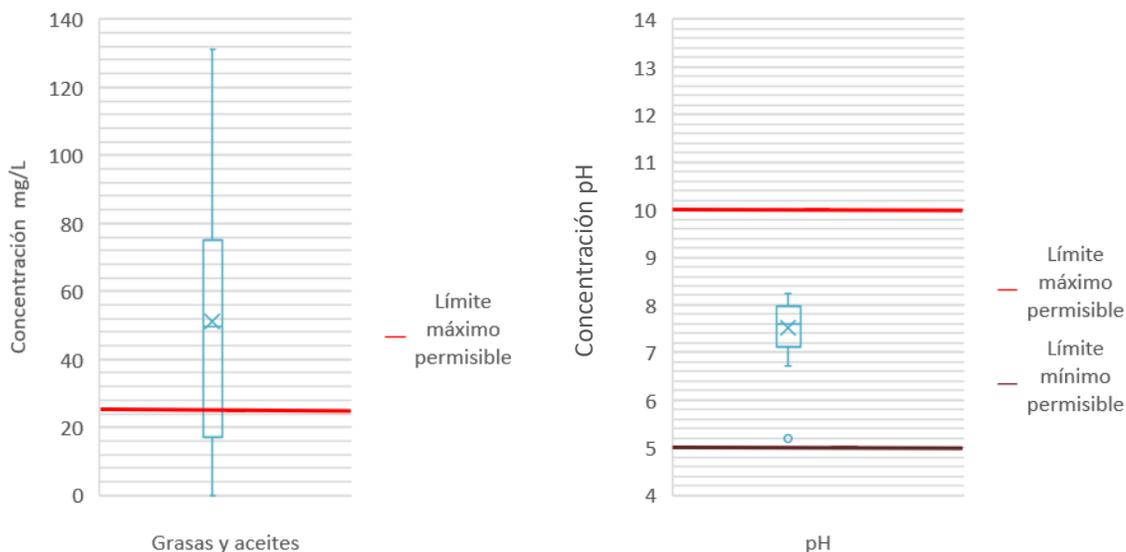


Figura 8-6 Concentración de Grasas y Aceites y pH en muestreos a descargas municipales

En las **Figuras 8-4, 8-5 y 8-6** se puede observar que sólo el pH estuvo dentro del rango permitido, conservando valores de 6.7 a 8.2 con un extraordinario en 5.2, muy cercano al límite inferior permitido. En la concentración de grasas y aceites se observó una concentración máxima de 131 mg/L, y un promedio de 51.3 mg/L quedando por encima de los LMP.

Los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno indican una concentración máxima de 730 mg/L y un promedio de 378 mg/L quedando muy por encima del LMP. Este fue el parámetro con la distribución más irregular, al presentar 5 puntos fuera de la caja con concentraciones de 1790, 1289, 1253, 1240 y 1130 mg/L, los cuales indican presencia de actividades industriales.

La concentración de sólidos suspendidos totales se excedió en más muestreos que cualquier otro contaminante. La concentración máxima obtenida fue de 775 mg/L y el promedio fue de 256 mg/L. El fósforo fue el parámetro que menos veces se excedió, la concentración máxima obtenida fue 18.6 mg/L, y el promedio fue de 7.4 mg/L. La concentración de nitrógeno en los muestreos tuvo un máximo de 134.8 mg/L, el promedio fue de 60.2 mg/L quedando por encima de los LMP.

En general, las concentraciones promedio de los parámetros principales, a excepción de fósforo y pH, no están dentro de lo permitido por la norma. Tratándose de agua cruda, se presenta en la **Tabla 8-8** la escala de contaminantes de la CONAGUA y su comparación contra el promedio obtenido. Se puede observar que las aguas se encuentran entre el rango de aguas residuales de concentración media a alta, excepto para fósforo, sólidos sedimentables y grasas y aceites, que se encuentran entre el rango de aguas de concentración baja y media.

Tabla 8-8 Comparación de descargas municipales de estudio contra la Clasificación de Agua Doméstica CONAGUA

Parámetro	Concentración según Clasificación de CONAGUA [1] (mg/L) *			Concentración promedio de Descargas Municipales** (mg/L) *
	Alta	Media	Baja	
Sólidos Suspendidos Totales	350	220	100	256
Sólidos Sedimentables mL/L	20	10	5	9.7
DBO	400	220	110	377
DQO	1000	500	250	803
Nitrógeno total	85	40	20	60
Fósforo	15	8	4	7.4
Grasas	150	100	50	54.7

*unidades a menos que se indique alguna otra. **Muestras de este estudio.

Siguiendo con la comparación de agua doméstica contra la clasificación de CONAGUA, los valores del tercer cuartil de DBO, SST y nitrógeno, 442, 368, 90 mg/L respectivamente, se encuentran por encima de lo esperado para aguas residuales de concentración alta, es decir, el 25% de los muestreos se encuentra en esta condición. Estos muestreos se considera que pudieran tener aportaciones industriales.

Uno de los resultados de los análisis de laboratorio obtuvo valores que no se consideraron en la discusión de los diagramas de caja y bigotes ya que cuenta con concentraciones demasiado altas y su inclusión aumentaría la dificultad de lectura de los diagramas. Dichos resultados, se presentan en la **Tabla 8-9**. La concentración de los parámetros de este muestreo excede ampliamente los límites de concentración para agua doméstica, lo que sugiere la presencia de descargas de origen industrial.

Tabla 8-9 Resultados principales. Muestreo ID 26

Parámetro	Valor (mg/L) *
Grasas y Aceites	313
Sólidos Sedimentables (ml/L)	90
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	4425
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1948
Demanda Química de Oxígeno DQO	6169
Nitrógeno Total	211
Fósforo Total	63.7

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

8.3.2 Descargas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Se realizaron 32 muestreos a plantas de tratamiento, 7 operadas por el sector privado y 25 por el sector público. A manera de ejemplo, dentro de esta categoría se encuentra uno de los muestreos que contaba con condiciones particulares de descarga (CPD) mostradas en la **Tabla 8-6**. Los resultados de esta muestra en comparación a los CPD se presentan en la **Tabla 8-10**, se observa que se excede ligeramente la concentración de sólidos suspendidos totales, el resto de los parámetros se encuentra dentro de lo permitido para esta descarga en específico.

Tabla 8-10 Resultados principales- Muestreo ID 135 con condiciones particulares de descarga

Parámetro	Valor medido (mg/L) *	Condiciones Particulares de Descarga Promedio Diario (mg/L) *
Grasas y Aceites	21.6	25
Sólidos Sedimentables (ml/L)	0.1	2
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	127	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	114	150
Nitrógeno Total	53.5	60
Fósforo Total	4.16	30

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

En la **Tabla 8-11** se presenta el número de veces que fue excedido el límite máximo permisible de la norma aplicable (según descarga a cuerpo receptor, red municipal o condición particular de descarga) de los principales parámetros para todas las descargas. Se puede observar que el parámetro excedido con más frecuencia, en la mitad de las ocasiones, fue el nitrógeno.

Tabla 8-11 Número de descargas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales fuera del LMP por parámetro

Parámetro	Fósforo	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Nitrógeno total	Grasas y Aceites
Número de muestreos fuera de norma	3	3	9	9	16	5
Porcentaje de muestreos excedidos (32 en total)	9.3%	9.3%	28.1%	28.1%	50%	15.6%

El destino final de las descargas fue un cuerpo receptor en 31 de los casos y red municipal, el caso individual restante. Este último caso, dado que no excede ningún valor de la NOM-002-SEMARNAT-1996 ni de la NOM-001-SEMARNAT-1996 no se incluye en la discusión posterior, con el objetivo de conservar sólo las descargas a cuerpos receptores y poder evaluarlas bajo una misma norma.

De la **Figura 8-7** a la **Figura 8-9**, se presentan los resultados de los principales parámetros medidos en el muestreo básico para las descargas a cuerpos receptores y que no tienen condiciones particulares de descarga. La línea roja representa el límite máximo permisible de la NOM-001-SEMARNAT-1996. En esta actividad se presentan distribuciones irregulares, pues se presentan máximos extraordinarios en la mayoría de los diagramas.

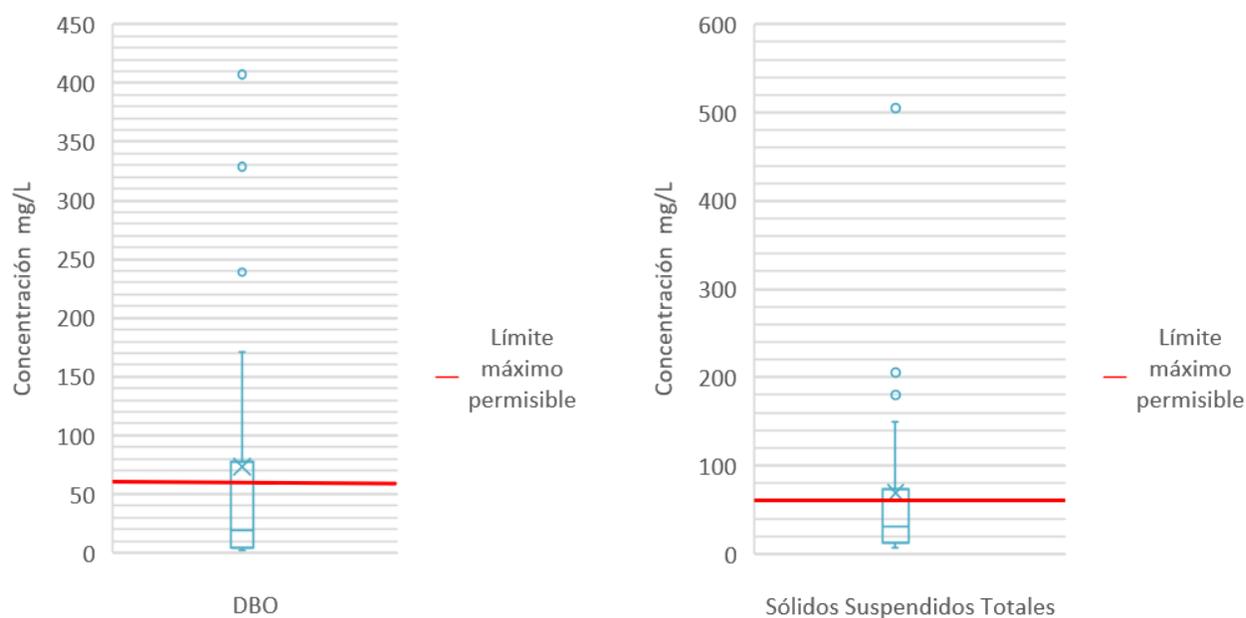


Figura 8-7 Concentración de DBO y SST en muestreos a Plantas de Tratamiento

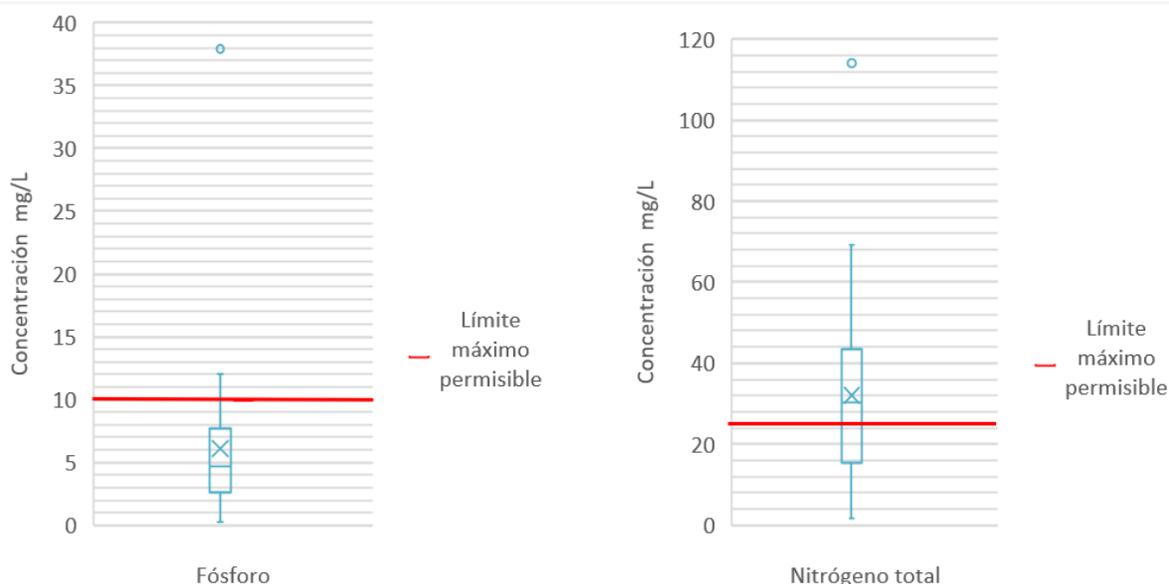


Figura 8-8 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en muestreos a Plantas de Tratamiento

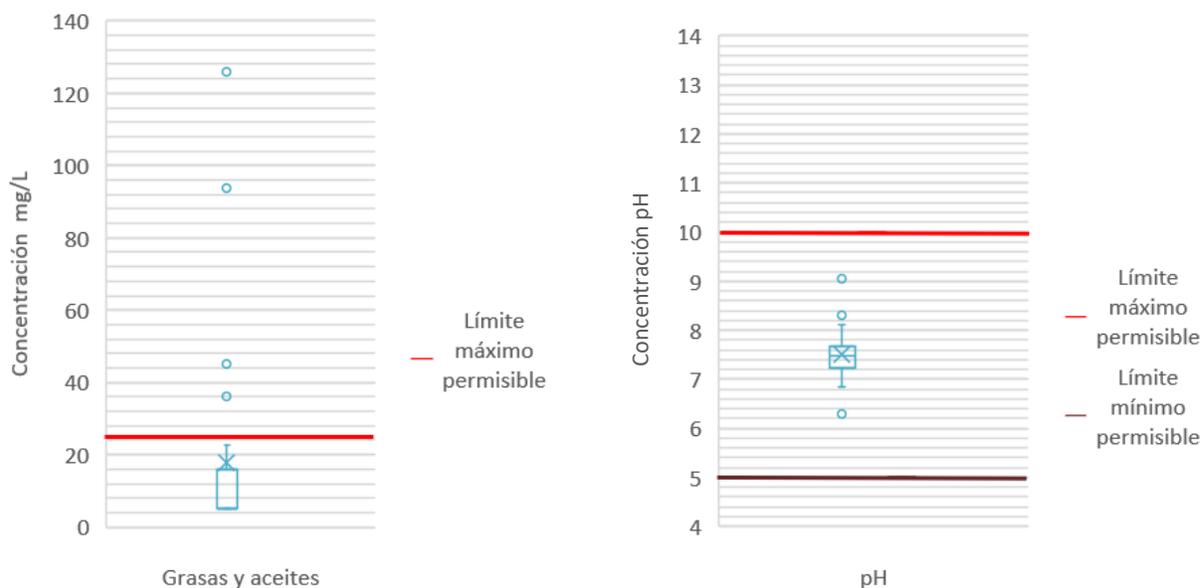


Figura 8-9 Concentración de Grasas y Aceites y pH en muestreos a Plantas de Tratamiento

Como se observa en **Tabla 8-11**, un 28.1% de los muestreos realizados a plantas de tratamiento, se encuentran fuera de norma por concentración de DBO. El promedio se encuentra en 73.3 mg/L, sin embargo, la mediana de los datos se encuentra en 18.95 mg/L lo que indica la presencia de pocos valores con concentraciones muy altas. El valor máximo resultó de 171 mg/L. Otro elemento a destacar es que existen cuatro máximos extraordinarios de 412, 407, 329 y 239 mg/L.

Respecto a los sólidos suspendidos totales, el 73% de las concentraciones medidas permanecieron por debajo de los 60 mg/L de límite de la norma. El promedio resultó de 69.2 mg/L, el máximo de 150 mg/L y la mediana resultó en 31 mg/L. Fuera de la caja se encuentran concentraciones de 505, 205, 183 y 180 mg/L.

El promedio de concentración de nitrógeno en los muestreos fue de 32.2 mg/L, ligeramente más arriba de la mediana que es 30.3 mg/L, ambos quedaron por encima del límite de la norma. El máximo fue de 69.1 mg/L y el máximo extraordinario de 114 mg/L. El fósforo fue el parámetro que menos veces se excedió. El promedio fue de 6 mg/L, el máximo fue de 12 mg/L y se presentó un máximo extraordinario de 37.9 mg/L.

El pH tuvo una variabilidad dentro de un rango estrecho de 6.8 a 8.1 unidades, fuera de la caja se presentaron los valores de 9, 8.3 y 6.3, todos dentro de los límites permisibles. Las concentraciones de grasas y aceites se mantuvieron dentro de los límites permisibles con un máximo de 22.6 mg/L. En este parámetro, cinco valores resultaron fuera de la caja con concentraciones de 126, 93.7, 45.1, 38 y 36.3 mg/L.

Las diferencias entre el valor de la mediana y el promedio en todos los diagramas se deben a las variaciones en la distribución de los datos. Más de la mitad de los datos se encuentran por debajo de los límites de la norma para todos los parámetros a excepción del nitrógeno, los promedios altos se deben a algunos muestreos con concentraciones altas.

Como es de esperarse, el nitrógeno fue el contaminante de mayor dificultad de remoción en las plantas de tratamiento, esto puede deberse a concentraciones de nitrógeno más altas que las esperadas en los influentes. De acuerdo con la literatura, las plantas con remoción de nitrógeno requieren procesos específicos para remoción de este nutriente, y son más difíciles de operar [1] que las plantas que solamente remueven materia orgánica y patógenos.

8.3.3 Servicios Inmobiliarios

Se realizaron 25 muestreos de esta actividad y consistieron en descargas de fraccionamientos y parques de industria ligera o media ligera. Una de las descargas, proveniente de un parque industrial, tiene como destino final la red de alcantarillado de la CEA. Dado que no se tuvo acceso a las condiciones particulares de descarga, se evaluó bajo la NOM-002-SEMARNAT-1996. A manera de ejemplo, en la **Tabla 8-12** se presentan los resultados de este muestreo, se observa que se exceden las concentraciones en sólidos suspendidos totales, en demanda bioquímica de oxígeno y nitrógeno, aunque siguen estando alrededor de la concentración típica para agua doméstica de concentración media.

Tabla 8-12 Resultados Principales - Muestreo ID 13 (Descarga en parque industrial)

Parámetro	Valor (mg/L) *
Grasas y Aceites	49
Sólidos Sedimentables (ml/L)	2
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	190
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	210
Nitrógeno Total	33.9
Fósforo Total	4.65

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

En la interpretación de los resultados se excluye esta muestra, para poder evaluar los muestreos con destino final a cuerpo receptor en su conjunto. De los 24 muestreos realizados, 22 exceden la concentración máxima permisible de al menos un contaminante, la **Tabla 8-13** presenta el número de veces que es excedido cada parámetro, siendo el nitrógeno el que se presentó el mayor número de ocasiones.

Tabla 8-13 Número de descargas fuera del LMP en Servicios Inmobiliarios

Parámetro	Fósforo	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Nitrógeno total	Grasas y Aceites
Número de muestreos fuera de norma	7	9	18	18	22	16
Porcentaje de muestreos excedidos (24 total)	29%	37%	75%	75%	92%	67%

De la **Figura 8-10** a la **Figura 8-12**, se presentan los resultados de los principales parámetros medidos en el muestreo básico, de las 24 descargas a cuerpos receptores, la línea roja representa el límite máximo permisible.

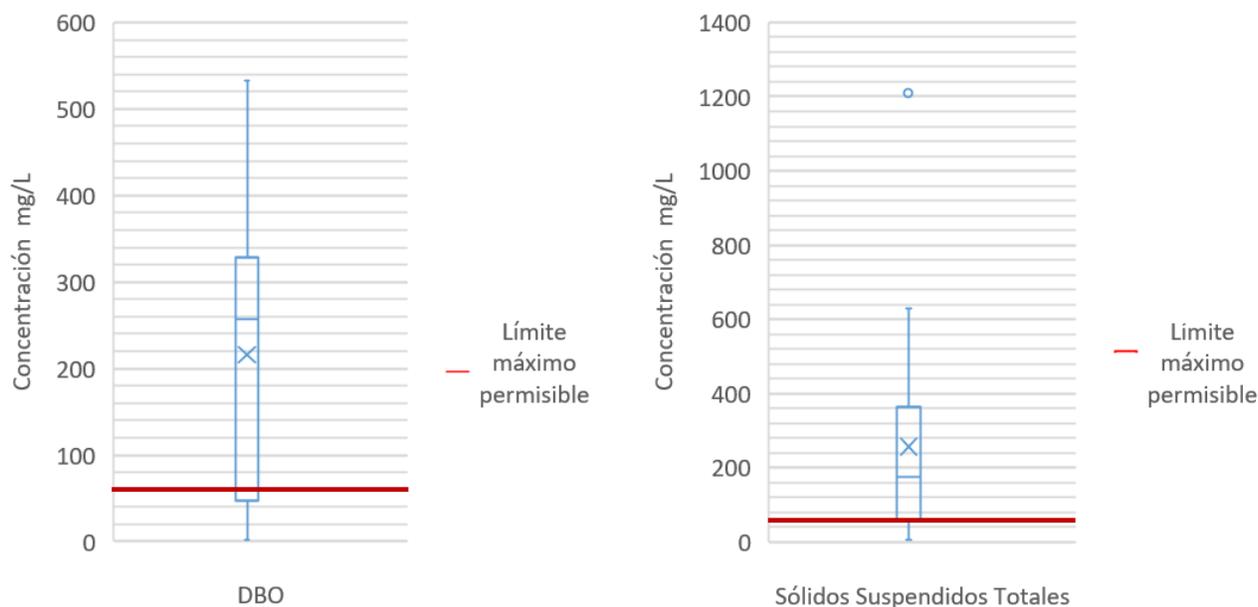


Figura 8-10 Concentración de DBO y SST en Muestras a Servicios Inmobiliarios

La concentración promedio de DBO de los muestreos resultó de 216 mg/L, menor a la mediana que resultó de 257.5 mg/L, con lo que resulta fuera de norma. Se tiene un rango muy grande de concentraciones con el 50% de los datos encontrados entre 47 y 328.5 mg/L de DBO. Se obtuvo un valor máximo de 533 mg/L.

La concentración de sólidos suspendidos totales se excedió el mismo número de veces que la concentración de DBO. El 25% de los datos se encuentra debajo de 60 mg/L de concentración de SST, el promedio resultó de 257 mg/L, el valor máximo de 630 mg/L y se presentó un máximo extraordinario de 1210 mg/L.

El nitrógeno fue el valor que más veces se excedió, el 75% de los datos se encuentra por encima de los 38.95 mg/L, contra los 25 mg/L de la norma. El máximo valor fue de 109 mg/L y se presentó un máximo extraordinario con 152 mg/L. El fósforo fue el parámetro menos excedido, con promedio en 8 mg/L y un máximo de 17.6 mg/L. Se obtuvo un dato quedó fuera de la caja, con valor de 22.5 mg/L.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

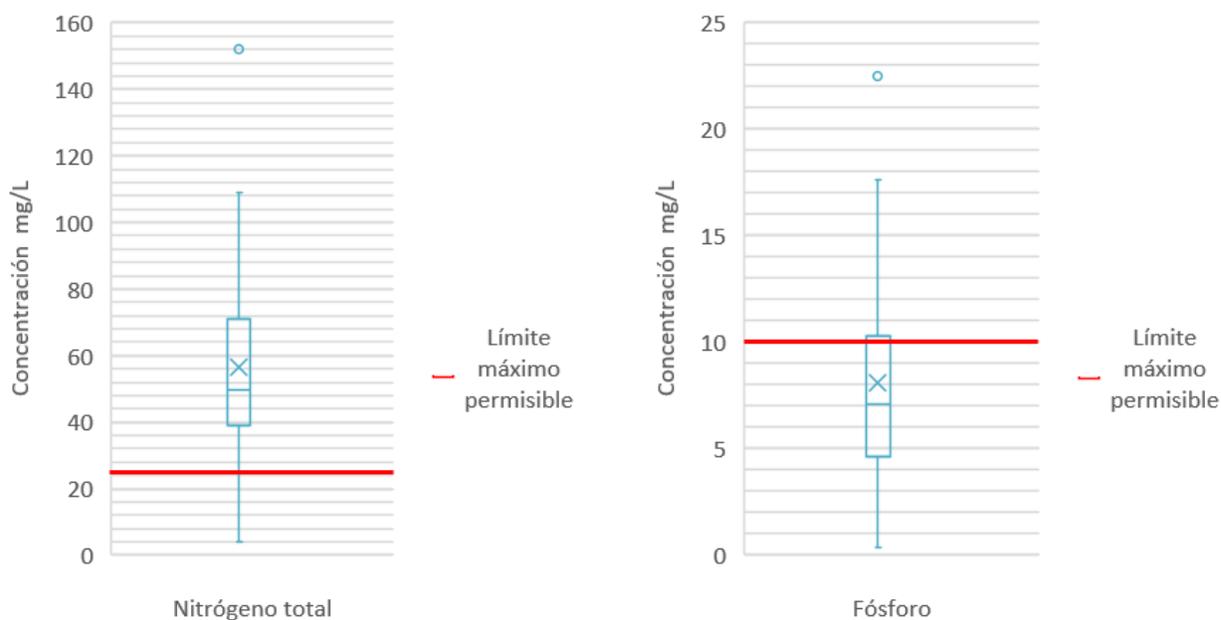


Figura 8-11 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en Muestras a Servicios Inmobiliarios

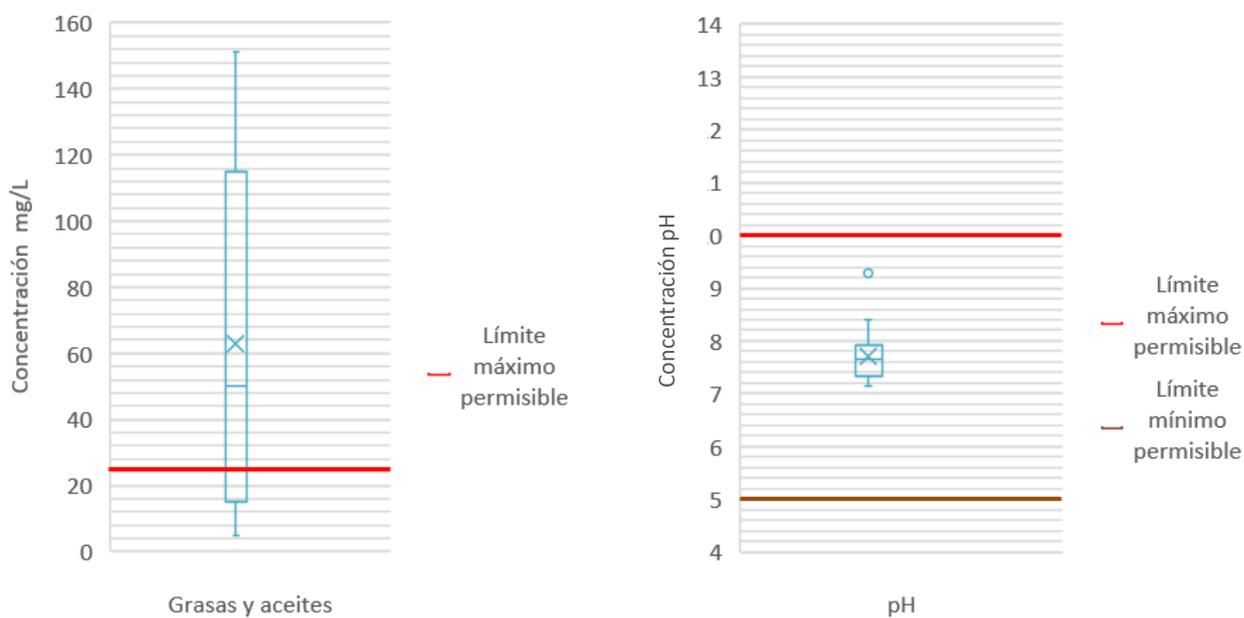


Figura 8-12 Concentración de Grasas y Aceites y pH en Muestras a Servicios Inmobiliarios

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Las grasas y los aceites presentaron una concentración promedio de 62.9 mg/L y un máximo de 151 mg/L, ambos por encima del límite permisible. El pH permaneció dentro de los límites permisibles con un rango de 7.14 a 8.41 y un valor máximo extraordinario de 9.29.

Las descargas de servicios inmobiliarios son compuestas en su mayoría por aguas de origen sanitario, y son cercanas a la clasificación de concentración media de la CONAGUA, como se muestra en la **Tabla 8-14**. Las concentraciones de contaminantes resultaron menores que en las descargas municipales, también se presentaron menos máximos extraordinarios, lo que es un indicador de la homogeneidad de las actividades de origen de las descargas.

Tabla 8-14 Comparación de descargas de Servicios Inmobiliarios contra Clasificación de Agua Doméstica de CONAGUA

Parámetro	Concentración según Clasificación de CONAGUA [1] (mg/L) *			Concentración promedio de muestras de Servicios Inmobiliarios** (mg/L) *
	Alta	Media	Baja	
Sólidos Suspendidos Totales	350	220	100	256
Sólidos Sedimentables mL/L	20	10	5	2.3
DBO	400	220	110	216
DQO	1000	500	250	534
Nitrógeno total	85	40	20	56
Fósforo	15	8	4	8
Grasas	150	100	50	62

*Unidades a menos que se indique alguna otra**Muestras de este estudio

8.3.4 Industria Alimentaria

Se realizaron 11 muestreos relacionados con este sector económico, 9 tienen como destino final un cuerpo receptor y los dos restantes descargan a una red municipal. Diez de los muestreos exceden la concentración máxima permisible de al menos un contaminante, sea para la NOM-001-SEMARNAT-1996 o la NOM-002-SEMARNAT-1996. La concentración de contaminantes de las descargas a red municipal se muestra en la **Tabla 8-15**, ambos muestreos presentan concentraciones fuera del límite permisible para prácticamente todos los parámetros medidos a excepción de los sólidos sedimentables.

Tabla 8-15 Resultados de descargas seleccionadas de la Industria Alimentaria a red municipal

Parámetro	Muestreo ID 81 Valor (mg/L) *	Muestreo ID 85 Valor (mg/L) *
Grasas y Aceites	211	181
Sólidos Sedimentables (ml/L)	2	0.3
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	460	540

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Parámetro	Muestreo ID 81 Valor (mg/L) *	Muestreo ID 85 Valor (mg/L) *
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1088	2460
Nitrógeno Total	59.1	349
Fósforo Total	16.3	45.1

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

La **Tabla 8-16** muestra las veces que la concentración límite de cada parámetro fue excedida. De la **Figura 8-13** a la **Figura 8-15** se presentan los resultados por contaminante de los muestreos que descargan a algún cuerpo receptor. Se observa que los sólidos suspendidos totales, el nitrógeno y el fósforo presentan una distribución muy amplia.

Tabla 8-16 Número de descargas fuera del LMP en la Industria Alimentaria

Parámetro	Fósforo	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Nitrógeno total	Grasas y Aceites
Número de muestreos fuera de norma	7	3	6	7	8	5
Porcentaje de muestreos excedidos (11 total)	63.6%	27.3%	54.5%	63.6%	72.7%	45%

La concentración promedio de DBO en los muestreos fue de 308 mg/L y la mediana fue de 98 mg/L. El máximo de concentración fue de 280 mg/L y el máximo extraordinario resultó con concentración de 1917 mg/L, este último valor provoca que el promedio se encuentre fuera del rango normal de datos.

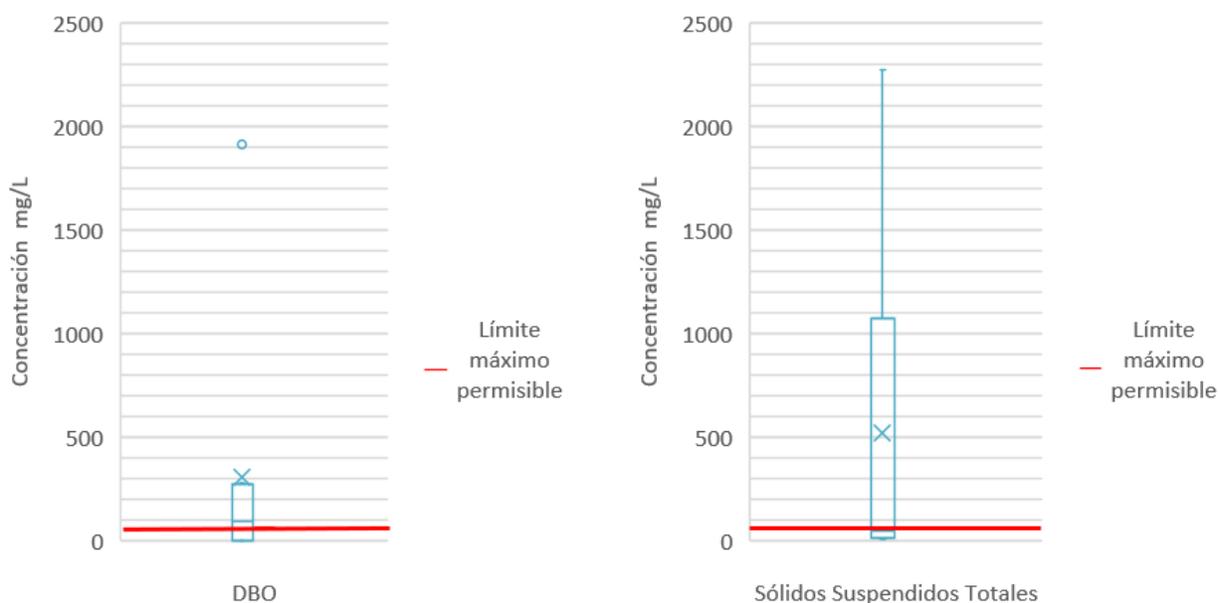


Figura 8-13 Concentración de DBO y SST en muestreos a la Industria Alimentaria

Poco más del 50% de los valores de concentración de SST permanecen dentro de la norma, el restante 50% presenta una gran variación, este mismo efecto se repite en el nitrógeno y el fósforo. La concentración máxima de SST fue de 2275 mg/L, el promedio es de 521 mg/L.

Más de la mitad de los valores de concentración de nitrógeno y fósforo excedieron los límites máximos permisibles de contaminantes. El nitrógeno resultó con una mediana de 28.33 mg/L y un máximo de 326 mg/L. La mediana de las concentraciones de fósforo resultó de 12 mg/L y el máximo de 87.5 mg/L.

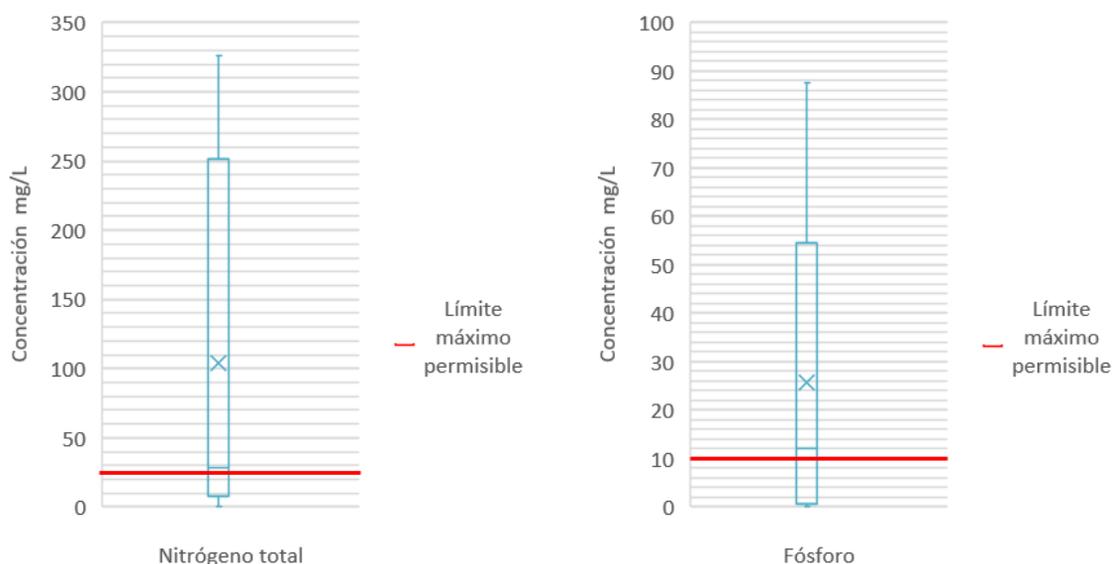


Figura 8-14 Concentración de Nitrógeno y Fósforo en muestreos a la Industria Alimentaria

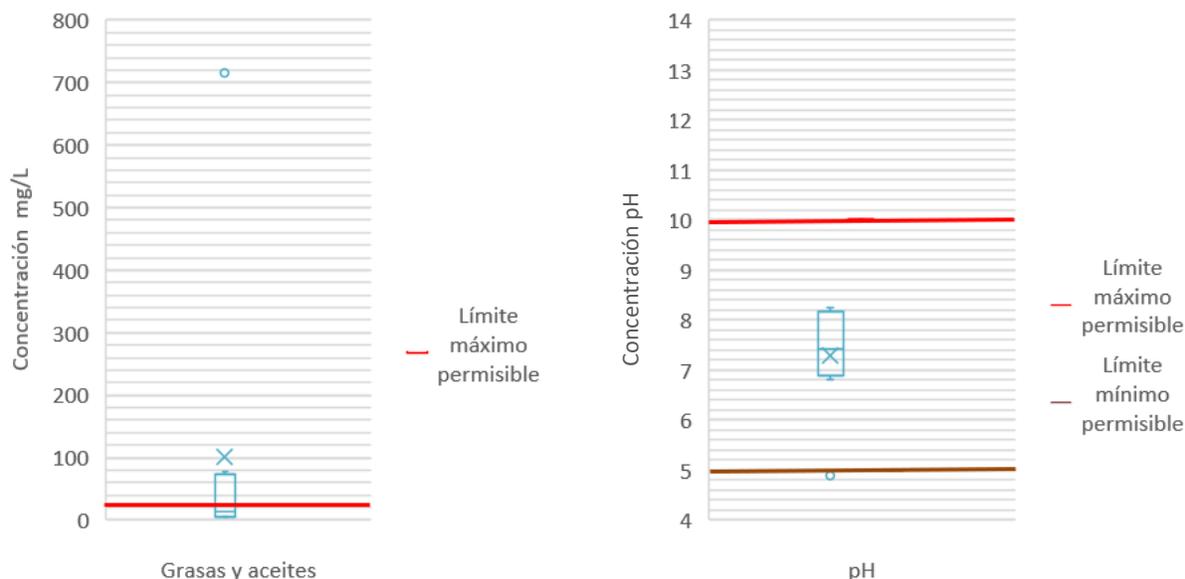


Figura 8-15 Concentración de Grasas y Aceites y pH en muestreos realizados a la Industria Alimentaria

Las grasas y los aceites presentaron una mediana de 13.5 mg/L, el promedio quedó fuera de la caja con un valor de 101 mg/L siendo el máximo de 78 mg/L. Se presentó un valor máximo extraordinario en 715 mg/L. El pH permaneció dentro de los límites permisibles con un rango de 6.8 a 8.2 y un valor mínimo extraordinario de 4.9, este último terminó debajo del límite mínimo permisible de 5 unidades.

Ya en la **Sección 7** se habló sobre la amplia variedad de unidades económicas que entran en el campo de la industria alimentaria. Se hizo mención especial de la actividad de matanza de animales, rastros, y de la industria de la leche, por los residuos que pudieran generar. Dentro de las descargas muestreadas, dos pertenecen a la subrama 31161 de **Matanza, empaqueo y procesamiento de carne de ganado, aves y otros animales comestibles**, y de otras tres se sospecha su origen, por la cercanía a unidades económicas e indicaciones de personal del municipio, en la actividad de subrama 31151 **Elaboración de leche y derivados lácteos**.

Para los dos muestreos provenientes de la industria de la matanza de animales y empaqueo de carne se cumplen las características mencionadas, todas resultan con valores de concentración superiores a la norma que les aplica, tomando en cuenta que una descarga a red municipal y otra a cuerpo receptor, y sin considerar condiciones particulares de descarga. Entre estos dos muestreos se tienen los máximos de DBO, nitrógeno, grasas y aceites y sólidos sedimentables, además que una de las descargas resultó con un pH de 4.9, fuera de los límites de la norma.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Los otros tres muestreos presentan concentraciones de contaminantes muy altas para provenir de uso doméstico por lo que se confirma la sospecha de la aportación de aguas de origen industrial. Sin embargo, no se puede concluir la actividad generadora. Sobre los resultados, la conductividad no resultó particularmente alta en ninguno de los muestreos, lo que descarta la presencia de la salmuera utilizada en la producción de queso. Una de las muestras resultó muy alta en grasas y aceites, 211 mg/L, y DBO, 1088 mg/L, lo que podría sugerir la presencia de algún residuo derivado del lavado de equipos de proceso de la leche.

Por otro lado, dos de las tres descargas relacionadas con la actividad *Elaboración de leche y derivados lácteos*, no presentan concentraciones de grasa ni de DBO altas, 74 mg/L y 280 mg/L en promedio, pero tienen altas concentraciones de fósforo, 87.2 mg/L promedio, sólidos suspendidos totales, 1075 mg/L. En la visita en campo, se pudo observar que la descarga era de color café, lo que sugiere que pudiera tratarse de agua residual del lavado de corrales de ganado, y provenir más bien de la actividad de Cría y explotación de animales.

8.3.5 Industria química

Se realizaron 8 muestreos a descargas relacionadas con esta actividad económica. Dentro de este subsector se encuentran muestreos que descargan a una red operada por la CEA y de las que se mencionan sus condiciones particulares de descarga en la **Tabla 8-6**. En la **Tabla 8-17** se presentan los valores de concentración para estas dos descargas.

Tabla 8-17 Resultados principales de descargas de la Industria Química a red municipal

Parámetro	Muestreo ID 11 Valor (mg/L) *	Muestreo ID 12 Valor (mg/L) *
Grasas y Aceites	9.8	12.3
Sólidos Sedimentables (ml/L)	0.1	0.1
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	91	63
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	4	308
Nitrógeno Total	7.5	674
Fósforo Total	0.2	12.4

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

De estos dos muestreos, en uno de ellos sólo el nitrógeno pudiera exceder los límites permisibles particulares, sin embargo, en las CPD sólo se menciona el nitrógeno amoniacal y no el total, del que se realizó el análisis de acuerdo con los Términos de Referencia del proyecto. Dado que el nitrógeno amoniacal es una parte del nitrógeno total, no se puede concluir si realmente excede la concentración de nitrógeno permitida. La **Tabla 8-18** presenta las veces que se excede el límite máximo en cada parámetro para los ocho muestreos realizados a la industria química.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Tabla 8-18 Número de descargas fuera del LMP en la Industria Química

Parámetro	Fósforo	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendedos Totales (SST)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Nitrógeno total	Grasas y Aceites
Número de muestreos fuera de norma	3	0	1	1	4	1
Porcentaje de muestreos excedidos (8 total)	37.5%	0%	12.5%	12.5%	50%	12.5%

Los resultados de los muestreos que descargan a cuerpo receptor y de los que no se cuenta con su condición particular de descarga se muestran en la **Tabla 8-19**, con color rojo se marcan los parámetros que exceden la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Tabla 8-19 Resultados de muestreos realizados a la Industria Química

ID Muestra	P Total (mg/L)	pH	SS (mL/L)	SST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	N Total (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)
6	0.192	7.25	<0.100	7	2.5	22.4	8.67
117	16	8.67	0.4	428	8859	220	73.5
40	0.305	7.69	0.2	18	6.13	12.8	<5.0
7	12.7	8.33	<0.100	29	8.8	87.8	6.95
2	0.641	7.63	<0.100	26	8.1	54.6	<5.0
17	12.4	6.42	<0.100	20	10.3	91	<5.0

El valor máximo en todos los parámetros se debe a un mismo muestreo, el ID 117. El nitrógeno es el parámetro donde se presentaron con más frecuencia concentraciones mayores a las permitidas, tiene mediana de 71.2 mg/L, mayor a los 25 mg/L límite de la norma. En el fósforo se presentó una concentración máxima de 16 mg/L, ID 117, y un promedio de 6.6 mg/L.

Como se puede observar, tres de los muestreos presentan concentraciones dentro de la norma, a excepción del nitrógeno. Es probable que los tres efluentes provengan de plantas de tratamiento sin remoción de nutrientes.

En el caso específico de uno de los muestreos, la descarga excede las concentraciones típicas de agua residual doméstica. La alta carga orgánica y de nitrógeno confirma el origen de la descarga como una actividad industrial, en este caso se le asocia con la fabricación y producción de fertilizantes.

8.3.6 Industria de las Bebidas y del Tabaco

Se realizaron 8 muestreos relacionados a esta actividad económica. Dos de los ocho muestreos están relacionados directamente a una unidad económica, y uno de esos muestreos pertenece a una tequilera. De los restantes 6 muestreos no relacionados directamente con una unidad económica, 5 tienen probabilidades de provenir de la industria de la elaboración de tequila.

Los resultados de cada muestra se presentan en la **Tabla 8-20** y **Tabla 8-21**. Se hace la división por destino de la descarga y se marca con color rojo los parámetros que exceden la norma aplicable en cada caso.

Tabla 8-20 Resultados Principales de descargas de la Industria de las Bebidas y el Tabaco a red municipal

ID Muestra	P Total (mg/L)	pH	SS (mL/L)	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	N Total (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)
42	1.14	7.79	0.100	14	8.53	5.96	10.4
79	2.79	7.21	1	130	92.1	20.1	16
82	2.71	8	0.100	90	118	17.7	21.7

Tabla 8-21 Resultados principales de descargas de la Industria de las Bebidas y el Tabaco a cuerpo receptor

ID Muestra	P Total (mg/L)	pH	SS (mL/L)	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	N Total (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)
33	2.18	8.21	0.100	26	3.83	11	8.7
36	5.43	7.82	0.100	38	36.9	8.25	6.33
46	8.68	3.79	0.6	195	4585	20.9	12.4
47	1.73	6.25	3.5	125	260	11.7	18.8
73	6.05	7.75	0.100	55	74.8	25	5.99

Como se puede observar, dos de las muestras que descargan a redes municipales, sólo excedieron en DBO5 y en SST. El criterio de evaluación fue la NOM-002-SEMARNAT-1996, ya que no se tuvo acceso a información relativa a condiciones particulares de descarga fijadas por el municipio. Se observa que los valores de estos dos parámetros en estas descargas están dentro de los valores de aguas residuales municipales.

Los ID 33 y 36, muestreos relacionados a una misma unidad económica resultaron con todos los parámetros dentro de norma. Por otro lado, cuatro muestreos (ID 79, 82, 47 y 73) exceden los límites permitidos de la norma, pero siguen ubicándose dentro del rango de agua residual doméstica de concentración media según la CONAGUA, (véase **Tabla 8-1**), por lo que no tienen aportaciones industriales o, en caso de tenerlas, éstas cuentan con tratamiento. El ID 42 es probable que provenga de una unidad económica con tratamiento de aguas residuales, pues se encuentra dentro de los límites establecidos en la NOM-001-SEMARNAT-1996.

Finalmente, una de las descargas (ID 46) requiere la mayor atención, dada la concentración de contaminantes que presenta. Ésta sugiere una descarga de origen industrial, por el pH ácido, la alta DBO y los bajos SST.

8.3.7 Crianza y Explotación de animales

Se muestrearon 6 descargas con esta actividad económica como origen. Los resultados se muestran de acuerdo con el destino final de cada descarga, en la **Tabla 8-22** se muestran los resultados del único muestreo que descarga a red municipal y en la **Tabla 8-23** los resultados de los muestreos con descarga a cuerpo receptor. Se marca con color rojo los parámetros que exceden la norma aplicable en cada caso.

Tabla 8-22 Resultados Principales - Muestreo ID 80 con destino a red municipal

Parámetro	Valor (mg/L) *
Grasas y Aceites	629
Sólidos Sedimentables (ml/L)	15
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	1300
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	853
Nitrógeno Total	430
Fósforo Total	58.8

*Unidades de valores a menos que se indique alguna otra.

Tabla 8-23 Resultados principales de descargas a cuerpo receptor relacionadas con la Cría y Explotación de Animales

ID Muestra	P Total (mg/L)	pH	SS (mL/L)	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	N Total (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)
43	94.3	7.29	6	1038	210	635	71
52	361	7.65	200	11500	10547	3204	N/D

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

ID Muestra	P Total (mg/L)	pH	SS (mL/L)	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	N Total (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)
53	619	8.08	400	23000	3230	4080	N/D
54	116	8.16	100	4875	843	926	498
55	56.3	7.84	11	1517	281	1146	57.4

La concentración de fósforo, sólidos sedimentables y suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno y grasas y aceites, de todos los muestreos exceden los límites permitidos por la norma que les aplica. En dos de las muestras (ID 52 y ID 53) no fue posible medir la concentración de grasas y aceites por la condición del efluente, estos dos fueron también los muestreos que resultaron con las concentraciones más altas de contaminantes.

Estos resultados confirman lo mencionado sobre el potencial contaminante de las granjas, y confirman también que debe existir un programa para el saneamiento de estos efluentes. Solamente el pH se conserva en un rango de 7.3 a 8.2 unidades, dentro de los límites de la norma.

8.3.8 Actividades Económicas con pocos muestreos

Hasta aquí se han mencionado las actividades económicas que concentran el 90% de los muestreos realizados. En la **Tabla 8-24** se presentan los resultados de los restantes 15 muestreos divididos por su actividad económica. Con color rojo se marcan los parámetros fuera de norma evaluados para la NOM-001-SEMARNAT-1996 o la NOM-002-SEMARNAT-1996 según se indique.

Tabla 8-24 Concentración de contaminantes para actividades con pocos muestreos

ID Muestra	Actividad Económica	P Total (mg/L)	pH	SS (mL/L)	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	N Total (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)
29	Industria del papel	0.9	7.6	0.1	76	12	24.2	8.8
9	Industria del plástico y del hule	1.3	7.1	0.7	121	4	21.6	5.0
41*	Industria del plástico y del hule*	5.3	8.9	0.1	68	161	2.41	13.1
1	Fabricación de productos metálicos	0.2	7.1	0.1	52.9	51	11.2	15.8
4	Fabricación de productos metálicos	0.2	7.8	0.1	55	139	16.4	23.8
10	Fabricación de productos metálicos	0.9	8.5	0.1	51	98	31.4	5.0

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

ID Muestra	Actividad Económica	P Total (mg/L)	pH	SS (mL/L)	SST (mg/L)	DBO5 (mg/L)	N Total (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)
3	Fabricación de equipo de transporte	3.4	7.8	0.1	15	7	12	5.2
15	Fabricación de equipo de transporte	9.7	7.7	2.5	213	256	38.6	49.8
18	Fabricación de equipo de transporte	1.1	8.5	0.1	14	10	128	6.2
19*	Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes*	2.7	12.1	0.1	37	332	37.7	7.1
72	Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	24.6	8.0	1.5	210	289	254	88.7
118	Servicios de Almacenamiento	5.5	8.0	0.1	117	35	70	7.9
5	Manejo de residuos y servicios de remediación	3.1	7.7	0.1	81	93	24.2	5.0
34	Servicios Personales	3.4	8.6	0.1	149	97	8.08	21.4
16*	Asociaciones y organizaciones*	12.9	8.0	5	335	308	86.1	66.4

*Muestra evaluada bajo la NOM-002-SEMARNAT-1996.

Las descargas muestreadas con destino final a una red de alcantarillado (ID 41, 19 y 16) excedieron algún parámetro de los medidos por la norma que les aplica. La descarga ID 16 no pertenece directamente a una unidad económica y fue relacionada con las unidades económicas cercanas. En comparación a la clasificación de calidad de agua de origen doméstico de la CONAGUA, el muestreo con ID 41 relacionado con la industria del plástico y del hule, se encuentra dentro del rango de concentración baja, por lo que probablemente el efluente sea de servicios sanitarios dentro de la empresa.

El muestreo con actividad económica clasificada como *Asociaciones y organizaciones* (ID 16) tiene valores similares a los de una descarga de concentración alta, sin embargo, la relación Nitrógeno-DBO es inusualmente alta, 0.27 contra 0.18-.21 como se muestra en la **Tabla 8-8**. Esto pudiera deberse a una descarga con alta carga de nitrógeno, y que aun cuando cuente con tratamiento, éste pudiera no estar diseñado para remover nitrógeno, esto refuerza el hecho de que provenga de una actividad industrial. El muestreo relacionado con la actividad económica *Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes* presenta pH básico, este pH puede tener un efecto importante sobre la planta de tratamiento o cuerpo receptor al que llegue.

De los 12 muestreos que descargan a cuerpos receptores, solamente dos (ID 9 y ID 72) están relacionados directamente con una unidad económica específica, el resto se relacionaron con unidades económicas cercanas. Un total de 10 muestreos exceden los límites máximos

permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996. Siete de los muestreos rebasan los límites ligeramente, uno de ellos rebasa los límites por una cantidad considerable, sin embargo, no hay indicios de actividad industrial en estas descargas, de hecho, se asimilan a las concentraciones media y baja de la clasificación de la CONAGUA. Es probable que dos de dichas descargas pasen por algún tratamiento de agua antes de ser descargadas, pues la DBO que presentan es muy baja, esto refuerza la consideración de la descarga de ID 29 clasificada como actividad económica *Industria del papel* sea proveniente de una unidad económica.

Tres de los muestreos en descargas presentan condiciones inusuales. La primera de estas descargas (ID 18) tiene concentraciones bajas de todos los contaminantes menos de nitrógeno, lo que sugiere que es agua proveniente de una planta de tratamiento que no cuenta con remoción de nutrientes, además, la concentración de nitrógeno más alta que la de una descarga doméstica indica que proviene de un proceso industrial.

La segunda descarga (ID 72) parece provenir cruda de algún proceso industrial. El giro específico de esta actividad es el de comercio al por menor de refacciones, combustibles y lubricantes, es probable que en la descarga se incluyan desechos de los productos que se comercializan.

Por último, la tercera descarga (ID 118) destaca por la concentración de nitrógeno y su relación contra la DBO, de dos, y su concentración de sólidos suspendidos totales. Es probable que se trate de una descarga de una planta de tratamiento que no cuenta con remoción de nutrientes, o que esté recibiendo más caudal del que puede tratar.

8.4 COMPARACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES POR ACTIVIDAD

A continuación, se comparan las concentraciones obtenidas por cada una de las actividades mencionadas individualmente en la sección anterior. Para hacer distinción de estas actividades del resto, se les llama *actividades mayoritarias*. El propósito de esta representación es comparar las actividades y sus contaminantes entre sí, y no contra la norma. Sin embargo, para fines de consulta es recomendable utilizar la **Tabla 8-3**, que se utiliza para la evaluación de los muestreos.

De la **Figura 8-16** a la **Figura 8-20** se muestran las concentraciones de todos los muestreos realizados por actividad mayoritaria, es decir los que se muestran en la **Figura 8-2**, las concentraciones de la actividad de cría y explotación de animales resultan demasiado altas para incluirlas en el rango normal, y por eso se añade un indicador en la esquina de cada figura. Se pueden consultar los datos individuales de cada parámetro en las gráficas presentadas en el apartado anterior.

A manera de recordatorio, la línea que divide la caja representa la mediana y la cruz representa el promedio, la disparidad entre ambos es un indicador de la distribución de los datos.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

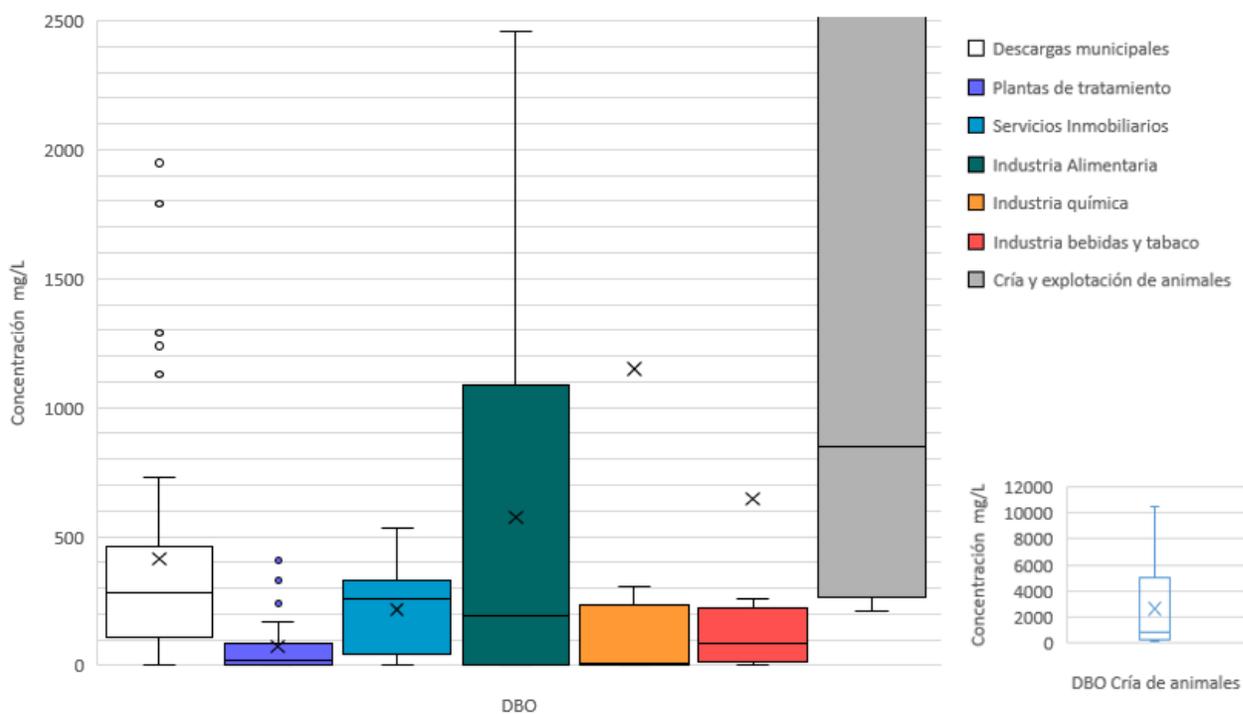


Figura 8-16 Concentración de DBO por actividad mayoritaria

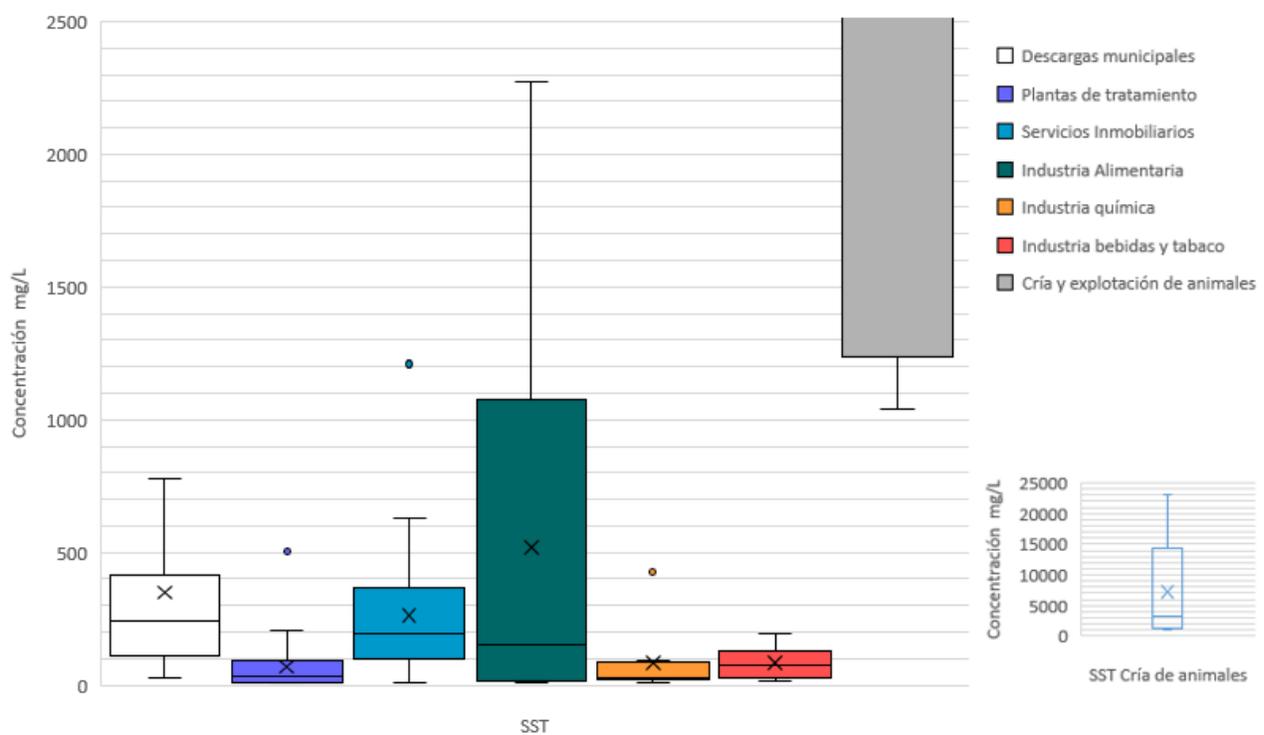


Figura 8-17 Concentración de SST por actividad mayoritaria

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

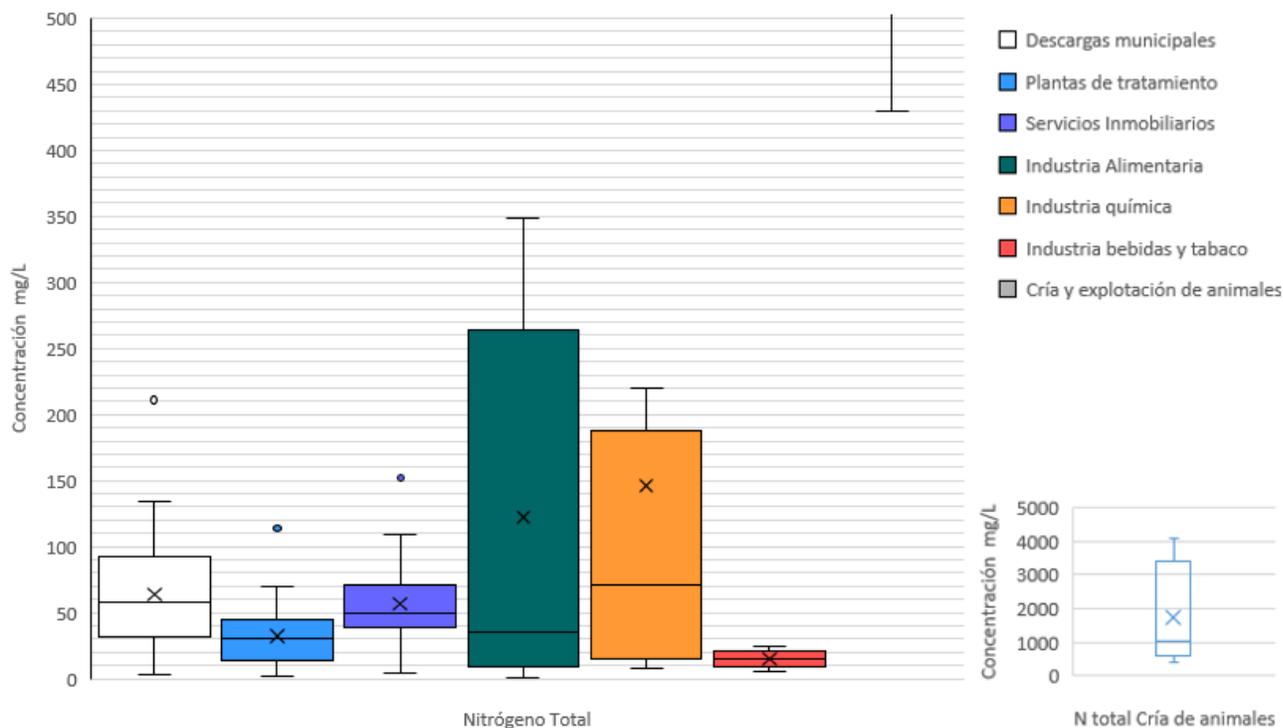


Figura 8-18 Concentración de Nitrógeno por actividad mayoritaria

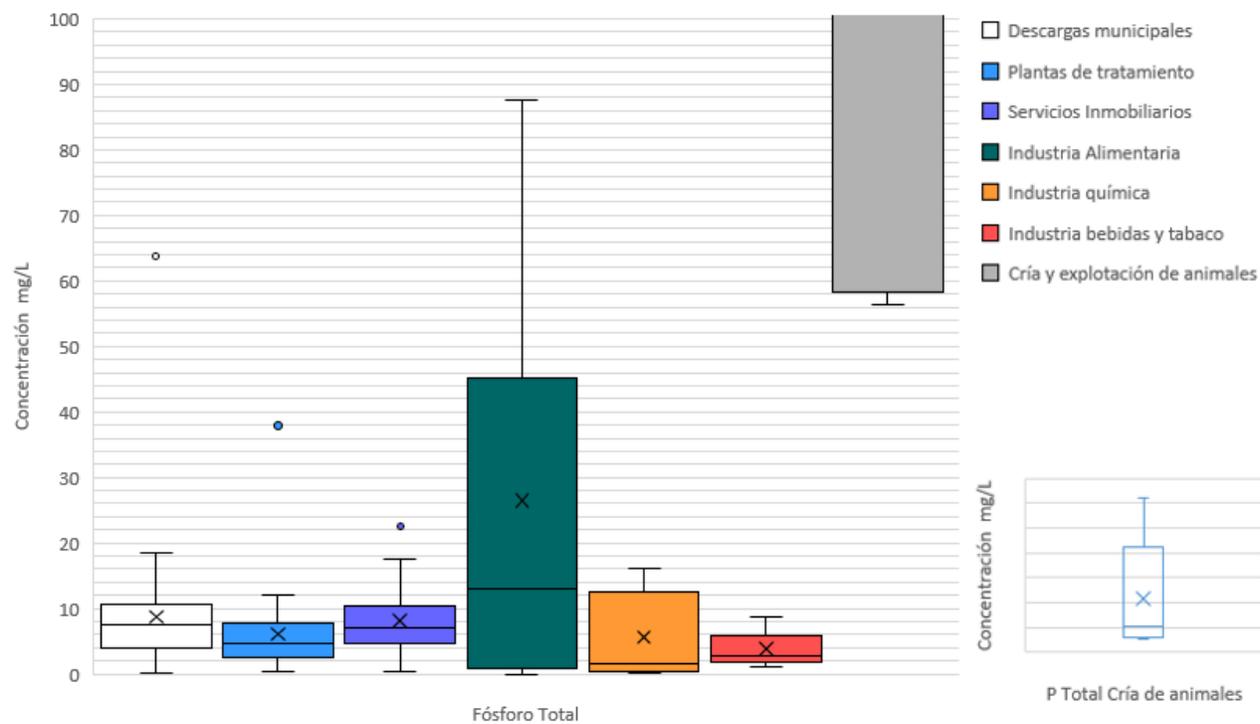


Figura 8-19 Concentración de Fósforo por actividad mayoritaria

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

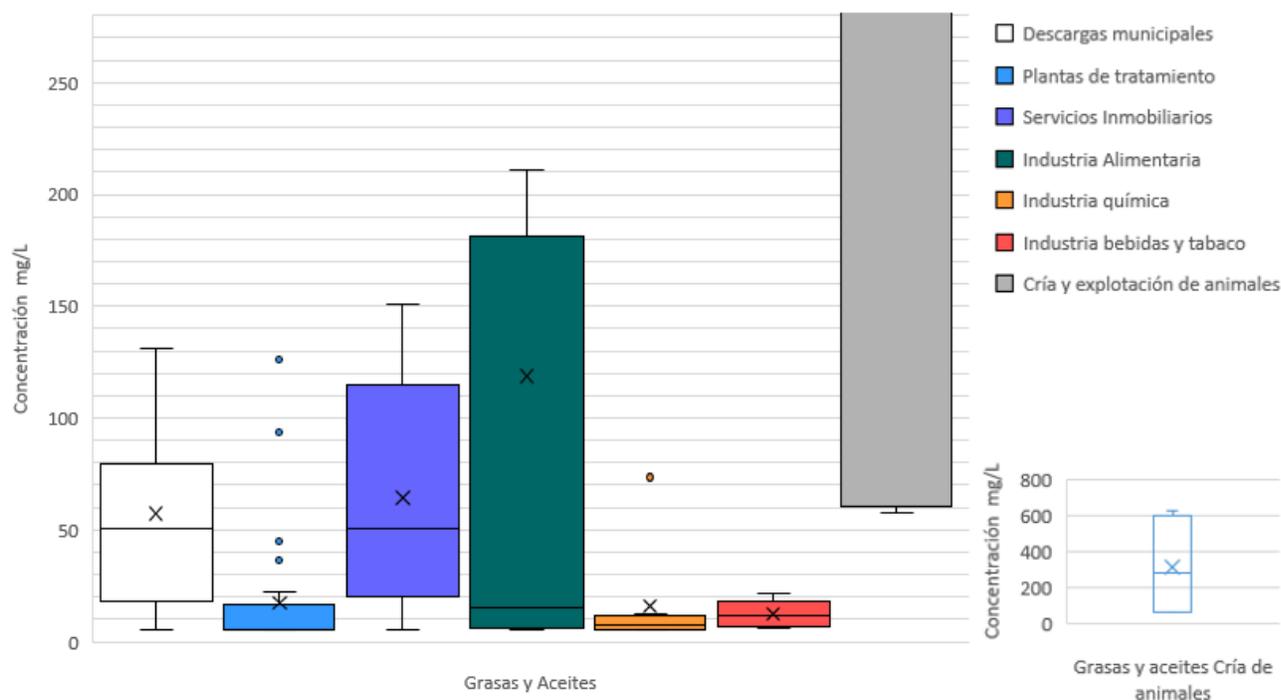


Figura 8-20 Concentración de Grasas y aceites por actividad mayoritaria

Se puede observar que el máximo de todos los parámetros se encuentra en la actividad de **Cría y explotación de animales**, todas las concentraciones medidas en los muestreos de esta actividad están fuera de los límites máximos permisibles. La segunda actividad con la mayor concentración de contaminantes fue la **Industria alimentaria**, las altas concentraciones se deben a la presencia de unidades económicas dedicadas a la producción de leche y rastros. En ese sentido, las concentraciones más altas de contaminantes en aguas residuales del estudio están relacionadas con la **Cría y explotación de animales**.

La actividad económica **Industria de las bebidas y del tabaco** presenta concentraciones más bajas que las provenientes de descargas municipales salvo para un muestreo cuya DBO resultó más alta del rango mostrado. Las plantas de tratamiento tienen las concentraciones más bajas para casi todos los contaminantes, seguido de la industria química. En la **Tabla 8-25** se presenta la media (promedio) y la mediana de las actividades con más muestreos.

Tabla 8-25 Concentración de contaminantes en actividades mayoritarias

Actividad Económica	P Total (mg/L)		SST (mg/L)		DBO5 (mg/L)		N Total (mg/L)		Grasas y Aceites (mg/L)	
	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana
Descargas municipales	8.7	7.4	348.9	240	412.7	281	63.6	58.2	57.2	50.9

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Actividad Económica	P Total (mg/L)		SST (mg/L)		DBO5 (mg/L)		N Total (mg/L)		Grasas y Aceites (mg/L)	
	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana	Media	Mediana
Plantas de tratamiento	5.9	4.9	69.3	31	72.7	19	32.1	30.3	17.4	5
Servicios inmobiliarios	7.9	7.1	254.3	190	215.7	256	55.4	49.3	62.3	49
Industria alimentaria	29.2	14.7	517.7	150	575	191	122	35.5	130.2	41.6
Industria química	5.6	1.5	85.3	27.5	1150.9	8.5	146.3	71.2	15.8	7.8
Industria de bebidas y tabaco	3.8	2.8	84.1	72.5	647.4	83.5	15.1	14.7	12.5	11.4
Cría y explotación de animales	217.6	105.2	7205	3196	2660.7	848	1736.8	1036	313.9	284.5

Las descargas de los servicios inmobiliarios siguen muy de cerca la concentración de las descargas municipales, ambas tienen comportamientos similares al del agua residual doméstica, y varían en concentración relativamente poco entre sí. La distribución de las descargas municipales es más irregular, se presentan máximos extraordinarios y eso hace que los promedios varíen considerablemente de la media, esto indica una mayor variedad de actividades llevándose a cabo en los sitios de muestreo de las descargas municipales.

El nitrógeno se observa como de los contaminantes difíciles de remover en repetidas ocasiones, esto se puede ver al comparar los resultados de la industria química y las plantas de tratamiento. Las dos actividades son efluentes que tienen, o se sospecha que tienen, tratamiento por las bajas concentraciones en las que resultan las medianas de DBO, SST, fósforo, sin embargo, en nitrógeno se observa un salto importante, pues es el único parámetro que la media no resulta dentro de los límites máximos permisibles, si se compara contra la NOM-001-SEMARNAT-1996. Aunque estas unidades descargan con casi todos los parámetros dentro de norma, el nitrógeno es, como se mencionó en la Sección 6, un contaminante con fuertes efectos sobre el medio ambiente y debe ser vigilado que las unidades económicas y sobre todo las plantas de tratamiento se encuentren dentro de lo permitido.

8.5 ANÁLISIS DE METALES PESADOS Y CIANURO

A 26 muestreos se les realizó, además del análisis básico, el análisis de metales pesados y cianuro. Más adelante, en la **Figura 8-21** y **Figura 8-22** se expone el número de muestreos realizados por actividad económica y por municipio. La industria química fue la actividad y El Salto, el municipio con más muestreos de este tipo. El destino final mayoritario de las descargas fue algún cuerpo receptor con 21 muestreos. Las restantes cinco descargas tuvieron como destino final una red de alcantarillado.

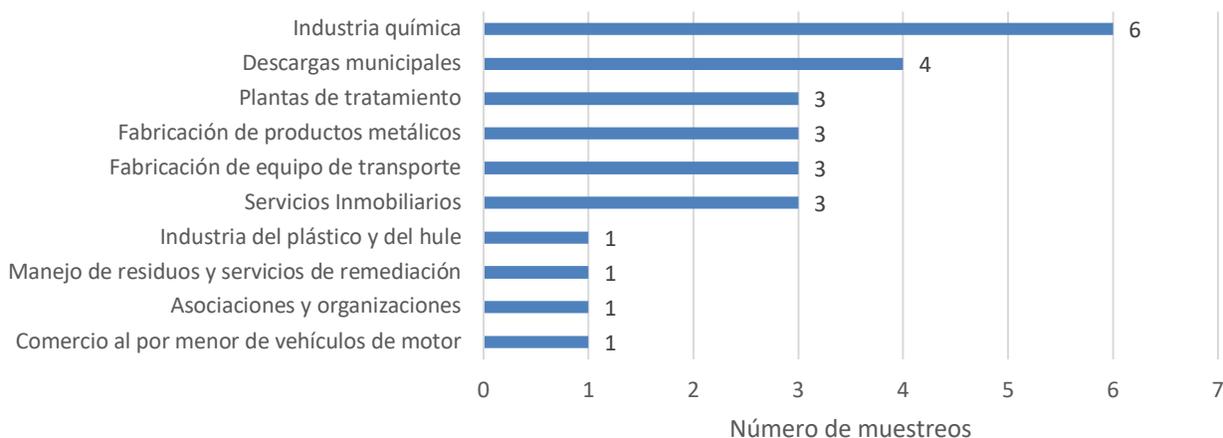


Figura 8-21 Análisis de metales pesados y cianuro por actividad económica

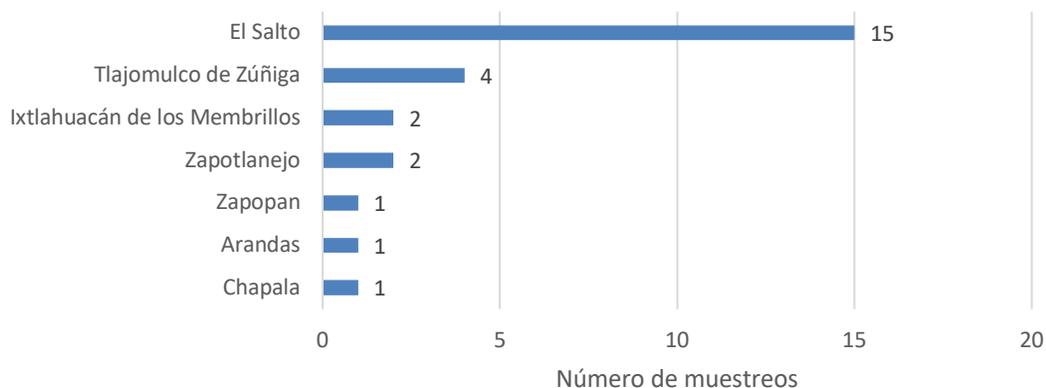


Figura 8-22 Análisis de metales pesados y cianuro por municipio

Los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la NOM-002-SEMARNAT-1996 varían para todos los elementos metálicos, estos límites se muestran en la **Tabla 8-26**. Los rangos permisibles también varían para cada contaminante, por ejemplo, contaminantes como el cianuro o el cromo tienen un rango más amplio cuando las descargas se realizan a cuerpos receptores que cuando se realizan a redes de alcantarillado.

Tabla 8-26 LMP de Metales Pesados y Cianuros en Normatividad Aplicable [3]

Parámetro	Valor Promedio Diario (mg/L) NOM-001-SEMARNAT-1996	Valor Promedio Diario (mg/L) NOM-002-SEMARNAT-1996
Arsénico	0.2	0.75
Cadmio	0.2	0.75
Cianuro	2	1.5
Cobre	6	15
Cromo	1	0.75
Mercurio	0.01	0.015
Níquel	4	6
Plomo	0.4	1.5
Zinc	20	9

A continuación, se presentan en la **Tabla 8-27** y **Tabla 8-28** los resultados de los muestreos según su destino final de descarga. Se marca con rojo los muestreos que exceden la norma. Muchos muestreos quedaron debajo del límite de detección, estos muestreos se indican con el símbolo de menor que (<).

Tabla 8-27 Concentración de Metales Pesados y Cianuros en descargas a red municipal

ID	Actividad de SCIAN Corto	CN (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Cr TOTAL (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	As (mg/L)	Hg (mg/L)
11	Industria química	<0.010	<0.050	0.14	<0.250	0.65	<0.100	0.0599	0.0352	<0.0010
12	Industria química	<0.010	<0.050	0.0714	<0.250	1.96	<0.100	0.153	<0.003	<0.0010
13	Servicios Inmobiliarios	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.161	0.0101	<0.0010
16	Asociaciones y organizaciones	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.257	0.00333	<0.0010
19	Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	<0.010	<0.050	0.219	0.397	1	0.546	0.0849	<0.003	<0.0010

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Tabla 8-28 Concentración de Metales Pesados y Cianuros en descargas a cuerpos receptores

ID	Actividad de SCIAN Corto	CN (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Cr TOTAL (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	As (mg/L)	Hg (mg/L)
1	Fabricación de productos metálicos	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0276	<0.003	<0.0010
2	Industria química	0.0212	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.649	<0.003	<0.0010
3	Fabricación de equipo de transporte	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	4.05	<0.100	0.52	0.0107	<0.0010
4	Fabricación de productos metálicos	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0426	0.0088	<0.0010
5	Manejo de residuos y servicios de remediación	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0382	<0.003	<0.0010
6	Industria química	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0222	<0.003	<0.0010
7	Industria química	0.0222	<0.050	<0.050	<0.250	0.104	<0.100	0.0364	0.01	<0.0010
8	Servicios Inmobiliarios	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	0.357	<0.100	0.209	0.00851	<0.0010
9	Industria del plástico y del hule	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	0.155	<0.100	0.417	<0.003	<0.0010
10	Fabricación de productos metálicos	0.0541	<0.050	<0.050	<0.250	4.67	<0.100	0.198	<0.003	<0.0010
14	Servicios Inmobiliarios	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	<0.020	0.00729	<0.0010
15	Fabricación de equipo de transporte	<0.010	<0.050	0.411	<0.250	<0.100	<0.100	0.238	0.0116	<0.0010
17	Industria química	<0.010	<0.050	0.403	<0.250	<0.100	<0.100	0.506	0.00953	<0.0010
18	Fabricación de equipo de transporte	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	0.147	0.0407	0.00441	<0.0010
20	Descarga Municipal	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0571	0.00607	<0.0010
21	Descarga Municipal	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.265	<0.003	<0.0010

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

ID	Actividad de SCIAN Corto	CN (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Cr TOTAL (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)	As (mg/L)	Hg (mg/L)
22	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0391	0.00845	<0.0010
23	Descarga Municipal	4.79E-02	<0.050	1.02E-01	<0.250	0.107	<0.100	4.07	0.0115	<0.0010
24	Descarga Municipal	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0283	0.00557	<0.0010
25	Descarga Municipal	<0.010	<0.050	<0.050	<0.250	<0.100	<0.100	0.0552	0.00636	<0.0010
26	Descarga Municipal	<0.010	<0.050	0.938	1.41	25.5	0.271	5.54	0.0134	0.0233

Del total de muestreos, se excedieron las concentraciones de níquel en tres ocasiones. El zinc fue el elemento que más veces estuvo presente en las descargas, los valores más altos, que permanecen dentro de norma, fueron los provenientes de los muestreos con ID 23 con 4.07 mg/L, y el muestreo ID 26 con 5.54 mg/L, ambos provenientes de descargas municipales. Uno de los muestreos presenta altos niveles de cromo, níquel y mercurio, concentraciones tan altas de estos componentes sugieren descargas de tipo industrial que son introducidas a la red municipal en esta zona. Fuera de esos análisis, todos los muestreos se encuentran dentro de la norma, debido a que pocos valores se encuentran por encima del límite de detección, no se observa ninguna otra tendencia relevante.

8.6 RESULTADOS DE AFOROS

De los 150 puntos muestreados se aforaron 131. Algunas descargas no pudieron ser aforadas por las condiciones de la descarga, su poco flujo o inaccesibilidad. Los flujos aforados son instantáneos, por lo que no se sabe la tendencia del flujo a diferentes horas del día, que cambia según horas productivas para industrias y descargas domésticas. El valor presentado pudiera ser mayor o menor del indicado y puede no mantenerse un flujo constante las 24 horas del día. Por esta razón, los resultados siguientes funcionan como indicador de la contaminación en un momento dado y se extrapolan sólo con fines de comparación.

En la **Tabla 8-29** se presenta la distribución de los flujos aforados, el 70% de las descargas resultaron debajo de los 25 L/s, aunque como se muestra más adelante, este flujo ya es considerablemente alto.

Tabla 8-29 Caudal Aforado

Rango (L/s)	Número de Aforos	Acumulativo
De 0 a 12	68	52%
De 12 a 25	22	61%
de 25 a 75	17	82%
de 75 a 225	12	91%
de 225 a 400	4	94%
de 400 a 995	3	96%
de 995 a 1985	3	98%
de 1985 a 3115	2	100%

Para dimensionar el caudal aforado, se presenta en la **Figura 8-23** el número de personas que puede producir el flujo dado bajo un uso doméstico, incluso un flujo de 1 L/s representa una cantidad de personas importante. La generación de agua residual se considera a partir de un consumo de agua de 191 L/hab/día con un factor de aportación de 0.7, es decir 133.7 L/hab/día de aportación de agua residual. Ambos datos son propuestos por la CONAGUA en su *Manual de Agua Potable y Alcantarillado* en el volumen 4 [4] como promedio para lugares cálidos subhúmedos.

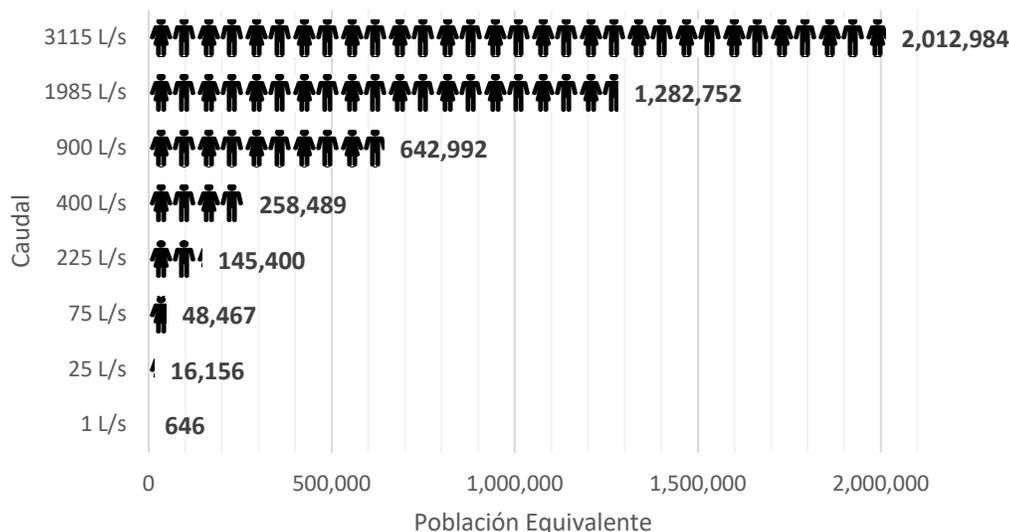


Figura 8-23 Personas Equivalentes a Caudales Aforados

En la **Figura 8-24** se presentan los aforos por su ubicación y flujo volumétrico, el AIP se divide en las subcuencas que contiene, esta división también se llevó a cabo en la **Sección 7**. La mayor parte de los aforos realizados están sobre la subcuenca R. Corona- R. Verde, las descargas de más flujo en esta subcuenca se encuentran sobre el corredor industrial de El Salto, y a los alrededores del canal de El Ahogado. El valor máximo de esta subcuenca corresponde a 1676.2 L/s. En la subcuenca R. Verde- P. Santa Rosa se encuentran las descargas con más flujo del estudio, estas se ubican al norte del AMG, en colindancia con la barranca de Huentitán al inicio del río San Juan de Dios, el valor máximo de esta subcuenca fue de 3111.1 L/s seguido de cerca por un valor de 2931.8 L/s.

El flujo total de agua descargada por subcuenca junto a la población equivalente se muestra en la **Tabla 8-30**. A pesar de observarse más descargas sobre la subcuenca R. Corona-R. Verde, el mayor flujo de agua descargada lo tiene la cuenca R. Verde- P Santa Rosa, que corresponde solamente a descargas municipales, de fraccionamientos y de plantas de tratamiento. La población equivalente de las descargas totales de la subcuenca R Verde-P Santa Rosa es de 6 millones 283 mil habitantes.

Tabla 8-30 Suma de Descargas Aforadas por Subcuenca

Subcuenca	Número de Aforos	Flujo total de agua descargada (L/s)	Población equivalente habitantes
L. Chapala- R. Corona	5	222	143,461
R. Corona- R. Verde	82	7030	4,542,946
R. La Laja	10	276	178,357
R. Verde- P. Santa Rosa	12	9723	6,283,413
R. Zula	22	589	380,625

En Arandas se presentó un flujo anormal de 320 L/s. Este muestreo proviene de una planta de tratamiento de aguas residuales fuera de operación y descarga directamente al río Zula. De acuerdo con la **Figura 8-23** este flujo equivale a una población de 145 a 258 mil personas, sin embargo, la población de Arandas, de acuerdo con la **Encuesta Intercensal 2015** era de 77 mil 116 habitantes [5], lo que sugiere que en el momento de la muestra ocurría el flujo máximo de la descarga.

Revisando la documentación de este muestreo, se encontró que la descarga en este punto se encontraba sumergida, por lo que presenta una interferencia por el agua del río, explicando posiblemente el caudal presentado. Los resultados del muestreo, que muestran concentraciones bajas de todos los contaminantes menos de DBO confirman la dilución de los contaminantes de la descarga.

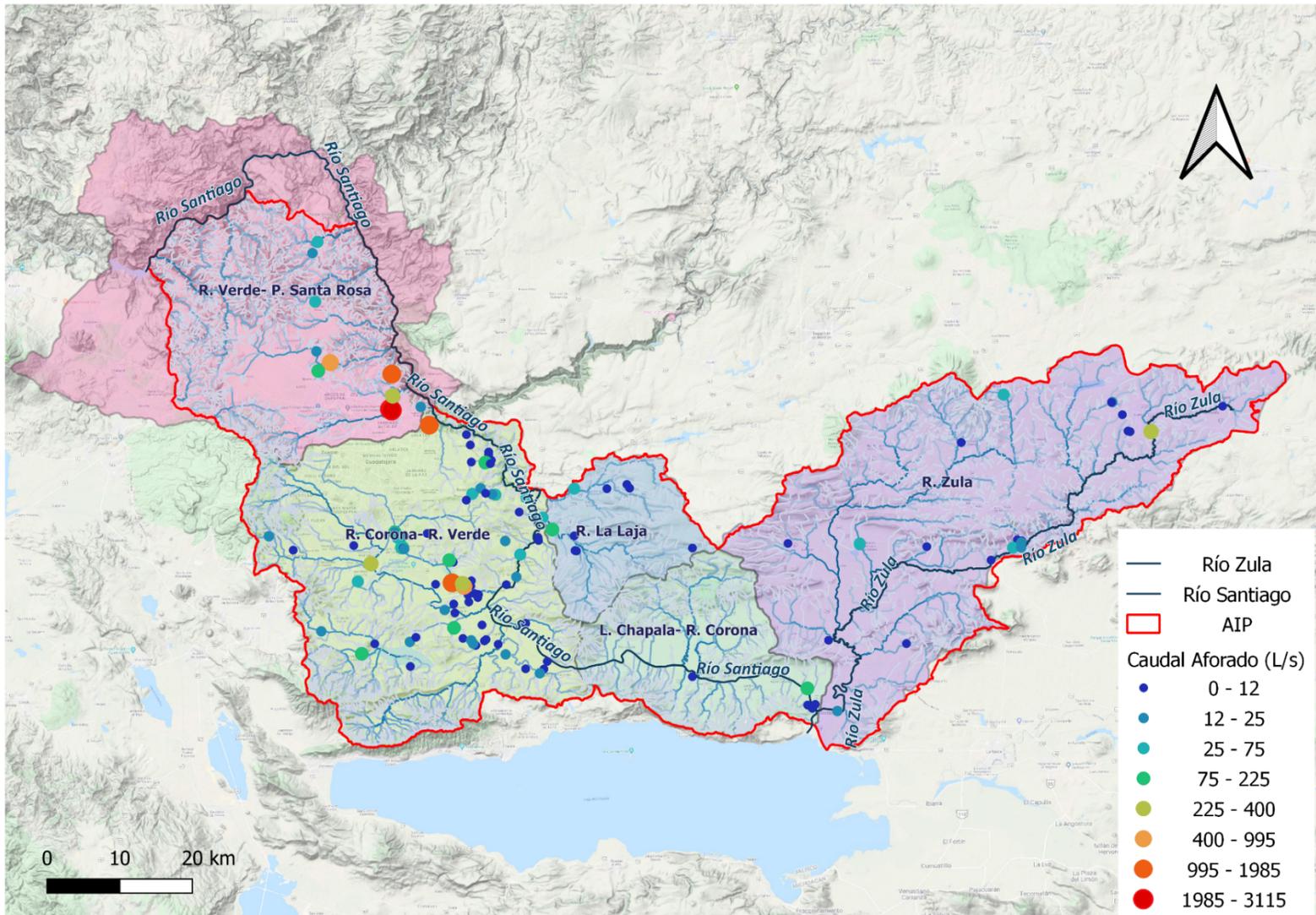


Figura 8-24 Ubicación de aforos y caudal de descarga

8.7 CARGA DE CONTAMINANTES

Para el análisis de las cargas de contaminantes se utilizan los indicadores propuestos por la CONAGUA de aportación másica de contaminantes principales promedio por persona, que se presentan en el *Manual de Agua Potable y Alcantarillado* en el volumen 25 [1]. Estos valores se muestran en la **Tabla 8-31**.

Tabla 8-31 Aportación Promedio de Contaminantes por Habitante por día[1].

Parámetro	Aportación g/hab-día
DBO	54
DQO	110
Nitrógeno total	8
Fosforó total	4.6
SST	52

Mientras usualmente es complejo hacer comparaciones entre concentraciones de diferentes contaminantes, por ejemplo, saber que tanto más contamina una concentración alta de DBO o de nitrógeno. El uso de estos indicadores permite transformar la carga de contaminantes al número de personas que podrían aportar dicha carga. De esta manera, se establece un factor común a todas las descargas y se puede saber cuál de los contaminantes es mayor en relación a la población que lo origina.

Como ejemplo, se toman los valores de uno de los muestreos realizados en este trabajo (ID 11). Esta muestra está relacionada a una unidad económica y, bajo sus condiciones particulares de descarga, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles. La carga que aporta esta descarga y su población equivalente se muestra en la **Tabla 8-32**.

Tabla 8-32 Aportación de contaminantes ID de muestreo 11

Parámetro	Aportación kg/día	Población equivalente habitantes
Fósforo	0.15	32
SST	5.74	110
DBO	0.25	5
Nitrógeno total	0.48	59

En la comparación entre los contaminantes, la población equivalente de la DBO es la menor, prácticamente se remueve toda la materia orgánica. Los sólidos suspendidos totales tienen la mayor aportación y el mayor impacto también. El nitrógeno, a pesar de aportar un flujo másico de 8% el de los sólidos suspendidos, genera la mitad del impacto de este contaminante. De manera similar, la aportación del fósforo es 2% de la de SST, pero genera un impacto similar a un tercio de este contaminante. La población equivalente por flujo no

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

es estrictamente comparable a la aportación de contaminantes, pues parten de bases diferentes. Aun así, diferencias muy grandes entre estos números apuntan a qué tan concentrado o diluido se encuentra la descarga respecto a la descarga doméstica.

Con la información de los aforos y las concentraciones presentadas anteriormente, se determinó la aportación total de contaminantes de las descargas aforadas. En la **Figura 8-25** se muestra esta información por subcuenca, los resultados se presentan en kg/día.

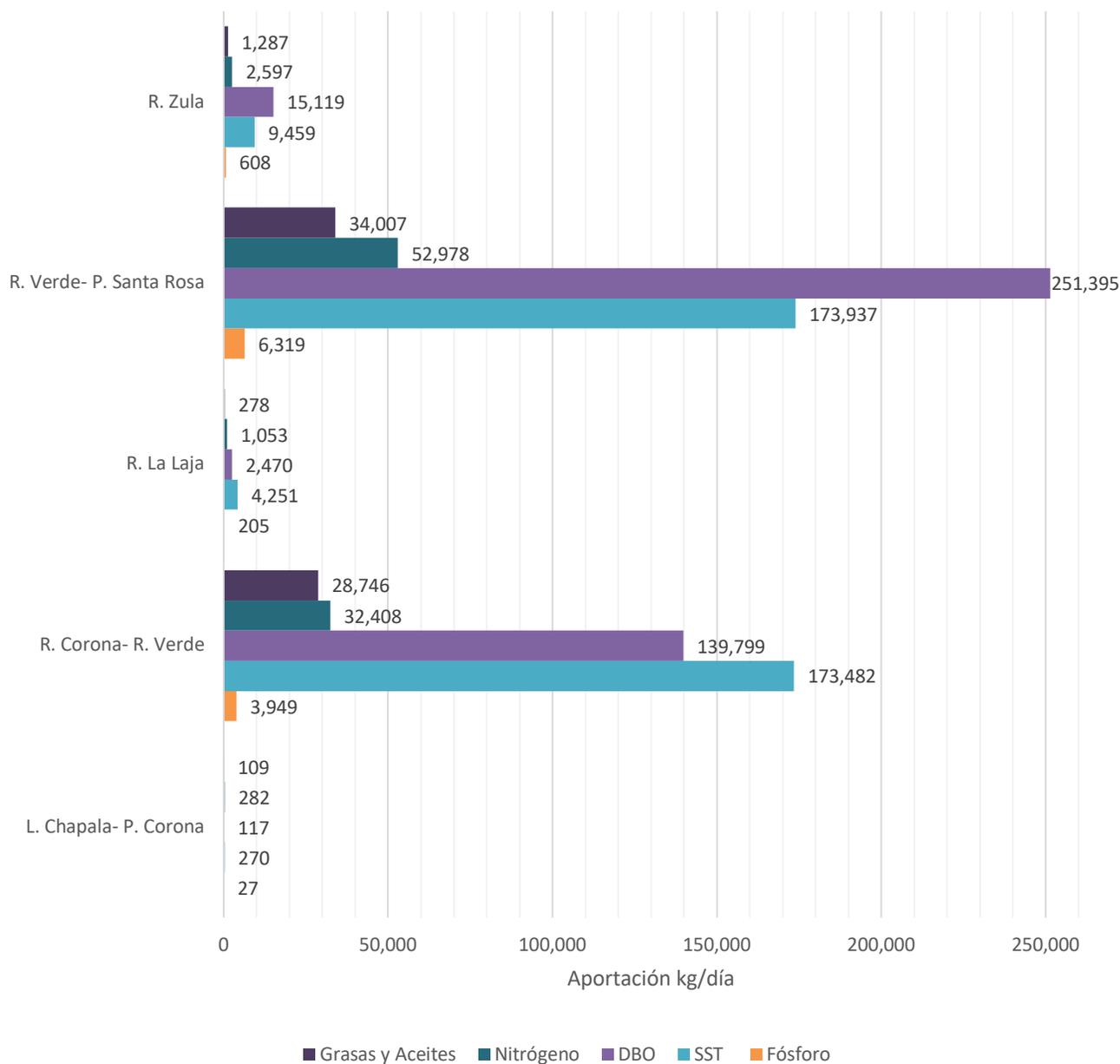


Figura 8-25 Aportación de contaminantes por subcuenca

La población equivalente de las aportaciones de las descargas muestreadas y aforadas, por cada subcuenca se muestra de la **Figura 8-26** a la **Figura 8-30**, la representación por separado permite visualizar las diferencias no observadas en la **Figura 8-25**.

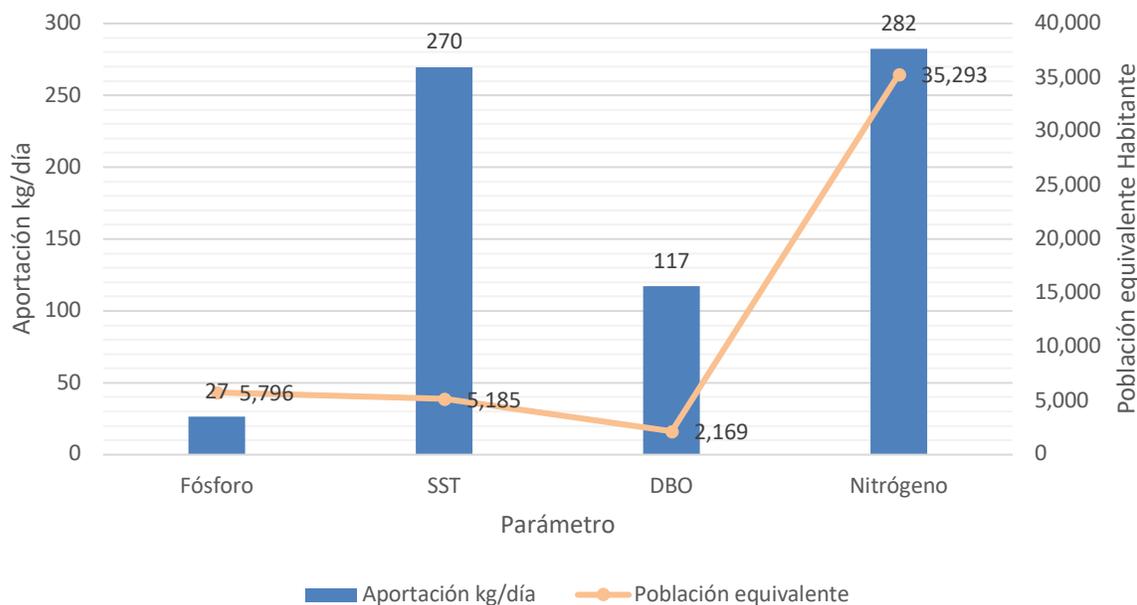


Figura 8-26 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca L. Chapala

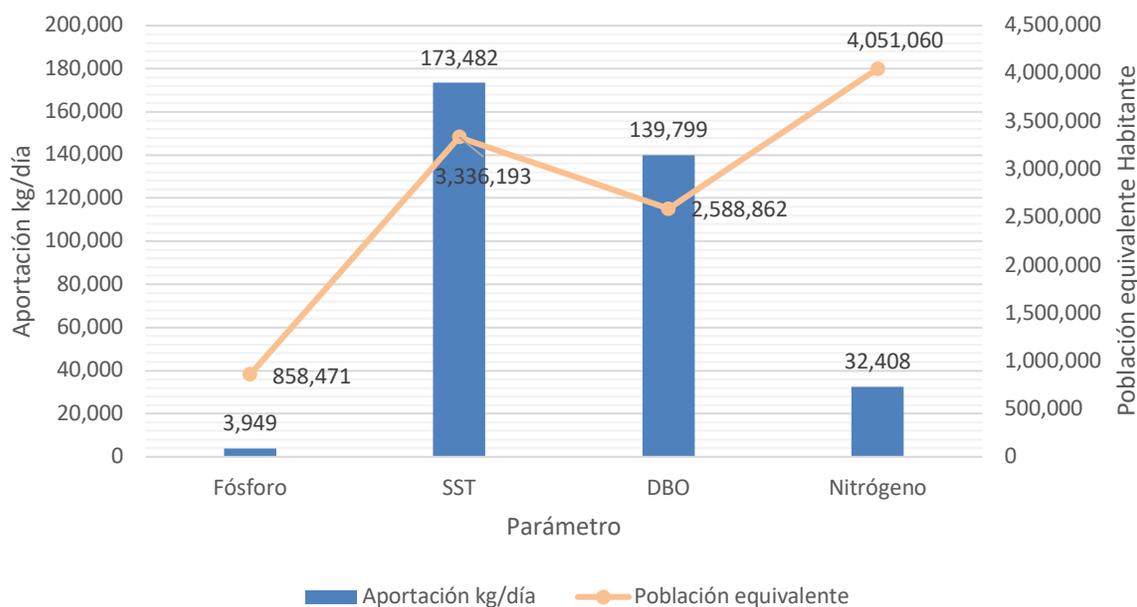


Figura 8-27 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. Corona R. Verde

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

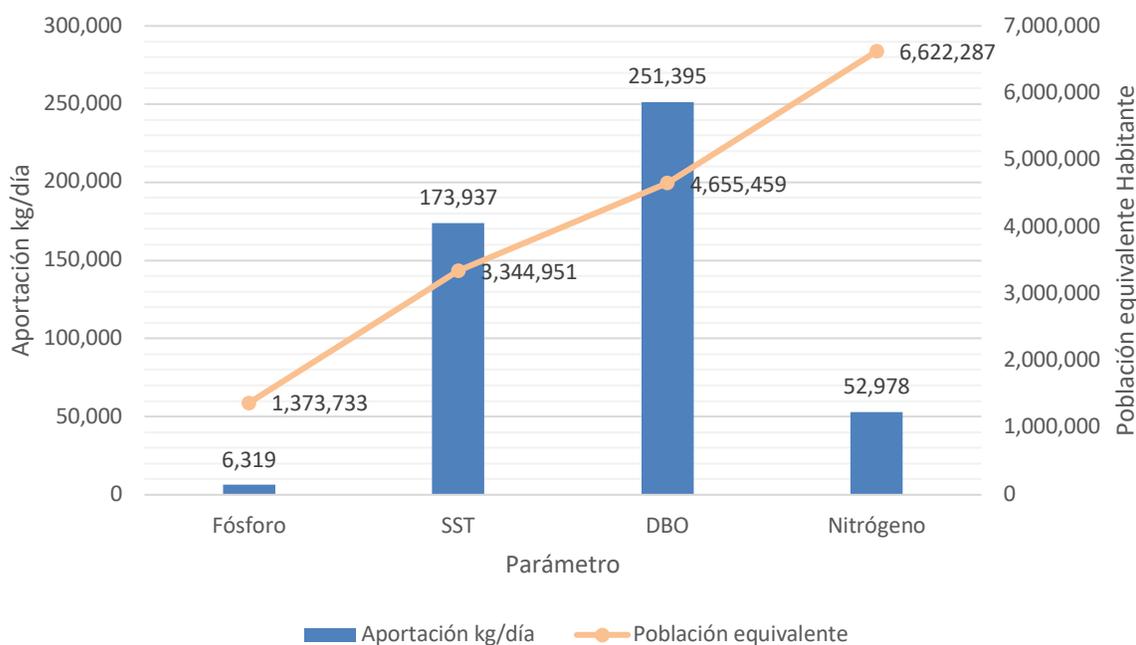


Figura 8-28 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. Verde-P. Santa Rosa

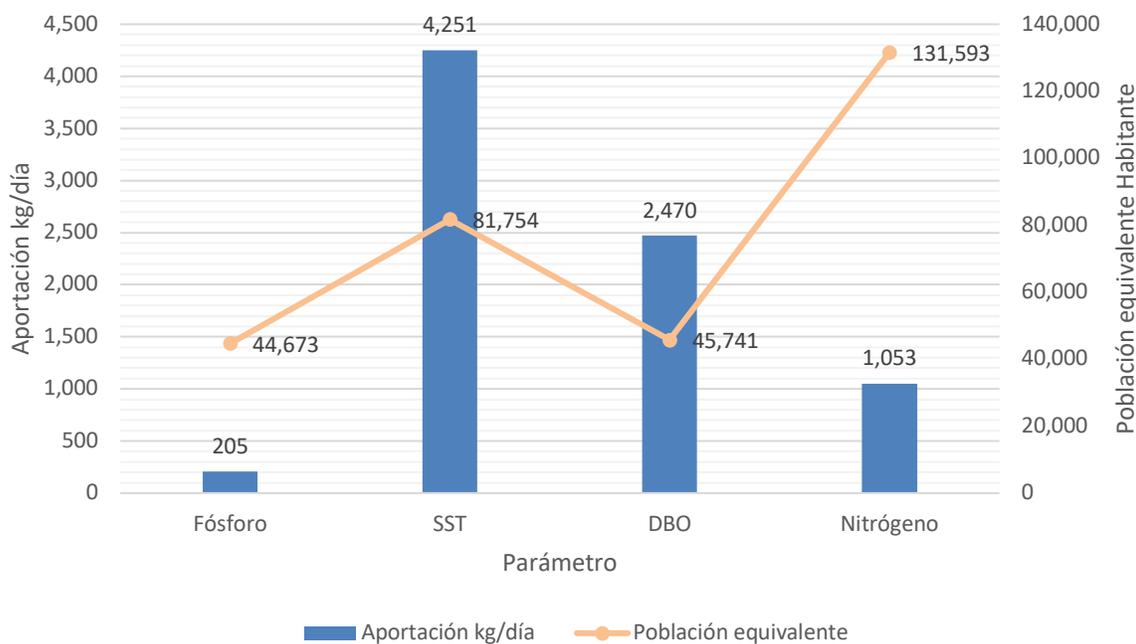


Figura 8-29 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. La Laja

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

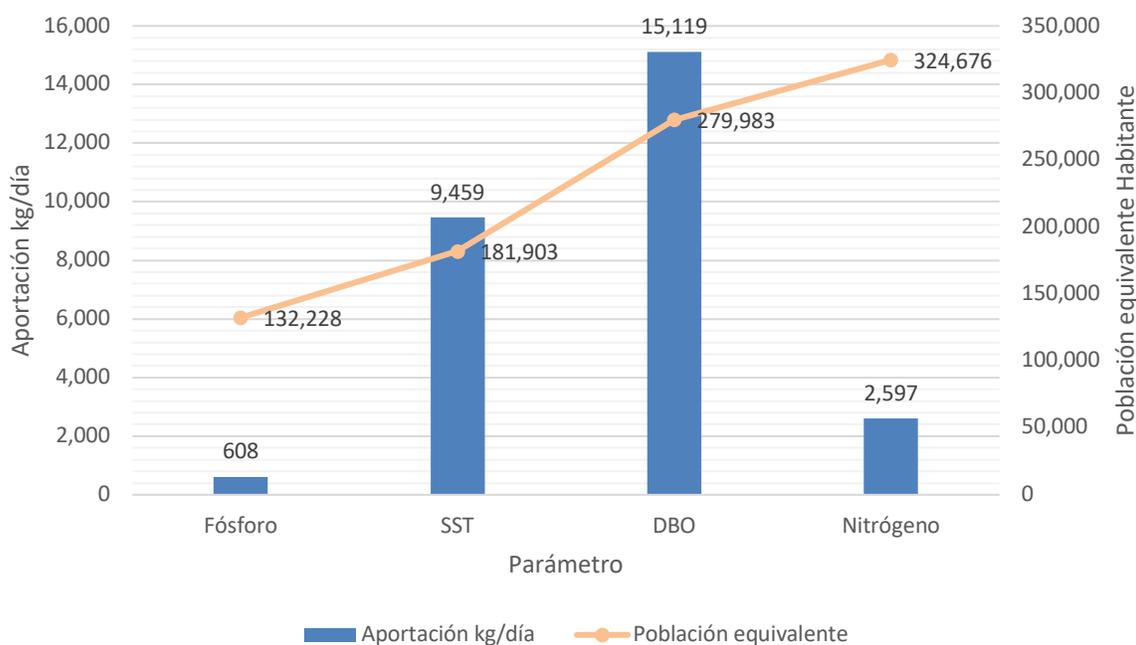


Figura 8-30 Aportación de contaminantes y población equivalente en la Subcuenca R. Zula

En todas las subcuencas, la población equivalente al flujo de las descargas (véase **Tabla 8-30**), supera la población por aportación de contaminantes. Sólo el nitrógeno en la subcuenca R. Verde-P Santa Rosa, no entra en esta descripción. En todas las subcuencas, la aportación de nitrógeno es la que equivale a la descarga de agua residual de más personas. Desde el análisis de concentraciones se observó esta tendencia, el nitrógeno fue de los parámetros que más excedieron los límites máximos permisibles y ahora con la adición de los aforos se confirma el nitrógeno como el contaminante con más impacto entre las descargas aforadas.

El fósforo resultó para todas las subcuencas a excepción de la L. Chapala, el contaminante con menor población equivalente dentro de los muestreos realizados. En comparación contra el nitrógeno, representó como máximo un 40% de la población equivalente del nitrógeno en la subcuenca R. Zula y como mínimo un 16% en la subcuenca L. Chapala.

Los sólidos suspendidos y la demanda bioquímica de oxígeno están a la mitad del rango, en ocasiones es mayor el impacto de la DBO o el de los SST. En aportación general, la DBO y los SST es la mayor en casi todas las subcuencas, y supera por mucho la cantidad aportada del resto de los contaminantes.

El análisis de cargas de contaminantes permite identificar cuáles de las descargas muestreadas tienen un mayor impacto sobre el río, y dónde se encuentran. A continuación, se mencionan las descargas con las aportaciones más grandes por subcuenca, se comenta sobre su origen y su ubicación para establecer las áreas de mayor importancia dentro de cada subcuenca.

En este apartado se hace uso frecuente de la población equivalente por flujo, población que generaría un caudal equivalente de agua residual tomando en cuenta una descarga de 133.7 L/hab-día [4], y la población equivalente por aportación, población que generaría la misma aportación másica con base en los indicadores de la **Tabla 8-31**.

8.7.1 Subcuenca R. Verde-P. Santa Rosa

En la subcuenca R. Verde- P. Santa Rosa se encuentran las descargas muestreadas que aportan la mayor cantidad de contaminantes del estudio, ya que corresponden a las descargas más caudalosas de la AMG. Las actividades en esta subcuenca no fueron evaluadas en la **Sección 7** (Visitas a las 510 UE) pues no se visitaron UE en esta zona, sin embargo, en algunos casos se tomaron muestras.

Las 12 descargas aforadas de esta subcuenca (**Tabla 8-30**), corresponden a descargas de fraccionamientos, de colectores municipales y de plantas de tratamiento. Cuatro descargas son responsables de aproximadamente el 85% de la carga de todos los contaminantes, que corresponden a descargas municipales y otra corresponde a una planta de tratamiento, sus resultados se muestran en la **Tabla 8-33**.

Tabla 8-33 Aportación kg/día de los muestreos con más impacto en la Subcuenca R. Verde- P. Santa Rosa

ID muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
129	2932	1,507	40,529	47,115	12,615
130	605	752	20,639	22,991	6,113
131	3111	2,277	64,512	127,948	18,225
135	1981	712	21,737	19,512	9,157

La población equivalente por la aportación de estas tres descargas se muestra en la **Figura 8-31**.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

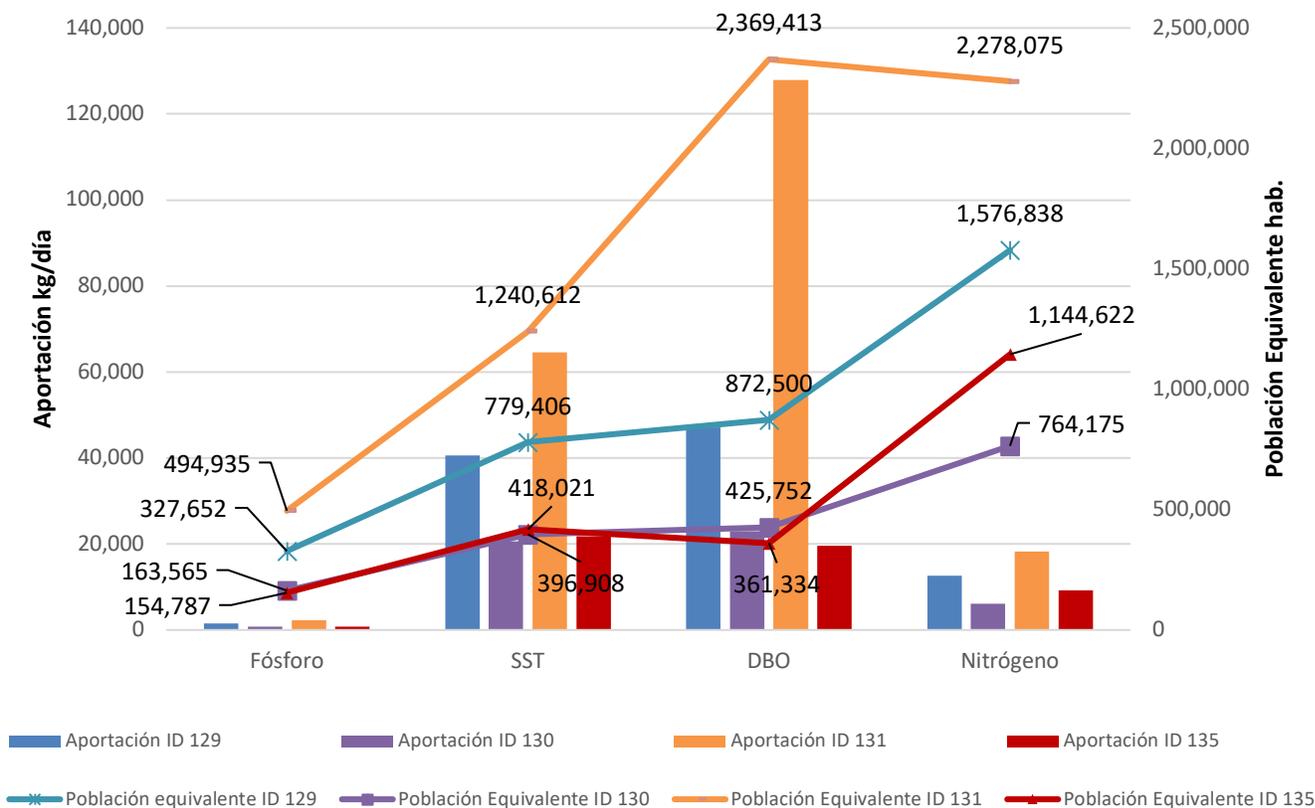


Figura 8-31 Aportación de contaminantes y población equivalente en los muestreos con ID 129,130 y 131 Subcuenca R. Verde- P Santa Rosa

El ID 131 es la descarga con más aportación de todo el estudio, tiene un flujo de 3,111 L/s. El ID 129 con el segundo lugar de aportación de contaminantes, tiene un flujo similar de 2,931 L/s, pero tiene concentraciones de contaminantes considerablemente menores. Los ID 130 y 135 aportan casi la misma cantidad de contaminantes, sin embargo, el efecto del tratamiento de agua se observa al comparar que el flujo del ID 130 es de 604 L/s mientras el flujo del ID 135 es de 1,981 L/s.

Estas dos descargas, junto al ID 130 se encuentran en un mismo punto, y descargan al río San Juan de Dios, en la **Figura 8-24** se puede distinguir su ubicación pues son los únicos puntos rojos en todo el mapa. Alrededor de estos muestreos se encuentran descargas varias sin tratamiento, esta zona es discutida más adelante.

8.7.2 Subcuenca R. Corona- R. Verde

La subcuenca R. Corona-R Verde tiene aportaciones relevantes, aunque la aportación de contaminantes es menor que la subcuenca R. Verde- P. Santa Rosa, salvo para los sólidos suspendidos, donde ambas tienen prácticamente el mismo valor. En el caso de esta subcuenca, los ID de muestreo 86, 101, 105 y 106 acumulan aproximadamente el 55% de la aportación de todos los contaminantes, sus resultados se muestran en la **Tabla 8-34**. Los cuatro corresponden a descargas municipales.

Tabla 8-34 Aportación kg/día de muestreos con más impacto en la Subcuenca R. Corona- R. Verde

ID muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
105	125	113	4637	13513	1064
106	140	131	5,730	15,549	1,175
101	1624	1,501	65,955	63,008	12,615
86	994	534	7476	5637	3,145

Los muestreos con ID 86, 105 y 106 descargan al arroyo de El Ahogado, la descarga ID 101 se ubica al norte del AMG con destino a la Barranca de Huentitán. La población equivalente de los muestreos se presenta en la **Figura 8-32**. En el caso de los ID 105 y 106 se comportan de manera muy similar, por lo que la etiqueta de datos de población es un aproximado para ambos.

Los ID de muestreo 105 y 106 se presentaron en el análisis de concentración de las descargas municipales, ambos son muy parecidos en composición, presentan, en promedio, una DBO de 1250 mg/L, SST 475 mg/L, nitrógeno 98 mg/L y fósforo 10.5 mg/L, tienen un caudal de 125 y 140 L/s respectivamente. Alrededor de estos muestreos se encuentran numerosas descargas sin tratamiento, que no todas fueron muestreadas en este estudio, esta zona es discutida más adelante.

El ID de muestreo 86 no tiene concentraciones particularmente altas, sin embargo, tiene un caudal de 994 L/s, este caudal inusualmente alto puede deberse a la interferencia en la medición de algún factor externo, la presencia de escurrimiento pluvial o puede tratarse de la derivación de alguna planta de tratamiento, mezclada con aguas residuales crudas.

El ID 101 es una descarga municipal proveniente del AMG, muy cercana a las descargas 129, 130 y 131, pero se encuentra dentro de la subcuenca R. Corona- R. Verde. Esta descarga se asemeja a un agua residual de concentración alta, y tiene un caudal de 1624 L/s, la aportación de esta descarga es la mayor de los muestreos de la subcuenca.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

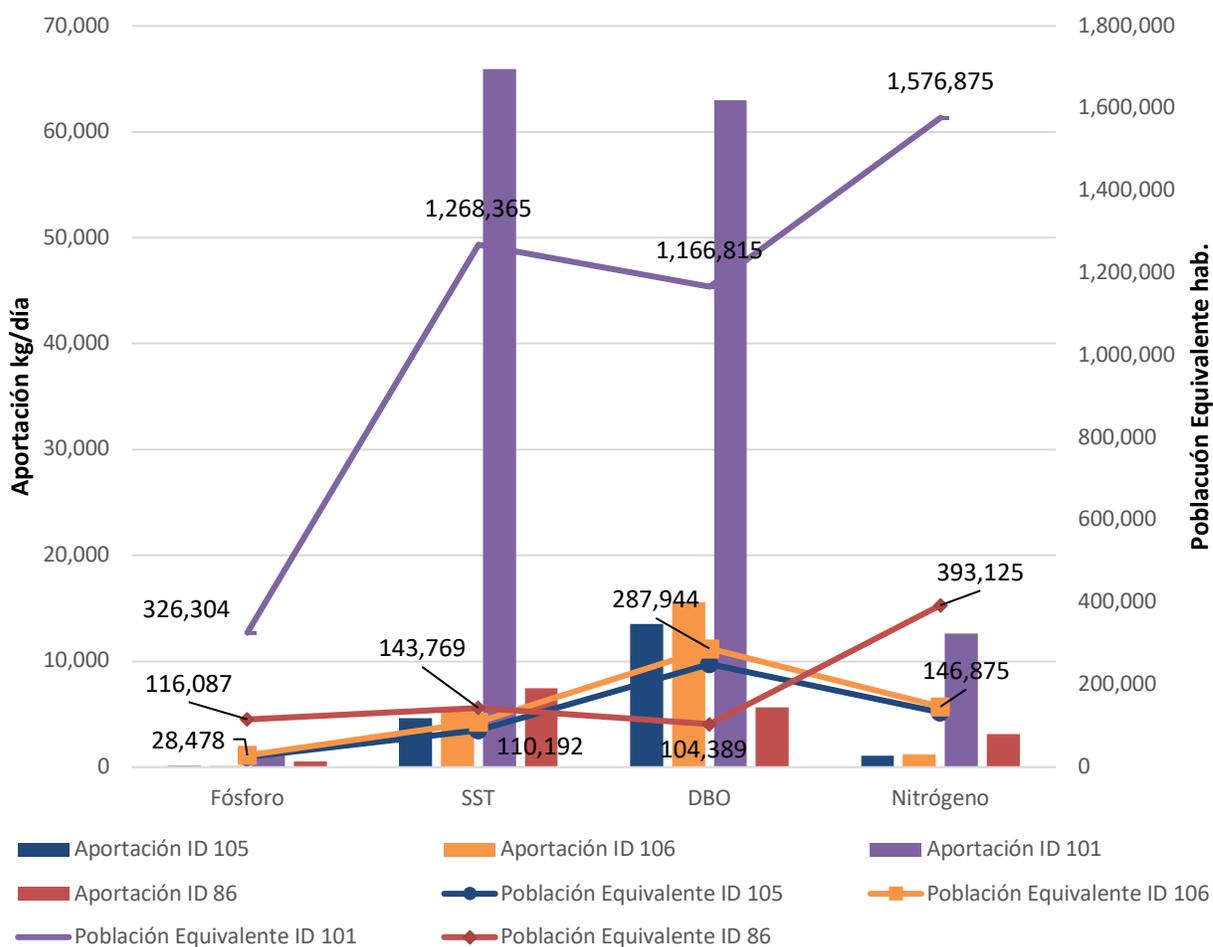


Figura 8-32 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 105, 106 y 101 Subcuenca R. Corona- R. Verde

La subcuenca R. Corona- R Verde se identificó como de prioridad en el análisis de la Sección 7 por la gran presencia de industrias manufactureras y de cría y explotación de animales. Los obstáculos mencionados en esa sección, sobre todo relativos a las pocas unidades económicas con descargas a cuerpos receptores, hicieron que no fuera posible muestrear algunas empresas de la zona, aun así, se realizaron 10 aforos a UE, los tres muestreos con más aportación de contaminantes se muestran en la **Tabla 8-35**. Ninguno de estos muestreos representa una carga de contaminantes significativa, en comparación al resto dentro de esta subcuenca.

Tabla 8-35 Aportación kg/día de muestreos relacionados a unidades económicas en la Subcuenca R. Corona R. Verde

ID muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
12	6	0.1	32.5	158.9	347.7
38	6.8	4.8	88.1	152.2	34.3
62	17.8	6.9	50.6	24.9	48.6

El ID de muestreo 12, que pertenece a la industria química, es el que aporta la mayor cantidad de nitrógeno y materia orgánica en forma de DBO, sus resultados se muestran en la **Tabla 8-35**. El nitrógeno resultó con una aportación de 347.7 kg/día, el doceavo más alto de la subcuenca y equivalente a 43,500 personas, esto contrasta contra el flujo relativamente pequeño, que equivale al flujo de agua residual generado por 4000 personas. Esta descarga llega a la red de la CEA, por lo que su impacto se ve disminuido al ser conducida a una planta de tratamiento.

Las muestras con ID 38 y 62 provienen de descargas de fraccionamientos. La descarga de ID 38 resulta similar a un agua residual doméstica de concentración media. A pesar de ser menos flujo que la muestra de ID 62, aporta más contaminantes. Esto se debe a que el ID 62 cuenta con tratamiento de aguas residuales. Los flujos del resto de los muestreos relacionados a una UE varían de 0.73 a 6.8 L/s. Las cargas no figuran como las más importantes de la subcuenca. En todos los muestreos de este grupo, la población equivalente por la aportación de nitrógeno es mayor que la de los demás contaminantes.

En toda la subcuenca R. Corona- R. Verde, casi todos los escurrimientos se unen al río Santiago antes del Salto de Juanacatlán, como se observa en la **Figura 8-33**, se debe tomar en cuenta que los escurrimientos mostrados pudieran variar por la infraestructura existente.

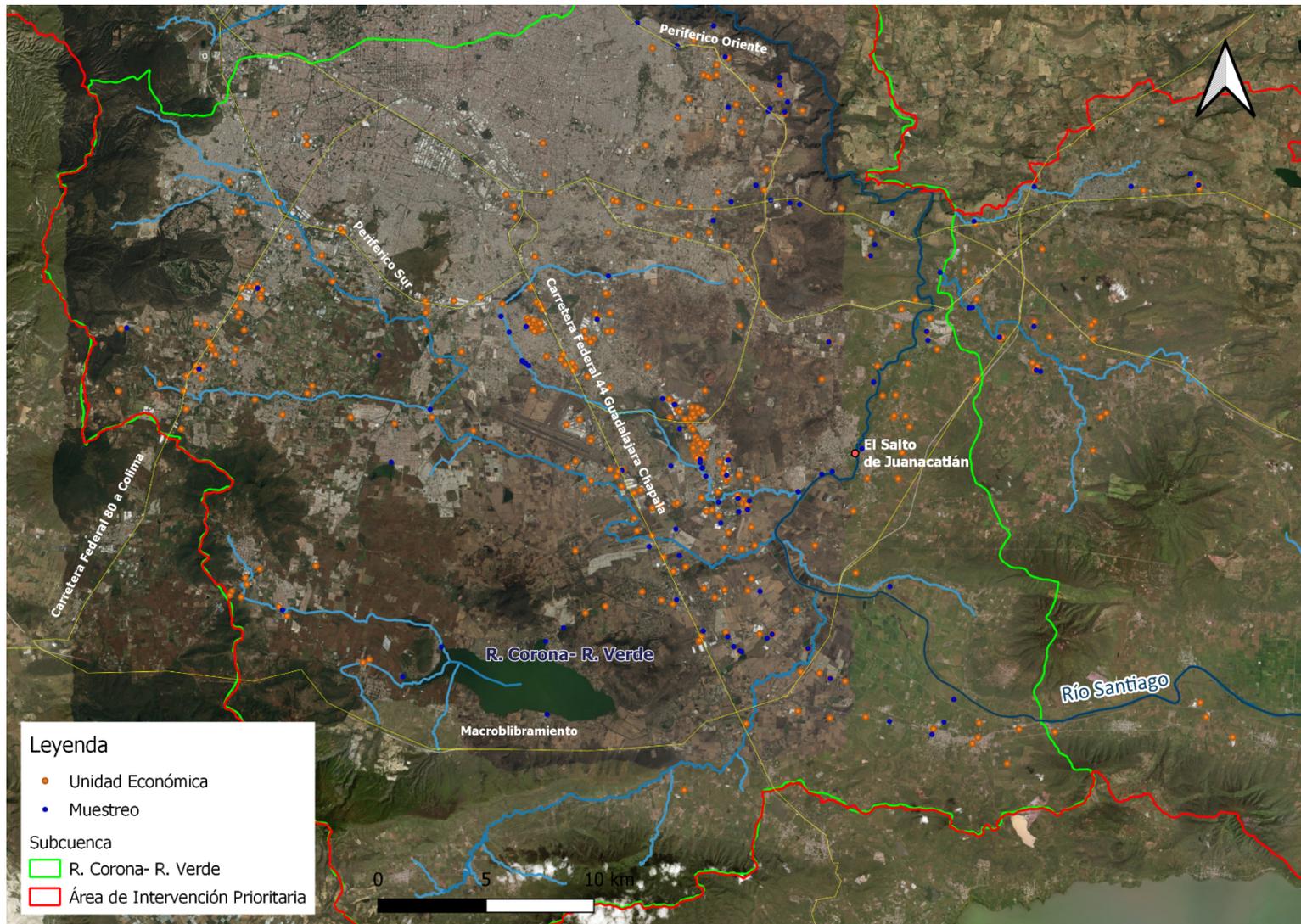


Figura 8-33 Confluencia de escurrimientos con el río Santiago

8.7.3 Subcuenca R. Zula

La subcuenca R. Zula ocupa el tercer lugar en aportación de contaminantes de las 5 subcuencas analizadas, aunque se encuentra muy por debajo de la carga aportada por las dos ya mencionadas. En esta subcuenca los contaminantes se ven dispersados en diferentes descargas, que se presentan en la **Tabla 8-36**.

Tabla 8-36 Aportación kg/día de muestreos con más impacto en la Subcuenca R. Zula

ID muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
50	28.9	218.5	2,684.2	694.2	594.3
51	29.82	223.9	2,769.7	721.4	680.2
148	24.37	5.9	562.2	1,044.4	44.6
150	56.32	6.9	671.5	1,600.9	208.3
83	320.8	95.9	1,200.2	1,931.9	651.4
46	18.8	14.1	316.7	7,447.5	33.9

Las aportaciones y la población equivalente se muestran en la **Figura 8-34** y **Figura 8-35**, la información se divide por la variedad de descargas, pero se conserva el mismo rango y tamaño de gráfico para poder compararlas entre sí. La población equivalente del ID 50 y 51 es muy similar, el valor mostrado es un aproximado para ambos.

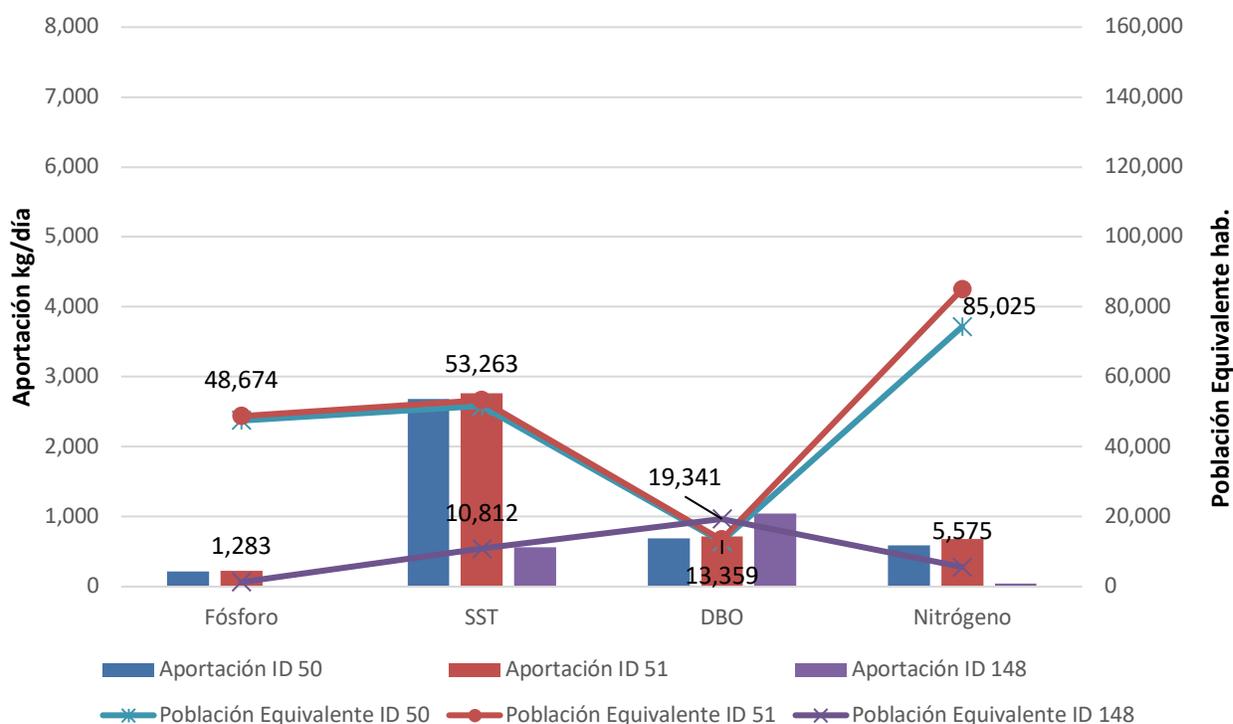


Figura 8-34 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 50, 51 y 148 Subcuenca R. Zula

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

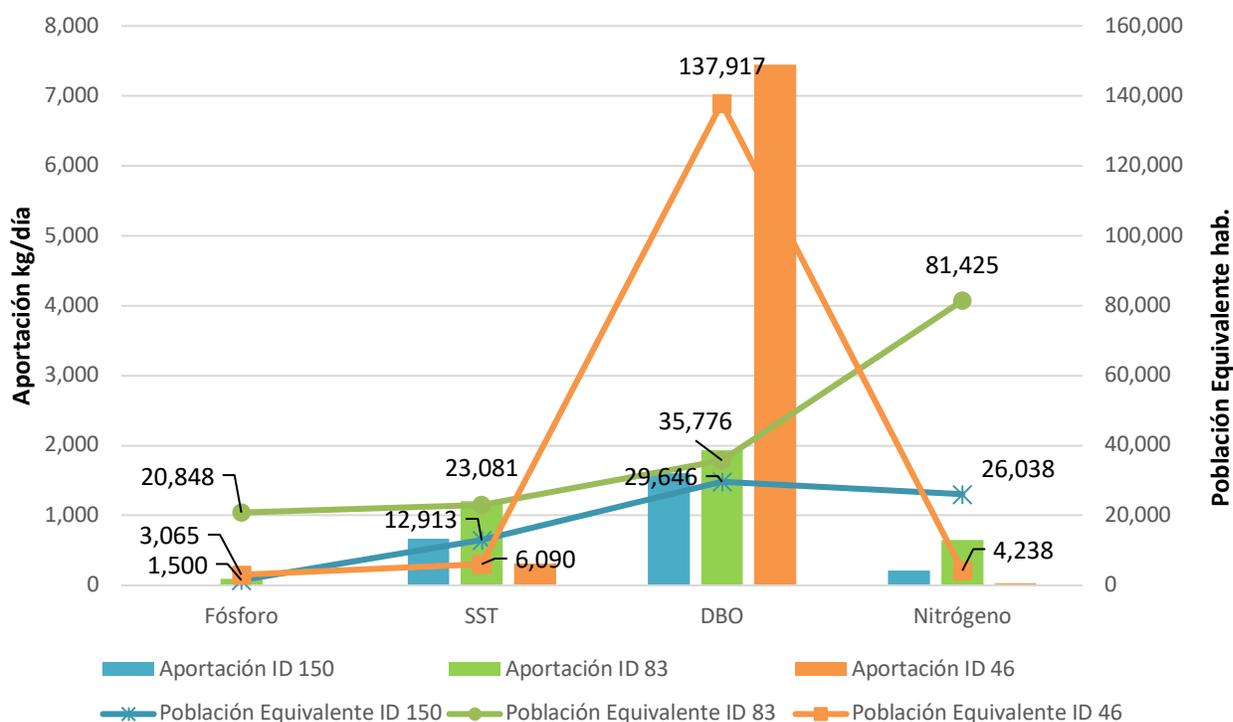


Figura 8-35 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 150, 83 y 46 Subcuenca R. Zula

Los muestreos con ID 50 y 51 tienen la aportación máxima de fósforo, SST y nitrógeno de las descargas de la subcuenca. Estos dos muestreos fueron comentados en el apartado de la industria alimentaria, aunque se sospecha que pudieran provenir de granjas, lo que va de acuerdo con las altas aportaciones de nitrógeno y fósforo observadas. Sin embargo, la aportación de DBO no parece ir de acuerdo con la del resto de los componentes. Revisando las concentraciones del muestreo, se observa que se tiene una relación DBO/DQO de 0.13, siendo la mínima para efluentes domésticos de 0.3. Esto apunta a que la descarga pudo haber pasado por un tratamiento de agua, que bajara la materia orgánica pero que éste no remueve nutrientes.

El caudal de alrededor de 29 L/s para cada uno de los muestreos con ID 50 y 51 equivale al flujo de agua residual generado por 19,000 personas. El contaminante con más impacto de estos muestreos es el nitrógeno, que equivale, aproximadamente, a la aportación de 85,000 personas, el fósforo y los SST equivalen a la aportación de aproximadamente 50,000 personas.

El ID de descarga 148 corresponde a una descarga municipal, destaca en su aportación de DBO, la cuarta más alta de la subcuenca. El ID 150 corresponde a una planta de tratamiento, aporta un poco más de contaminantes que el ID 148, pero tiene más del doble de flujo, aun así, la planta no opera correctamente, pues cuenta con una concentración de 329 mg/L de DBO, 42.8 de Nitrógeno y 138 de SST, todos por encima de los LMP para descargas a cuerpos receptores.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

En la muestra con ID 83, que se mencionó con anterioridad, los contaminantes aportados se deben al flujo de la descarga, el más alto de la subcuenca. El ID 46 representa la mitad de la aportación de DBO de las descargas muestreadas. El flujo de la descarga es equivalente al flujo de agua residual generado por 12,000 personas, la aportación de DBO es equivalente a 137,000 personas.

Aunque no se tiene certeza sobre el origen de las descargas mencionadas anteriormente, su aportación tan alta sugiere presencia de descargas industriales. La subcuenca R. Zula fue marcada como de prioridad en la **Sección 7** por la presencia de industrias manufactureras, entre ellas la alimentaria y tequilera, y de cría y explotación de animales.

Se realizaron aforos a 3 UE dentro de esta subcuenca, el ID 31, 35 y 44. Los tres muestreos resultaron con aportaciones relativamente pequeñas para el resto de las descargas de la subcuenca. De relevancia sólo está el muestreo con ID 35, cuyas concentraciones se encuentran fuera del LMP, pero tiene poco caudal, lo que provoca que su impacto no sea significativo en comparación con el resto de las descargas.

8.7.4 Subcuenca L. Chapala- R. Corona

Se realizaron sólo 5 aforos en esta subcuenca, es la subcuenca cuyos muestreos aportan la menor cantidad de contaminantes dentro de las unidades de estudio. La aportación más grande de contaminantes viene del muestreo ID 67, que también es el muestreo con más flujo de descarga.

Dos unidades económicas de gran potencial contaminante se muestrearon en esta zona, el ID de muestra 6 y 32, sus resultados junto a los resultados del ID 67 se muestran en la **Tabla 8-37**. En la **Figura 8-36** se presenta la población equivalente de estos tres muestreos, en los casos donde la población es muy similar, el valor presentado es un aproximados de los puntos que se presentan. La aportación de contaminantes de todas las descargas es relativamente menor, aunque se presenta excedencia de nitrógeno, como con la mayoría de las descargas.

Tabla 8-37 Aportación kg/día de muestreos relacionados con unidades económicas en la Subcuenca L. Chapala- R. Corona

ID muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
6	11.5	0.2	7.0	2.5	22.3
32	10.3	10.7	16.0	2.2	25.2
67	190.1	10.9	197	36.3	193.8

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

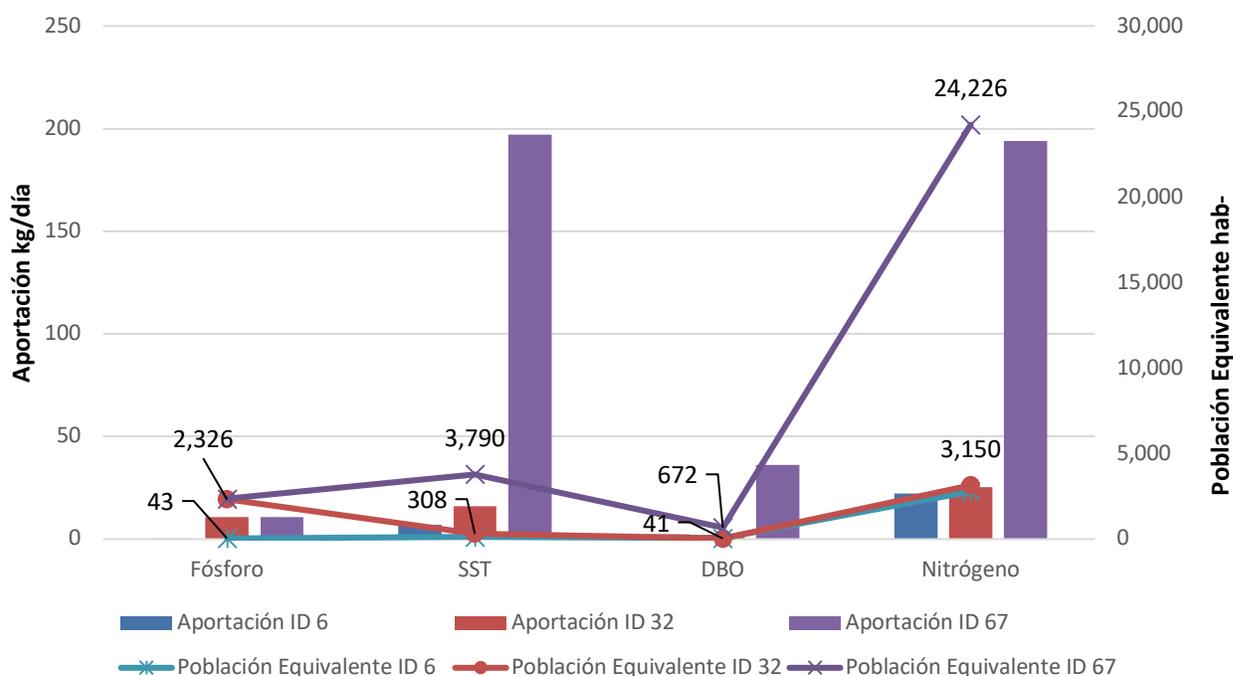


Figura 8-36 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 6, 32 Y 67 Subcuenca L Chapala- R. Corona

Como se puede observar, ninguno de los muestreos aporta una cantidad significativa de contaminantes, en comparación con las otras subcuencas.

8.7.5 Subcuenca R. La Laja

La subcuenca R. La Laja tiene aportaciones poco relevantes en comparación a las otras subcuencas. Entre los ID 73 y ID 26 aportan del 60 al 80% de los contaminantes de la subcuenca, el ID 73 es también el que tiene el mayor flujo, los resultados de ambos se presentan en la **Tabla 8-38**. En la **Figura 8-37** se presenta la población equivalente y la comparación entre los dos muestreos.

Tabla 8-38 Aportación kg/día de muestreos con más impacto en la Subcuenca R. La Laja

ID muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
73	222.4	116.3	1,056.8	1,437.3	480.4
26	3.82	21.0	1,460.5	642.9	69.6

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

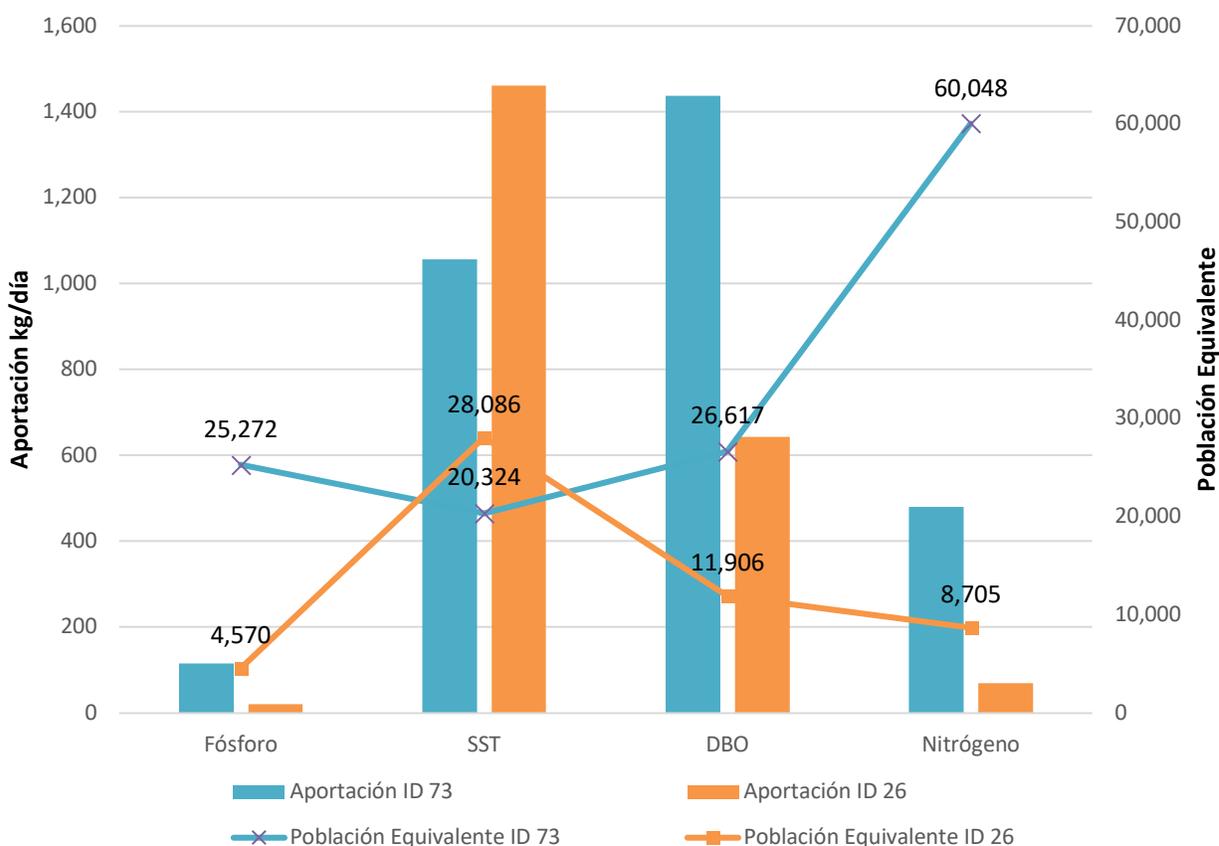


Figura 8-37 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos con ID 73 y ID 26 Subcuenca R. La Laja

Ambos muestreos representados en la **Figura 8-37** corresponden a descargas de tipo municipal, del ID 73 se sospechaba su pertenencia a la industria de las bebidas y del tabaco, pero el caudal manejado y la concentración de contaminantes no confirman esta suposición. El caudal equivale a lo que generarían 143,000 personas, la aportación más significativa de esta descarga es la del nitrógeno, que equivale a la aportación de 60,000 personas.

El ID 26 se presentó en la sección de análisis de concentración de descargas municipales y de metales, como una descarga de atención pues excede todos los límites permisibles para contaminantes básicos, además de exceder los límites para cromo, níquel y mercurio. El flujo de esta descarga es relativamente pequeño, es equivalente a la descarga de 2,400 personas, pero los contaminantes exceden este valor. Así, los SST es equivalente a la aportación de 28,000 personas, la de DBO a 11,000 personas y la de nitrógeno a 8,705 personas.

Se aforaron 5 descargas provenientes de una unidad económica, 3 de la actividad de **Cría y explotación de animales**, ID muestra 53, 54, 55, una de la industria de las bebidas y del tabaco, ID de muestra 33, y una de comercio al por menor de partes y refacciones de automóviles, ID de muestra 19. Sus resultados se muestran en la **Tabla 8-39**.

Tabla 8-39 Aportación kg/día de muestreos relacionados con unidades económicas en la Subcuenca R. La Laja

ID muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
19	1.09	0.3	3.5	31.3	3.6
33	6.8	1.3	15.3	2.3	6.5
53	0.55	29.4	1,093.0	153	194
54	0.15	1.5	63.2	10.9	12.0
55	1.8	8.8	236	43.7	178

Los caudales de las descargas relacionadas con unidades económicas son relativamente bajos, esto hace que la cantidad de contaminantes aportados no figuren en el análisis. Aun así, destacan las proporciones de contaminantes en los muestreos que pertenecen a la actividad de *Cría y explotación de animales*. La población equivalente por aportación de estos muestreos se presenta en la Figura 8-38, la población equivalente por flujo para los ID 53, 54 y 55 es de 355, 97 y 1,160 personas respectivamente.

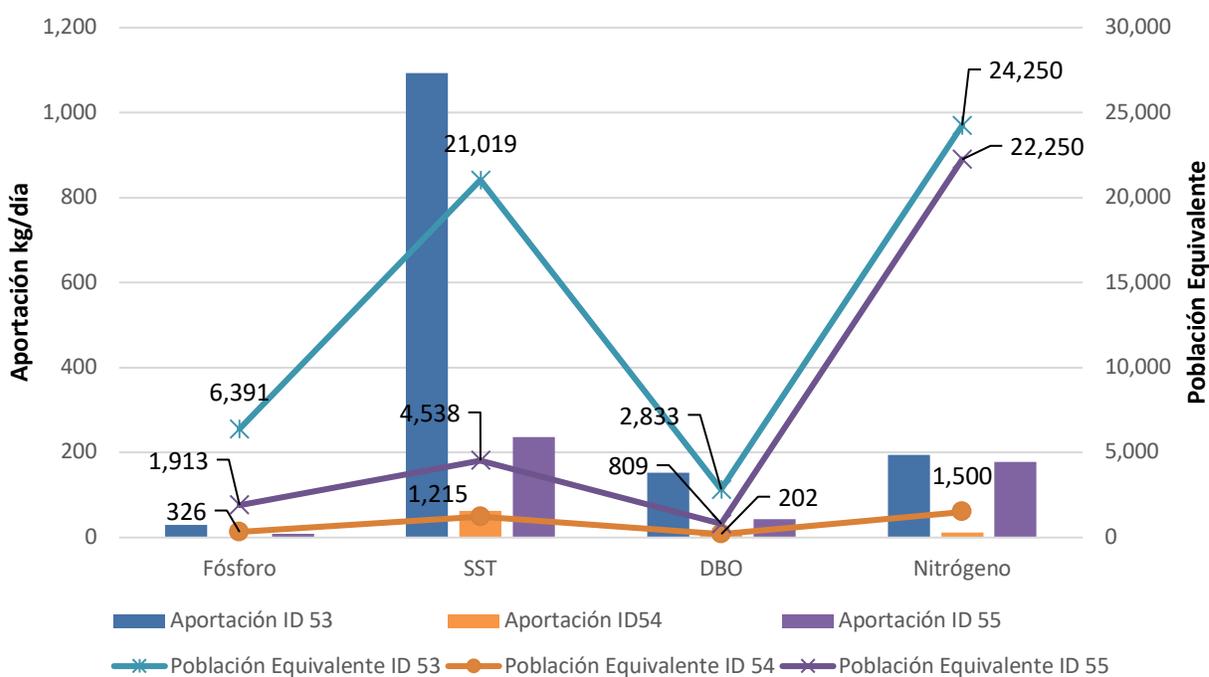


Figura 8-38 Aportación de contaminantes y población equivalente en muestreos relacionados con la Cría y Explotación de Animales en la Subcuenca R. La Laja

8.8 ZONAS DE ATENCIÓN PRIORITARIA

Con base en la información expuesta hasta ahora se presentan a continuación, las zonas de atención que se consideran como prioritarias dentro del AIP. Estas zonas se caracterizan por la presencia de unidades económicas con descargas potencialmente contaminantes o la presencia de numerosas descargas sin tratamiento a cuerpos receptores superficiales. Se establecieron 8 zonas sobre el AIP que se presentan en la **Figura 8-39**, cada zona presenta particularidades encontradas durante la realización y análisis de la campaña de visitas a las 510 UE y/o el muestreo de las 150 descargas y se describen brevemente en los siguientes apartados.

Para la identificación de las *Zonas de Atención Prioritaria ZAP* se partió de dos bases: las descargas más relevantes por subcuenca mencionadas en la sección anterior y las zonas que concentran la mayor cantidad de descargas sin tratamiento. Con ayuda de un *Sistema de Información Geográfica* (SIG) se ubicó cada descarga y a continuación se realizó una inspección de las zonas aledañas a dichas descargas para identificar un patrón en su descarga. Los patrones observados entre las descargas fueron: que se encontraran en una misma zona geográfica (Barranca de Huentitán), que descargaran al mismo cauce (Arroyo de El Ahogado), que pertenecieran a la misma actividad de origen (Fraccionamientos Ixtlahuacán Tlajomulco), que pertenecieran a descargas provenientes de una cabecera municipal (Arandas, Atotonilco, Tonalá) o que se encontraran en zonas aledañas a descargas con concentraciones elevadas de contaminantes o con caudales relativamente grandes (Zona Norte AMG, Zapotlanejo-Tototlán).

Los polígonos representativos de las ZAP mostrados en la **Figura 8-39**, se elaboraron manualmente para incluir las descargas con algún patrón encontrado, y tienen como objetivo ser el primer paso a la determinación específica de estas zonas de atención. Las zonas de atención prioritaria son aproximadas y será fruto de análisis más profundo definir con precisión su delimitación geográfica.

Solamente la zona *Zapotlanejo Tototlán* no está delimitada para incluir las descargas encontradas. Las descargas en esta zona son pocas, pero, por lo observado durante la realización del proyecto, dentro de estos municipios se encuentra una importante cantidad de unidades económicas dedicadas a la *cría y explotación de animales*. Siendo que esta actividad económica fue poco representada en los muestreos del proyecto, la ZAP correspondiente a *Zapotlanejo Tototlán* es más un indicador aproximado de la zona donde debería emprenderse una campaña de proyecto más extensiva y focalizada a analizar el impacto de las granjas de animales en la calidad del río, partiendo de caracterizaciones de las descargas vertidas.

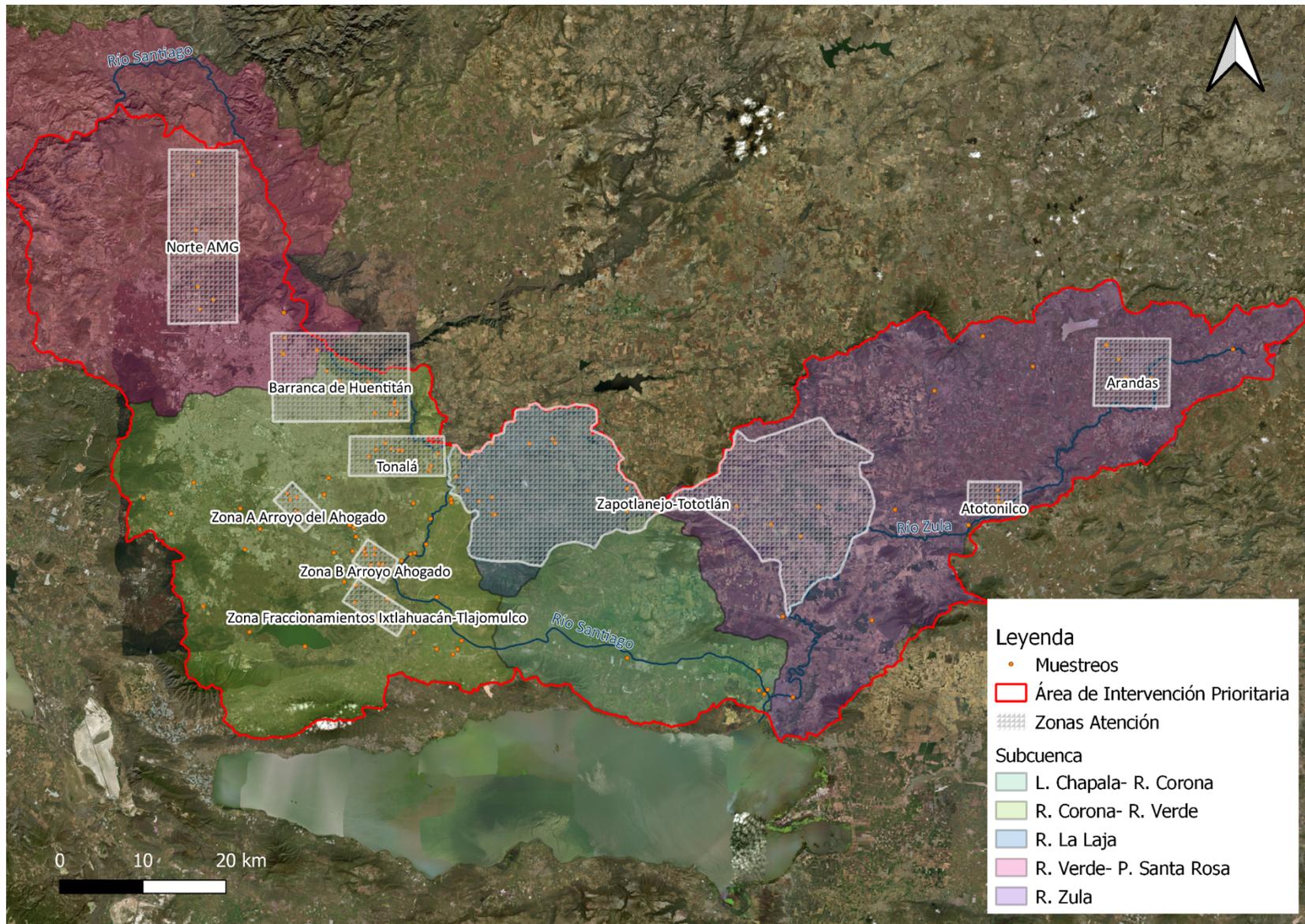


Figura 8-39 Zonas de Atención Dentro del AIP

8.8.1 Zona Arroyo de El Ahogado

Esta zona comprende el arroyo de El Ahogado que transcurre aguas arriba y debajo de la presa del mismo nombre. El Arroyo de El Ahogado es en distintas partes la división entre Tlajomulco de Zúñiga y El Salto. La zona se divide en dos partes, aguas arriba de la presa de El Ahogado, la zona A, y aguas debajo de la misma, la zona B.

Entre ambas zonas se tiene la información relativa a 23 análisis y aforos, sin embargo, se tienen presentes descargas de unidades económicas con destino final a la red CEA, o descargas que llevan a cabo algún tratamiento. Tomando en cuenta solamente las descargas a cuerpo receptor y sin tratamiento se tienen 9 descargas en la zona A 7 descargas en la zona B.

La mayoría de las unidades económicas visitadas en esta zona se encuentran al este del Arroyo de El Ahogado, donde se encuentra el corredor industrial de El Salto. Las descargas de la zona provienen de colectores municipales y fraccionamientos y descargan al margen izquierdo y derecho del arroyo, en la zona A se presentan concentraciones de contaminantes mayores que en la zona B. La **Figura 8-39** permite observar las áreas urbanas y la concentración de unidades económicas visitadas.

De las 116 unidades económicas visitadas en El Salto el destino final de descarga fue la red municipal en 34 ocasiones, el riego en 16 y sólo 9 a cuerpos receptores superficiales. Por la presencia de las descargas sin tratamiento en el arroyo, la densidad de unidades económicas visitadas y la cantidad de estas con destino final a red municipal, existe la posibilidad de que se encuentren descargas de unidades económicas que deberían ser conducidas a plantas de tratamiento, pero que en su lugar terminan en el cuerpo de agua. Este podría ser el caso de la zona A y explicaría los muestreos anormalmente altos.

La aportación total de estos muestreos se muestra en la **Tabla 8-40** junto a su participación en la aportación total de las descargas aforadas y muestreadas en el AIP. En la **Figura 8-40** se presenta la población equivalente por aportación de contaminantes. En la **Figura 8-41** y **Figura 8-42** se muestra la ubicación de los muestreos de la zona y su aportación de DBO, aunque se presentan todos los muestreos, los considerados en la **Tabla 8-40** son sólo los mencionados en párrafos anteriores.

y

Tabla 8-40 Aportación Total de Muestreos en Zona Arroyo de El Ahogado

Locación/ Parámetro	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
Zona Arroyo del Ahogado	2,174	1,248	41,651	53,802	10,304
Porcentaje de aportación al AIP	12%	11%	11%	13%	11%

Este caudal de agua residual representa una carga importante de contaminantes en el arroyo que causa el agotamiento de oxígeno derivado de la degradación de la materia orgánica y que llega en condiciones anaerobias al río Santiago. Este punto de confluencia se encuentra a aproximadamente 4.5 km del Salto de Juanacatlán, **Figura 8-43**. Estas descargas podrían ser conducidas a una planta de tratamiento, que pudiera ser el Ahogado ya que se encuentra a sólo 5 km del puente de la Carretera a Chapala.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

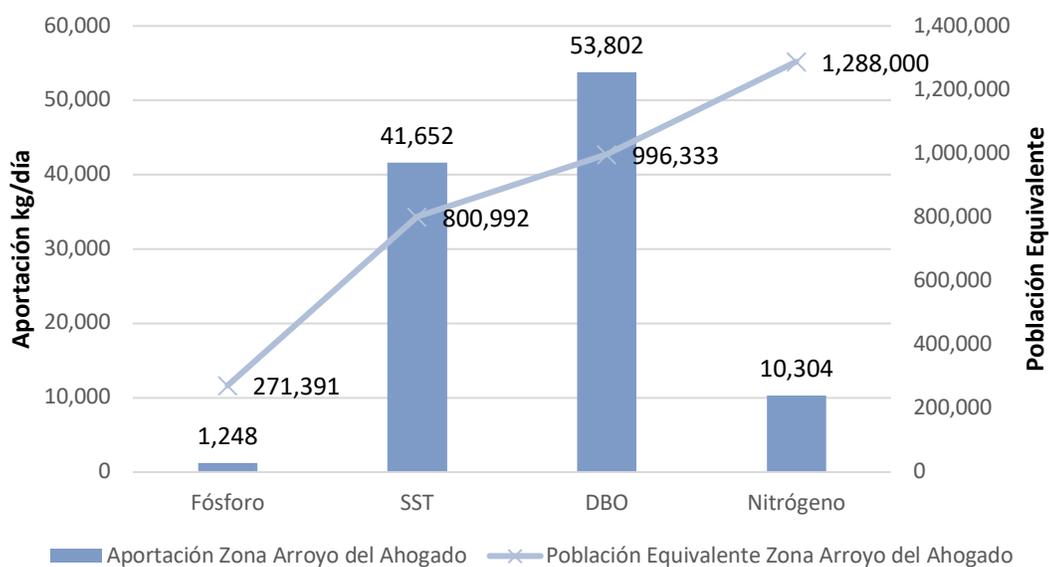


Figura 8-40 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Arroyo de El Ahogado



Figura 8-41 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos Zona A Arroyo de El Ahogado

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

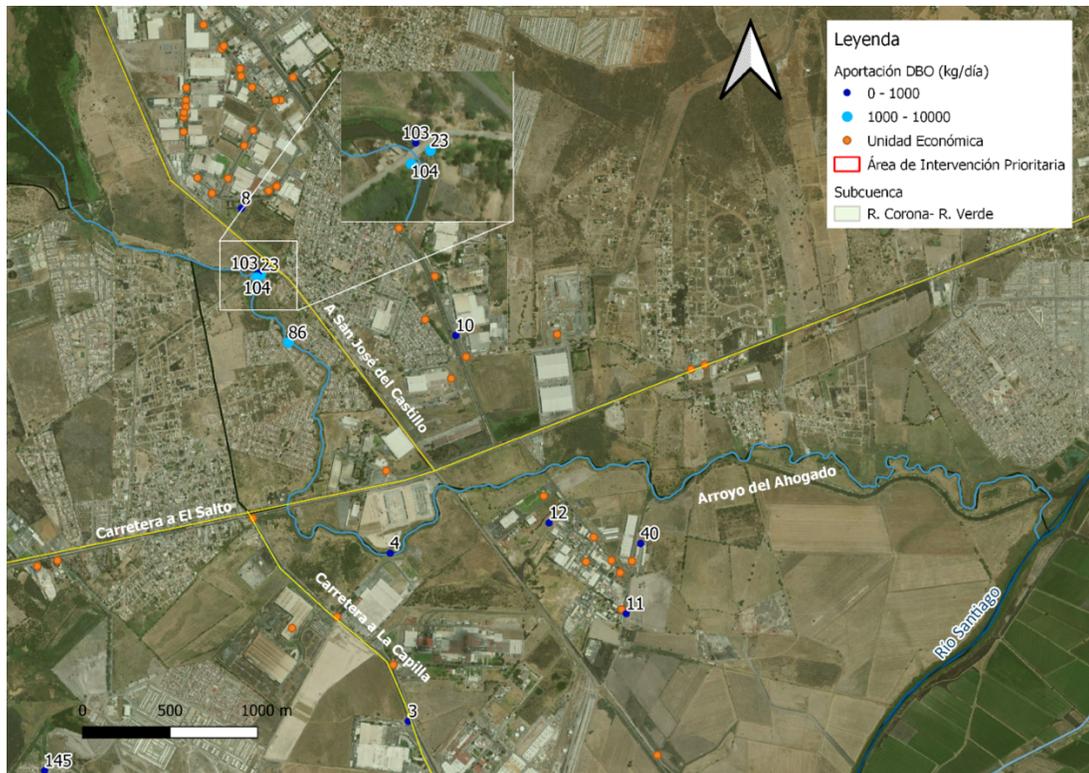


Figura 8-42 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreros Zona B Arroyo de El Ahogado

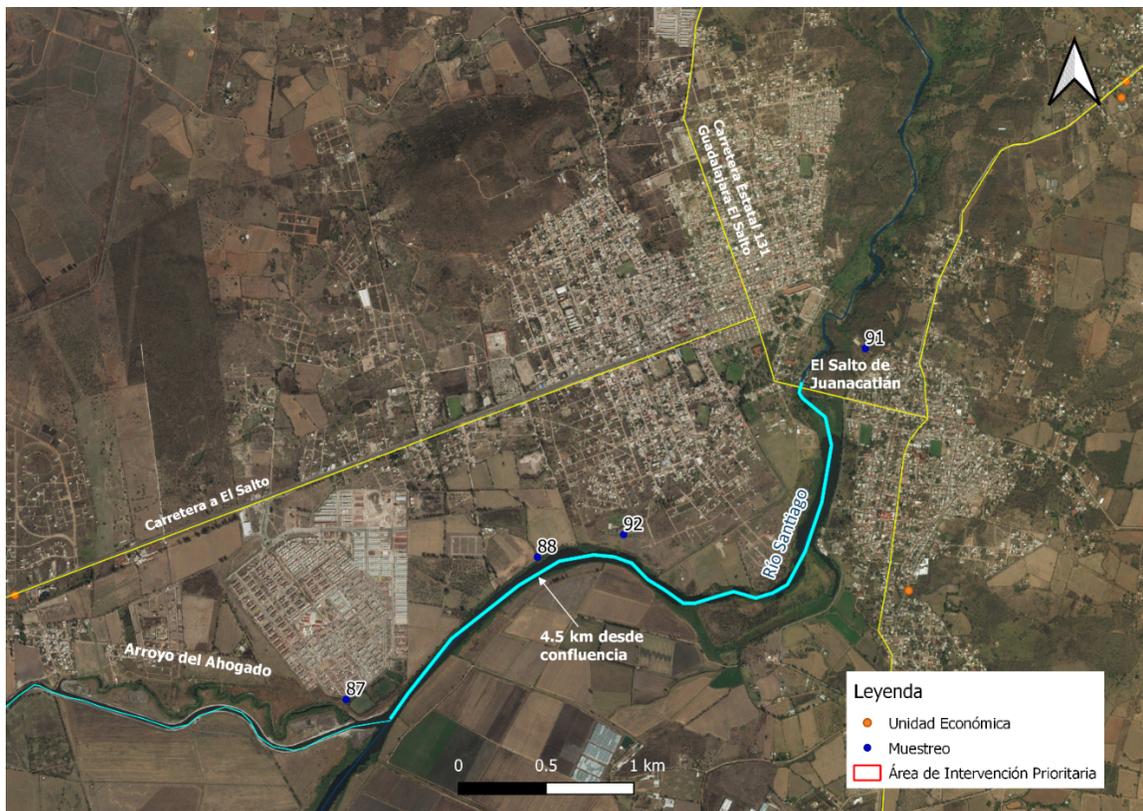


Figura 8-43 Confluencia de Arroyo del Ahogado con el río Santiago

8.8.2 Zona Barranca de Huentitán

La zona de la Barranca de Huentitán se ubica al noreste del AMG y forma parte de las subcuencas R. Verde- P. Santa Rosa y R. Corona- R. Verde. La aportación de contaminantes de esta zona resultó ser la mayor del estudio, lo que en parte se debe al gran flujo descargado.

La subcuenca R. Verde- P. Santa Rosa fue añadida al AIP para incluir en el estudio el efecto de las descargas municipales y plantas de tratamiento ubicadas al noreste del AMG, más no fue incluida durante las visitas a las 510 unidades económicas, por lo que no se presentan unidades en esta zona. Las unidades económicas se presentan en el área que se comparte con la subcuenca R. Corona-R. Verde. El giro de estas unidades es variado y corresponde a fraccionamientos, granjas pequeñas, plantas de tratamiento, industria alimentaria, entre otros.

La zona Barranca de Huentitán comprende 15 descargas. La aportación total de estos muestreos se muestra en la **Tabla 8-41** junto a su participación a la aportación total de las descargas aforadas y muestreadas en el AIP, la aportación de estas descargas varía del 49 al 67% de todas las descargas muestreadas. En la **Figura 8-44** se presenta la población equivalente por aportación de contaminantes y en la **Figura 8-45** se muestra la ubicación de los muestreos de la zona y su aportación de DBO.

Tabla 8-41 Aportación Total de Muestras en Zona Barranca de Huentitán

Locación/ Parámetro	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
Zona Barranca de Huentitán	8,779*	6,483	204,285	274,170	52,886
Porcentaje de aportación al AIP	49%	58%	56%	67%	59%

*Valor alto posiblemente debido a condición de aforo instantáneo.

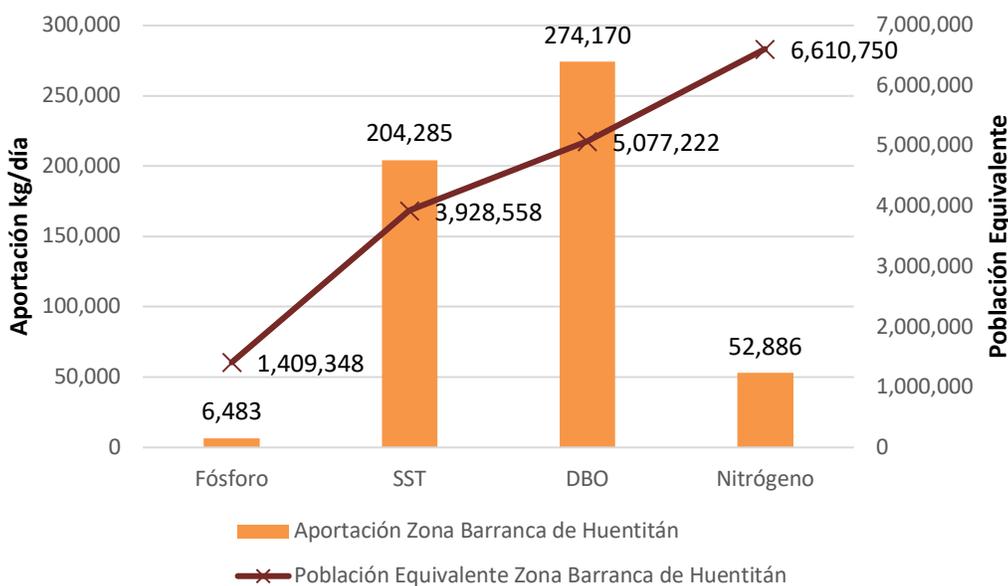


Figura 8-44 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestras en Zona Barranca de Huentitán

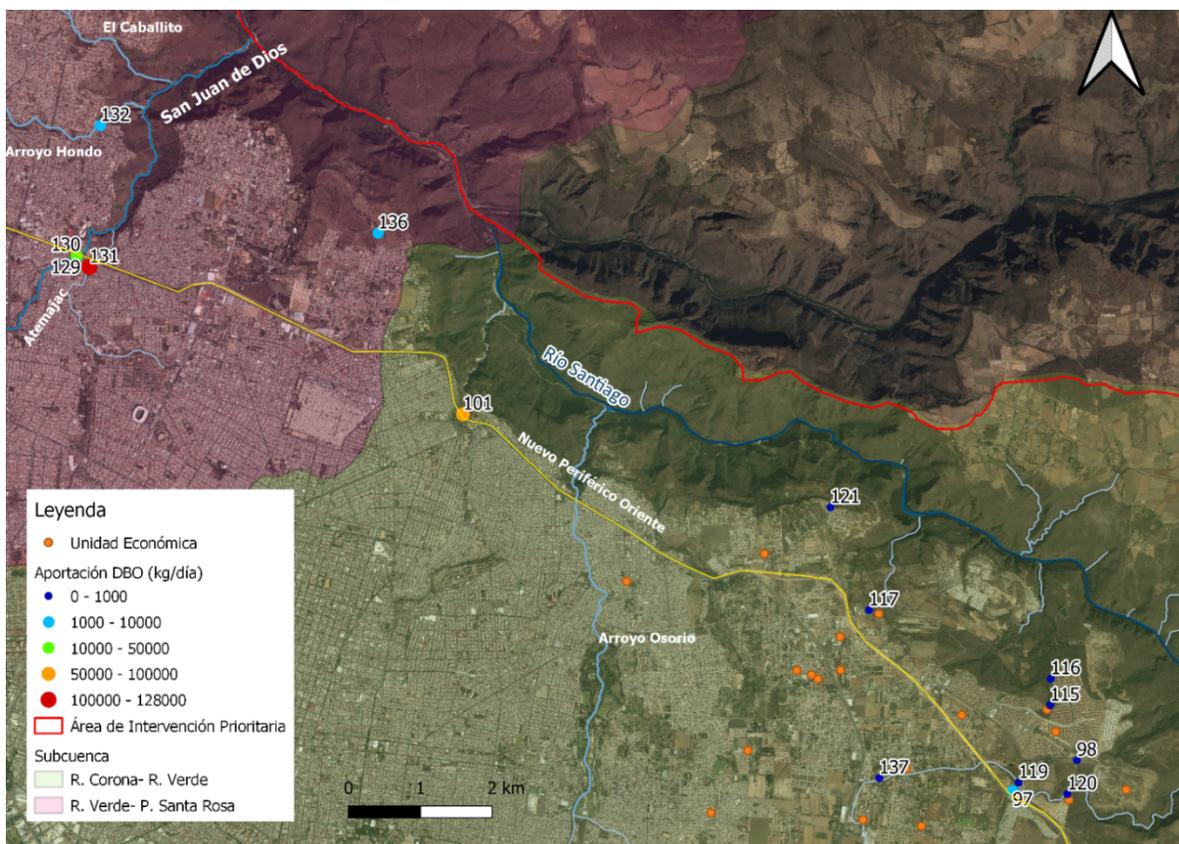


Figura 8-45 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos en Zona 1 Barranca de Huentitán

8.8.3 Zona Tonalá

La zona Tonalá se conforma por descargas de fraccionamientos y plantas con deficiencias de operación situados cerca de la cabecera municipal de Tonalá, la zona se ubica dentro de la subcuenca R. Corona- R. Verde. Se obtuvo información de concentración y aforo de 8 descargas, de las cuales 5 aportan cantidades considerables de contaminantes para el flujo que manejan,

Las unidades económicas más alejadas de la cabecera municipal en la **Figura 8-47** corresponden a plantas de tratamiento o servicios inmobiliarios, cerca de la cabecera municipal se tiene registro de granjas pequeñas, rastros e industrias de recubrimientos de metales. El muestreo más relevante viene del colector municipal con ID 95 que descarga al Arroyo Tonalá, con apariencia predominante de agua residual. En su camino se observa que se suma la descarga ID 113, y es probable que también se sumen algunas descargas más pequeñas.

La aportación total de estos muestreos se muestra en la **Tabla 8-42**, la aportación de estas descargas en comparación al total de 150, se encuentra alrededor del 1% para cada contaminante. En la **Figura 8-46** se presenta la población equivalente por aportación de contaminantes y en la **Figura 8-47** se muestra la ubicación de los muestreos y su aportación de DBO.

Tabla 8-42 Aportación Total de Muestras en Zona Tonalá

Locación	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
Zona Tonalá	136.6	107.8	4,535.6	4,488.6	737

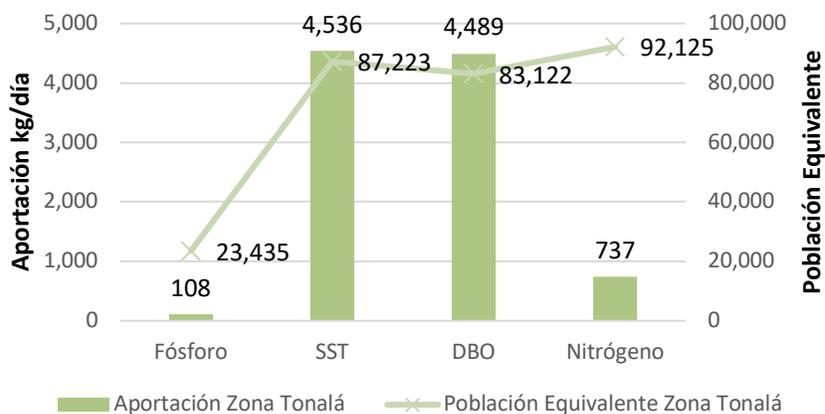


Figura 8-46 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestras en Zona Tonalá

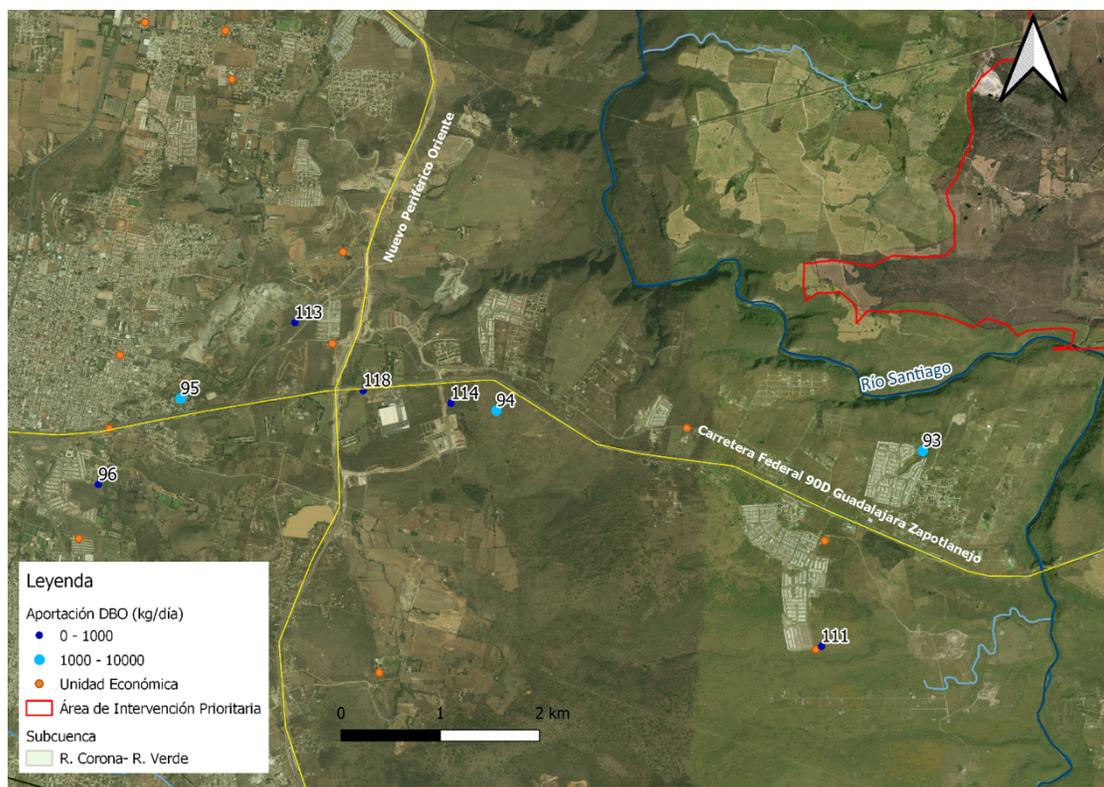


Figura 8-47 Aportación de DBO de Muestras Zona Tonalá

8.8.4 Zona Tototlán- Zapotlanejo

Esta zona comprende los municipios de Tototlán y Zapotlanejo, destaca por la presencia de unidades económicas relacionadas con la actividad de *Cría y explotación de animales*. Entre los dos municipios se conjuntan 15 muestreos con aforo. Sobre esta zona se presentan los ID de muestreo 50 y 51 que están dentro de los muestreos de mayor aportación en la subcuenca R. Zula y los ID de muestreo 73 y 26 que son presentados como los muestreos de mayor aportación de la subcuenca R. La Laja.

En esta zona se presentan 5 descargas que requieren atención además de las ya mencionadas. Los muestreos con ID 43, 53, 54 y 55 que provienen de la actividad de *Cría y explotación de animales* y el muestreo con ID 74, que es un colector municipal que se encuentra dentro de la cuenca R. Corona R. Verde, pero que sigue estando dentro del municipio. La aportación y flujo de estas descargas se muestran en la **Tabla 8-43**. En las figuras **Figura 8-48** y **Figura 8-49** se presenta la población equivalente para estos muestreos, la primera figura compara las descargas provenientes de la actividad agropecuaria y la segunda representa la descarga municipal. En la **Figura 8-48** y **Figura 8-49** los puntos con valores muy cercanos entre sí indican una población equivalente aproximada.

Tabla 8-43 Aportación por Muestreo en Zona Tototlán Zapotlanejo

Muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
43	1.02	8.3	91.5	18.5	56
53	0.55	29.4	1,093.0	153.5	194
54	0.15	1.5	63.2	11	12
55	1.8	8.8	236	43	178
74	56.2	48	1,215	1,827	310

La población equivalente por flujo para los muestreos con ID 43, 53, 54 y 55 es de 655, 355, 97, 1,163 personas respectivamente, esto contrasta contra la población equivalente por aportación de contaminantes de la **Figura 8-48** y **Figura 8-49**. A pesar de que todos los muestreos de esta actividad exceden considerablemente los LMP, los caudales de cada una son relativamente pequeños, lo que hace que su aportación se vea superada por flujos mucho más grandes de aguas menos contaminadas.

Los muestreos realizados son muy pocos para la cantidad de granjas existentes en estos dos municipios. Durante las visitas a las unidades económicas, se recopiló información de 34 granjas, 18 de Tototlán y 16 de Zapotlanejo. Además, en la **Sección 1**, se mencionó que Tototlán y Zapotlanejo presentaron en 2017 una producción ganadera que representó el 3.4 y 1.25% de la producción estatal respectivamente.

Aunque se obtuvo relativamente poca información acerca de las granjas, un factor en común encontrado fue la descarga a riego. Las descargas a riego pueden infiltrarse hasta contaminar los acuíferos y en temporada de lluvia, cuando el suelo se encuentra saturado, el destino de esta descarga puede llegar hasta un cuerpo receptor y provocar afectaciones importantes. Estos factores presentan a la actividad ganadera como potencialmente contaminante, aun cuando su impacto no haya sido suficientemente evidenciado en este estudio.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

La importancia de esta zona radica en que se presenta el mayor número de granjas dentro del AIP, ver Figura 8-50.

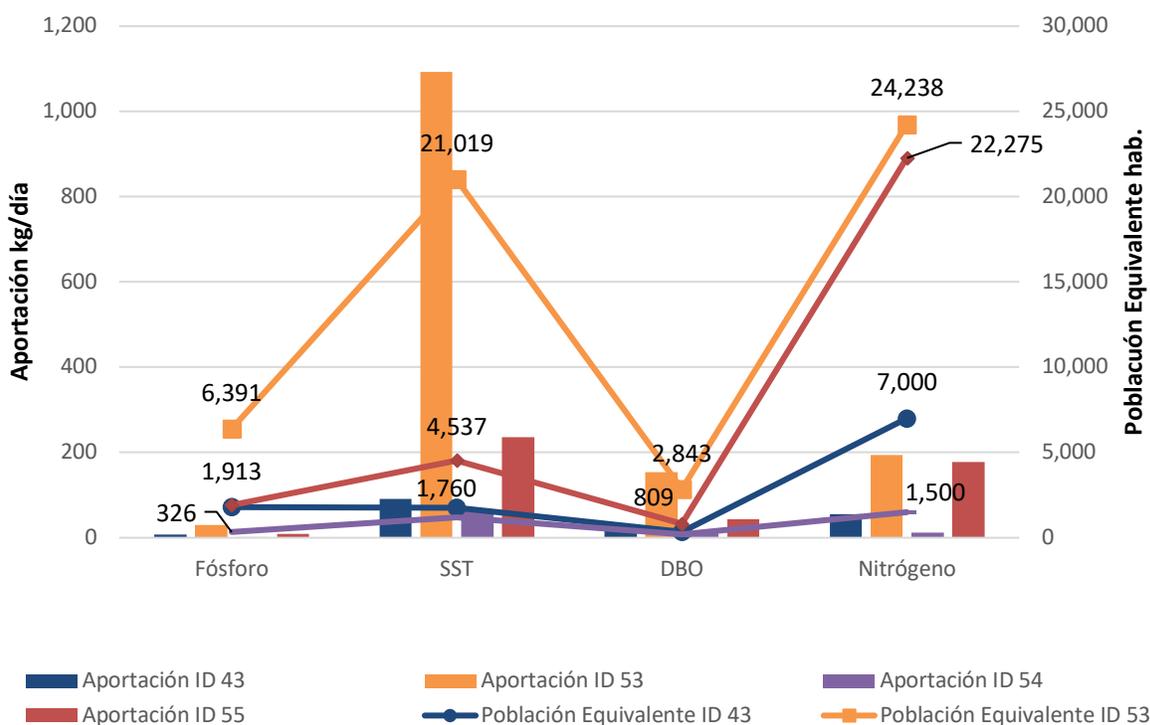


Figura 8-48 Aportación de Contaminantes en Muestras a Cría y Explotación de Animales en Zona Tototlán Zapotlanejo

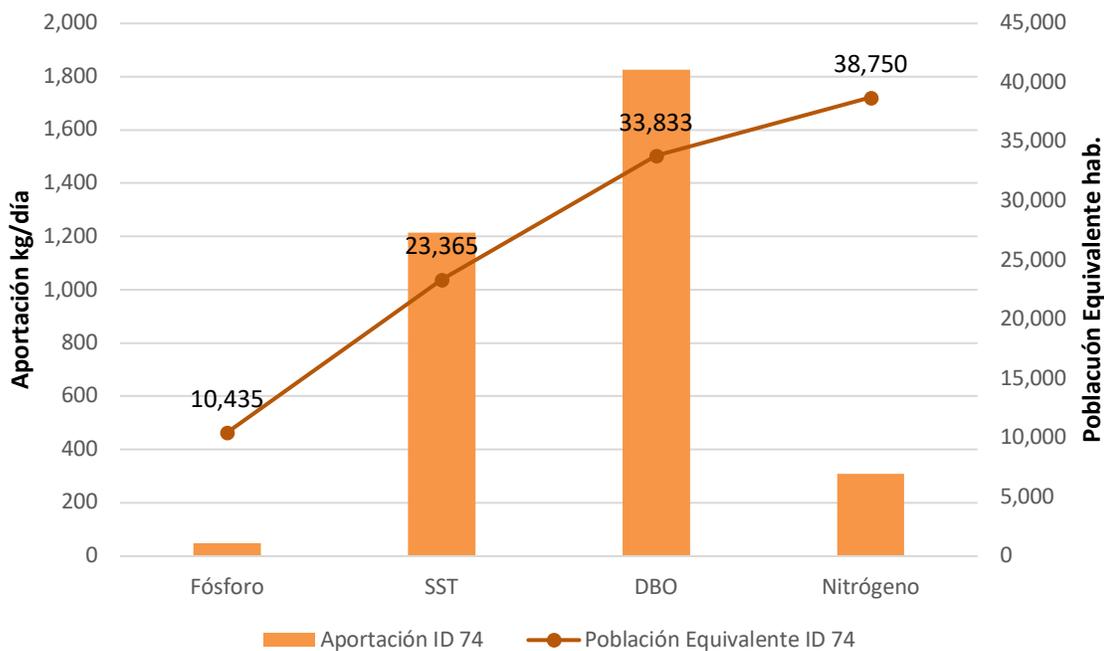


Figura 8-49 Aportación de Contaminantes en Muestras a Cría y Explotación de Animales en Zona Tototlán Zapotlanejo

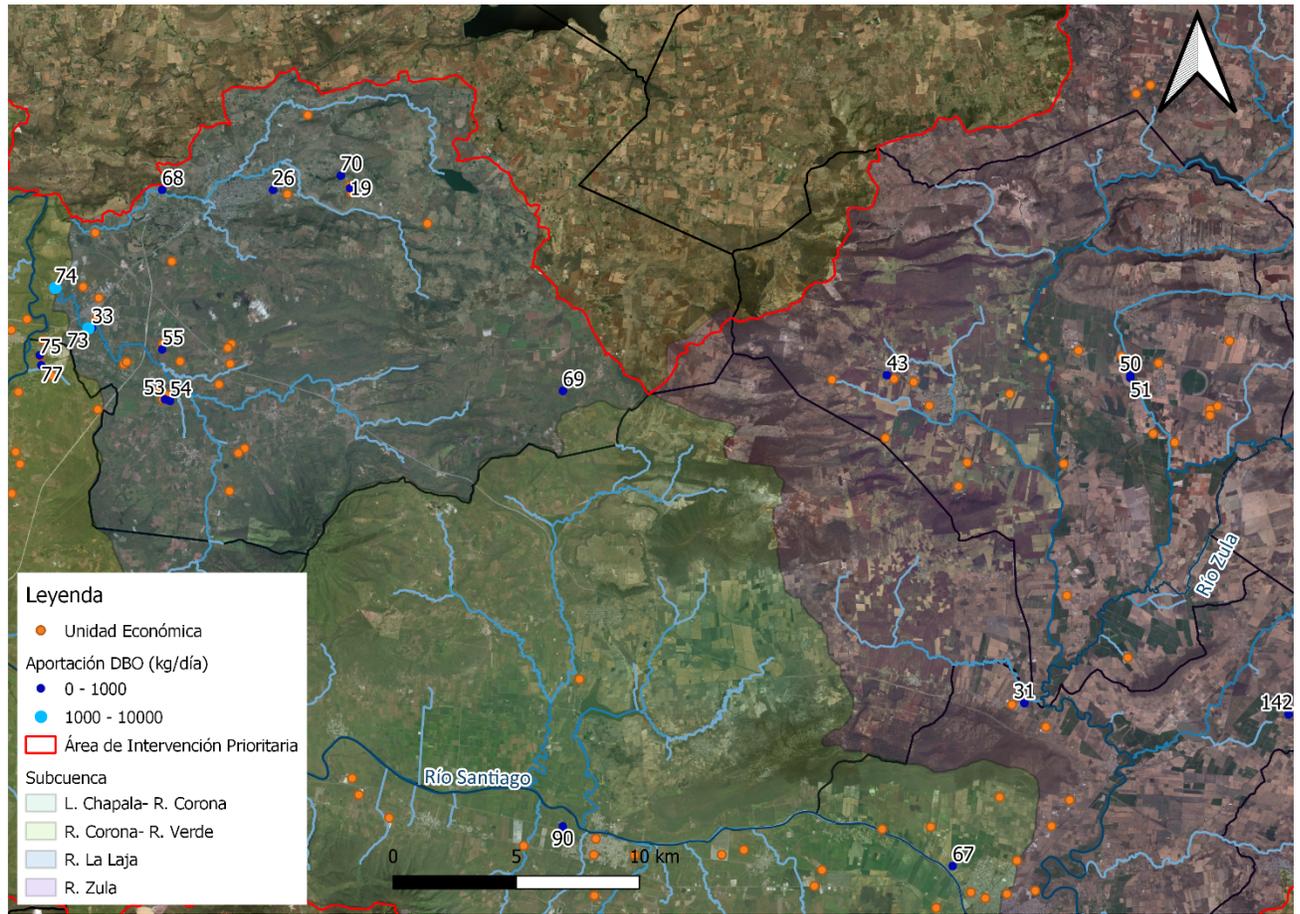


Figura 8-50 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos en Zona Tototlán Zapotlanejo

8.8.5 Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán-Tlajomulco

La zona se encuentra en la subcuenca R. Corona- R. Verde, se conforma por descargas de fraccionamientos y plantas con deficiencias de operación entre Ixtlahuacán de los Membrillos y Tlajomulco de Zúñiga. La zona comprende 9 descargas con valores de contaminantes que exceden los LMP. Lo que destaca de esta zona es la cantidad considerable de desarrollos habitacionales aislados, cuya descarga va sin tratamiento o con tratamiento insuficiente hacia algún afluente al río Santiago.

Sobre la carretera a La Capilla y la carretera a Chapala se encuentran unidades económicas de importancia del giro alimenticio, metal-mecánico y granjas de animales, el destino final mayoritario de estas UE es la fosa séptica, fosa de descarga o riego, que va de acuerdo a la distancia considerable entre cada industria y la dificultad de su conexión a una red municipal.

La aportación total de estos muestreos se muestra en la **Tabla 8-44** , la aportación de estas descargas en comparación al total de 150 se encuentra alrededor del 1.5% para cada contaminante. En la **Figura 8-51** se presenta la población equivalente por aportación de contaminantes. En la **Figura 8-52** se muestra la ubicación de los muestreos y su aportación de DBO.

se

Tabla 8-44 Aportación Total de Muestreos en Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán-Tlajomulco

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

Locación	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán Tlajomulco	202.7	122	8,506	7,544	1,031

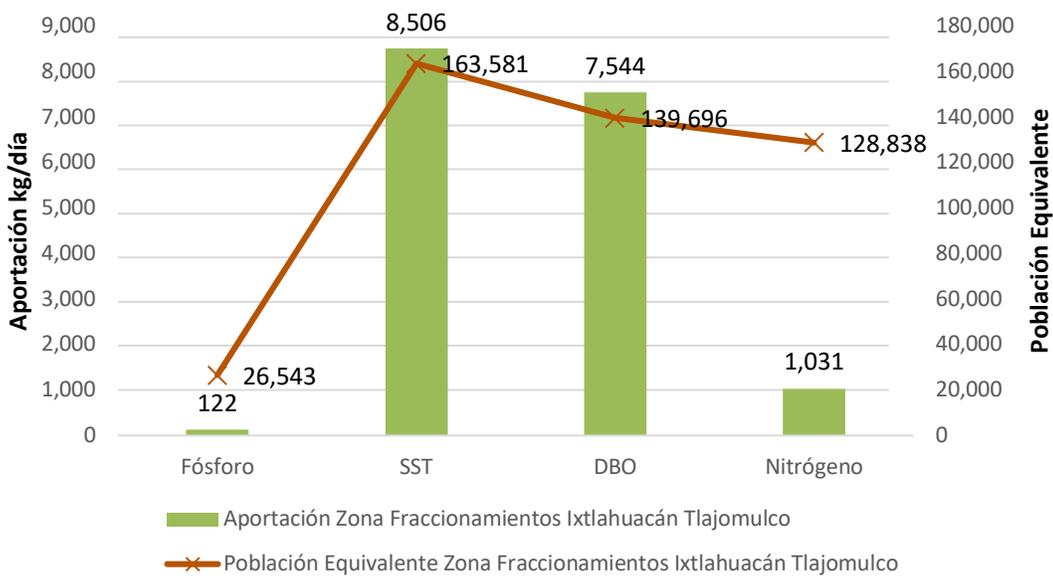


Figura 8-51 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán- Tlajomulco



Figura 8-52 Ubicación y DBO de Muestras Zona Fraccionamientos Ixtlahuacán- Tlajomulco

8.8.6 Zona Arandas

Los muestreos de esta zona se ubican dentro del municipio del mismo nombre y sobre la subcuenca R. Zula. De las 6 descargas muestreadas y aforadas en este sitio, tienen relevancia 5 por su concentración de contaminantes y flujo conducido. Su ubicación se muestra en la **Figura 8-54**. A pesar de encontrarse relativamente cerca, la topografía del terreno provoca que su impacto se vea difuminado en su camino al río Zula.

La aportación total de esta zona se observa en la **Tabla 8-45** y la población equivalente en la **Figura 8-56**. Dentro de esta zona se encuentran las descargas 46 y 83 que figuran entre las de mayor impacto de la subcuenca R. Zula. Las UE de esta zona pertenecen a la industria tequilera, alimentaria y de cría y explotación de animales. Las descargas aforadas y muestreadas no permiten evidenciar el impacto de esta última actividad, pero, siendo Arandas un importante productor ganadero para el estado, el potencial contaminante sigue presente.

Tabla 8-45 Aportación por Muestreo en Zona Arandas

Locación/ Parámetro	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
Zona Arandas	358.9	122.9	1,810.8	10,294.8	819.1
Porcentaje de aportación al AIP	2%	1%	0.5%	2.5%	1%

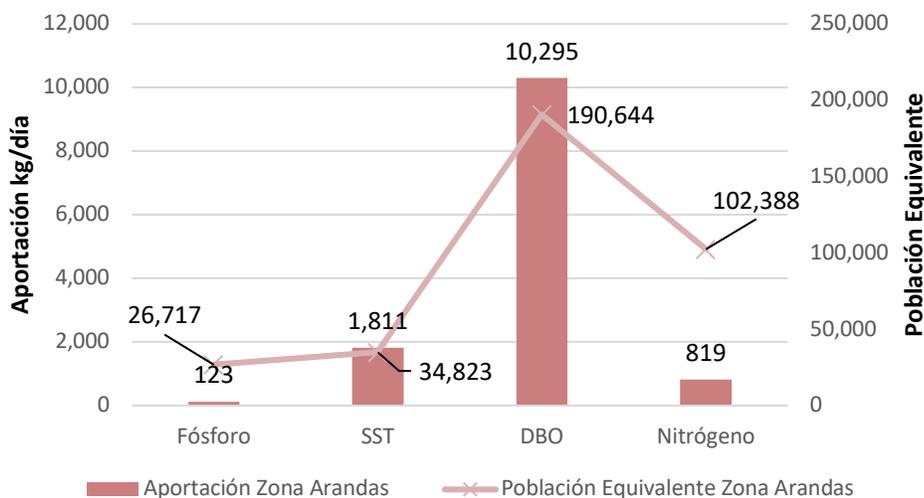


Figura 8-53 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos en Zona Arandas

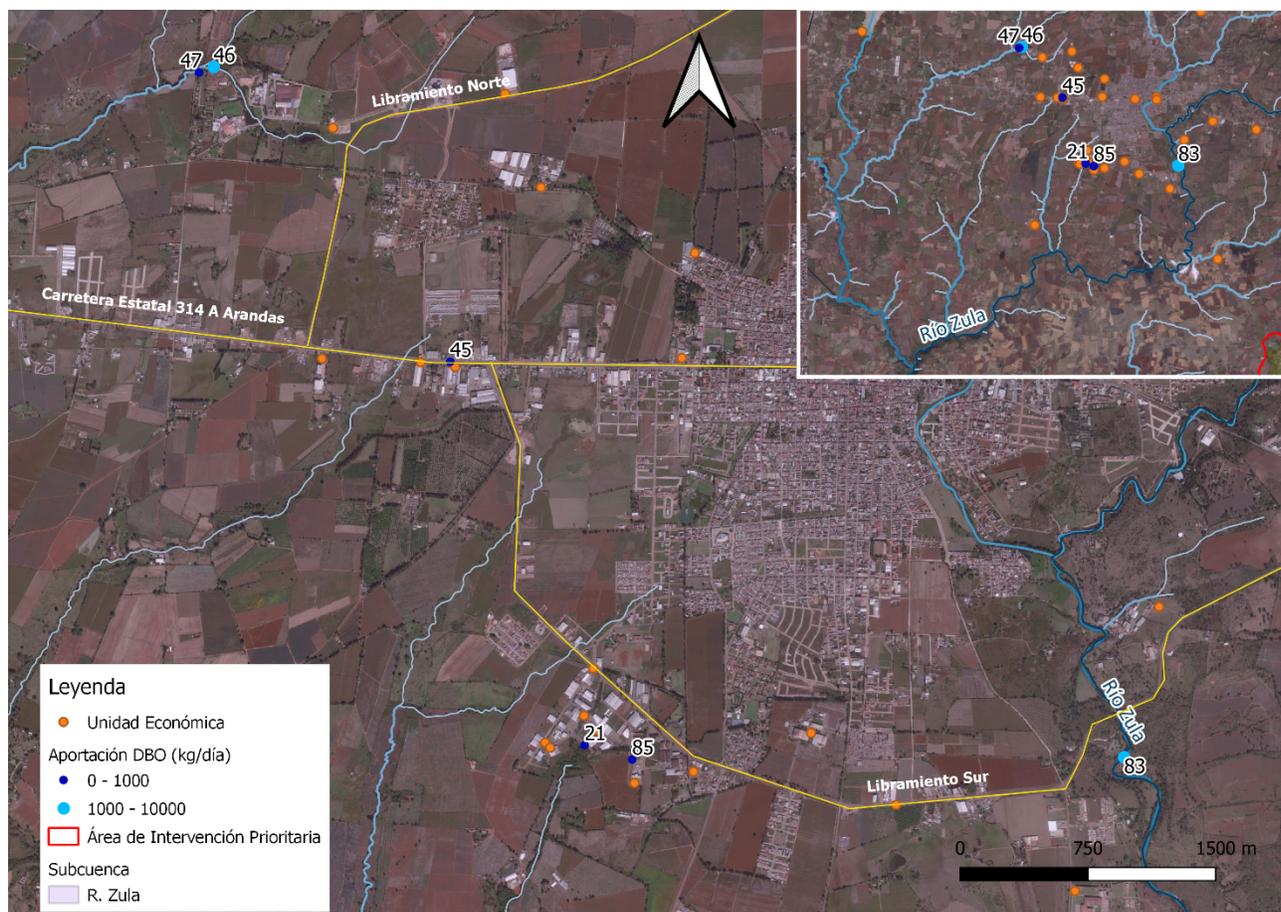


Figura 8-54 Ubicación y Aportación de DBO de Muestreos en Zona Arandas

8.8.7 Zona Atotonilco el Alto

Se encuentra sobre la subcuenca R. Zula en el municipio del mismo nombre. De las 5 descargas muestreadas y aforadas, 3 son relevantes por descargas a un cuerpo receptor. Las tres provienen de colectores municipales sobre el municipio de Atotonilco el Alto y descargan arroyos afluentes al río Zula. La ubicación de los tres muestreos clasificados por su aportación de DBO se muestra en la **Figura 8-56**. En la **Tabla 8-46** se muestra el flujo y la aportación de los contaminantes principales de cada descarga.

La descarga más significativa es la ID 148, que por su ubicación y la pendiente natural del terreno parece incluir gran parte de la cabecera municipal, la concentración de DBO de esta descarga es 496 mg/L, que está por encima de la clasificación de agua residual doméstica de concentración alta. En ese sentido, toma relevancia el muestreo con ID 81, realizado a un registro municipal cuya concentración de DBO llegó a los 1088 mg/L y que sugiere la presencia de aportaciones industriales, es probable que este efluente se mezcle para llegar al punto de muestreo ID 148 y explique la alta concentración de DBO en este punto. En la **Figura 8-55** se presenta la población equivalente de los muestreos relevantes, se puede observar que la aportación de DBO y SST está muy por encima de las otras dos descargas, sin embargo, la aportación de fósforo y nitrógeno permanece similar.

Tabla 8-46 Aportación por Muestreo en Zona Atotonilco

Muestreo	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
147	26.6	7.3	351.2	335.2	57.9
148	24.4	5.9	562.2	1,044.4	44.6
149	20.8	2.9	150.4	74.7	44.4

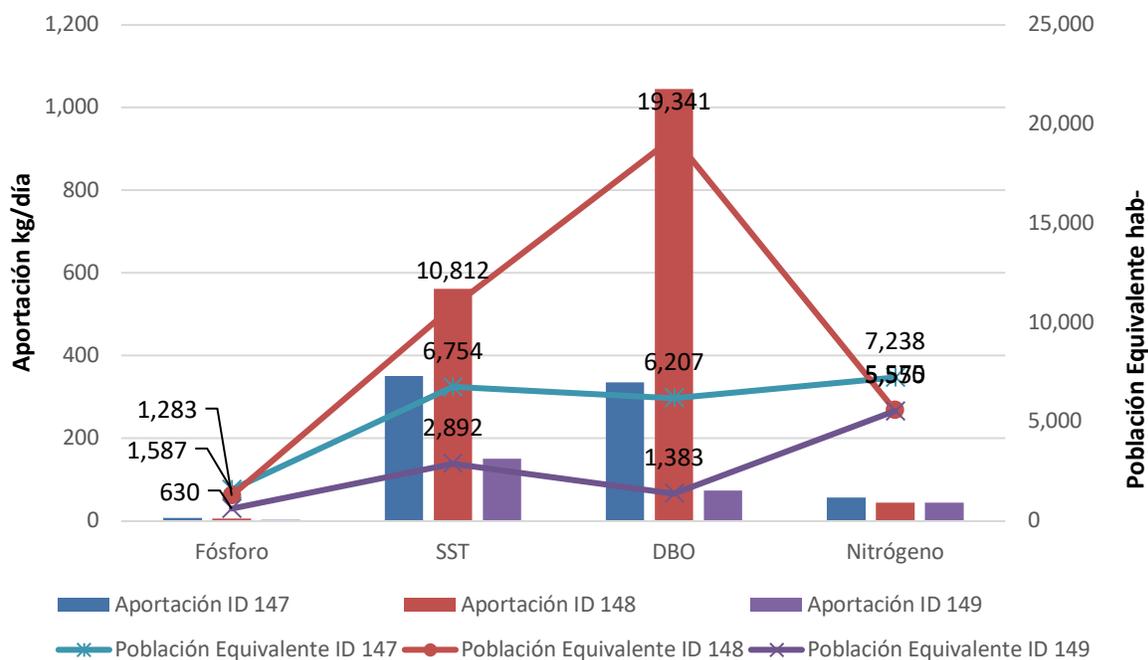


Figura 8-55 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestreos 147, 148 y 149 en Zona Atotonilco



Figura 8-56 Aportación de DBO de Muestreos Zona Atotonilco

8.8.8 Zona Norte del AMG

Esta zona está por completo dentro de la subcuenca R. Verde-P. Santa Rosa y comprende descargas municipales sin tratamiento y plantas de tratamiento con deficiencias de operación. Dentro de esta zona no se muestrearon unidades económicas. La aportación total de estos muestreos se muestra en la **Tabla 8-47** junto a su participación en la aportación total de las descargas aforadas y muestreadas en el AIP. En la **Figura 8-57** se presenta la población equivalente por aportación de contaminantes y en la **Figura 8-58** se muestra la ubicación de los muestreos y su aportación de DBO.

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio

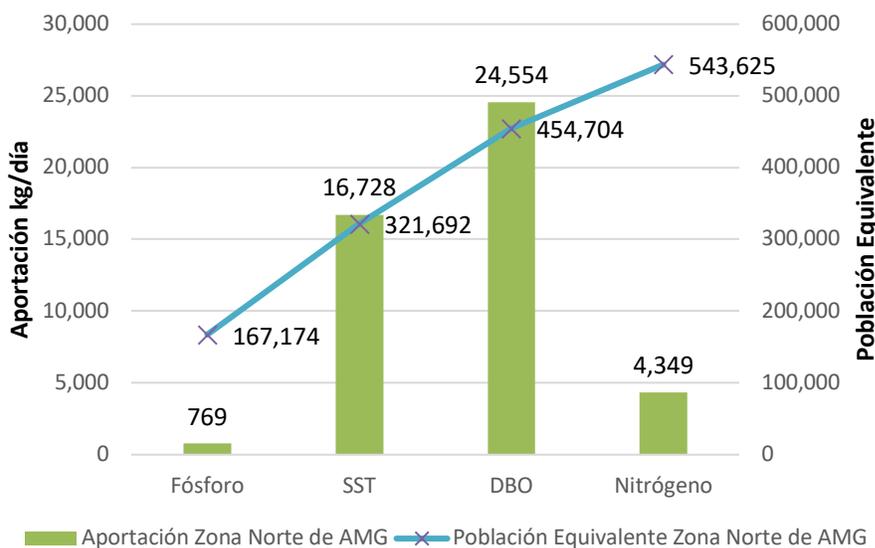


Tabla 8-47 Aportación Total de Muestras en Zona Norte del AMG

Locación/ Parámetro	Flujo L/s	Aportación por parámetro kg/día			
		Fósforo	SST	DBO	Nitrógeno total
Zona Norte de AMG	701.82	769	16,728	24,554	4,349
Porcentaje de aportación al AIP	4%	7%	5%	6%	5%

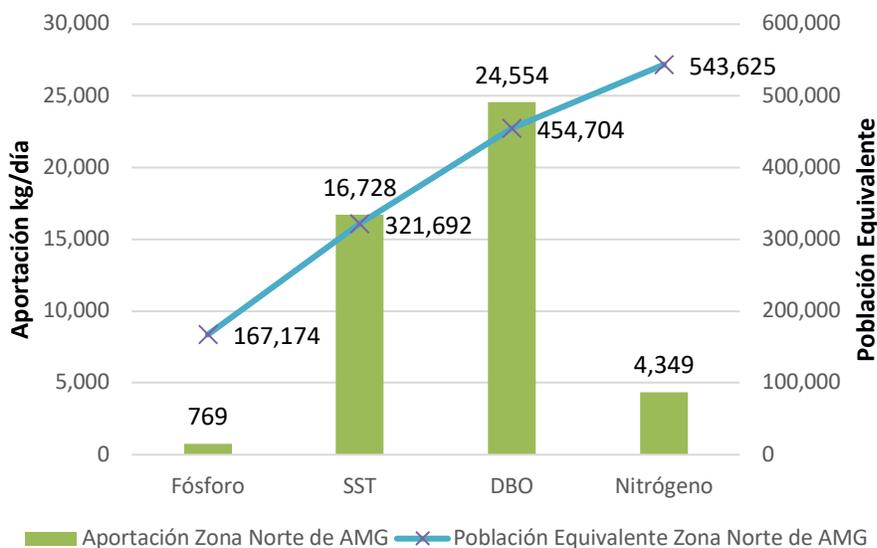


Figura 8-57 Aportación de Contaminantes y Población Equivalente en Muestras en Zona Norte del AMG

Evaluación de los resultados de los muestreos y análisis laboratorio



Figura 8-58 Ubicación y Aportación de DBO de Muestras Zona Norte del AMG

8.9 REFERENCIAS

- [1] Comisión Nacional del Agua, «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Introducción al Tratamiento de Aguas Residuales Municipales,» Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tlalpan, 2015.
- [2] Comisión Nacional del Agua, «Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley Federal de Derechos,» Diario Oficial de la Federación, Cd. México, 13 de noviembre de 2008.
- [3] Comisión Nacional del Agua, «Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-1996 NOM-002-SEMARNAT-1996 NOM-003-SEMARNAT-1996,» 1997. [En línea]. Available:
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf>.
- [4] Comisión Nacional del Agua, «Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Datos Básicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado,» Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tlalpan, 2015.
- [5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «Panorama sociodemográfico de Jalisco 2015,» INEGI, 2015.
- [6] E. Metcalf, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4 ed. ed., New York: McGraw Hill, 2003.
- [7] Comisión Nacional del Agua, «Ley Federal de Derechos Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales 2019,» 2019. [En línea]. Available:
<https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/CGRF-1-19%20LFD.pdf>.
- [8] E. Ronzano y J. L. Dapena, Tratamiento biológico de las aguas residuales, España: Diaz de Santos, 2002.