

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Inventario de descargas de aguas residuales y tiraderos a cielo abierto en el cauce del Río Corral "Riíto" generado por la localidad de Tonalá, Chiapas.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

VÍCTOR ALEXIS PEÑA LARA

Tonalá, Chiapas

Enero de 2019



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y

ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Inventario de descargas de aguas
residuales y tiraderos a cielo abierto
en el cauce del Río Corral "Riíto"
generado por la localidad de Tonalá,
Chiapas

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

VÍCTOR ALEXIS PEÑA LARA

Director

Alexis Fanuel Velasco Ortiz

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Tonalá, Chiapas

Enero de 2019



Dedicatoria

Lleno de regocijo, dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos quienes han sido mis pilares para seguir adelante.

A mi madre Maricela y Margarita, porque ellas son la motivación de mi vida, mi orgullo de ser lo que seré.

A toda mi familia, por confiar en mí, mis abuelos, tíos y primos gracias por ser parte de mi vida y permitirme ser parte de su orgullo.

Agradecimientos

A mi madre Maricela, por ser mi guía y mi motor para salir a delante...

Agradezco a la universidad UNICACH por haber aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su ceno científico, para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron de su conocimiento y apoyo, en especial al Dr. José reyes, M.C Cielo Ortiz y M.C. Silvia Montesinos.

Agradezco también a mi director de tesis el M.C Alexis Fanuel Velasco Ortiz por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como haber tenido la paciencia para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

Agradezco a la vida misma por permitir saborear este logro y a todos los que directa e indirectamente me alentaron para la culminación de este logro.

A mis grandes amigos Eddy, Carlos, Paolo y Lenin.

Índice

I INTRODUCCIÓN	1
II MARCO TEÓRICO	5
2.1 Problemática del agua	5
2.2 Usos del agua	11
2.2.1 Uso consuntivo.....	12
2.2.2 Uso industrial.....	13
2.2.3 Uso agrícola	14
2.2.4 Uso energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad.....	16
2.3 Marco jurídico en materia de aguas residuales	18
2.3.1 Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.....	19
2.4 Normatividad en materia de aguas residuales.....	23
2.5 Parámetros y calidad del agua	28
2.5.1 Agua residual	28
2.6 Características físicas del agua residual	31
2.6.1 Sólidos.....	32
2.6.2 Temperatura.....	34
Efectos de la temperatura en las aguas residuales	35
2.6.3 Color	35
2.6.4 Olor	36
2.6.5 Turbiedad.....	37
2.7 características químicas del agua residual.....	37
2.7.1 Materia Orgánica	37
2.7.2 Demanda bioquímica de oxígeno.	38
2.7.3 Demanda química de oxígeno.....	38
2.8 Características biológicas.....	40
2.8.1 Contaminación de cuerpos de agua.....	41
2.8.2 Efectos producidos por la contaminación de cuerpos de agua.....	42
2.8.3 Eutrofización.....	43
2.9 Residuos Sólidos	43

2.9.1 Residuos de manejo especial.....	45
2.9.2 Residuos peligrosos.....	46
Tiradero a Cielo Abierto.....	50
2.10 Manejo de Residuos Sólidos Municipales	50
III. ANTECEDENTES.....	51
IV OBJETIVOS E HIPÓTESIS	55
4.1. Objetivo general.....	55
4.2 Objetivos específicos.....	55
4.3 Hipótesis.....	55
V. ZONA DE ESTUDIO	56
VI. METODOS.....	60
6.1Planeación del inventario.....	60
6.1.1 Las características técnicas del inventario	60
6.2 Propósito del inventario de emisiones.....	61
6.3 Tipos de emisiones de contaminantes	61
.6.3.1 Resolución temporal y Cobertura geográfica.....	62
6.4 Recopilación de información	62
6.5 Elaboración del inventario y geolocalización.....	62
6.6 Cartografía de la red Hidrográfica	64
6.7 Caracterización de los sitios y los tipos de descarga de aguas residuales.....	65
VII. RESULTADOS.....	66
7.1 Red hidrográfica de la cuenca	66
7.2 Descargas de aguas residuales y residuos sólidos	70
7.2.1 Descargas de Aguas Residuales.....	70
7.2.2. Tiraderos a cielo abierto.....	76
VIII. DISCUSIÓN	79
IX. CONCLUSIÓN	83
X. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES.....	87
XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES	90
XII. ANEXOS	94

Índice de tablas

Tabla 1; Plantas potabilizadoras municipales en operación en el estado de Chiapas Dic-15.....	7
Tabla 2; Plantas Municipales de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación en el estado de Chiapas Dic-15	7
Tabla 3; usos del agua	11
Tabla 6; periodicidad de análisis.	25
Tabla 7; Límites Máximos Permisibles.	26
Tabla 8 Frecuencia de Muestreo.....	26
Tabla 9; límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas.	27
Tabla 10; Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales.	29
Tabla 11; Principales constituyentes en el agua residual.....	29
Tabla 12; Definición para sólidos encontrados en el agua residual.....	32
Tabla 13; Umbral del olor de compuestos olorosos asociados con aguas residuales.....	36
Tabla 14; componentes inorgánicos de las aguas residuales	39
Tabla 15; Clasificación de residuos sólidos municipales por su origen en actividad antropogénica.....	48
Tabla 16; Clasificación de descarga puntual de agua en el cauce del Río	70

Índice de figuras

Figura 1; Evolución del volumen concesionado del uso para abastecimiento público por tipo de fuente 2006-2015 (miles de hm ³) Fuente: Estadísticas del agua en México edición 2016.....	13
Figura 2 ; Evolución del volumen concesionado de usos industrial autoabastecida por tipo de fuente 2006-2015 (miles de hm ³) Fuente: Estadísticas del agua en México edición 2016.....	14
Figura 3; Evolución del volumen concesionado de usos agrícola por tipo de fuente 2006-2015 (miles de hm ³).Fuente: Estadísticas del agua en México edición 2016	15
Figura 4; Clasificación y tamaño de partículas encontradas en el agua. Fuente; Crites, y Tchobanoglous, 2000.....	32
Figura 5; Relación entre los sólidos totales, suspendidos, disueltos, fijos y volátiles.Fuente; Crites, y Tchobanoglous, 2000.....	34
Figura 6; Área de estudio	57
Figura 7; Red hidrográfica.....	59
Figura 8; Proceso metodológico general para la elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas. (SEMARNAT, 2013)	60
Figura 9; Punto inicial (P1) y final de muestreo (P2)	63
Figura 10; Capas de curvas de nivel	64
Figura 11; Red Hidrográfica Cuenca del Río El Corral.....	66
Figura 12; Imagen de Google Earth (año 2018) primer permiso que corresponde a la antigua plata de tratamiento	68
Figura 13 ; Imagen de Google Earth (año 2018) segundo permiso que corresponde a la actual plata de tratamiento	68
Figura 14; Construcción de la primera planta de tratamiento (Nunca opero). Google Earth septiembre 2004.....	68
Figura 15; Imagen de Google Earth (año 2018) comparación de los permisos asignados según el (REPDA 2017) y las descargas encontradas.	69
Figura 16; Descargas de aguas residuales por sector	71
Figura 17; Origen de las descargas de aguas residuales.	72

Figura 18; Porcentaje del diámetro de tuberías origen viviendas.....	72
Figura 19; Porcentaje del diámetro de tuberías origen municipal.....	72
Figura 20; Descargas con mayor impacto.....	74
Figura 21; Mapa ubicación de descargas de aguas residuales.....	75
Figura 22; Tiraderos a Cielo Abierto.....	76
Figura 23; Mapa de ubicación de tiraderos a cielo abierto.....	77
Figura 24; Cauces con escurrimiento en la parte alta.....	78
Figura 25; Estado de la vegetación en la parte alta y baja de la cuenca.....	107

Resumen

La problemática actual en torno al recurso hídrico está basada en la disponibilidad, igualdad social para acceder al recurso, el saneamiento del agua, la carencia de infraestructura, recursos económicos-humanos, desconocimiento e indiferencia por parte de algunas organizaciones, la población en general para operar bajo la gobernanza del agua y el estado de derecho, todos estos factores giran alrededor del uso en las actividades cotidianas de la población mundial. Derivado de la problemática, se implementó la metodología general para la elaboración de inventario de emisiones de fuentes fijas elaborada por la SEMARNAT EN 2013, fusionada con la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA). Este método permite la realización de inventarios de fuentes contaminantes de manera rápida y a bajo costo, el objetivo principal se basó en la elaboración a nivel local del inventario de descargas de aguas residuales y tiraderos a cielo abierto en el cauce del Río Corral "Riíto", ubicado en la localidad de Tonalá Chiapas. El cauce principal secciona por mitad aproximadamente la mancha urbana hasta desembocar en la bahía de Paredón, en el transcurso recibe afluentes de aguas residuales domiciliarias y residuos sólidos urbanos (RSU) generados por las viviendas que se encuentran asentadas en su cercanía y de la red de alcantarillado del mismo municipio. Basados en la metodología se identificaron 3 escurrimientos con actividades antrópicas en materia de residuos el cual incluye el cauce principal, se identificaron 214 descargas de aguas residuales y 27 tiraderos a cielo abierto de residuos sólidos urbanos y en mínima proporción residuos peligrosos. Particularmente, en materia de aguas residuales existen exclusivamente 3 descargas con el permiso del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), en la caracterización por fuente se encontró descargas de tipo industrial pecuario, aguas residuales domésticas, Mixtas (pluvial y residual) y pluviales. Se identificó el inicio de la problemática ambiental relacionada con la influencia de la mancha urbana en temporadas de estiaje y precipitación.

Se confirmó la carencia de una planta de tratamiento de aguas residuales, un sistema de alcantarillado obsoleto, esto incrementa la problemática dando como resultado una carga excesiva. Se generó un mapa de ubicación de fuentes puntuales de contaminación por RSU y aguas residuales, así mismo la integración de una base de datos con el objetivo de dar conocer la situación de la problemática actual para la generación de alternativas en materia de prevención y mitigación de los impactos ambientales.

Palabras claves. Residuos sólidos, Contaminación, inventario de fuentes fijas

I INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, las poblaciones han tenido la necesidad de establecerse en regiones cercanas a cuerpos de agua; la consecuencia de ello, las costas, ríos, lagos, humedales, acuíferos y demás sistemas de aguas continentales han sido sometidos a consumos desproporcionados y contaminación como consecuencia de acciones antropogénicas (UNESCO, 2006).

El aumento de las descargas de aguas residuales crudas vertidas en los cuerpos de agua provoca un incremento de contaminantes en los sistemas acuáticos; deteriorando la calidad del agua limitando su aprovechamiento, y derivando una variedad de riesgos sanitarios a la población en general

En el primer informe de las naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo se indica que un entorno libre de contaminación es esencial para el bienestar del ser humano y el desarrollo sostenible, haciendo hincapié que la buena gestión del agua es una tarea compleja que requiere, la gestión integrada de los suministros de agua tanto para necesidades domésticas como industriales, el control de la contaminación, el tratamiento de las aguas residuales y el uso sostenible de los recursos hídricos. (UNESCO, 2003).

En el caso de Estados Unidos Mexicanos, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a través de la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento reporta para el año 2016 la generación de aguas residuales municipales en centros urbanos en 7.22 miles $\text{hm}^3/\text{año}$ ($228.94 \text{ m}^3/\text{s}$) de las cuales se recolectan en alcantarillado 6.69 miles $\text{hm}^3/\text{año}$ ($212.20 \text{ m}^3/\text{s}$) y únicamente se tratan 3.90 miles $\text{hm}^3/\text{año}$ ($123.59 \text{ m}^3/\text{s}$). Esta situación representa la generación de 1.95 millones de toneladas de DBO5 al año, de las cuales recolectan en alcantarillado 1.81 millones de toneladas de DBO5 y únicamente se remueven en los sistemas de tratamiento 0.86 millones de toneladas de DBO5.

La CONAGUA (2016) reporta que existen a nivel nacional 2 536 Plantas de tratamientos de aguas residuales municipales (PTAR) establecidas, con una

capacidad promedio instalada de 180.57 m³/s con una eficiencia en el tratamiento de 60-90 % de la alternativa a dicha problemática.

En el estado de Chiapas, existen 35 plantas de tratamiento de aguas residuales con una capacidad instalada de 1 923.21 l/s y el caudal tratado equivalente a 1 285.40 l/s. (CONAGUA, 2016). Es importante señalar que el municipio de Tonalá cuenta con 6 PTAR municipales de las cuales únicamente opera una (Ocotal). Las otras PTAR presentan problemas en diseño u operación.

Chiapas es uno de los estados más ricos en recursos naturales y culturales, es territorio de los bosques de niebla, hábitat reconocido por la UNESCO por su alta biodiversidad y extensa aportación de servicios ambientales. En todo el estado confluyen ríos, lagos, manantiales y dos de las más importantes regiones hidrológicas del país: la de la Costa y Grijalva-Usumacinta. Cuenta con una población aproximada de 4 796 580 habitantes con una densidad de 57.9 habs.\Km² ; la cual 70% de la población no tiene acceso a agua potable y saneamiento. El Instituto Estatal de Agua (INESA) en el 2013, dio a conocer que en solo nueve municipios las aguas residuales o una fracción de ellas reciben tratamiento, problemática que no yace en solo el estado, abarca todo el país.

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en su apartado “Agua Potable Saneamiento”, revelan que de los 2 457 municipios en nuestro país, solamente 827, es decir, 34 por ciento, cuentan con servicio de tratamiento de aguas residuales municipales, mientras que 1 628 municipios, que equivale al 66 por ciento, no disponen de un sistema que trate las aguas negras que vierten a los ríos, de los cuales se abastecen de agua para su distribución y consumo.

Datos del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), en el 2015 revelan que se produce un total de 7.23 miles de hm³/año de aguas residuales, las cuales 6.69 hm³/año son recolectados y tan solo 3.81 hm³/año son tratadas/removidos, es decir se genera una carga de contaminantes de 1.95 millones de toneladas de DBO5 al año removiéndose un total de 0.84 millones de toneladas de DBO5 al año. Según la Secretaria de salud (2016) informa que en 2004 Chiapas ocupaba el primer lugar por entidad federativa en mortalidad

causadas por enfermedades diarreicas en menores de 5 años puesto que para el 2015 fue tomado por Oaxaca quedando Chiapas en segundo lugar donde la mortalidad aproximada es por cada 100,000 habitantes 31.23 perecen por causa de enfermedades diarreicas derivado de la ingesta de aguas contaminadas por agentes patógenos provenientes del agua residual

En el estado Chiapas, dentro de la Región hidrológica número 23 se ubica la cuenca del río El Riíto, entre las coordenadas geográficas 16°5'39.60" N y 93°44'41.20" O, tiene una superficie aproximada de 50.14 km² con un rango de altitud que va desde los 0 a los 212 msnm; una cuenca de carácter intermitente, la cual se extiende por alrededor de 34 localidades iniciando en las cercanías de la localidad de San Martín, una planicie agrícola parcialmente intacta y las actividades antropogénicas son casi nulas, a simple vista, donde aún se encuentran agua limpia fluyendo, en su parcialidad estancada.

El río el Riíto desemboca en la bahía de paredón; una zona pesquera con problemas de contaminación debido a la inadecuada gestión integral de residuos y manejo de aguas residuales, así mismo, el cauce previo a la desembocadura funge como cuerpo receptor de descargas de aguas residuales generadas por los asentamiento humanos ubicados al margen del mismo, de igual forma descargas originadas por sistema de alcantarillado municipal y eliminación de las aguas sin tratar, aunado a esta problemática se suma la inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos generados en casa-habitación y la carencia de educación ambiental de la sociedad que dispone de sus residuos al margen del río, generado tiraderos a cielo abierto.

Este efluente se caracteriza por ser de flujo intermitente, en los meses de Mayo a Octubre corresponde la temporada de precipitaciones en la región, el efluente tiende a presentar un caudal abundante de aguas naturales mezcladas con residuales a partir de la cuenca media, que a percepción y paisajísticamente podrías determinar que se encuentra "limpia", sin embargo, la temporada de estiaje correspondiente a Febrero-Abril en la cuenca alta, el río no presenta escurrimientos superficiales. A partir de la cuenca media el efluente tiende a presentar

escurrimientos superficiales producto de las descargas residuales domesticas e industriales generadas por los habitantes de la localidad.

Esta problemática conlleva a la generación de Riesgos Sanitarios-Ecológicos, en particular el caso de Chiapas, El Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica reporta que en el año 2015-2016 se presentaron enfermedades transmitidas por vectores, particularmente caso de Infección por Virus Zika un total de 10 y 759 casos respectivamente, relacionando los casos con la problemática de las aguas residuales, existe una relación en la cual el efluente en temporada de estiaje tiene las condiciones ideales para la reproducción de los vectores de enfermedades derivado de las descargas de aguas residuales.

Para realizar el estudio y en su caso establecer medidas de control de las fuentes de descargas puntuales de contaminantes en el río El Riíto, fue necesario cuantificar las diferentes fuentes; tales como descargas de aguas residuales municipales y tiraderos a cielo abierto, para tener un panorama de la situación actual que presenta , este balance de fuentes de contaminantes genera pautas para implementar las medidas apropiadas de control, tratamiento y una posible rehabilitación del río, a sí mismo, la generación de un inventario y un mapa de fuentes de contaminantes por aguas residuales domésticas y residuos sólidos urbanos, en beneficio de toda la comunidad del municipio.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Problemática del agua

En el mundo viven alrededor de 7 300 millones de personas (ONU, 2015), lo que significa que, en 12 años, el número de personas en el mundo ha aumentado en 1 000 millones de las cuales 1 100 millones no tienen acceso al agua potable. Según datos del Centro Mexicano de Derecho Ambiental (2006) en México, alrededor de 12 millones padecen esta situación. En cuanto a acceso a saneamiento en el mundo, se calcula que 2 mil 400 millones no cuentan con él, mientras que en México 24 millones carecen de alcantarillado. Además, hay una gran cantidad de cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, muy contaminados. Se calcula que en el mundo cerca de 3 900 niños mueren cada día a causa de enfermedades curables transmitidas por el agua.

Alrededor del 70%–75% de la contaminación marina global es producto de las actividades humanas que tienen lugar en la superficie terrestre. Un 90% de los contaminantes es transportado por los ríos al mar. Por otro lado, entre un 70% y 80% de la población mundial (aproximadamente 3.6 billones de personas) se ubica en las costas o cerca de ellas, especialmente en zonas urbanas, donde una parte importante de los desechos que allí se producen se deposita directamente en el océano. Como consecuencia, muchos ecosistemas críticos, algunos únicos en el mundo, tales como bosques de manglar, arrecifes coralinos, lagunas costeras y otros lugares de interface entre la tierra y el mar, han sido alterados más allá de su capacidad de recuperación. (Escobar, Dourojeanni y Jouravlev, 2002)

En México, la industria y la agricultura son las responsables de la mayoría de los contaminantes y menos de 25% del agua residual que se vierte a ríos y lagos

es tratada, según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA; 2015b). Por su parte, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO 2016) afirma que sólo se trata 15% de las aguas residuales y que la industria consume 6 km³ de agua y descarga anualmente 5.3 km³ de aguas residuales. La sobre explotación, deforestación y la contaminación de las aguas han provocado que se pierdan cerca de 50 especies de plantas y vertebrados en México, según la CONABIO (2016) la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, hay 394 vertebrados (169 peces, 197 anfibios y 28 reptiles) correspondientes ambientes acuáticos y subacuáticos que están incluidos en alguno de esos estatus.

Si bien se sabe que Chiapas está considerado entre los estados con mayor disponibilidad de agua; a través del el documento “Estadísticas del Agua en México” Edición 2015, la CONAGUA dio a conocer que Chiapas se encuentra entre las tres entidades federativas con mayores rezagos en cobertura de agua potable. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), menos del 50% de la población en Chiapas puede abastecerse de agua, debido al alto costo de llevar el líquido a las zonas Sierra y Altos, donde se asientan las comunidades de mayor pobreza en el estado y la nación. Según el Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, emitido por la CONAGUA en Diciembre 2015 (CONAGUA, 2015a), afirma que el estado de Chiapas solo cuenta con la cantidad de seis plantas potabilizadoras en operación tabla 1, en el mismo documento en materia de agua residual se afirma que el estado cuenta con 34 plantas de tratamiento de aguas residuales; (Tabla 1 y 2)

Municipio	Localidad	Nombre de la planta	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Potabilizado (l/s)
La concordia	La concordia	La concordia	Clarificación convencional	20.0	18.0
San Fernando	San Fernando	San Fernando	Clarificación convencional	220.0	80.0
Tapachula	Tapachula de Córdoba y Ordoñez	Tapachula	Clarificación convencional	100.0	650.0
Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez I	Clarificación convencional	1000.0	1000.0
Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez II	Clarificación de patente	500.0	360.0
Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez III	Clarificación de patente	2000.0	500.0
Total de Plantas			6	4740.0	2608.0

Fuente; el Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, CONAGUA, Diciembre 2015.

Municipio	Localidad	Nombre de la Planta	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reusó
Aldama	Aldama	Aldama	Rafa o Wasb	5.0	3.0	Sumidero Aldama
Ángel Albino Corzo	Jaltenango de la Paz	Palestina	Lagunas de Estabilización	22.0	4.0	Arroyo seco innominado
Chalchihuitán	Chalchihuitán	Chalchihuitán	Filtros Biológicos o Rociadores o Percoladores	3.2	1.0	Arroyo cruzton
Chanal	Saxchibalté	Saxchibalté	Anaerobío	1.0	1.0	Arroyo saxchibalté

Municipio	Localidad	Nombre de la Planta	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reusó
Chiapa de Corzo	Nicolas Bravo	Nicolas Bravo	Tanque Imhoff	1.4	1.4	Arroyo seco Nicolas Bravo
Chiapilla	Chiapilla	Chiapilla	Laguanes de Estabilización	6.4	1.9	Terreno Chiapilla
Comitán de Domínguez	Comitán de Domínguez	Comitán	Lagunas de estabilización	210.0	90.0	Río grande
Francisco León	Cristo rey	Cristo rey	Anaerobio	0.1	0.1	Arroyo seco Cristo Rey
Frontera Comalapa	Ciudad Cuauhtémoc	Ciudad Cuauhtémoc	Lodos activados	7.0	7.0	Arroyo Cd.Cuauhtémoc
Frontera Comalapa	Paso Hondo	Paso Hondo	Lagunas de Estabilización	8.3	2.5	Rio grande/Salinas
Ixtapa	Ixtapa	Ixtapa	Lagunas de estabilización	8.6	2.6	Arroyo Ixtapa
La concordia	Rizo de oro	Rizo de oro	Tanque Imhoff	1.8	1.2	Arroyo Rizo de oro
Las margaritas	Las margaritas	Las margaritas	Lagunas de estabilización	21.0	7.2	Arroyo San Carlos
Las rosas	Las Rosas	Las Rosas	Lagunas de estabilización	36.4	36.4	Arroyo Las Rosas
Maravilla Tenejapa	Las Nubes	Las Nubes	Sosa séptica	2.0	0.5	Ejido Las Nubes
Marqués de comillas	Reforma Agraria	Reforma Agraria	Anaerobio	6.0	3.0	Arroyo Reforma Agraria
Marqués de comillas	Zamora Pico de Oro	Las Guacamayas Centro Ecoturístico	Fosa Séptica	5.0	2.0	Terrenos Ejido Las Guacamayas
Palenque	Palenque	Zona Arqueológica Palenque	Aerobio	0.5	0.5	Terrenos de Palenque

Municipio	Localidad	Nombre de la Planta	Proceso	Capacidad Instalada (l/s)	Caudal Tratado (l/s)	Cuerpo receptor o reusó
Pantelhó	Aquiles Serdán (Santa Lucia)	Aquiles Serdán	Rafa o wasb	1.8	1.5	Arroyo Aquiles Serdán
Pijijiapan	Pijijiapan	Pijijiapan	Lagunas de Estabilización	60.0	18.0	Arroyo el Chunco
Salto de Agua	Suclumpa	Suclumpa	Lagunas de Estabilización	2.0	1.9	Arroyo Suclumpa
Suchiapa	Suchiapa	Suchiapa	Lagunas de Estabilización	16.0	4.8	Arroyo Suchiapa
Suchiate	Ciudad Hidalgo	Ciudad Hidalgo	Humedales (wetlan)	45.0	27.0	Embalse Suchiate
Tapachula	Hermosillo	Fraccionamiento Hermosillo	Fosa Séptica	2.1	0.6	Arroyo seco Hermosillo
Tapachula	Tapachula de Córdova y Ordoñez	Tapachula Sur Oriente	Dual	250.0	100.0	Embalse del Río Cahoacán
Tenejapa	Tenejapa	Tenejapa	Biológico	4.7	4.7	Arroyo Tenejapa
Tumbala	Chuctiepa	Chuctiepa	Lagunas de Estabilización	0.6	0.4	Cañada Chuctiepa
Tuxtla Chico	Tuxtla Chico	Tuxtla Chico	Lodos Activados	19.4	9.0	Arroyo Tuxtla Chico
Tuxtla Gutiérrez	Copoya	Copoya	Filtros Biológicos o percoladores	10.8	7.5	Arroyo el Sabino
Tuxtla Gutiérrez	El Jobo	El Jobo	Aerobio	5.0	3.0	Arroyo Nandatula
Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez	Tuchtlán	Biológico	320.0	250.0	Arroyo Sabinal
Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez (Paso Limón)	Filtros Biológicos o percoladores	800.0	320.0	Río Sabinal
Tzimol	Tzimol	Tzimol	Lagunas de Estabilización	7.5	4.5	Arroyo Tzimol

Unión Juárez	Santo Domingo	Santo Domingo	Fosa Séptica	26.0	0.2	Barranca Santo Domingo
Total de plantas			34	1916.6	918.4	

Fuente; el Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, emitido por la Conagua en Diciembre 2015.

2.2 Usos del agua

El uso de agua se define como la aplicación del agua a una actividad. Cuando existe consumo, entendido como la diferencia entre el volumen suministrado y el volumen descargado, se trata de un uso consuntivo. Existen otros usos que no consumen agua como la generación de energía eléctrica, que utiliza el volumen almacenado en presas. A estos usos se les denomina no consuntivos (CONAGUA, 2010). El agua es empleada de diversas formas prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir e intercambiar bienes y servicios. Los usos del agua se clasifican en consuntivo y no consuntivo. El agua es empleada de diversas formas prácticamente en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o para producir e intercambiar bienes y servicios.

En el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), se registran los volúmenes concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales. El REPGA tiene clasificados los usos del agua en doce rubros. En este capítulo se empleará el término uso agrupado, con la categorización mostrada en la tabla 3.1, que distingue también si el uso es consuntivo o no (CONAGUA, 2014).

Tabla 3; usos del agua

Uso agrupado	Consuntivo/ no consuntivo	Rubros de clasificación del repda
Agrícola	Consuntivo	Agrícola, acuicultura, pecuario, usos múltiples, otros usos
Abastecimiento público	Consuntivo	Doméstico, público urbano
Industria autoabastecida	Consuntivo	Agroindustrial, servicio ,industrial,
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	Consuntivo	comercio
Hidroeléctrica	No consuntivo	Industrial Hidroeléctrica

Fuente: CONAGUA 2014

2.2.1 Uso consuntivo

(Usos fuera del cuerpo de agua) se refiere a el que por las características del proceso hay pérdidas volumétricas de agua, es decir, la cantidad de agua que sale es menor a la que regresa a la fuente de abastecimiento donde se incluyen Uso agropecuario, para abastecimiento público, industrial y para la producción de energía eléctrica (sin hidroeléctricas) (CONAGUA; 2014). Por otro lado, el Uso no consuntivo (Usos en el cuerpo de agua) en este rubro no hay pérdidas, la cantidad de agua que sale es la misma o casi la misma que sale del proceso. Ejemplos de usos no consuntivos son los que predominan en hidroeléctricas, la acuacultura, la navegación y el uso ambiental.

Disponer de agua en cantidad y calidad suficiente para el consumo humano es una de las demandas básicas de la población, pues incide directamente en su salud y bienestar en general. Esta característica es reconocida por los instrumentos rectores de planeación nacionales: el Plan Nacional de Desarrollo 2013- 2018 y el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

En el uso agrupado abastecimiento público la fuente predominante es la subterránea con el 58.6% del volumen, Cabe destacar que del 2006 al 2015 el agua superficial asignada para este uso creció un 32.3%. (Figura 1) En México, el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales está a cargo de los municipios, generalmente a través de organismos operadores. (CONAGUA, 2016).



Figura 1; Evolución del volumen concesionado del uso para abastecimiento público por tipo de fuente 2006-2015 (miles de hm³) Fuente: Estadísticas del agua en México edición 2016

2.2.2 Uso industrial

En el Uso industrial se incluye la industria que toma el agua que requiere directamente de los ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país.

Según CONAGUA (2016) Conforme al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) las actividades secundarias, conocidas como la industria, están conformadas por los sectores de minería, electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final, así como la construcción y las industrias manufactureras. Cabe destacar que la clasificación de usos de agua del REPDA no sigue precisamente esta clasificación, pero se considera que existe un razonable nivel de correlación. Si bien el uso industrial Representa solamente el 4.3% del uso consuntivo total, este presenta una dinámica de crecimiento que muestra la (Figura 2). Cabe destacar que en el periodo 2006-2015 se incrementó notablemente el volumen concesionado de origen subterráneo, con un crecimiento del 51.4% en ese periodo,

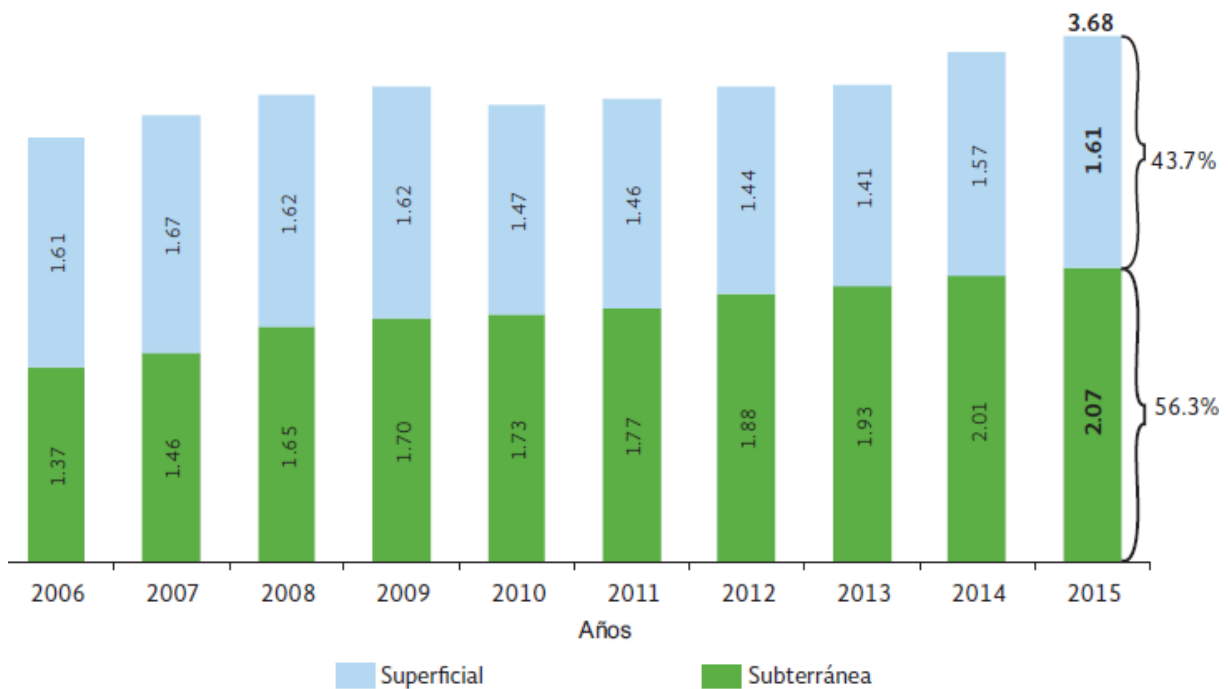


Figura 2 ; Evolución del volumen concesionado de usos industrial autoabastecida por tipo de fuente 2006-2015 (miles de hm3 Fuente: Estadísticas del agua en México edición 2016

2.2.3 Uso agrícola

El uso de aguas superficiales o subterráneas en el sector agrícola, el cual, en términos de uso de aguas nacionales se refiere principalmente al agua utilizada para el riego de cultivos. Con base en el VII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (2007). La CONAGUA en su publicación Estadísticas del Agua en México (2016), indica que ocupamos el séptimo lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego con 6.5 millones de hectáreas, de las cuales un poco más de la mitad corresponde a 86 distritos de riego, y el restante a más de 40 mil unidades de riego siendo el 35.9% del agua concesionada para uso agrupado agrícola es de origen subterráneo, este sector es el responsable de consumir 83% del total del agua utilizada en México (61.2 km3) (Figura 3), del cual se desperdicia alrededor de 50% por operación ineficiente, por prácticas inadecuadas del uso del líquido en parcelas (riego por inundación), por problemas institucionales (falta de coordinación en la

elaboración de las políticas públicas) y por cultivos inapropiados (como la alfalfa en zonas áridas). Según el CEMDA (2006) indica que la ineficiencia del sector agrícola se expresa por medio de cifras, pues consume 83% del agua del país, la cual se le proporciona de manera gratuita. Además, se le subsidia la electricidad para bombeo, está exento de cobro de derechos por concepto de aguas residuales y genera sólo el 3% del producto interno bruto



Figura 3; Evolución del volumen concesionado de usos agrícola por tipo de fuente 2006-2015 (miles de hm³). Fuente: Estadísticas del agua en México edición 2016

2.2.4 Uso energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad

Se refiere a las centrales de vapor duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbogas y de combustión interna, que usan consuntivamente el agua, e incluye tecnologías renovables (eólica, solar fotovoltaica y geotérmica). De acuerdo con lo reportado por la Secretaría de Energía en el 2015 las centrales de Comisión Federal de Electricidad (CFE) consideradas en este uso, incluyendo productores independientes de energía (PIE) para el servicio público, tuvieron una capacidad efectiva de 42 825 MW, que representaba el 78.1% del total nacional. La generación bruta de estas centrales en ese año fue de 231 TWh, el 88.5% del total nacional. Cabe comentar que el 75.2% del agua concesionada a este uso corresponde a la planta carboeléctrica de Petacalco, ubicada en las costas de Guerrero, cerca de la desembocadura del río Balsas. (SENER, 2016)

En el marco legal de la Ley de Aguas Nacionales publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992 y su última reforma publicada DOF 24-03-2016, reconoce, además de los usos mencionados anteriormente, los siguientes conceptos en el Título primero, capítulo único, artículo 3, fracción LIII a LX respectivamente:

"Uso Agrícola": La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial

"Uso Ambiental" o "Uso para conservación ecológica": el de conservación ecológica El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema. Es importante destacar que este rubro no consuntivo se adicionó en 2014 (CONAGUA, 2016).

"Uso Consuntivo": El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo.

"Uso Doméstico": La aplicación de agua nacional para el uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa, en términos del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

"Uso en Acuicultura": El aprovechamiento de paso de aguas nacionales en el conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, pre engorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones en aguas nacionales, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa.

"Uso industrial": La aplicación de aguas nacionales en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como el agua que se utiliza en parques industriales, calderas, dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.

"Uso Pecuario": La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales.

"Uso Público Urbano": La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal;

2.3 Marco jurídico en materia de aguas residuales.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917, su última reforma publicada DOF 27-08-2018 establece en el artículo 4º "Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar". El estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley"

El mejoramiento de la calidad de las aguas residuales, la prevención y control de su contaminación, la recirculación y el reúso de dichas aguas, así como la construcción y operación de obras de prevención, control y mitigación de la contaminación del agua, incluyendo plantas de tratamiento de aguas residuales se declaran de utilidad pública(CPEUM).

Relacionando las descargas de aguas residuales en aguas naturales y bienes nacionales la Ley General de Bienes Nacionales publicada en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2004, en su Última reforma publicada DOF 19-01-2018 establece en el artículo 3, son bienes nacionales: los señalados en los artículos 27, párrafos cuarto, quinto y octavo; 42, fracción IV, y 132. de lo cual podemos resumir que los cauces de las corrientes y los vasos de los lagos, lagunas y esteros de propiedad nacional, las riberas y zonas federales de las corrientes, La

zona federal marítimo terrestre; los puertos, bahías, radas y ensenadas, los diques, muelles, escolleras, malecones y demás obras de los puertos, cuando sean de uso público. Todos relacionados de una forma directa e indirecta con la problemática de aguas residuales.

El artículo 27 constitucional establece que “La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada”. “Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o estero”. Todos afectados de forma directa o indirecta por aguas residuales.

En el Título Quinto, artículo 115 constitucional en materia de aguas residuales establece que "los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales, entre otros.

2.3.1 Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento

La Comisión Nacional del Agua establece en la ley de Aguas Nacionales (LAN) Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992, su última reforma, publicada DOF 24-03-2016 que "la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante títulos de concesión o asignación otorgados por el Ejecutivo Federal a través de la CONAGUA, por medio de los

Organismos de Cuenca (OC) o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la LAN y su reglamento. De manera similar, para el vertido de aguas residuales, es necesario contar con un permiso de descarga expedido por esta misma institución. La utilización del recurso agua trae consigo derechos y obligaciones entre los usuarios que la disponen, por lo tanto fue necesario establecer normas jurídicas que regulen y sancionen los inadecuados usos que se puedan llegar a generar, de esta manera lograr un uso racional para evitar conflictos en lo posible.

Dentro del proceso de utilización de las aguas naturales para solventar las diferentes necesidades de la humanidad en todas sus actividades y su proceso de retorno al ciclo natural, la Ley de Aguas Nacionales en el artículo 7 declara "de utilidad pública el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales, la prevención y control de su contaminación, la recirculación y el reúso de dichas aguas, así como la construcción y operación de obras de prevención, control y mitigación de la contaminación del agua, incluyendo plantas de tratamiento de aguas residuales"; según el artículo 13 BIS 3, los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo Contribuir al saneamiento de las cuencas, subcuencas, microcuencas, acuíferos y cuerpos receptores de aguas residuales para prevenir, detener o corregir su contaminación. Todo los usuarios con sus respectivas concesiones tienen obligaciones legales, las cuales destacan: Cumplir con los requisitos de uso eficiente del agua y realizar su reúso en los términos de las Normas Oficiales Mexicanas o de las condiciones particulares que al efecto se emitan, no explotar, usar, aprovechar o descargar volúmenes mayores a los autorizados en los títulos de concesión, realizar las medidas necesarias para prevenir la contaminación de las aguas concesionadas o asignadas y reintegrarlas en condiciones adecuadas conforme al título de descarga que ampare dichos vertidos, a fin de permitir su explotación, uso o aprovechamiento posterior en otras actividades o usos y mantener el equilibrio de los ecosistemas; el incumplimiento de esta disposición implicará:

1. La aplicación de sanciones, cuya severidad estará acorde con el daño ocasionado a la calidad del agua y al ambiente;
2. El pago de los derechos correspondientes a las descargas realizadas en volumen y calidad.
3. Se considerarán causales que puedan conducir a la suspensión o revocación de la concesión o asignación que corresponda (LAN, Artículo 29, 2016).

Así mismo, garantizar la calidad del agua residual en la descarga a los cuerpos receptores de acuerdo a la normatividad vigente generada por la institución en materia y cumplir con los LMP o CPD en cada uno de los parámetros, previo tratamiento y fomentar el reúso. Presentar análisis de la calidad del agua cada dos años y elaborados en laboratorios acreditados por el Instituto mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Dichas concesiones pueden ser revocadas cuando descarguen aguas residuales que alteren la calidad de las aguas naturales, potables, afecten directa o indirecta a la salud, de igual forma, si lo solicita la secretaria (CONAGUA) o la procuraduría.

Son acreedores a la extinción de la concesión, al utilizar la dilución del agua residual para cumplir las NOM o las CPD en materia ecológica, no cumplir en tiempo y forma con las contribuciones de los aprovechamiento, realizar descargas de aguas residuales que contengan materiales o residuos peligrosos que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud, recursos naturales, fauna, flora o ecosistemas, por el contenido de materiales o residuos peligrosos que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud, recursos naturales, fauna, flora o ecosistemas

El Título Sexto, Usos del Agua; Capítulo I, Uso Público Urbano, **artículo 44**, párrafo 4 establece: "Corresponde al municipio, al Distrito Federal y, en términos de Ley, al estado, así como a los organismos o empresas que presten el servicio de agua potable y alcantarillado, el tratamiento de las aguas residuales de uso público urbano, previa a su descarga a cuerpos receptores de propiedad nacional, conforme a las Normas Oficiales Mexicanas respectivas o a las condiciones particulares de

descarga que les determine "la Autoridad del Agua" y las personas que infiltren o descarguen aguas residuales en el suelo o subsuelo o cuerpos receptores distintos de los sistemas municipales de alcantarillados de las poblaciones, deberán obtener el permiso de descarga respectivo, en los términos de esta Ley independientemente del origen de las fuentes de abastecimiento"

En materia de calidad del agua, "La Autoridad del Agua determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que éstos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas, mediante la expedición de Declaratorias de Clasificación de los Cuerpos de Aguas Nacionales, las cuales se publicarán en el Diario Oficial de la Federación, lo mismo que sus modificaciones, para su observancia".

Las declaratorias contendrán: La delimitación del cuerpo de agua clasificado, los parámetros que deberán cumplir las descargas según el cuerpo de agua clasificado conforme a los periodos previstos en el reglamento de esta ley, la capacidad del cuerpo de agua clasificado para diluir y asimilar contaminantes, y Los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga (LAN, Artículo 87, 2016).

ARTÍCULO 119. "La Autoridad del Agua" sancionará conforme a lo previsto por esta Ley, las siguientes faltas:

Descargar en forma permanente, intermitente o fortuita aguas residuales en contravención a lo dispuesto en la Ley, en cuerpos receptores que sean bienes nacionales, incluyendo aguas marinas, así como cuando se infiltren en terrenos que sean bienes nacionales o en otros terrenos cuando puedan contaminar el subsuelo o el acuífero.

2.4 Normatividad en materia de aguas residuales.

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992, última reforma publicada DOF 15-06-2018, estableció una nueva nomenclatura de normas y nuevo procedimiento para su elaboración. Las Normas Mexicanas (NM), normas de referencia que se emiten por los organismos nacionales de normalización y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), de carácter obligatorio, que se expiden por las dependencias competentes.

En materia ambiental se encomienda la determinación de los parámetros dentro de los cuales se garantizan las condiciones necesarias para el bienestar de la población y asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente. Para el control de contaminación por descargas de aguas residuales existen dos principales métodos: Control de los cuerpos receptores, fijando Límites Máximos Permisibles (**LMP**) de los parámetros de calidad del agua en los cuerpos receptores de acuerdo al uso del agua, estos representan el valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de agua residual (NOM-001-SEMARNAT-1996). Así mismo, permite diseñar los sistemas de tratamiento de acuerdo al uso propuesto del cuerpo receptor. Control de las descargas, fijando LMP de diferentes parámetros de calidad del agua para las descargas a los cuerpos receptores. Se necesita realizar estudios preliminares para la clasificación de todos los cuerpos receptores según su uso y después fijar las Condiciones Particulares de descarga (**CPD**) para cada planta, lo cual es difícil.

En México se combinan los dos métodos de control, en los cuerpos receptores y en las descargas. Las normas oficiales mexicanas en materia de aguas residuales son las siguientes.

Dentro del marco normativo la CONAGUA (2016) establece cuatro Normas Oficiales Mexicanas en materia de protección al ambiente, las cuales son:

- NOM-001-SEMARNAT-1996 (PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017)
- NOM-002-SEMARNAT-1996
- NOM-003-SEMARNAT-1997
- NOM-004-SEMARNAT-2002

Esta normatividad con diferentes objetivos en materia de aguas residuales se analizan continuación:

NOM-001-SEMARNAT-1996 Esta Norma Oficial Mexicana publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) con fecha de 06/01/1997, ratificada y publicada en el DOF el 23 de abril de 2003. Establece los Límites Máximos Permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

De acuerdo al diario oficial de la federación modificada el 5 de enero del 2018 para ahora ser PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. (Anexo 4).

El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la (Tabla 6) para descargas de tipo municipal

Tabla 4; periodicidad de análisis.

Rango de Población	Frecuencia de Muestreo Y Análisis	Frecuencia de Reporte
Mayor de 50,000 habitantes	Mensual	trimestral
de 20,001 a 50,000 habitantes	Trimestral	Semestral
de 2,501 a 20,000 habitantes	Semestral	Anual

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996 (PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017)

NOM-002-SEMARNAT-1996

Publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) con fecha de 03 de Junio de 1998, ratificada y publicada en el DOF el 23 de abril de 2003. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado

Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores a los indicados en la (tabla 7) Para las grasas y aceites es el promedio ponderado en función del caudal, resultante de los análisis practicados a cada una de las muestras simples.

Tabla 5; Límites Máximos Permisibles.

Límites Máximos Permisibles			
Parámetros (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Promedio Mensual	Promedio diario	instantáneo
Grasas y aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

Fuente: NOM-002-SEMARNAT-1996

Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal a que se refiere esta norma, se obtendrán de análisis de muestras compuestas, que resulten de la mezcla de las muestras simples, tomadas éstas en volúmenes proporcionales al caudal medido en el sitio y en el momento del muestreo, de acuerdo con la tabla 8

Frecuencia de Muestreo			
Horas Por día Que opera el Proceso Generador de LA descarga	numero de Muestras Simples	intervalo Máximo entre toma de Muestras Simples (Horas)	
		Mínimo	Máximo
Menor que 4	Mínimo 2	-	-
de 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

Tabla 6 Frecuencia de Muestreo. Fuente: NOM-002-SEMARNAT-1996

NOM-003-SEMARNAT-1997 Esta Norma Oficial Mexicana Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de septiembre de 1998, ratificada y publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 De Abril De 2003. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se

reúsen en servicios al público, con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observancia obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reusó. En el caso de que el servicio al público se realice por terceros, éstos serán responsables del cumplimiento de la presente Norma, desde la producción del agua tratada hasta su reusó o entrega, incluyendo la conducción o transporte de la misma.

Los límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas son los establecidos en la tabla 9 de esta Norma Oficial Mexicana

Tabla 7; límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales tratadas.

Límites Máximos Permisibles de Contaminantes					
tipo de Rehusó	Promedio Mensual				
	Coliformes fecales nMP/100 ml	Huevos de helminto (h/l)	Grasas y aceites mg/l	dBo mg/l	SSt mg/l
Servicios al Público Con Contacto directo	240	≥ 1	15	20	20
Servicios al Publico Con Contacto indirecto u ocasional	1,000	≤ 5	15	30	30

Fuente: NOM-003-SEMARNAT-

2.5 Parámetros y calidad del agua

Los parámetros característicos de las aguas residuales se pueden separar en tres Grupos: físicos, químicos y biológicos.

2.5.1 Agua residual

Las aguas residuales se definen, según la Ley de Aguas Nacionales de México, como “aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas”. Debido a lo general de la definición, para fines de esta investigación se considerara que las aguas residuales municipales son la combinación de diversas corrientes de agua descargadas a un cuerpo receptor una vez usada; estos pueden ser según la NOM-001-SEMARNAT-1996 que define como cuerpo receptor, las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos, El término aguas residuales, se utiliza para caracterizar diferentes cualidades, que van de aguas residuales crudas, hasta las diluidas generadas a partir de diversas actividades urbanas. Estas actividades van desde uso doméstico, comercial, industrial, agua de lluvia y las corrientes de agua urbana, aguas residuales tratadas, las aguas residuales recuperadas, lodos y biosólidos fecales (Saravanan, et al., 2011 citado por Núñez 2015).

Los problemas que conllevan cada tipo de aguas residuales, depende de su composición cualitativa y cuantitativa, así, las aguas negras y grises, contienen helmintos, sustancias coloidales, materia orgánica entre otras y las aguas negras industriales contienen químicos diversos y metales pesados casi siempre perjudiciales. (Núñez; 2015)

Es claro que la composición básica de las aguas residuales depende directamente de su origen. Debido a que las aguas residuales industriales varían según los procesos en que son utilizadas en las industrias, las características y

composición de las mismas pueden variar mucho de una industria a otra. Existen varios contaminantes de interés en el tratamiento de las aguas residuales municipales, los cuales se presentan en la Tabla 10; y los principales constituyentes que se encuentran en las mismas. (Tabla 11)

Tabla 8; Contaminantes de importancia en el tratamiento de aguas residuales.

Contaminantes	Importancia
Sólidos en suspensión	Los SS. Pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaeróbicas cuando se vierte el agua residual sin tratar al entorno acuático, amén del efecto estético negativo.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, grasas animales y carbohidratos. La materia orgánica biodegradable se mide en términos de la DBO y DQO. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de organismos patógenos en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fósforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento de organismos vivos. cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes favorecen al crecimiento de vida acuática no deseada.
Contaminantes prioritarios	Son determinados compuestos orgánicos e inorgánicos clasificados como tales en función a su toxicidad, carcinogenicidad o mutagenicidad conocida.
Materia orgánica refractarias	Esta materia tiende a resistir a los métodos convencionales de tratamiento. Algunos ejemplos son los agentes tensoactivos, los fenoles y los algunos pesticidas agrícolas (organoclorados).
Metales pesados	Los metales pesados son añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales y pueden ser necesarios eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	El calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro por el uso de las aguas; es necesario eliminarlos si se reutiliza

Fuente (Metcalf & Eddy, 1995. Citado por; D'Alessandri; 2012)

Tabla 9; Principales constituyentes en el agua residual.

Constituyentes	Razones de interés
solidos suspendidos totales	Formación de depósitos de lodos y condiciones anaerobias
compuestos orgánicos	Agotamiento de oxígeno en fuentes naturales y desarrollo de condiciones sépticas
constituyentes inorgánicas disueltos (p.ej. solidos disueltos totales)	Constituyentes adicionales por el uso. Aplicaciones en el reciclaje y en la reutilización del agua residual
Metales pesados	Constituyentes metálicos adicionales por el uso. Muchos metales se clasifican como polutantes de prioridad
Nutrientes	Crecimiento excesivo de la vida acuática indeseable, eutroficación, concentración de nitratos en agua para consumo
Patógenos	Transmisión de enfermedades
Polutantes orgánicos prioritarios	Sospechosos de ser cancerígenos, mutagenéricos, teratogenicos o de toxicidad aguda. Muchos polutantes prioritarios son resistentes a los métodos de tratamiento convencionales

Fuente; Crites, y Tchobanoglous, 2000

La ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente (LEGEPA) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 2018 en el capítulo tres “Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos” establece en el artículo 117 fracción cuatro; Las aguas residuales de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo. En el mismo capítulo el artículo 121 se sustenta que no podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, aguas residuales que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y el permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en los casos de descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población.

2.6 Características físicas del agua residual

Las características físicas y organolépticas se refieren, en general, a mediciones Indirectas de componentes químicos presentes en el agua que pueden o no ser tóxicos. Dentro de este tipo de parámetros se encuentran aquellos relacionados con la calidad estética cuya importancia reside en que el agua debe agradar a los consumidores y no provocarles desconfianza ni perjuicios en sus instalaciones o bienes. Los más importantes son los sólidos en sus diferentes formas: materia flotante, suspendida, coloidal y disuelta; así como la temperatura, olor y color. En la (Figura 4) se presenta la clasificación por tamaño de las partículas encontradas en el agua.

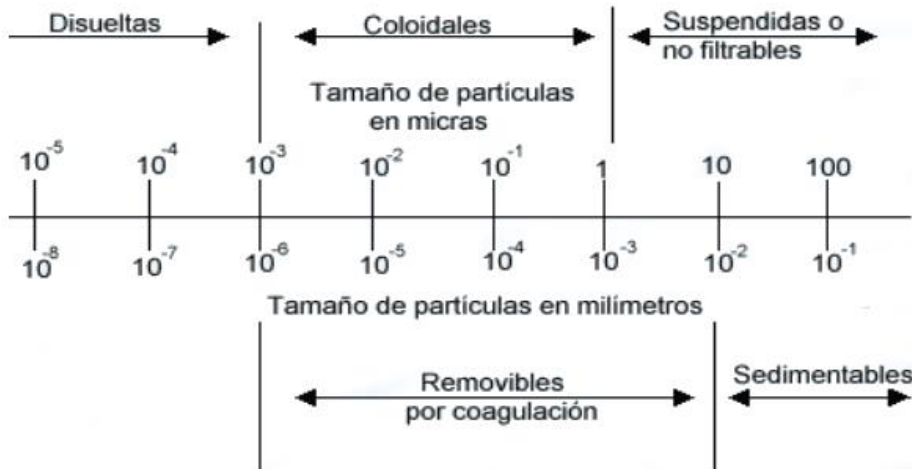


Figura 4; Clasificación y tamaño de partículas encontradas en el agua. Fuente; Crites, y Tchobanoglous, 2000

2.6.1 Sólidos

Sólidos suspendidos: son las partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, etc., y aquellas otras que también son perceptibles a simple vista y tienen posibilidades de ser separadas del líquido por medios físicos sencillos. Dentro de los sólidos suspendidos se pueden distinguir los sólidos sedimentables, que se depositarán por gravedad en el fondo de los receptores. Estos sólidos sedimentables, son una medida aproximada de la cantidad de fango que se eliminará mediante sedimentación. Sólidos filtrables: esta fracción se compone de sólidos coloidales y disueltos. La fracción coloidal consiste en partículas con un diámetro aproximado que oscila entre 10^{-3} y 1 micra. (Crites, y Tchobanoglous, 2000)

Tabla 10; Definición para sólidos encontrados en el agua residual.

Prueba	Descripción
--------	-------------

Sólidos totales (ST)	Residuo remanente después de que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica.
Sólidos totales volátiles (STV)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados
Sólidos fijos totales	Residuo que permanece después de incinerar los ST
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SST son calcinados
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Sólidos remanente después de calcinar SST
Sólidos disueltos totales (SDT) (ST-SST)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica. La medida SDT comprende coloides y sólidos disueltos
Sólidos disueltos volátiles (SDV) (SVT- SST)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo remanente después de calcinar los SDT
	Sólidos suspendidos, que se sedimentarán por fuera de la suspensión dentro de un periodo de tiempo específico.

Sólidos sedimentables	
-----------------------	--

Fuente; Crites, y Tchobanoglous, 2000

En la figura 5; se presenta la relación entre los diferentes tipos de sólidos: totales, Suspendidos, disueltos, fijos y volátiles

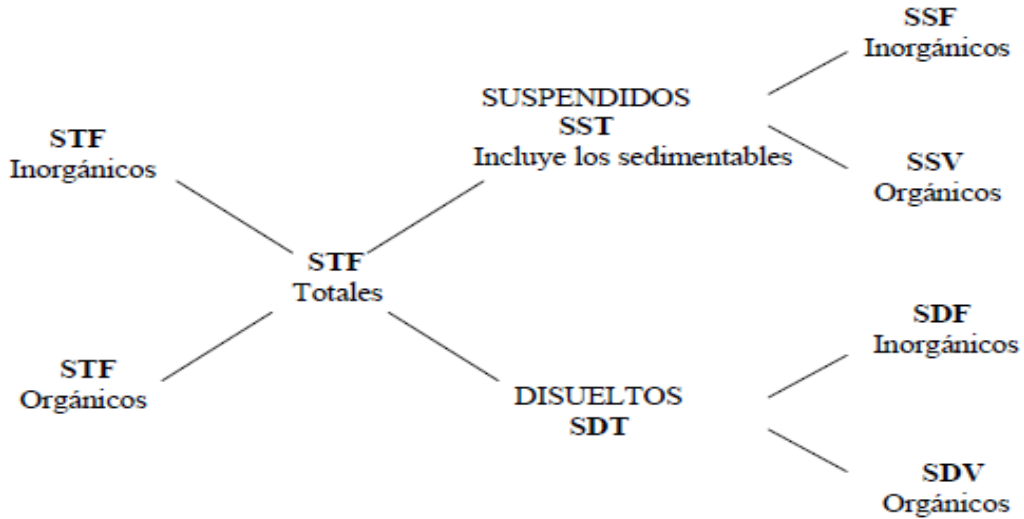


Figura 5; Relación entre los sólidos totales, suspendidos, disueltos, fijos y volátiles. Fuente; Crites, y Tchobanoglous, 2000

2.6.2 Temperatura

La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento. La temperatura del agua es un parámetro muy importante porque afecta directamente las reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y la adecuación del agua para fines benéficos. Un incremento en la temperatura puede causar cambios en las especies acuáticas que existan en un cuerpo receptor el aumento de temperatura puede dar lugar a un incremento indeseable de plantas acuáticas y hongos.

Efectos de la temperatura en las aguas residuales

- La contaminación térmica es significativa
- Altera y modifica el hábitat acuático, modifica la concentración de oxígeno disuelto, la velocidad de las reacciones químicas y la actividad bacterial
- La tasa de sedimentación del agua cálida es mayor debido al cambio de viscosidad en agua (Olivos, 2010)

2.6.3 Color

El color en las aguas residuales es causado por sólidos suspendidos, materia coloidal y sustancias en solución. El color causado por sólidos suspendidos se le llama color aparente mientras que el color causado por sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero; puede ser usado para estimar la condición general del agua residual. Si el color es café claro, el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de su descarga. Un color gris claro es característico de aguas que han sufrido algún grado de descomposición o que han permanecido un tiempo corto en los sistemas de recolección, si el color es gris oscuro o negro, se trata en general de aguas sépticas que han sufrido una fuerte descomposición bacterial bajo condiciones anaerobias (en ausencia de oxígeno). El oscurecimiento de las aguas residuales se da con frecuencia debido a la formación de varios sulfuros, en particular sulfuro ferroso (FeS). La formación de sulfuros ocurre cuando el ácido sulfhídrico, producido a partir de la reducción de sulfato bajo condiciones anaerobias, se combina con metales divalentes que pueden estar presentes en el agua residual como el hierro. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

2.6.4 Olor

La determinación de olor es cada vez más importante en la medida en que el público se ha interesado más en la propia operación de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. El olor de una agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos mal olientes son liberados cuando se produce la degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas residuales. El principal compuesto del olor indeseable es el sulfuro de hidrogeno (olor a huevo podrido). Otros compuestos como indol, eskatol y mercaptanos, formados bajo condiciones anaerobias pueden causar olores más ofensivos que el del sulfuro de hidrogeno WEF, 1995 citado por (Crites y Tchobanoglous, 2000)

Tabla 11; Umbral del olor de compuestos olorosos asociados con aguas residuales.

Compuestos olorosos	Umbral de olor, ppm	Olor característico
Amoniaco	46.8	Amoniaco
Cloro	0.314	
Crotilmercaptano	0.000029	Zorrillo
Dimetilsulfuro	0.0001	Vegetales descompuestos
Difenilsulfuro	0.0047	
Etilmercaptano	0.00019	Col descompuesta
Sulfuro de hidrogeno	0.00047	Huevo podrido
Indol	0.0001	
Metilamina	21.0	
Metilmercaptano	0.0021	Col descompuesta
Eskatol	0.019	Materia fecal
Dióxido de azufre	0.009	
Tiocresol	0.000062	Zorrillo

Fuente; Crites, y Tchobanoglous, 2000

2.6.5 Turbiedad

La turbiedad, como una medida de las propiedades de dispersión de la luz en las aguas es otro parámetro usado para indicar la calidad de las aguas naturales y de las aguas residuales tratadas con relación al material en suspensión coloidal. Las partículas suspendidas en el agua absorberán calor adicional de la luz solar lo cual ocasionará que el agua sea más caliente; el agua caliente no es capaz de guardar tanto oxígeno como el agua fría, así que los niveles de OD bajarán, especialmente cerca de la superficie.

2.7 características químicas del agua residual

Los factores más importantes que describen las características químicas del agua residual son el contenido de materia orgánica, materia inorgánica y los gases presentes en el agua

A diferencia de las aguas naturales, las aguas residuales han recibido sales y materia orgánica de la preparación de alimentos y el metabolismo humano principalmente y toda clase de materiales que se descartan por los desagües e imparten propiedades especiales a las aguas servidas; además, es necesario incluir biocidas, detergentes y desinfectantes.

2.7.1 Materia Orgánica

La materia orgánica presente en las aguas residuales es de origen animal, vegetal y compuestos sintéticos orgánicos creados por el hombre se constituye básicamente de proteínas (40 a 60 %) carbohidratos (25-50%), grasas y aceites (10%). La urea que es el principal constituyente de la orina es otro compuesto orgánico importante, debido a que se descompone rápidamente, sólo se encuentra en aguas residuales recientes. Los elementos constitutivos principales de la materia orgánica son carbón, hidrógeno, oxígeno, y en algunos casos nitrógeno; así como cantidades menores de azufre, fósforo, hierro, calcio, magnesio, sodio, potasio, etc. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

Según Domínguez y Márquez (2008) Otros compuestos orgánicos a veces presentes en las aguas residuales son orgánicos sintéticos que van desde estructuras moleculares sencillas hasta extremadamente complejas, como son los fenoles, detergentes, plaguicidas, y otros más asociados con metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio. Para facilitar la detección de la materia orgánica usualmente se recurre a medir parámetros indirectos como son la demanda bioquímica y química de oxígeno y el carbono orgánico total.

2.7.2 Demanda bioquímica de oxígeno.

La DBO₅ o demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días es el parámetro más usado para estimar el grado de contaminación orgánica en el agua. Su determinación implica medir la variación del oxígeno disuelto en el agua a través del tiempo debido a las reacciones bioquímicas involucradas en el metabolismo microbiano de la materia orgánica. La DBO del agua residual da una idea de la biodegradabilidad de la materia orgánica, además sirve para calcular la cantidad de oxígeno necesario para la estabilización de la materia orgánica mediante un tratamiento biológico, los datos de DBO se emplean para medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento de aguas, y en general, la DBO₅ es un índice importante de la calidad de los cuerpos de agua. (Domínguez y Márquez, 2008)

2.7.3 Demanda química de oxígeno

(DQO). Es otro parámetro que permite medir indirectamente el contenido de materia orgánica. El procedimiento se fundamenta en la oxidación de la materia orgánica mediante un oxidante químico fuerte tal como el dicromato de potasio en medio ácido alta temperatura y en presencia de sulfato de plata como catalizador; la reacción que se efectúa es:

Materia orgánica (C_aH_bO_c) + Cr₂O₇ = catalizador Cr⁺³ + CO₂ + H₂O
Calor.

El método del dicromato de potasio se basa en el hecho de que la mayoría de los compuestos se oxidan en medio ácido. El exceso de dicromato de potasio se titula con una solución de sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al dicromato de potasio consumido. (Domínguez y Márquez, 2008)

2.7.4 Materia inorgánica y gases.

Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales de importancia para la determinación y control de la calidad del agua. Las concentraciones de los constituyentes inorgánicos aumentan con el uso del agua, ya que se acumulan. Estos parámetros químicos tienen importancia en la estabilización del agua y en el control de la calidad de la misma, así como condicionantes y limitantes del crecimiento biológico. A continuación se presentan aspectos generales de los parámetros químicos inorgánicos y gases por lo que respecta a su significado y efectos relevantes.

Tabla 12; componentes inorgánicos de las aguas residuales

Alcalinidad	Es la medida del contenido de iones hidróxidos (oxhidrilos), bicarbonatos y Carbonatos. Su efecto es limitante de la actividad biológica.
Nitrógeno amoniacal.	Es un nutriente biológico e interviene en el metabolismo bacteriano. El nitrógeno amoniacal corresponde al N del NH_4^+ , que está en equilibrio con el NH_3 , que es el amoniaco. El nitrógeno amoniacal no es tóxico pero el amoniaco sí lo es, en concentraciones rara vez encontradas en agua de suministro. Normalmente hay menos de 0.2 mg/L, pero en aguas subterráneas anaerobias puede ascender hasta 3 mg/L. El nitrógeno amoniacal proviene de los procesos metabólicos, agrícolas e industriales. Su presencia indica posible contaminación con aguas residuales.

Nitratos.	Son nutrientes biológicos se forman en fases terminales de procesos biológicos.
Fosfatos.	Son nutrientes biológicos e intervienen en el metabolismo bacteriano.
Metales pesados.	Indican contaminación industrial. Afectan el metabolismo microbiano por ser tóxicos.
Oxígeno disuelto.	Es una medida de la actividad biológica. Se requiere para la respiración de organismos aerobios de importancia en el tratamiento de aguas residuales.
Ácido sulfhídrico y metano	. Indican condiciones sépticas se forman de la descomposición anaerobia de la materia orgánica
PH. (Potencial de hidrógeno)	Es la medida de la acidez o basicidad del agua. Los valores de pH mayores de 7.5 y menores de 6.5 afectan a los organismos involucrados en el tratamiento biológico de las aguas residuales.
Dureza.	La dureza representa la concentración de cationes metálicos multivalentes presentes en el agua. Es causada principalmente por las sales de Ca y Mg (en ese orden) y en menor grado por Al, Fe, Mn, Sr y Zn. Por la variedad de compuestos que intervienen, la dureza se expresa como una cantidad equivalente de CaCO ₃ .
Fenoles o compuestos fenólicos.	Los compuestos fenólicos que se encuentran en las aguas superficiales son resultado de la contaminación antropogénica por una diversidad de productos industriales provenientes de la manufactura del acero, la destilación del coque, la refinación del petróleo y de operaciones químicas. También provienen de productos para tratar la madera, biocidas y de aguas municipales. En el agua subterránea se encuentran en áreas con estratos petroleros.

Fuente: (Domínguez y Márquez, 2008)

2.8 Características biológicas

Las características biológicas en las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causada por organismos patógenos de origen humano y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia

orgánica. Los principales grupos de organismos presentes en aguas superficiales y residuales están conformados por bacterias, hongos, algas, protozoos, plantas, animales y virus; los microorganismos presentes en el agua residual pueden clasificarse como eucariotas, eubacterias, y arquobacterias. Los organismos patógenos bacteriales excretados por el hombre causan por lo general enfermedades del tracto gastrointestinal, como fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería, diarrea y cólera. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

2.8.1 Contaminación de cuerpos de agua

La calidad del agua puede ser alterada como consecuencia de las actividades humanas o naturales que producen efectos adversos que cambian su valor físico, químico y biológico. Entonces, cualquier alteración de estas, que provoque un efecto inaceptable de su utilidad o valor ecológico es considerada como contaminación del agua, y un contaminante es el factor o la sustancia que provoca esa alteración. (Corzo; 2009)

El origen de la contaminación de cuerpos de agua se realiza por descargas puntuales y no puntuales o también llamadas difusas. Las primeras concentran en un sitio a los contaminantes, estas se encuentran bien definidas tales como los sistemas aguas residuales municipales e industriales. Mientras que la segunda es producida por las aguas de lluvia, identificándolas como escurrimientos superficiales que acarrear contaminantes naturales y los resultantes de la actividad humana, siendo los depósitos finales los lagos, ríos, costas, pantanos, humedales y aguas subterráneas (Arreguín *et al.*, 2000, citado por Corzo 2009)

2.8.2 Efectos producidos por la contaminación de cuerpos de agua

Un cuerpo de agua es capaz de asimilar cierta cantidad de contaminantes sin mostrar efectos serios debido a los factores de dilución y autopurificación que están presentes. Sin embargo, cuando encuentran sometidos a una tensión que se genera por su interacción con centros urbanos e industriales que afectan dicha composición fisicoquímica del agua deja de ser adecuado para sus diferentes usos, ocasionando así la contaminación del cuerpo de agua, ya sea en un corto, mediano o largo plazo (Corzo, 2009)

Estéticos. Algunos ejemplos son:

- La acumulación de espuma de los detergentes en las descargas de aguas domésticas
- Las natas de productos insolubles provenientes de industrias
- Las botellas de plástico o polietileno que flotan en la superficie

Ecológicos. Entre ellos destacan:

- La mortandad de peces
- La desaparición o modificación de la vegetación cercana a los cuerpos de agua

Efectos a largo plazo:

Los efectos a largo plazo ocasionados por los contaminantes en el agua pueden ser de dos tipos:

- Presencia y acumulación de tóxicos en sedimentos
- Eutrofización acelerada

2.8.3 Eutrofización

Es el enriquecimiento en nutrientes de las aguas. Produce un crecimiento excesivo de algas, las cuales al morir se depositan en el fondo de los ríos o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora, hasta el punto de matar el río o lago por completo. Las algas se desarrollan cuando encuentran condiciones favorables: temperatura, sol y nutriente (Mynor, 2010)

2.9 Residuos Sólidos

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 (modificada DOF 05-06-2018) define residuo como “cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento de cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”.

Conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de octubre de 2003, Última reforma publicada DOF 19-01-2018, residuo es el “material o producto cuyo propietario poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella se deriven”

Una definición simple de residuos sólidos es la que da Jiménez (2001): se entiende como cualquier material desechado que pueda o no tener utilidad alguna. Los residuos sólidos son la parte que queda de algún producto y que se conoce comúnmente como basura.

Existen diferentes tipos de residuos que van desde residuos industriales, residuos agrarios; procedentes de la agricultura, ganadería, pesca y explotaciones forestales, residuos médicos y los residuos sólidos urbanos que según Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos son los que se generan en las casas habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas (p. e., de los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques) o los que provienen también de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública, con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole.

Entre las repercusiones que traen consigo la inadecuada gestión y disposición de los residuos sólidos destacan la producción de biogás, resultado de la descomposición de residuos orgánicos que resultan desagradables no sólo por los olores que generan, sino que pueden ser peligrosos debido a su toxicidad o por su explosividad. Algunos de ellos son también gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global.

Entre estos gases destacan el bióxido y monóxido de carbono (CO_2 y CO , respectivamente) además la descomposición de los residuos su contacto con el agua puede generar lixiviados que conforme a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003) lixiviado es el “Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos”.

Los residuos orgánicos que se disponen atraen a un numeroso grupo de especies de insectos, aves y mamíferos que pueden transformarse en vectores de enfermedades peligrosas como la peste bubónica, tifus murino, salmonelosis,

cólera, leishmaniasis, amebiasis, disentería, toxoplasmosis, dengue y fiebre amarilla, entre otras.(SEMARNAT, 2006).

En el artículo 5, la LGPGIR reconoce la clasificación de residuos de acuerdo a su origen y características, los cuales son: Residuos de Manejo Especial: Residuos Peligrosos: Residuos Sólidos Urbanos: Residuos Incompatibles:

2.9.1 Residuos de manejo especial

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003), (LGPGIR) son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

El artículo 19 del título tercero “clasificación de los residuos “ dentro de la LGPGIR Los residuos de manejo especial se clasifican como se indica a continuación, salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en esta Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes:

- I. Residuos de las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen para este fin, así como los productos derivados de la descomposición de las rocas, excluidos de la competencia federal conforme a las fracciones IV y V del artículo 5 de la Ley Minera;
- II. Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los biológico-infecciosos;
- III. Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades;

- IV.** Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas;
- V.** Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;
- VI.** Residuos de tiendas departamentales o centros comerciales generados en grandes volúmenes;
- VII.** Residuos de la construcción, mantenimiento y demolición en general;
- VIII.** Residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico;
- IX.** Pilas que contengan litio, níquel, mercurio, cadmio, manganeso, plomo, zinc, o cualquier otro elemento que permita la generación de energía en las mismas, en los niveles que no sean considerados como residuos peligrosos en la norma oficial mexicana correspondiente
- X.** Los neumáticos usados
- XI.** Otros que determine la Secretaría de común acuerdo con las entidades federativas y municipios, que así lo convengan para facilitar su gestión integral.

2.9.2 Residuos peligrosos

De acuerdo con la LGPGIR corresponden aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en esta Ley.

El artículo 39 capítulo dos “planes de manejo” de la presente ley establece que Estarán sujetos a un plan de manejo los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y que estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente:

- I. Aceites lubricantes usados;
- II. Disolventes orgánicos usados;
- III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores;
- IV. Acumuladores de vehículos automotores conteniendo plomo;
- V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio;
- VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio;
- VII. Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo;
- VIII. Fármacos;
- IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos;
- X. Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados;
- XI. Lodos de perforación base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales cuando sean considerados como peligrosos;
- XII. La sangre y los componentes de ésta, sólo en su forma líquida, así como sus derivados;
- XIII. Las cepas y cultivos de agentes patógenos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación y en la producción y control de agentes biológicos;
- XIV. Los residuos patológicos constituidos por tejidos, órganos y partes que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica que no estén contenidos en formol,
- XV. Los residuos punzo-cortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes.

Clasificación de Residuos

Clasificar los residuos que se generan en las múltiples actividades que desarrolla el hombre, puede resultar muy complejo ya que tanto las fuentes que los generan, como la composición misma de los residuos es muy variable, lo cual dificulta el establecimiento de criterios de clasificación perfectamente bien definidos. Los

residuos pueden clasificarse de acuerdo a su composición (en orgánicos e inorgánicos), por la factibilidad para su aprovechamiento (en reciclables y no reciclables) y por su origen en actividad antropogénica (institucionales, domésticos, comerciales, industriales, entre otros). (Tejada, 2013)

Por su composición

De acuerdo con su composición (Restrepo *et al.* 1991) y (Careaga, 1993) citado por Tejada (2013) clasifica a los RSU en:

- Residuos orgánicos: se componen de materia orgánica que por definición corresponde a “todo aquello de origen biológico, que en algún momento tuvo vida”.

- Residuos inorgánicos: son conocidos también como residuos secos, de lenta degradación o no biodegradables, debido a que pueden permanecer en el ambiente por largos periodos sin degradarse. Este grupo incluye a su vez, dos tipos de residuos, los reciclables y los no reciclables:

- Los reciclables por sus características en composición aún son aptos para elaborar otros productos o re-fabricar los mismos, ejemplos de estos se tiene el plástico, vidrio y metales. El papel y el cartón (ambos residuos de tipo orgánico), se pueden reclasificar dentro de la 15 categoría de residuos inorgánicos de tipo reciclable, para facilitar su acopio y evitar su contaminación por contacto con los residuos orgánicos.

- Los no reciclables, conocidos también como el resto, otros o basura, se componen de residuos con muy pocas posibilidades de reciclaje, ya sea por la naturaleza misma de los materiales con que están elaborados, tener una alta carga microbiana potencialmente patógena, o estar altamente contaminados (mezclados) con otras fracciones de residuos. Ejemplo de este tipo de residuos se tienen los desechables, residuos sanitarios, etc.

Tabla 13; Clasificación de residuos sólidos municipales por su origen en actividad antropogénica

Fuente	Origen específico	Tipos de residuos
--------	-------------------	-------------------

Institucionales	Casa habitación	Clasificación de residuos comunes por sus propiedades físicas
Institucionales	Escuelas, institutos y universidades Museos Iglesias Oficinas de gobierno Bancos Reclusorios	Materiales inertes: Vidrio Plástico Metales Lozas y cerámicas Tierras Cenizas
Áreas y vías públicas	Calles y avenidas Carreteras federales o estatales Parques y jardines Zoológicos Playas Áreas arqueológicas Parques nacionales	Materia fermentable Residuos de alimento Residuos de jardinería Huesos Flores (desechos)
Comercial y de servicio	Balnearios Circos Cines Teatros Estadios Hipódromos y galgódromos Parques deportivos Autódromos Velódromos Plaza de toros Frontón Mercado, tianguis y centros de abasto Hoteles, moteles Oficinas Rastros Panteones Restaurantes	Materiales combustibles Algodón Papel Cartón Tetra pack Textiles naturales Textiles sintéticos Pañales desechables Madera Cuero Huele

	Tiendas Terminales : Marítimas Aéreas Terrestres	
Construcción de demolición		Otros Cascajo
Fuente: norma oficial mexicana NOM-AA-22-1985 Seoáñez C.M 1999, modificado de organización panamericana de salud Gobierno del Distrito Federal y Gobierno del Estado México, 1997. Citado por (tejada, 2013)		

Tiradero a Cielo Abierto

Según World Bank (1989); Citado por Buenrostro (2000) la disposición de los residuos en tiraderos a cielo abierto, consisten en sitios ubicados en la periferia de los centros de población. Cuando el sitio se satura, o el crecimiento poblacional ocasiona que sea sobrepasado por la mancha urbana, se clausura y se busca otro sitio en un lugar más alejado. Los impactos negativos asociados a esta forma de disposición son los riesgos de contaminación de acuíferos por percolación y lixiviación, el impacto sobre la fauna y flora circundante y riesgos en la salud, asociados a la producción de gases, humos y polvos.

2.10 Manejo de Residuos Sólidos Municipales

Para hacer un manejo adecuado de los residuos sólidos se tienen que combinar diferentes elementos como la forma en que se realiza la recolección, la separación, almacenamiento el provecho económico que de estos se pueda obtener, beneficios al ambiente, y aceptación por parte de la sociedad con un sistema de manejo eficiente y fácil de aplicar en cualquier región. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzos de reusó y reciclaje, tratamientos que involucran compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios (Tejada; 2013)

III. ANTECEDENTES

Hernández (2018) realizó el análisis de la percepción en la contaminación de arroyos urbanos en la microcuenca El riíto en Tonalá, Chiapas, México. Analizó las percepciones y acciones de la población urbana e instituciones gubernamentales sobre la contaminación de sus recursos hídricos, para lo cual emplea como concepto metodológico la Percepción Ambiental con Enfoque Geográfico (PAEG), que integra el análisis de lo subjetivo (percepción) y objetivo (procedimientos estadísticos) mediante encuestas y entrevistas, deduciendo que las descargas de aguas residuales urbanas son percibidas como la principal causa de la contaminación. Así mismo se percibió un grado de contaminación alto en Tonalá y muy alto en Paredón, siendo esta última localidad ubicada en la parte baja de la microcuenca El Riíto y que tiende a recibir la contaminación transportada por el arroyo desde la localidad de Tonalá; En la percepción de los efectos de la contaminación del arroyo, en ambas localidades predominan los casos en que la población ha sufrido alguna enfermedad y la han asociado mayormente a enfermedades transmitidas por mosquitos (dengue, chinkungunya, zika, etc.).

Hernández, V. (2018). Publico la nota periodística encabezada como “Planta de tratamiento de aguas residuales ya está en funcionamiento” en el cual se señalaba que; Personal del Ayuntamiento de Tonalá, realizaron trabajos de verificación y de operatividad de la planta de tratamiento de aguas residuales, obra inaugurada por el Gobernador Manuel Velasco Cuello y el Presidente Municipal de Tonalá José Luis Castillejos Vila; el pasado 1 de febrero del presente año.

Rodríguez *et al.* (2013) aplicó la metodología Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental, ERFCa, para estimar la contaminación generada y emitida al agua, en las localidades de Ciudad Renacimiento y Llano Largo, Acapulco, México por casas habitación y por las actividades económicas. El

inventario de fuentes de contaminación, proporciona una estimación de la contaminación generada y emitida al agua por los asentamientos y las actividades económicas, la zona urbana representada por Ciudad Renacimiento genera un volumen de aguas residuales, de $6725.54 \times 10^3 \text{ m}^3$ /año, el cual representa el 89% del total de las dos zonas estudiadas. Por su parte la zona urbana de Llano Largo genera $802.94 \times 10^3 \text{ m}^3$ /año, que es el 11% del total del área analizada. Se observó en los asentamientos; que no existen políticas que favorezcan un desarrollo territorial ordenado y equilibrado; lejos de eso, la ciudad de Acapulco ha crecido sobre la cuenca del río de la Sabana sin ningún control ni previsión de cara a la preservación de sus recursos, ni de propiciar o construir una ciudad sustentable, presentando graves condiciones de contaminación por efecto de la acumulación de residuos sólidos urbanos y aguas residuales, lo que repercute en el agua, aire y suelo en su territorio, obligando a los pobladores a vivir la contaminación y la degradación ambiental las afectaciones son claras en el ámbito sanitario y en la calidad de vida de la población establecida, tanto en la cuenca media como en la baja.

Rojas (2011) Realizó el estudio de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces) en Nayarit, México. Según los resultados obtenidos, el estudio supone que la contaminación del río es provocada principalmente por la descarga de aguas residuales y drenaje agrícola, ya que usan el río como vía de eliminación de sus desechos y caudales. La contaminación observada en el río San Pedro, es de tipo microbiológico, lo que sugiere una evidente ausencia de tratamiento en las descargas, la cantidad de microorganismos patógenos presentes es una señal de alerta sanitaria a la población. Muchos organismos que viven y se reproducen en el agua son afectados por la contaminación del ecosistema fluvial, puede generar efectos acumulativos de sedimentación, modificar el ciclo vital de otras especies animales y vegetales, y pueden afectar la condición de vida de seres humanos que se encuentren a su alrededor. El río requiere de un saneamiento básico (limpieza en los bordes del río, plantas de tratamiento, reutilización del agua) que elimine los

contaminantes que se han acumulado durante muchos años, para que restablezca el valor ecológico del río.

Gordillo (2010) realizó un inventario de la contaminación emitida por fuentes de origen industrial y doméstico en aire, agua y suelo en diez municipios de la región de la Huasteca, Hidalguense, México por medio de la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA) El volumen total de efluentes residuales por ambos tipos de fuentes fue de $8386.2 \cdot 10^3 \text{m}^3/\text{año}$, con los efluentes domésticos representando el 91 % del total. La contaminación emitida al suelo por residuos sólidos industriales fue de 4025 ton/año, los residuos sólidos urbanos emitieron 62 121 ton/año con base a los resultados se construyó una base de datos de emisiones contaminantes al aire, agua y suelo, se identificaron las fuentes de emisión, las clases de contaminantes y las cargas de estos, lo que permitió jerarquizar la problemática ambiental en la zona de estudio, Con los datos obtenidos se pueden establecer las prioridades para la prevención y corrección de las afectaciones de la contaminación en la RHH por municipio en un plan de manejo ambiental regional.

Sampedro *et al.* (2009) realizó un inventario de tiraderos clandestinos de residuos sólidos urbanos (RSU, residuos de manejo especial (RME) y de descargas de aguas residuales domiciliarias en los 78 cauces fluviales de la ciudad de Acapulco Gro. La estimación de la contaminación emitida a los cauces se obtuvo utilizando la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA). En los recorridos se georreferenciaron 415 tiraderos de RSU, 115 residuos de la construcción (RME) 799 puntos donde existen descargas clandestinas. Estas alteraciones son la consecuencia de asentamientos irregulares que carecen de servicios de recolección de RSU, falta de colectores marginales o el mal estado de drenajes, la presencia de estos tiraderos provoca mal olor, generación de lixiviados, fauna nociva y contaminación visual por lo que la gente los quema, causando contaminación al aire, agua y suelo. La contaminación de aire en las zonas de cauces es evidente; existe contaminación atmosférica por la presencia de malos olores y animales muertos, la generación de humos, gases y partículas

suspendidas producto de la quema de residuos. La lixiviación que proviene de la basura y el fecalismo al aire libre, podrían estar afectando al suelo y agua que corre por los cauces, que en época de lluvias arrastran los desechos y contaminantes a la Bahía de Santa Lucía

Cabrera *et al.*, (2003) realizó el inventario de contaminación emitida al suelo, agua y aire en 14 municipios del estado de Hidalgo, México. Donde se determinó el número de fuentes contaminadoras, su naturaleza y la cantidad de las emisiones a suelo, agua y aire en el área de estudio. La metodología empleada está basada en la técnica de evaluación rápida de fuentes de contaminación ambiental (ERFCA). Esta técnica permite evaluar de manera rápida y económica las principales fuentes y zonas de contaminación; utilizando; coeficientes y cálculos de aportes contaminantes basados en datos de producción industrial e información estadística. Este trabajo arroja como resultado una base de datos de naturaleza tanto cualitativa como cuantitativa que permite la evaluación preliminar de fuentes y cantidades de contaminación, identifica áreas prioritarias para el control y la prevención de la contaminación, la selección de sitios de muestreo así como la frecuencia de medición de emisiones y la posible evaluación de los riesgos ambientales. Infiriendo que a corto y mediano plazos, el problema de los RSU en Hidalgo, tendrá carácter prioritario. Efectuar investigaciones que culminen en una política estatal para el manejo integral de estos desechos es de gran importancia. Se deberá incluir la construcción de una infraestructura eficiente, campañas de concientización a la población y una legislación al respecto.

IV OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Objetivo general

Elaborar el inventario, el mapa de distribución, la respectiva clasificación de la fuente de descarga de aguas residuales y tiraderos a cielo abierto el cauce del Río Corral "Riíto" generado por la localidad de Tonalá, Chiapas.

4.2 Objetivos específicos

- Cartografiar la red hidrográfica, la distribución de los sitios de descarga de aguas residuales y tiraderos a cielo abierto en el cauce del río del Corral "El riíto" generada por la localidad de Tonalá Chiapas.
- Realizar una clasificación de las fuentes de descarga de aguas residuales y tiraderos a cielo abierto sobre el cauce del Riito.

4.3 Hipótesis

Hipótesis de trabajo

- Las aguas residuales y los tiraderos de residuos sólidos generadas por la localidad de Tonalá Chiapas, son descargados o vertidos de forma directa a lo largo y ancho del cauce del río el corral (Riíto), como alternativa de eliminación derivado de la inadecuada gestión integral de residuos sólidos en la localidad, los cuales carecen de tratamiento e infraestructura para el saneamiento.

V. ZONA DE ESTUDIO

Tonalá Chiapas, México, se ubica geográficamente entre los paralelos 15°40' y 16°15' de latitud norte; los meridianos 93°19' y 94°01' de longitud oeste; altitud entre 0 y 2 500 (msnm). Ocupa el 2.24% de la superficie del estado de Chiapas. Su población total de la localidad es 35 322 habitantes aproximadamente en 11 487 viviendas de las cuales 7 493 disponen de agua entubada y 2 198 no disponen; 9 577 viviendas cuentan con servicio de drenaje y 89 no cuentan con ello (INEGI, 2010)

Se caracteriza por tener un rango de temperatura que va de 25– 35°C así mismo su precipitación varía de 1 200 –3 500 mm Cálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (57.01%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (20.02%), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (16.38%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (5.81%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (0.78%) (INEGI, 2010)

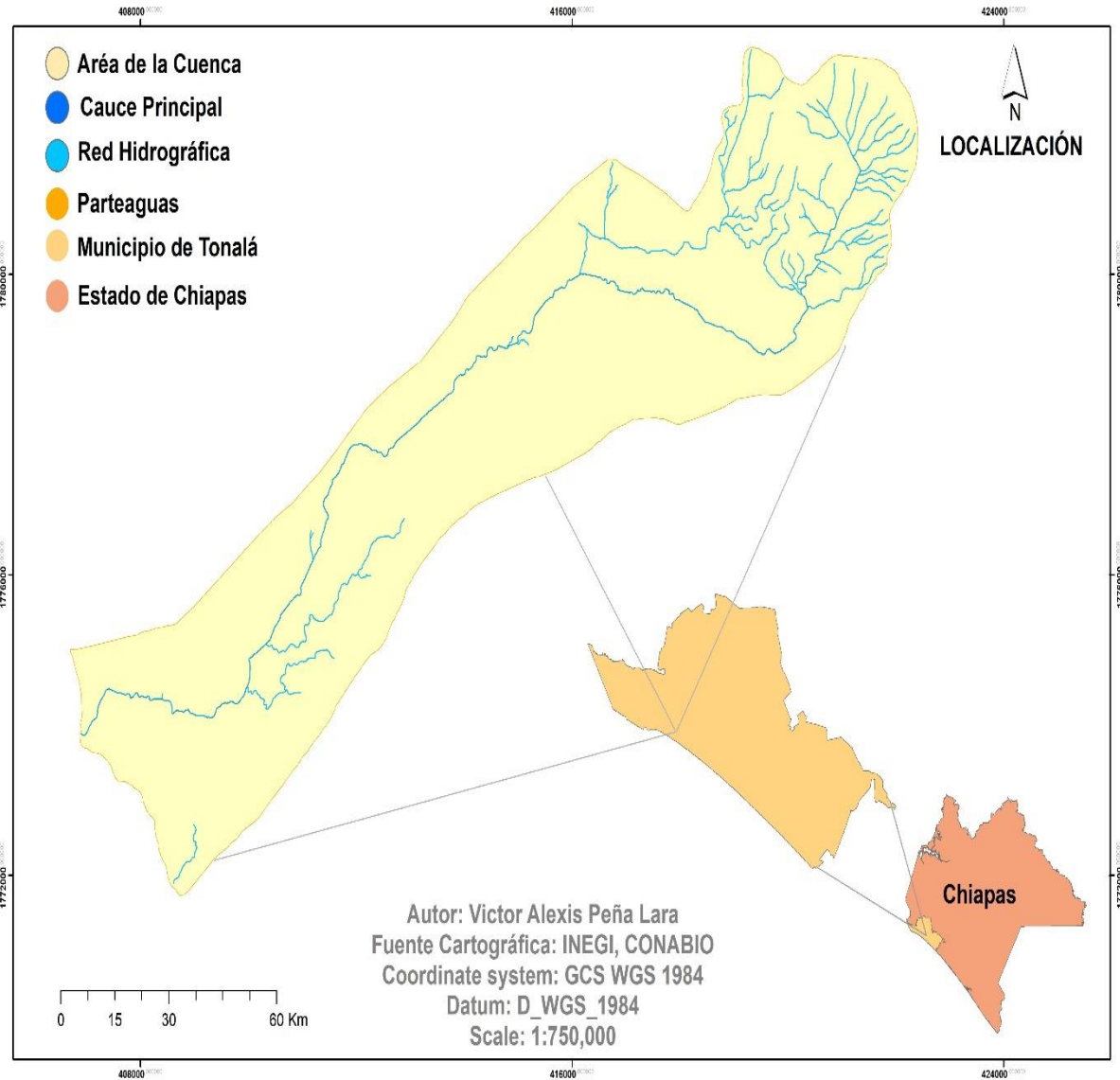


Figura 6; Área de estudio

Geología

Periodo	Cuaternario (43.56%), No aplicable (30.49%), Terciario (12.37%) y Cretácico (0.02%)
Roca	Ígnea intrusiva: Granito (26.80%) y granodiorita (12.37%) Sedimentaria: Conglomerado (0.82%) y caliza-lutita (0.06%) Metamórfica: Gneis (3.69%) Suelo: Aluvial (29.94%), lacustre (7.55%) y litoral (5.25%)
Fuente; INEGI 2010	

Edafología

Suelo dominante	Leptosol (21.82%), Regosol (21.06%), Cambisol (16.06%), Luvisol (8.22%), Solonchak (7.13%), Phaeozem (5.36%), Arenosol (3.72%) Gleysol (2.45%) y Fluvisol (0.30%)
Fuente; INEGI 2010	

Hidrografía

Región hidrológica	Costa de Chiapas (99.36%) y Grijalva-Usumacinta (0.64%)
Cuenca	Pijijiapan y Otros (54.67%), Mar Muerto (44.69%) y Grijalva-Tuxtla Gutiérrez (0.64%)
Sub-cuenca	L. de la Joya (40.89%), Mar Muerto (32.11%), R. Zanatenco (12.58%), R. Jesús (11.29%), El Porvenir (2.49%), R. Suchiapa (0.37%) y R. Santo Domingo (0.27%)
Corrientes de agua	Perennes: Tiltepec, Zanatenco, San Isidro, Ocilapa, De Jesús, Los Horcones, Cimarrón, San José, Las Piedras, La Flor y El Pedregal. Intermitentes: El Rosario, Quetzalapa, Tiltepec, San Marcos, Los Limones, Santiago, Chicalapilla, Las Hermanas, Los Patos y San Andrés.
Fuente; INEGI 2010	

Uso del suelo y vegetación

Uso del suelo	Pastizal cultivado (34.95%), agricultura (5.60%) y zona urbana (1.18%)
Vegetación	Selva (28.66%), manglar (6.66%), pastizal inducido (4.60%), bosque (4.01%), sabana (0.61%) y área sin vegetación (0.15%)
Fuente; INEGI 2010	

Características de la cuenca

La cuenca El Riíto se integra dentro de la Región Hidrológico-Administrativa número 23 "Istmo Costa". Ubicada en las coordenadas geográficas 16°5'39.60"N y 93°44'41.20"O con una superficie aproximada de 50.14 km². Se caracteriza por ser una cuenca relativamente pequeña e intermitente con un aproximado de 70 tributarios y una elevación de va desde los 0 metros hasta los 212 msnm.



Figura 7; Red hidrográfica.

VI. METODOS

El proceso general de la investigación comprenden las siguientes fases:



Figura 8; Proceso metodológico general para la elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas. (SEMARNAT, 2013)

6.1 Planeación del inventario

Se fundamenta en la problemática de contaminación por aguas residuales y residuos de sólidos en todas sus clasificaciones, presentes como tiraderos a cielo abierto, generados por la localidad de Tonalá Chiapas y su disposición final de los mismos radica en el cauce del Río Corral “Riito”.

6.1.1 Las características técnicas del inventario

Se basaron en la implementación de un enfoque de abajo hacia arriba (*bottom-up*) el cual permitió seleccionar y analizar las región geográfica de manera más profunda como fue la zona municipal, esta metodología requiere más esfuerzo, obteniendo resultados más confiables. En esta investigación se analiza la localidad de Tonalá, Chiapas y sus aportaciones de contaminantes en el cauce del Río.

6.2 Propósito del inventario de emisiones

Es importante definir el uso que se le dará al inventario para su desarrollo, ya que esto definirá tanto sus características técnicas como el grado de detalle de la información que se requiere recopilar o generar. El propósito fundamental es contar con información de la ubicación y caracterización de la fuente de descarga de aguas residuales, tiraderos a cielo abierto para definir políticas de prevención y control de la contaminación en la localidad. Con el objetivo de elaborar un inventario de emisiones útil en la toma de decisiones para la prevención y el control de la contaminación.

En esta etapa se requiere conocer de los diferentes procesos y operaciones unitarias que existen en la zona de estudio. La localidad de Tonalá cuenta con plaza comerciales, actividades de comercio, industria de lácteos, talleres mecánicos, rastros, hoteles, la zona de urbana particularmente casa-habitación, entre otras, las cuales son las principales fuente de emisión de contaminantes conducidas, en materia de aguas residuales y residuo sólidos presentes como tiraderos a cielo abierto, lo que permite analizarlas de manera directa o indirecta en el punto de emisión

6.3 Tipos de emisiones de contaminantes

Con el objetivo de elaborar un inventario de emisiones útil en la toma de decisiones para la prevención y el control de la contaminación. En esta etapa se requiere conocer de los diferentes procesos y operaciones unitarias que existen en la zona de estudio. La localidad de Tonalá cuenta con plaza comerciales, actividades de comercio, industria de lácteos, talleres mecánicos, rastros, hoteles, la zona de urbana particularmente casa-habitación, entre otras, las cuales son las principales fuente de emisión de contaminantes no conducidas, en materia de aguas residuales y residuo sólidos presentes como tiraderos a cielo abierto, lo que permite analizarlas de manera directa o indirecta en el punto de emisión

6.3.1 Resolución temporal y Cobertura geográfica

La resolución temporal es el periodo para el cual se estiman las emisiones y, por tanto, determina la ubicación del inventario en el tiempo, la cobertura geográfica, o dominio del inventario, representa el área geográfica donde se ubican las fuentes de contaminantes.

La resolución temporal en correlación con los objetivos de la investigación se estableció en la temporada de estiaje, la cual permitió identificar las condiciones de las emisiones dentro del cauce derivado del descenso del caudal del río y la escases de vegetación riparia.

Además de delimitar claramente la cobertura geográfica del inventario, es necesario establecer el grado de detalle geográfico con el que se reportarán las emisiones. La cobertura seleccionada fue la localidad de Tonalá, particularmente la zona urbana correlacionada con la interacción existente con los escurrimientos superficiales. Las emisiones se reportaron en mayor resolución con mapas, por fuente y punto de emisión localizadas geográficamente utilizando coordenadas de longitud y latitud.

6.4 Recopilación de información

Para la elaboración del inventario fue imprescindible contar con la base de datos del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), la base de datos de escurrimientos del Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas del (SIATL) INEGI, CEIEG. Etc.

6.5 Elaboración del inventario y geolocalización

Para realizar la investigación, se empleó la Metodología general para la elaboración del inventario de emisiones de fuentes fijas elaborada por la SEMARNAT (2013), fusionada con la técnica de Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (ERFCA) (Weitzenfeld 1989). Este método permite la realización de inventarios de fuentes contaminantes de manera rápida y a bajo costo. Además, se genera información confiable basada en la utilización factores de generación

directamente en la producción de bienes o servicios de los diferentes tipos de fuentes.

Los trabajos de campo se efectuaron en los meses de Febrero a Mayo del 2016, considerando la temporada de estiaje la cual permite el acceso de manera segura y se aprecia mejor las fuentes de contaminación de manera visual. El muestreo se realizó mediante recorridos de campo dentro del cauce del río, utilizando como criterio principal la influencia e interacción de la zona urbana como fuente fija generadora de contaminación directa en los escurrimientos. Se iniciaron recorridos en la cuenca alta (p1) y se finalizó en la cuenca media (p2), lugar en el cual termina la influencia de la zona urbana de manera directa, recorriendo 8.84 km después del punto inicial de muestreo. (Figura 9)

Para generar la información de Geolocalización de las fuentes fijas de contaminación se utilizó un equipo GPS marca ETREX, puntualizando los puntos de descargas de aguas residuales y tiraderos a cielo abierto.

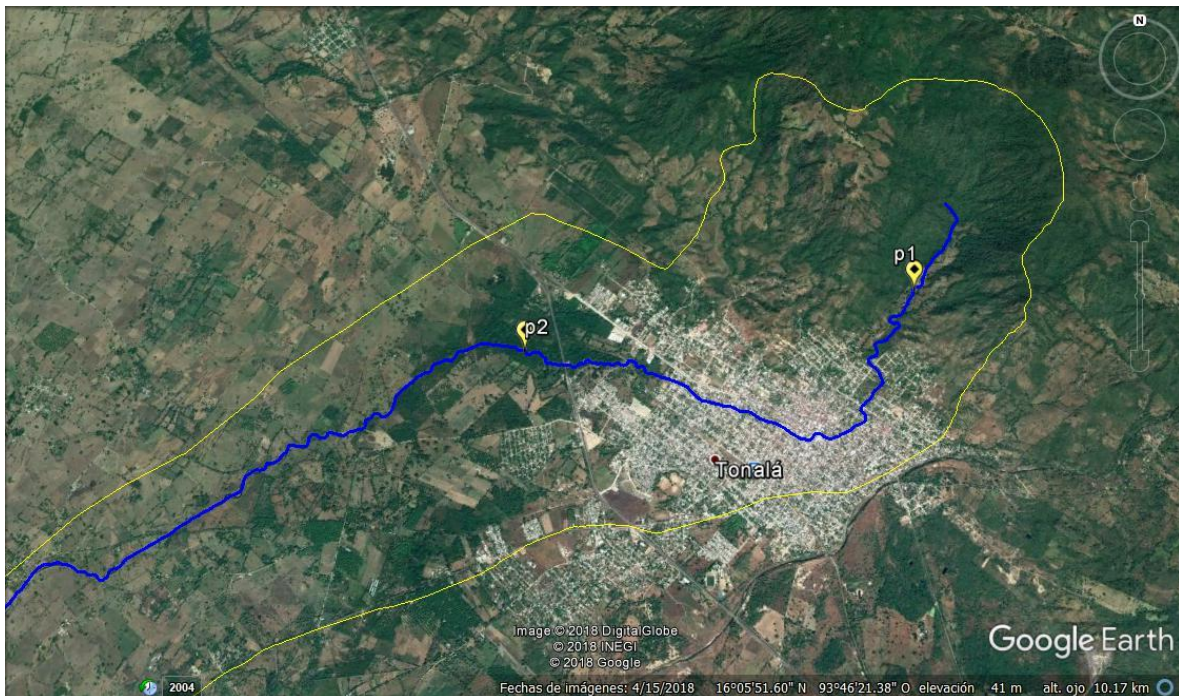


Figura 9; Punto inicial (P1) y final de muestreo (P2)

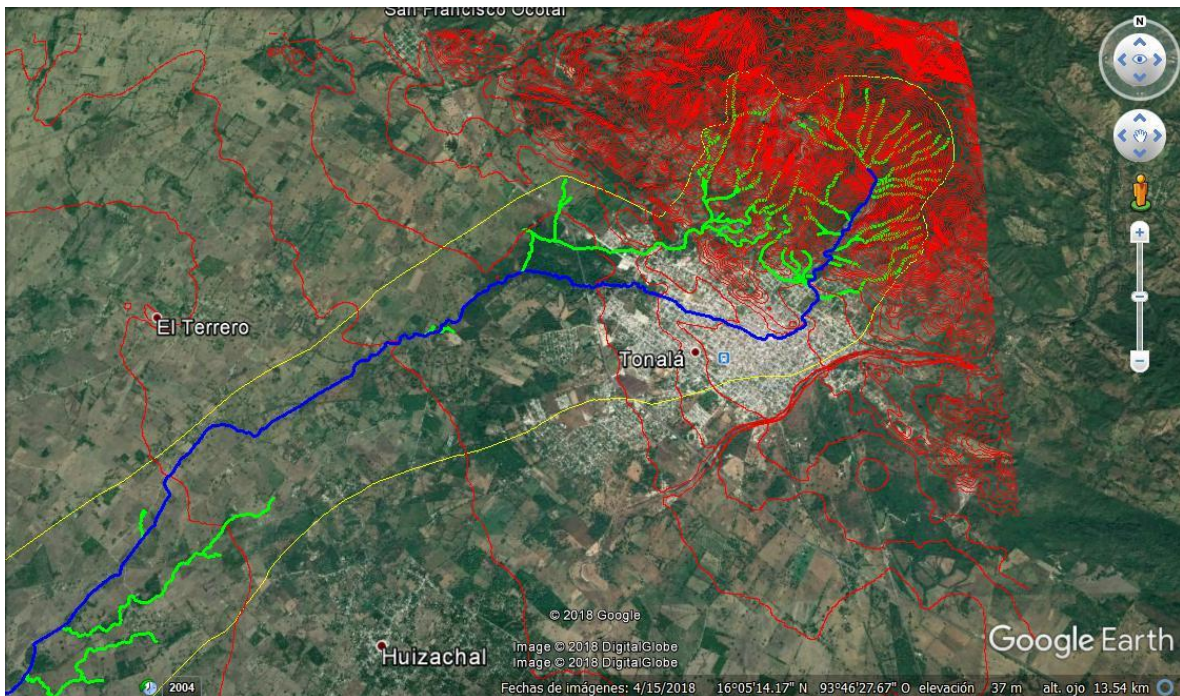
6.6 Cartografía de la red Hidrográfica

La identificación de la red de drenaje o corrientes superficiales consistió en Integración, revisión y rectificación de la red hidrográfica comparada con el software diseñado por INEGI, SIATL (Simulador de Flujos de Agua de Cuencas).

Se utilizó el programa Google Earth Pro, seleccionando la herramienta “Marcar ruta”, a una altura de ojo de 5 metros, trazando el cauce principal, así como los tributarios que conectan con el mismo, obteniendo la red hidrográfica; posteriormente con herramienta “polígono” apoyados de cartografía ya existente (cuencas hidrológicas, hidrografía superficial, división municipal y estatal) para ello se consultó y descargó información de los sitios de Internet de CONABIO (2010) y SEMARNAT (2007) para la realización de la delimitación, a partir de la visualización de las curvas de nivel, la hidrografía y modelos sombreados de relieve, es decir, se trazaron los parteaguas sobre las inflexiones de las curvas de nivel de máxima altura relativa, en la zona límite entre laderas. (Figura 10)

Todos los mapas fueron adquiridos en formato digital a escala 1:50 000.

Figura 10; Capas de curvas de nivel



6.7 Caracterización de los sitios y los tipos de descarga de aguas residuales

Consistió en la aplicación de protocolos para identificar las fuentes generadoras de contaminación; clasificar, caracterizar los diámetros de tuberías y vertederos, de acuerdo a las actividades que se realizan dentro de la zona urbana con influencia en el cauce del río, las cuales pueden ser aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales, se contempló la presencia de descargas de aguas pluviales y descargas de aguas mixtas (mezcla de agua residual con pluvial), residuos sólidos urbanos, residuos sólidos de manejo especial y residuos peligrosos. Agrupándolos en una base de datos de Excel con evidencias fotográficas.

VII. RESULTADOS

7.1 Red hidrográfica de la cuenca

La Cuenca del Río El Corral conocida localmente como “Riíto” cuenta con una superficie aproximada de 50.14 km², se caracteriza por ser una cuenca relativamente pequeña e intermitente con un aproximado de 70 tributarios y una elevación inicial de 0 metros hasta los 212 msnm (Figura 11).

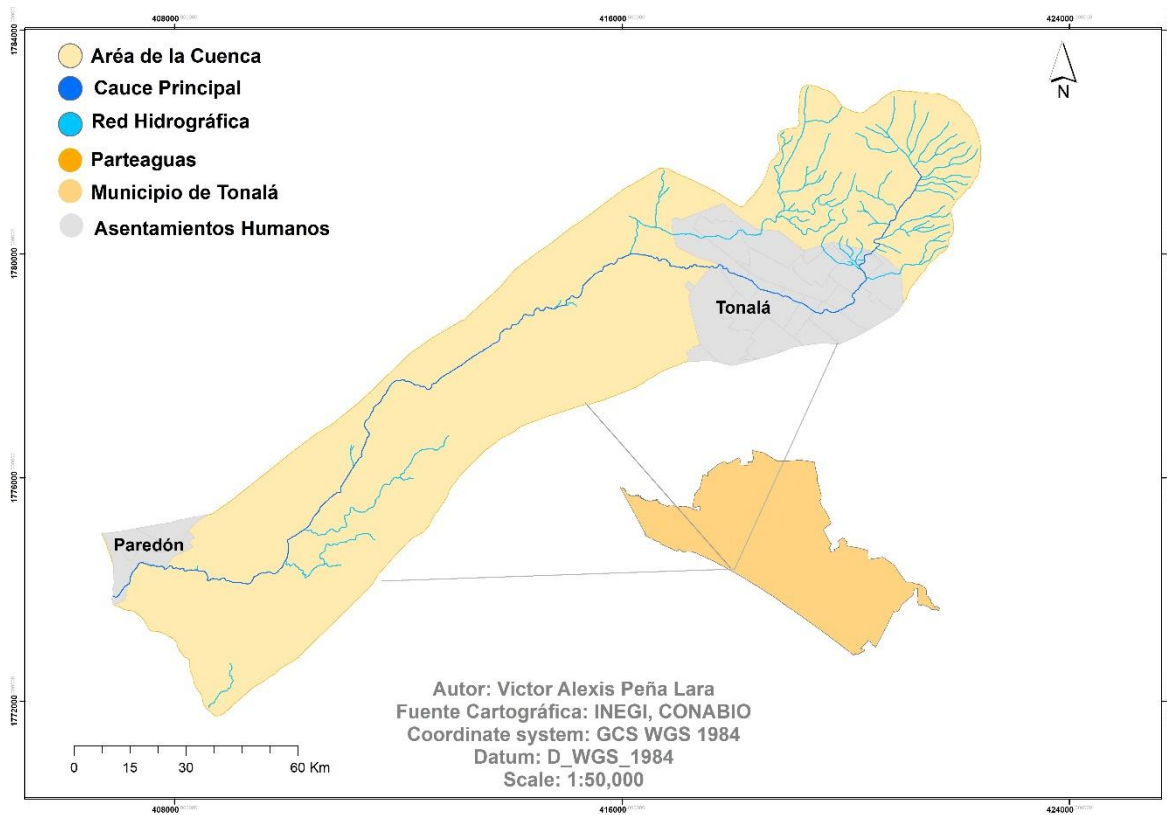


Figura 11; Red Hidrográfica Cuenca del Río El Corral

Del total de los tributarios, tres tienen presencia de tiraderos a cielo abierto con un total de ocho tiraderos a lo largo de estos tres cauces, dos tributarios con un número de 24 puntos de descargas de aguas residuales, siendo el cauce principal el lugar con más presencias de descargas con 214 y 27 tiraderos a cielo abierto.

El análisis generado con datos del Registro Público de derechos de agua (REPDA) se identificó que de las 238 descargas de aguas residuales encontradas tan solo 2 cuentan con permiso para descargar aguas residuales al cauce del río, la primera con folio de la región (11CHS129993/23HAOC08) (figura 13). Siendo el titular el sistema de agua potable y alcantarillado municipal de Tonalá, Chiapas. Con un volumen de descarga de 4,478.97 m³/día dicho permiso se atribuye a la primera planta de tratamiento de aguas residuales que se construyó y nunca operó (figura 10), el segundo permiso se atribuye, a la actual planta construida en su primera etapa con folio CHS154570/23HSDA14 y con un volumen de descarga de 10,368.00 m³/día (figura 14).



Figura 142; Construcción de la primera planta de tratamiento (Nunca opero). Google Earth septiembre 2004

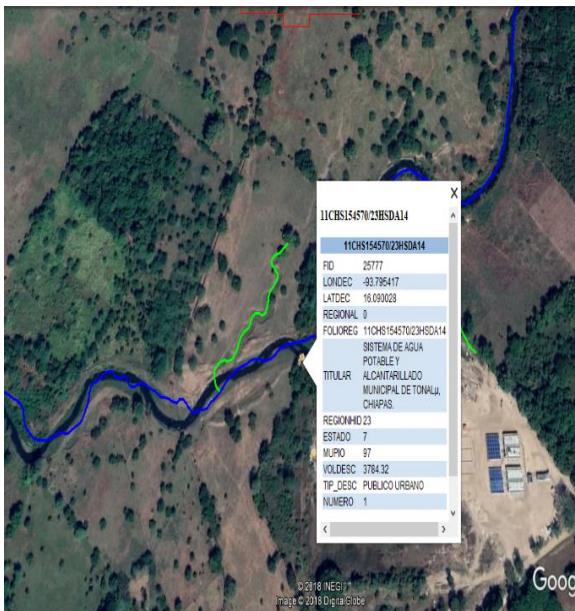


Figura 123; Imagen de Google Earth (año 2018) primer permiso que corresponde a la antigua planta de tratamiento.



Figura 134 ; Imagen de Google Earth (año 2018) segundo permiso que corresponde a la actual planta de tratamiento.



Figura 15; Imagen de Google Earth (año 2018) comparación de los permisos asignados según el (REPDA 2017) y las descargas encontradas.

7.2 Descargas de aguas residuales y residuos sólidos

7.2.1 Descargas de Aguas Residuales

Los resultados obtenidos en la investigación reflejaron que existen cuatro tipos de descargas puntuales dentro del cauce del río el Riíto, descargas industriales de pequeños productores pecuarios, aguas residuales domésticas que incluyen las descargas de casa habitación y las que se origina de los colectores municipales, puntos de descargas mixtos, las cuales contemplan la mezcla de agua pluvial con residual derivado de la combinación de la infraestructura de saneamiento municipal-casa habitación y aguas pluviales que no son consideradas residuales (Tabla 16).

Tabla 14; Clasificación de descarga puntual de agua en el cauce del Río

Tipo de descarga	Total
Industrial Pecuario	6
Aguas Residuales Domésticas	204
Pluvial	76
Mixto	28
Total	314

Mediante los recorridos de campo se observaron e identificaron fuentes puntuales de descarga de aguas residuales de origen diverso, el total de efluentes identificados se distribuye de la siguiente manera. El 65% de las descargas de aguas residuales vertidas en el río corresponden a uso doméstico generadas en casa habitación, las descargas de aguas pluviales generadas por los escurrimientos en las calles representan el 24 %, el 9 % representa las aguas residuales mixta, las cuales se generan debido a combinación de la red pluvial y residual en la infraestructura y el 2 % aguas de uso agropecuario originada por la porcicultura en traspatios (Figura 16).

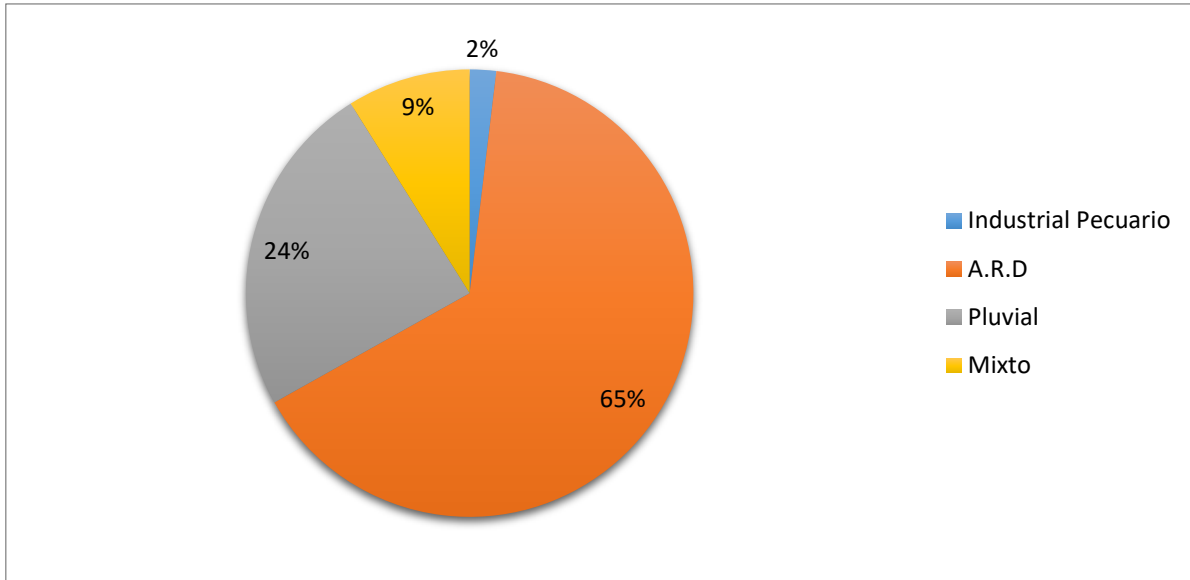


Figura 16; Descargas de aguas residuales por sector

El total correspondiente a las descargas de aguas residuales domésticas, se puede afirmar que el 85 % de las descargas corresponde a viviendas particulares que no se encuentran conectadas a la red de drenaje municipal, así mismo, el 15 % de las descargas corresponden a la infraestructura de saneamiento, particularmente la red de colectores municipal, la cual está descargando las aguas residuales directamente en cauce del río sin tratamiento. Es importante destacar la existencia de la construcción (primera etapa) de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la localidad de Tonalá, hasta el momento no se ha observado actividad en los procesos de regularización y canalización de las aguas residuales a la planta de tratamiento. (Figura 17)

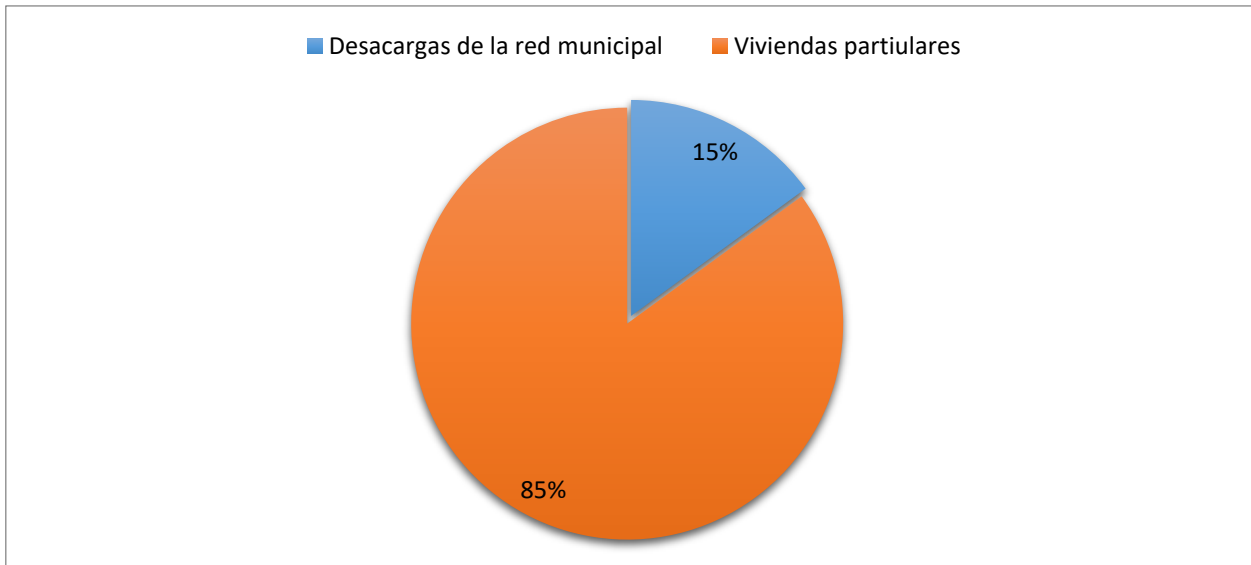


Figura 17; Origen de las descargas de aguas residuales.

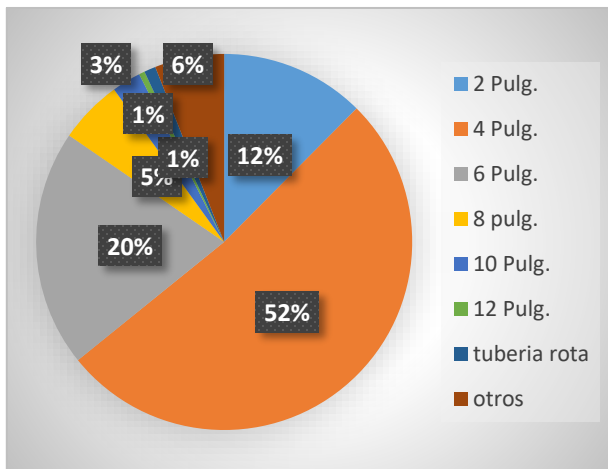


Figura 18; Porcentaje del diámetro de tuberías origen viviendas.

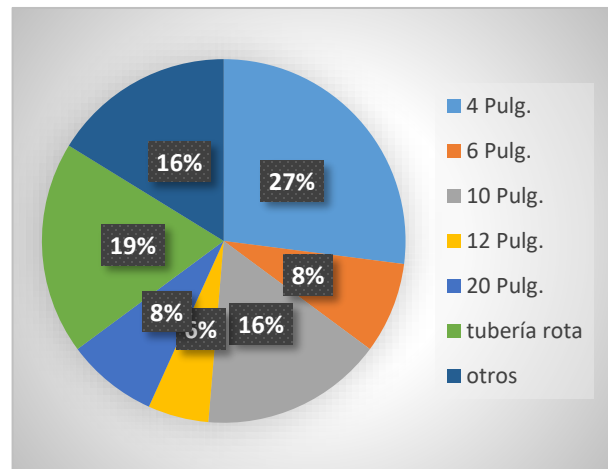


Figura 19; Porcentaje del diámetro de tuberías origen municipal.

Se pudo constatar que de las 238 descargas pertenecientes a aguas residuales existe una gran diversidad de diámetros que van desde las 2 pulgadas hasta las 12 pulgadas. Los 37 puntos de descarga de origen viviendas, el 52% son tuberías de 4 pulgadas y 6 pulgadas con 20% de ellas siendo estas dos, las más presentes que emplea el municipio (Figura 19); de origen viviendas de las 238 encontradas el 27% de ellas son de 4 pulgadas y 19% tuberías rotas. (Figura 18)

A lo largo de la cuenca existen descargas de mayor impacto, que descargan un gran volumen de aguas residuales; las tuberías que se presentan en menor cantidad (12, 20 y 10 pulgadas) son las que mayor cantidad de volumen de aguas residuales aportan, así mismo se observó una serie de irregularidades que presentan desde la infraestructura y la sociedad misma han propiciado el abandono y deterioro de la cuenca aunado a esto el propio municipio no implementa acciones para remediar o mitigar el daño latente. Ejemplos






	<p>(16° 5'387"N/ 93° 45'076"O)</p> <p>Se puede observar que la infraestructura de alcantarillado del mercado municipal se encuentra prácticamente obsoletas presentando fugas y filtraciones.</p>
	<p>(16° 5.385'N/ 93° 45.070'O)</p> <p>La mayoría de los locatarios del mercado municipal utilizan el río como vía de eliminación de sus residuos, que van desde cajas y frutas descompuestas entre otras cosas</p>
	<p>(16° 5'781"N/ 93° 45' 7.3"O)</p> <p>La mayor parte de las grandes descargas son pertenecientes al municipio</p>
	<p>Todas las aguas recolectadas, son descargadas en un mismo punto, para que por si solas sigan su camino hasta su destino final; el mar</p>
	<p>(16° 5'453"N/ 93° 44'806"O)</p> <p>No es inusual encontrar más de una descarga en el mismo sitio. La mayoría de los puntos tienen de tres a cinco descargas en el mismo sitio</p>



Figura 20; Descargas con mayor impacto

Teniendo como base estos datos se pudo generar el mapa ubicación de descargas de aguas residuales. (Figura 21)

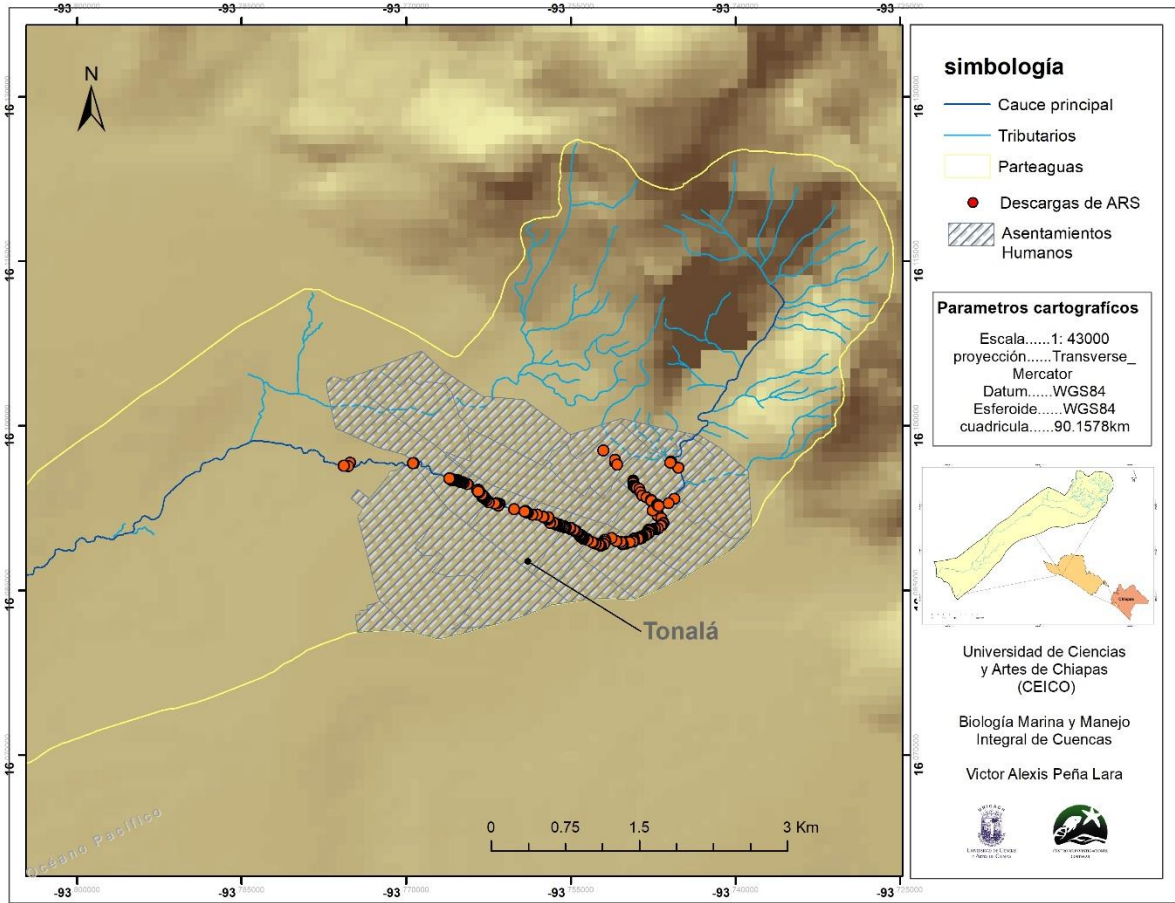


Figura 21; Mapa ubicación de descargas de aguas residuales.

7.2.2. Tiraderos a cielo abierto

Respecto a los tiraderos a cielo abierto se identificaron 34 puntos de influencia dentro del cauce principal del Río, los cuales corresponde a las actividades al margen de mismo. El 97 % recae sobre los Residuos Sólidos Urbano y el 3 % pertenece a residuos Peligrosos. (Figura 22)



Figura 22; Tiraderos a Cielo Abierto

Tiraderos a cielo abierto se georreferenciaron un total de 35 tiraderos permitiendo generar el mapa de ubicación de tiraderos a cielo abierto (Figura 23)

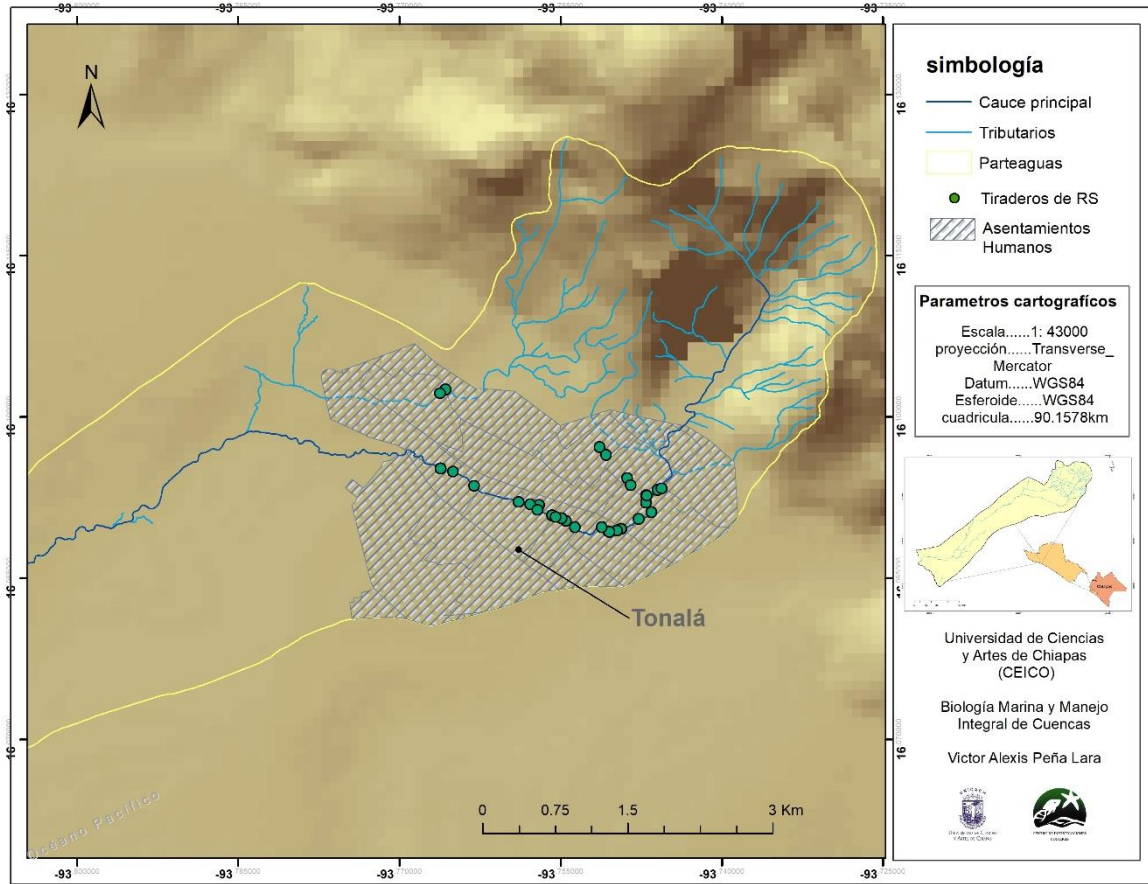


Figura 23; Mapa de ubicación de tiraderos a cielo abierto.

Durante los recorridos de manera estimativa se identificó las características del flujo y aspecto visual del agua, determinando que en temporada de estiaje, geográficamente al principio de la cuenca alta se identificó escurrimientos suaves con agua clara que se pierde a través del cauce por procesos de infiltración. (Figura 24).



Figura 24; Cauces con escurrimiento en la parte alta

A mediados y finales de la cuenca alta el río carece de flujo y el aspecto visual de la vegetación riverena es conservado derivado de la baja actividad antrópica. Esta información nos permitió comparar el comportamiento del flujo de agua en la cuenca alta, media y baja, determinando que en temporada de estiaje el caudal de la cuenca media y baja se debe a la presencia de descargas de aguas residuales de diversos usos, dicha problemática se genera al inicio de la mancha urbana, particularmente en las colonias “Seis de diciembre” y “Santa Cruz” las cuales son las primeras colonias que tienen interacción y aporte directa con el efluente.

VIII. DISCUSIÓN

Los residuos generados por las diferentes actividades antrópicas producen altos volúmenes de desechos que contaminan las aguas; cuando las lluvias o sus escurrimientos atraviesan lentamente los depósitos de residuos, arrastran sustancias tóxicas y gérmenes patógenos al subsuelo, contaminando las aguas freáticas (subterráneas) u otros acuíferos por escorrentía o infiltración.

El periódico oficial El Record (2018) del municipio de Tonalá reportó la, construcción, funcionamiento e inauguración por parte del gobierno del estado y municipal de una planta de tratamiento de aguas residuales. De acuerdo a esta investigación, hasta el momento se encuentra en su primera etapa de construcción, así mismo, existe incongruencias derivado de la carencia de un proceso de regularización de las descargas de aguas residuales, las cuales actualmente se encuentra activas sobre el cauce del río, demostrando que la infraestructura de saneamiento carece de modificación para transportar las aguas en su totalidad para su posterior tratamiento.

De acuerdo con los datos reportados por Cabrera *et al.* (2003). La investigación arroja como resultado una base de datos de naturaleza tanto cualitativa como cuantitativa, determinando el número de fuentes contaminadoras, su naturaleza y la cantidad de las emisiones a suelo, agua y aire en el área de estudio, permitiendo una evaluación de manera preliminar de las fuentes de contaminación, además se identifican áreas prioritarias para el control, y la prevención de la contaminación, la posible evaluación de los riesgos ambientales. Infiriendo que a corto y mediano plazos, el problema de los RSU, tendrá carácter prioritario.

Efectuar investigaciones que culminen en una política estatal para el manejo integral de estos desechos es de gran importancia. Se deberá incluir la construcción de una infraestructura eficiente, campañas de concientización a la población y una legislación al respecto. Así mismo se destaca que no existía la base de datos generada para la zona de estudio.

Los resultados obtenidos por Cabrera *et al.* (2003) son totalmente compatibles con los resultados expuestos en la presente investigación, en la cual se generó la base de datos que contiene la ubicación, naturaleza y número de descargas de aguas residuales en la comunidad, otra variable de compatibilidad es la identificación de zonas prioritarias para la atención basadas en los altos volúmenes y la ubicación de descargas de aguas residuales y residuos sólidos.

Se observó en los asentamientos estudiados; que se carece de la implementación de políticas públicas que favorezcan un desarrollo territorial ordenado y equilibrado como lo plantea Rodríguez *et al.* (2013) el cual aplicó la metodología Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental, ERFCA, para estimar la contaminación generada y emitida al agua, en las localidades de Ciudad Renacimiento y Llano Largo, Acapulco, México por casas habitación y por las actividades económicas. Presentando graves condiciones de contaminación por efecto de la acumulación de residuos sólidos urbanos y aguas residuales, lo que repercute en el agua, aire y suelo en su territorio, obligando a los pobladores a vivir en la contaminación y la degradación ambiental. Las afectaciones son claras en el ámbito sanitario y en la calidad de vida de la población establecida, tanto en la cuenca media como en la baja al igual que la cuenca El Riíto. Tal y como lo plantea Rodríguez (2018) un grado de contaminación alto en Tonalá y muy alto en Paredón, siendo esta última localidad ubicada en la parte baja de la microcuenca El Riíto y que tiende a recibir la contaminación transportada por el arroyo desde la localidad de Tonalá; En la percepción de los efectos de la contaminación del arroyo, en ambas localidades predominan los casos en que la población ha sufrido alguna enfermedad y la han asociado mayormente a enfermedades transmitidas por mosquitos (dengue, chinkungunya, zika, etc.).

Los tiraderos a cielo abierto no solo son perjudiciales al poner en peligro la vida acuática ya que los desmedidos volúmenes de basura generados por el hombre es una fuente de proliferación de fauna nociva, como vectores de enfermedades (ratas, cucarachas, moscas, mosquitos, etc.), la cual puede transmitir enfermedades

infecciosas, producto de una inadecuada gestión de los residuos junto con una falta de conciencia ciudadana. De acuerdo con Sampedro et al. (2014). En los recorridos identifiqué 415 tiraderos de RSU, 381 más de los encontrados en el presente trabajo, 799 puntos donde existen descargas clandestinas en comparación de las 238 que se obtuvo en este análisis en la cuenca El Riíto, teniendo en cuenta que la ciudad de Acapulco Guerrero es relativamente más grande que la de Tonalá, Chiapas. Estas alteraciones son la consecuencia de asentamientos irregulares que carecen de servicios de recolección de RSU, falta de colectores marginales y el inadecuado estado de drenajes, la presencia de estos tiraderos provoca mal olor, generación de lixiviados, fauna nociva y contaminación visual por lo que la gente los quema, causando contaminación al aire, agua y suelo.

Aunado a esto, la problemática de contaminación por aguas residuales es otro factor importante a considerar ya que el ambiente se daña seriamente debido a la contaminación emitida directamente a los cauces, muchos organismos que viven y se reproducen en el agua pudieran ser afectados por la contaminación del ecosistema como refiere Rojas (2011). Implicando una evidente ausencia de tratamiento en las descargas, la cantidad de microorganismos patógenos presentes es una señal de alerta sanitaria a la población, provocada principalmente ya que usan el río como vía de eliminación de sus desechos y caudales, generando efectos acumulativos, sedimentación y modificar el ciclo vital de otras especies animales y vegetales, afectando la condición de vida de los seres humanos que se encuentren a su alrededor, se podría estar contribuyendo con el vertimiento al mar de estas aguas al envenenamiento de flora y fauna en los estuarios, plataformas costeras, criaderos y otras áreas dedicadas a la pesca; siendo el caso la Bahía de Paredón un entorno dedicado a la pesca donde el arrastre de los contaminantes de la cuenca El Riíto desembocan.

En similitud con lo que establece Rojas (2011) los resultados obtenidos en la investigación reflejan que el grado de contaminación del agua en temporada de estiaje se encuentra fuertemente contaminado y en temporada de precipitaciones

en un estado de contaminado derivado de la capacidad de carga y asimilación del ecosistema.

La presente investigación comparada con la realizada por Gordillo (2010) nos permite la generación de información para establecer las prioridades para la prevención, adaptación y mitigación de las afectaciones de la contaminación en la cuenca y la elaboración de un plan de manejo u ordenamiento ecológico local, con la posibilidad de la generación de una reserva municipal.

IX. CONCLUSIÓN

La elaboración del inventario nos permitió generar información actualizada en los distintos ámbitos dentro del ramo ambiental con un enfoque de biodiversidad, antecedentes históricos basados en la comparación de múltiples variables respecto al comportamiento con el paso del tiempo, la toma de decisiones de las dependencias de gobierno en todos los niveles y organizaciones, ayudan en los procesos de construcción de herramientas de gestión y medidas específicas para los programas de monitoreo, conservación y aprovechamiento en su caso de cualquier recurso natural, la planeación, el diseño y la implementación de políticas de sustentabilidad del recurso hídrico pueden ser basadas en la información generada por esta investigación y al final poder generar medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos al medio natural.

Con gran importancia en la generación de información de carácter ambiental en la investigación actual, se resalta la elaboración de la red hidrográfica con mayor precisión y actualizada, el acceso de la información para cualquier organización, permite realizar otras investigaciones relacionadas al ordenamiento ecológico y la prevención de riesgos por inundaciones, deslaves o sanitarios, permitió la construcción de una línea base para la elaboración de inventarios en la línea de investigación del recurso hídrico y los problemas de contaminación de la localidad.

Con base a los resultados obtenidos, permitió observar que la mayoría de descargas de aguas residuales de la localidad de Tonalá son conducidas a través de sistemas de drenaje mixto, donde las aguas domesticas se mezclan con las pluviales, esta situación se transforma en una problemática ambiental derivada de la inadecuada planeación en los procesos de ordenamiento ecológico a nivel local y la carencia de conocimiento, interés o recursos económicos en la toma de decisiones al momento de diseñar y ejecutar los proyectos de saneamiento por parte de las instituciones federales, estatales y municipales, con base en una características principal en los procesos de diseño de la infraestructura y

saneamiento, esta condición es separar las aguas pluviales de las residuales, logrando la reducción en los costos de diseño, construcción, operación y mantenimiento de todo el sistema. Así mismo, siempre será más económico prevenir que mitigar a corto, mediano y largo plazo los impactos ambientales que se generen dentro de una cuenca.

Recapitulado, el número alto de las descargas encontradas en el cauce del río son aguas residuales domésticas, en pequeña proporción las aguas residuales mezcladas con pluviales y en mínima cantidad las pecuarias, las cuales se distribuyen dentro del cauce que presenta interacción con la zona urbanizada, así mismos, los tiraderos a cielo abierto presentan el mismo comportamiento de distribución.

No menos importante, la situación actual en torno a la Gestión Integral de Residuos Sólidos en la localidad es de vital importancia, derivado de la presencia de estos en el cauce del río, producto de los asentamiento al margen del mismo y la utilización como medio de vía rápida para la eliminación de los residuos generados por las personas que habitan la localidad, generando problemas de contaminación mediante lixiviación.

La infraestructura actual para el saneamiento se encuentra parcialmente obsoleta, presentando fisuras que conllevan a fugas que fluyen o descargan directamente al río. Se destaca la carencia de mantenimiento por parte de las autoridades municipales a través del sistema de agua potable y alcantarillado municipal (SAPAM). La investigación permitió conocer la situación actual de la localidad en materia del estudio, permitiendo la evaluación preliminar de fuentes y distribución de contaminantes, identificando áreas prioritarias para el control, la prevención de la contaminación, la posible evaluación de los riesgos y soluciones ambientales.

En materia legal, se reconoce que existe una gran diversidad en nuestro país de leyes, decretos, códigos penales, normas, reglamentos, etc, que rigen las actividades en materia ambiental, aguas residuales y residuos sólidos particularmente con el objetivo de solucionar la problemática y preservar la

funcionalidad de los ecosistemas, sin embargo, se demostró con la investigación las evidencias de la carencia de ejecución de los elementos legales por parte de las organizaciones con competencia en la materia, el estado de derecho en materia ambiental no aplica según el concepto legal del mismo.

La existencias de dos puntos oficiales de descargas de aguas residuales a lo largo del río, los cuales se desconocen la concentración, tipo de contaminantes, y la situación legal de la vigencia ante el REPDA respetando la NOM-001-SEMARNAT-1996, o en su caso, según el diario oficial de la federación actualmente el PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017, debido a la ausencia de una PTAR para su cumplimiento en materia de saneamiento.

Se destaca que las aguas residuales de origen urbano no reciben tratamiento previo a su descarga en un cuerpo receptor. El gobierno federal, estatal y municipal carecen del control de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, cuidando las condiciones de descarga e implementación de medidas de prevención de la contaminación, además, los análisis de la calidad del agua y los indicadores implementados garantizados de acuerdo con la normatividad vigente y asumir los costos económicos, ambientales de la contaminación y sus responsabilidades por los daños causados al ambiente.

La percepción de los cambios generados en el paisaje derivado de la actividad antrópica en la cuenca alta podrían establecerse como bajos o mínimos, presentando un estado de conservación óptimo, sin embargo, a medida que se descende, en la parte media-baja de la cuenca se identifica la problemática general de contaminación y típica de la mayoría de las localidades asentadas en los márgenes de los escurrimientos, las descargas de aguas residuales, presencia de residuos sólidos y particularmente para esta cuenca la pérdida de vegetación riverense es total dentro de la influencia de la mancha urbana.

Los procesos de urbanización y las actividades antropogénicas, han alterado severamente la condición natural de los cauces fluviales estas alteraciones, son la

consecuencia de asentamientos irregulares que carecen de servicios de saneamiento generando riesgos ambientales y en relación con la sociedad de tipo sanitarios en la región.

X. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES

Del análisis realizado se plantea que para mejorar la calidad ambiental de la cuenca, las acciones se basen en tomar una serie de medidas para el mejoramiento y conservación del recurso hídrico con fines de desarrollo a nivel integral. Las cuales podrían plantearse como:

- Es urgente la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la localidad.
- Desarrollar un plan en coordinación con el H. ayuntamiento a través de los comités de cuencas, la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional del Agua, con el objetivo de regularizar las descargas de aguas residuales, sanear el río mediante una restauración natural o inducida, así mismo, implementar las medidas correspondientes para la gestión integral de residuos sólidos, promover y ejecutar el cumplimiento del marco legal ambiental vigente en cuanto a la protección del medio ambiente y de los recursos hídricos en el municipio.
- Realizar estudios de calidad del agua y análisis de la situación actual de flora y fauna.
- Implementar la regeneración natural asistida, con especies endémicas de la región y que además ayuden a la absorción de contaminantes, la implementación de plantas hidrófitas de la zona son alternativa económica y sustentable para rehabilitar un cuerpo de agua afectado por el vertido de aguas residuales y que además mejoran el paisaje y proporcionan beneficios ambientales.

- Realizar difusión de la investigación a la población para dar a conocer la problemática actual del río y promover la participación de la sociedad en la generación de soluciones.
- Elaborar la delimitación y reconocimiento oficial de la cuenca en coordinación con las organizaciones y actores relacionados. Esta acción permitirá el acceso a los programas y recursos para la conservación de la cuenca.
- Se propone la creación de una reserva municipal en la cuenca alta, la conservación nos permite tener una fuente de abastecimiento de agua para la localidad, beneficiando a los asentamientos cerca del cauce en temporada de lluvias y principios de estiaje.
- Es indispensable realizar el estudio de ordenamiento ecológico a nivel municipal e implementarlo.
- El desarrollo de un programa de participación comunitaria con actividades periódicas que comprometa a la población a realizar actividades con el fin de fomentar educación ambiental, generar conciencia, mejorar el espacio público, conservar la naturaleza en todos los sectores de la sociedad.
- Desarrollo de foros con la participación de las instituciones a nivel regional y local involucradas de los diferentes sectores, participación ciudadana, sector privado y estado, promoviendo campañas de cultura sobre cuidado del agua y conservación de los recursos, estableciendo una visión integral de la ciudad y el territorio con una perspectiva de sostenibilidad.
- Lineamientos de política para el desarrollo de cuencas mediante una gestión urbana ambiental debe contemplar la superación de los principales problemas de pobreza, exclusión social y marginalidad.

- Evitar la urbanización de área en zonas de riesgo por inundaciones.
- Conservar las zonas que aún no han sido afectadas por la urbanización.

XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

Buenrostro O, Silke Cram, Bernache G.y Bocco G. 2000 “La Digestión Anaerobia como Alternativa de Tratamiento a los Residuos Sólidos Orgánicos Generados en los Mercados Municipales” en contaminación ambiental. Vol. 16. Pp 19-26

Cabrera Cruz, Bernardo Elías, Gordillo Martínez, Alberto José; Cerón Beltrán y Álvaro. 2003 Inventario de contaminación emitida a suelo, agua y aire en 14 municipios del estado de Hidalgo, México. Contam ambient vol.26 no.3 México ago. 2010

Centro Mexicano de Derecho Ambiental et al., 2006. “El agua en México: lo que todos debemos saber”. https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf. Consultado el 15 de abril del 2018

Comisión Nacional del Agua. 2010. Estadísticas del agua en México. http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Capitulo_3.pdf. Consultado el 5 de mayo del 2018

Comisión Nacional del Agua. 2014. Estadísticas del agua en México. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>. Consultado el 5 de mayo de 2018

Comisión Nacional del Agua. 2015. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>. Consultado el 15 de abril del 2018.

Comisión Nacional del Agua. 2016. Estadísticas del agua en México. http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf. Consultado el 15 de abril del 2018.

Comisión Nacional del Agua; 2015a. Estadísticas del agua en México, edición 2015a, <https://agua.org.mx/biblioteca/estadisticas-del-agua-en-mexico-edicion-2015/>. Consultado el 5 de mayo del 2018.

Comisión Nacional del Agua; 2015b. Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y Tratamiento de Aguas Residuales, México. Comisión Nacional del Agua

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. <http://www.snib.mx/d/CONABIO-SNIB-Version-201609.pdf>. Consultado el 15 de abril del 2018

Cortina Domínguez, Márquez Ortiz. 2008 Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil. Tesis de licenciatura. Ingeniería civil. Instituto Politécnico Nacional. México, DF.

Corzo C. 2009. Contaminación de la Cuenca del Arcediano y Propuesta de Saneamiento. Tesis de maestría. México, facultad de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Crites, R. and Tchobanoglous, G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.

D'Alessandri M. (2012) Caracterización y tratamiento de agua residual proveniente de las plantas de producción. Tesis de licenciatura. México, Coordinación de Ingeniería Química, Universidad Simón Bolívar.

Escobar J.; Dourojeanni A. y A. Jouravlev. (2002) "La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar" en *Recursos naturales e infraestructura*, volumen 50, pp.13-68

Gordillo; 2010. Evaluación regional del impacto antrópico sobre aire, agua y suelo. Caso: huasteca hidalguense, México. Contam. Ambient vol.26 no.3 México ago.2010

Hernández, 2018. Análisis de la Percepción en la Contaminación de Arroyos Urbanos en la Microcuenca El riito en Tonalá, Chiapas, México. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Norte. Monterrey, N. L., México

Hernández, V. (2018). Planta de tratamiento de aguas residuales ya está en funcionamiento. *Record*. [online] Available at: <http://recordchiapas.mx/planta-tratamiento-aguas-residuales-ya-esta-en-funcionamiento/> [Accessed 10 Oct. 2018].

Instituto Estatal del Agua. 2013. INESA. <http://www.institutodelagua.chiapas.gob.mx/>. Consultado el 15 de abril del 2018.

Jiménez. 2001. la contaminación ambiental en México: causas efectos y tecnología apropiada. Editorial limusa. México. 455 pp

Mynor Romero; 2010. Proceso de eutrofización de afluentes y su prevención por medio de tratamiento de efluentes. Ingeniería Primero, Facultad de Ingeniería. No. 17, Junio, 2010 Pags.64 -74

Núñez A. (2015) Caracterización de la problemática de las aguas residuales en Ixmiquilpan, Hidalgo. Tesis de licenciatura. México, Geografía ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana

Olivos.2010.Tratamiento de aguas. <http://www.uap.edu.pe/intranet/fac/material/24/20102BT240224E10240108011/20102BT240224E1024010801117880.pdf>. Consultado el 8 de mayo del 2018

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2003. Agua para todos, agua para la vida.

<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129556s.pdf>. Consultado el 15 de abril del 2018

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 2006. El Agua una Responsabilidad Compartida. <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001444/144409S.pdf>. Consultado el 15 de abril de 2018.

Poder Ejecutivo Federal. Diario Oficial de la Federación. 2016. Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LAN_250814.pdf. Consultado el 20 de abril del 2018.

Poder Ejecutivo Federal. Diario Oficial de la Federación. 2018. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_270818.pdf. Consultado el 20 de abril del 2018.

Poder Ejecutivo Federal. Diario Oficial de la Federación. 2018. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/130_150618.pdf. Consultado el 6 de mayo del 2018.

Poder Ejecutivo Federal. Diario Oficial de la Federación. 2018. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf. Consultado el 6 de octubre del 2018.

Poder Ejecutivo Federal. Diario Oficial de la Federación. 2018. Ley General de Bienes Nacionales. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/267_190118.pdf. Consultado el 20 de abril del 2018

Poder Ejecutivo Federal. Diario Oficial de la Federación. 2018. Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf. Consultada el 15 d abril del 2018

Rodríguez Herrera, A. y Olivier Salomé, B. y López Velasco, R. y Barragán Mendoza, M. y Cañedo Villareal, R. y Valera Pérez, M. (2013). Contaminación y riesgo sanitario en zonas urbanas de la subcuenca del río de La Sabana, ciudad de Acapulco, México... *Gestión y Ambiente*, [en línea] 16(1), pp.85-95. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169427489010>

Rojas C. 2011. Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces)

en Nayarit, México. Tesis de licenciatura. Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias División de Ciencias Biológicas y Ambientales.

Sampedro-Rosas, M. L., Juárez-López, A. L., y Rosas-Acevedo, J. L. 2009 Estimación de la contaminación por desechos antropogénicos en cauces de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México. Tlamati, México, 2009

Secretaría de Energía. 2016. Balance nacional de energía. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/288692/Balance_Nacional_de_Energia_2016__2_.pdf. Consultado el 6 de mayo del 2018.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2006. Indicadores básicos del desempeño ambiental de México 2005. https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/indicadores14/conjuntob/00_conjunto/introduccion.html. Consultado el 12 de mayo del 2018.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2013. Guía metodológica para la estimación de emisiones de fuentes fija. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2F1AECB7E100DA9705257D4D005632DA/\\$FILE/Gu%C3%ADaMetodol%C3%B3gicaParaEstimaci%C3%B3nDeEmisiones.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/2F1AECB7E100DA9705257D4D005632DA/$FILE/Gu%C3%ADaMetodol%C3%B3gicaParaEstimaci%C3%B3nDeEmisiones.pdf). Consultado el 20 de abril del 2018.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 2015. Normas Oficiales Mexicanas. México. <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/normas-oficiales-mexicanas>. Consultado el 12 de mayo del 2018

Secretaría de Salud. 2016. Cuarto Informe de Labores 2015-2016. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131363/4to_Informe_de_Labores_SS.pdf. Consultado el 15 de abril del 2018

Tejada D. (2013) Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de La paz, B.C.S: Estrategia para su Gestión y Recomendaciones para el Desarrollo Sustentable. Tesis de maestría. Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.

Weitzenfeld H. Ed. (1989). Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación Ambiental (Aire, Agua y Suelo). ECOSEDUE. Traducción de WHO Offset Publication No. 62/ 1982. Metepec, Edo. de México.

XII. ANEXOS

Anexo 1; Base de datos de las descargas de ARS y tiraderos de RS
Descargas de Aguas Residuales

	No. De Descargas	Coordenadas	Diámetro (pulg.)	Tipo
1	1	16° 5'804"N/ 93° 44'751"O	6	Pluvial
2	1	16° 5'799"N/ 93° 44'755"O	12	Pluvial
3	1	16° 5'771"N/ 93° 44'712"O	4	Pluvial
4	2	16° 5'601"N/ 93° 44'734"O	4	A.R.D
5	1	16° 5'576"N/ 93° 44'764"O	4	A.R.D
6	1	16° 5'520"N/ 93° 44'823"O	4	A.R.D
7	1	16° 5'518"N/ 93° 44'824"O	4	A.R.D
8	3	16° 5'516"N/ 93° 44'822"O	4,2	A.R.D
9	2	16° 5'509"N/ 93° 44'823"O	4	A.R.D
10	1	16° 5'494"N/ 93° 44'804"O	6	A.R.D
11	1	16° 5'469"N/ 93° 44'792"O	6	Pluvial
12	1	16° 5'466"N/ 93° 44'793"O	6	Pluvial
13	1	16° 5'452"N/ 93° 44'809"O	3	A.R.D
14	1	16° 5'454"N/ 93° 44'801"O	10	A.R.D
15	4	16° 5'453"N/ 93° 44'806"O	10,6	A.R.D
16	1	16° 5'436"N/ 93° 44'828"O	4	A.R.D
17	1	16° 5'438"N/ 93° 44'824"O	4	Pluvial
18	1	16° 5'434"N/ 93° 44'839"O	4	Pluvial
19	1	16° 5'436"N/ 93° 44'846"O	2	Pluvial
20	1	16° 5'437"N/ 93° 44'840"O	5	A.R.D
21	1	16° 5'433"N/ 93° 44'853"O	2	A.R.D
22	1	16° 5'431"N/ 93° 44'861"O	4	A.R.D
23	1	16° 5'427"N/ 93° 44'867"O	2	A.R.D
24	1	16° 5'432"N/ 93° 44'874"O	8	A.R.D
25	1	16° 5'424"N/ 93° 44'872"O	6	A.R.D
26	1	16° 5'415"N/ 93° 44'881"O	20x10 cm	Pluvial
27	1	16° 5'413"N/ 93° 44'883"O	20x10 cm	pecuario
28	1	16° 5'412"N/ 93° 44'884"O	10	Pluvial
29	1	16° 5'411"N/ 93° 44'875"O	4	A.R.D
30	1	16° 5'410"N/ 93° 44'875"O	4	A.R.D
31	1	16° 5'409"N/ 93° 44'888"O	10	A.R.D
32	1	16° 5'401"N/ 93° 44'892"O	2	Pluvial
33	1	16° 5'397"N/ 93° 44'906"O	10	A.R.D
34	1	16° 5'395"N/ 93° 44'912"O	10	A.R.D
35	1	16° 5'387"N/ 93° 44'911"O	6	A.R.D
36	2	16° 5'384"N/ 93° 44'920"O	4	A.R.D

37	1	16° 5'382"N/ 93° 44'924"O	4	A.R.D
38	2	16° 5'386"N/ 93° 44'927"O	6	A.R.D
39	2	16° 5'383"N/ 93° 44'930"O	20x20 cm , 4	Pecuario
40	1	16° 5'382"N/ 93° 44'954"O	40x40 cm	A.R.D
41	1	16° 5'373"N/ 93° 44'952"O	1,20x1,30 cm	A.R.D
42	1	16° 5'367"N/ 93° 44'962"O	4	A.R.D
43	1	16° 5'370"N/ 93° 44'966"O	30x30 cm	A.R.D
44	1	16° 5'364"N/ 93° 44'996"O	6	Pluvial
45	1	16° 5'356"N/ 93° 44'997"O	Tubería Rota	A.R.D
46	1	16° 5'366"N/ 93° 44'958"O	65x60 cm	A.R.D
47	2	16° 5'363"N/ 93° 44'978"O	2	Pluvial
48	8	16° 5'353"N/ 93° 45'016"O	4	Pluvial
49	1	16° 5'357"N/ 93° 45'020"O	tubería rota	A.R.D
50	1	16° 5'365"N/ 93° 45'025"O	tubería rota	A.R.D
51	4	16° 5'369"N/ 93° 45'048"O	4	A.R.D
52	1	16° 5'369"N/ 93° 45'050"O	4	Pluvial
53	5	16° 5'387"N/ 93° 45'076"O	4, 90x70 cm	A.R.D
54	4	16° 5'361"N/ 93° 45'115"O	4,2	A.R.D
55	1	16° 5'363"N/ 93° 45'120"O	4	A.R.D
56	1	16° 5'355"N/ 93° 45'126"O	4	A.R.D
57	1	16° 5'354"N/ 93° 45'128"O	4	A.R.D
58	1	16° 5'351"N/ 93° 45'130"O	2	A.R.D
59	1	16° 5'357"N/ 93° 45'119"O	2	A.R.D
60	1	16° 5'364"N/ 93° 45'111"O	Tubería rota	A.R.D
61	2	16° 5'368"N/ 93° 45'112"O	4	A.R.D
62	1	16° 5'370"N/ 93° 45'111"O	4	A.R.D
63	1	16° 5'376"N/ 93° 45'114"O	4	A.R.D
64	1	16° 5'367"N/ 93° 45'115"O	10	A.R.D
65	1	16° 5'357"N/ 93° 45'124"O	4	A.R.D
66	1	16° 5'354"N/ 93° 45'126"O	10x20 cm	A.R.D
67	1	16° 5'353"N/ 93° 45'120"O	4	A.R.D
68	3	16° 5'345"N/ 93° 45'136"O	4	A.R.D
69	2	16° 5'350"N/ 93° 45'142"O	4	A.R.D
70	1	16° 5'351"N/ 93° 45'146"O	6	A.R.D
71	2	16° 5'356"N/ 93° 45'163"O	6,4	A.R.D
72	3	16° 5'357"N/ 93° 45'166"O	8,4	A.R.D
73	1	16° 5'360"N/ 93° 45'177"O	10x20 cm	A.R.D
74	1	16° 5'363"N/ 93° 45'182"O	4	A.R.D
75	1	16° 5'380"N/ 93° 45'209"O	Tubería Rota	A.R.D
76	1	16° 5'380"N/ 93° 45'212"O	4	A.R.D
77	1	16° 5'374"N/ 93° 45'208"O	Tubería Rota	A.R.D

78	1	16° 5'389"N/ 93° 45'228"O	Tubería Rota	A.R.D
79	1	16° 5'383"N/ 93° 45'230"O	4	A.R.D
80	1	16° 5'391"N/ 93° 45'229"O	80x70 cm	A.R.D
81	1	16° 5'390"N/ 93° 45'235"O	10	Pluvial
82	1	16° 5'391"N/ 93° 45'237"O	10	Pluvial
83	1	16° 5'392"N/ 93° 45'242"O	6	Pluvial
84	3	16° 5'392"N/ 93° 45'244"O	10,6	Pluvial
85	1	16° 5'398"N/ 93° 45'251"O	2	A.R.D
86	1	16° 5'396"N/ 93° 45'235"O	10x8 cm	A.R.D
87	1	16° 5'399"N/ 93° 45'242"O	6	A.R.D
88	2	16° 5'398"N/ 93° 45'245"O	10,4	Pluvial
89	1	16° 5'404"N/ 93° 45'249"O	4	A.R.D
90	2	16° 5'405"N/ 93° 45'252"O	4	Pluvial
91	1	16° 5'411"N/ 93° 45'262"O	6	Pecuario
92	1	16° 5'417"N/ 93° 45'268"O	6	A.R.D
93	1	16° 5'424"N/ 93° 45'272"O	4	A.R.D
94	1	16° 5'425"N/ 93° 45'275"O	6	A.R.D
95	1	16° 5'422"N/ 93° 45'270"O	4	A.R.D
96	1	16° 5'427"N/ 93° 45'279"O	6	Pluvial
97	1	16° 5'428"N/ 93° 45'281"O	6	Pluvial
98	1	16° 5'430"N/ 93° 45'282"O	6	Pluvial
99	1	16° 5'437"N/ 93° 45'303"O	12	A.R.D
100	1	16° 5'442"N/ 93° 45'302"O	30x30 cm	A.R.D
101	1	16° 5'442"N/ 93° 45'305"O	4	A.R.D
102	1	16° 5'445"N/ 93° 45'324"O	6	Pluvial
103	1	16° 5'446"N/ 93° 45'330"O	6	Pluvial
104	3	16° 5'446"N/ 93° 45'332"O	4	Pluvial
105	4	16° 5'446"N/ 93° 45'333"O	4	A.R.D
106	1	16° 5'449"N/ 93° 45'335"O	6	A.R.D
107	2	16° 5'450"N/ 93° 45'335"O	4	Pluvial
108	1	16° 5'445"N/ 93° 45'337"O	12	A.R.D
109	2	16° 5'449"N/ 93° 45'346"O	6	Pluvial
110	1	16° 5'451"N/ 93° 45'356"O	4	Pluvial
111	1	16° 5'452"N/ 93° 45'357"O	6	A.R.D
112	1	16° 5'454"N/ 93° 45'364"O	6	A.R.D
113	1	16° 5'455"N/ 93° 45'358"O	4	A.R.D
114	1	16° 5'457"N/ 93° 45'360"O	2	A.R.D
115	1	16° 5'455"N/ 93° 45'360"O	4	A.R.D
116	1	16° 5'460"N/ 93° 45'374"O	6	A.R.D
117	1	16° 5'460"N/ 93° 45'363"O	2	A.R.D
118	1	16° 5'461"N/ 93° 45'373"O	8	Pluvial

119	1	16° 5'460"N/ 93° 45'381"O	8	Pluvial
120	1	16° 5'467"N/ 93° 45'387"O	8	Pecuario
121	1	16° 5.469"N/ 93° 45.388"O	4	A.R.D
122	1	16° 5'471"N/ 93° 45'395"O	15x20 cm	A.R.D
123	1	16° 5'470"N/ 93° 45'412"O	8	A.R.D
124	3	16° 5'486"N/ 93° 45'425"O	4	Mixto
125	1	16° 5'490"N/ 93° 45'431v"O	4	Mixto
126	1	16° 5'498"N/ 93° 45'427"O	4	Mixto
127	1	16° 5'501"N/ 93° 45'423"O	4	Mixto
128	1	16° 5'502"N/ 93° 45'446"O	4	Pluvial
129	1	16° 5'503"N/ 93° 45'451"O	4	Mixto
130	1	16° 5'515"N/ 93° 45'482"O	4	A.R.D
131	1	16° 5'514"N/ 93° 45'509"O	4	A.R.D
132	1	16° 5'522"N/ 93° 45'534"O	10	A.R.D
133	1	16° 5'524"N/ 93° 45'538"O	8	Pluvial
134	1	16° 5'531"N/ 93° 45'545"O	4	Pluvial
135	1	16° 5'534"N/ 93° 45'549"O	4	Pluvial
136	3	16° 5'530"N/ 93° 45'552"O	2,4	A.R.D
137	5	16° 5'545"N/ 93° 45'608"O	4	Pluvial
138	2	16° 5'572"N/ 93° 45'688"O	4	Pluvial
139	1	16° 5'573"N/ 93° 45'691"O	4	Pluvial
140	1	16° 5'563"N/ 93° 45'696"O	2	Pluvial
141	1	16° 5'577"N/ 93° 45'703"O	4	A.R.D
142	1	16° 5'577"N/ 93° 45'708"O	4	Pluvial
143	2	16° 5'577"N/ 93° 45'710"O	4	Mixto
144	1	16° 5'577"N/ 93° 45'712"O	4	A.R.D
145	1	16° 5'575"N/ 93° 45'715"O	4	A.R.D
146	1	16° 5'574"N/ 93° 45'717"O	4	A.R.D
147	2	16° 5'583"N/ 93° 45'746"O	8,6	A.R.D
148	1	16° 5'594"N/ 93° 45'759"O	2	Pluvial
149	1	16° 5'601"N/ 93° 45'769"O	8	A.R.D
150	1	16° 5'604"N/ 93° 45'770"O	4	A.R.D
151	2	16° 5'612"N/ 93° 45'773"O	2,4	A.R.D
152	2	16° 5'610"N/ 93° 45'782"O	4	Mixto
153	1	16° 5'612"N/ 93° 45'779"O	6	A.R.D
154	1	16° 5'613"N/ 93° 45'780"O	6	A.R.D
155	4	16° 5'614"N/ 93° 45'780"O	6,2,4	Mixto
156	3	16° 5'615"N/ 93° 45'781"O	4,6,2	Mixto
157	2	16° 5'620"N/ 93° 45'785"O	2,6	Mixto
158	1	16° 5'625"N/ 93° 45'787"O	6	A.R.D
159	1	16° 5'639"N/ 93° 45'801"O	6	A.R.D

160	1	16° 5'645"N/ 93° 45'802"O	4	A.R.D
161	1	16° 5'650"N/ 93° 45'807"O	4	A.R.D
162	2	16° 5'640"N/ 93° 45'807"O	2	A.R.D
163	1	16° 5'636"N/ 93° 45'802"O	6	A.R.D
164	2	16° 5'640"N/ 93° 45'807"O	4	Mixto
165	1	16° 5'649"N/ 93° 45'813"O	6	A.R.D
166	1	16° 5'640"N/ 93° 45'807"O	6	Mixto
167	1	16° 5'681"N/ 93° 45'862"O	4	A.R.D
168	1	16° 5'681"N/ 93° 45'865"O	6	Mixto
169	2	16° 5'688"N/ 93° 45'884"O	6, 1.20x1.20 cm	A.R.D
170	1	16° 5'693"N/ 93° 45'894"O	4	A.R.D
171	1	16° 5'692"N/ 93° 45'900"O	2	A.R.D
172	2	16° 5'692"N/ 93° 45'905"O	2	A.R.D
173	1	16° 5'692"N/ 93° 45.902"O	4	A.R.D
174	2	16° 5'695"N/ 93° 45'904"O	8,4	A.R.D
175	2	16° 5'700"N/ 93° 45'913"O	4	A.R.D
176	3	16° 5'699"N/ 93° 45'916"O	4,2	A.R.D
177	1	16° 5'702"N/ 93° 45'917"O	4	A.R.D
178	1	16° 5'703"N/ 93° 45'921"O	6	A.R.D
179	1	16° 5'702"N/ 93° 45'928"O	Tubería rota	A.R.D
180	2	16° 5'703"N/ 93° 45'928"O	6	A.R.D
181	1	16° 5'705"N/ 93° 45'932"O	4	A.R.D
182	1	16° 5'705"N/ 93° 45'937"O	4	A.R.D
183	4	16° 5'706"N/ 93° 45'944"O	6	A.R.D
184	1	16° 5'705"N/ 93° 45'945"O	4	A.R.D
185	2	16° 5'704"N/ 93° 45'951"O	4	A.R.D
186	1	16° 5'706"N/ 93° 45'954"O	4	A.R.D
187	1	16° 5'711"N/ 93° 45'954"O	4	A.R.D
188	2	16° 5'713"N/ 93° 45'962"O	4	A.R.D
189	1	16° 5'712"N/ 93° 45'963"O	4	A.R.D
190	1	16° 5'797"N/ 93° 46'158"O	12	A.R.D
191	1	16° 5'797"N/ 93° 46'162"O	10	A.R.D
192	1	16° 5'792"N/ 93° 46'508"O	20	A.R.D
193	1	16° 5'781"N/ 93° 45' 7.3"O	20	A.R.D
194	1	16° 5'782"N/ 93° 46'542"O	10	A.R.D
195	1	16° 5' 51.9"N/ 93° 45' 7.3"O	4	A.R.D
196	6	16° 5' 48"N/ 93° 45' 3.4"O	6, 2	Pluvial
197	1	16° 5' 48.8"N/ 93° 45' 3.4"O	2	A.R.D
198	1	16° 5' 47.3"N/ 93° 45' 2.7"O	4	A.R.D
199	1	16° 5' 42"N/ 93° 44' 57.5"O	6	A.R.D
200	2	16° 5' 41.5"N/ 93° 44' 57.3"O	2	A.R.D

201	1	16° 5' 41.2"N/ 93° 44' 57.4"O	6	A.R.D
202	1	16° 5' 40.3"N/ 93° 44' 57.3"O	4	A.R.D
203	3	16° 5' 40.1"N/ 93° 44' 57"O	4	Pluvial
204	1	16° 5' 39.7"N/ 93° 44' 56.7"O	4	Pecuario
205	1	16° 5' 39.7"N/ 93° 44' 56.4"O	6	A.R.D
206	1	16° 5' 39.7"N/ 93° 44' 56.2"O	20	A.R.D
207	1	16° 5' 39.2"N/ 93° 44' 55.4"O	Tubería rota	A.R.D
208	1	16° 5' 38.2"N/ 93° 44' 55.1"O	8	A.R.D
209	1	16° 5' 37.1"N/ 93° 44' 54.5"O	4	A.R.D
210	1	16° 5' 36.5"N/ 93° 44' 53.1"O	6	A.R.D
211	4	16° 5' 35.7"N/ 93° 44' 51.7"O	6,4,2,1	Pluvial
212	1	16° 5' 35.4"N/ 93° 44' 51.5"O	8	A.R.D
213	2	16° 5' 32.2"N/ 93° 44' 51.1"O	8	Mixto
214	5	16° 5' 34.1"N/ 93° 44' 49.7"O	4,2	A.R.D
215	1	16° 5' 33.9"N/ 93° 44' 49.4"O	6	A.R.D
216	2	16° 5' 33.8"N/ 93° 44' 49.3"O	6	Mixto
217	1	16° 5' 33.8"N/ 93° 44' 49.4"O	4	A.R.D
218	1	16° 5' 33.6"N/ 93° 44' 49.1"O	4	A.R.D
A.R.D = Aguas Residuales Domesticas				

Tiraderos de Residuos Solidos

	coordenadas
1	16° 5'601"N/ 93° 44'736"O
2	16° 5'592"N/ 93° 44'757"O
3	16° 5'520"N/ 93° 44'822"O
4	16° 5'468"N/ 93° 44'792"O
5	16° 5'430"N/ 93° 44'864"O
6	16° 5'375"N/ 93° 44'961"O
7	16° 5'375"N/ 93° 44'963"O
8	16° 5'365"N/ 93° 44'986"O
9	16° 5'360"N/ 93° 45'034"O
10	16° 5'359"N/ 93° 45'027"O
11	16° 5'385"N/ 93° 45'070"O
12	16° 5'349"N/ 93° 45'126"O
13	16° 5'384"N/ 93° 45'220"O
14	16° 5'418"N/ 93° 45'271"O
15	16° 5'435"N/ 93° 45'294"O
16	16° 5'448"N/ 93° 45'347"O
17	16° 5'451"N/ 93° 45'346"O
18	16° 5'441"N/ 93° 45'326"O
19	16° 5'480"N/ 93° 45'429"O
20	16° 5'509"N/ 93° 45'421"O
21	16° 5'513"N/ 93° 45'469"O
23	16° 5'524"N/ 93° 45'535"O
24	16° 5'615"N/ 93° 45'782"O
25	16° 5'694"N/ 93° 45'901"O
26	16° 5'713"N/ 93° 45'969"O
27	16° 6'153"N/ 93° 45'941"O
28	16° 6'132"N/ 93° 45'973"O
29	16° 5' 49.9"N/ 93° 45' 4.9"O
30	16° 5' 47.3"N/ 93° 45' 2.7"O
31	16° 5' 47.3"N/ 93° 45' 2.7"O
32	16° 5' 39.5"N/ 93° 44' 55.7"O
33	16° 5' 37.1"N/ 93° 44' 54.4"O
34	16° 5' 33.8"N/ 93° 44' 49.3"O
35	16° 5' 33.6"N/ 93° 44' 49.1"O

Anexo 3; galería fotográfica del trabajo de campo







Anexo 4; PROY-NOM-001-SEMARNAT-2017

Límites Permisibles para Metales Pesados y Cianuros

Parámetros (miligramos por litro)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas y estuarios			Suelo					
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos		
	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.	P.M.	P.D.	V.I.
Arsénico	0.2	0.3	0.4	0.1	0.15	0.2	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.1	0.15	0.2
Cadmio	0.2	0.3	0.4	0.1	0.15	0.2	0.2	0.3	0.4	0.05	0.075	0.1	0.1	0.15	0.2
Cianuro	1	2	3	1	1.5	2	2	2.50	3	2	2.5	3	1	1.50	2
Cobre	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Cromo	1	1.25	1.5	0.5	0.75	1	1	1.25	1.5	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1
Mercurio	0.01	0.015	0.02	0.005	0.008	0.01	0.01	0.015	0.02	0.005	0.008	0.01	0.005	0.008	0.01
Níquel	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
Plomo	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.75	1	0.5	0.75	1	0.2	0.3	0.4
Zinc	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Parámetros medidos de manera total	P.M: Promedio Mensual P.D: Promedio Diario V.I: Valor Instantáneo														

Límites Permisibles

Parámetros (*) (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Ríos, arroyos, canales, drenes			Embalses, lagos y lagunas			Zonas marinas mexicanas y estuarios			Suelo					
										Riego de áreas verdes			Infiltración y otros riegos		
	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.	P.M	P.D.	V.I.
Temperatura (°C)	35	35	35	35	35	35	40	40	40	35	35	35	35	35	35
Grasas y Aceites	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21	15	18	21
Sólidos Suspendidos Totales	60	72	84	20	24	28	20	24	28	30	36	42	100	120	140
Demanda Química de Oxígeno	150	180	210	100	120	140	85	100	120	60	72	84	150	180	210
Carbón Orgánico Total*	38	45	53	25	30	35	21	25	30	15	18	21	38	45	53
Nitrógeno Total	25	30	35	20	25	30	25	30	35	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Fósforo Total	15	18	21	12	15	18	15	18	21	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Huevos de Helmintos (huevos/litro)	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1					
<i>Escherichia coli</i> , (NMP/100 ml)	1000	1200	1400	1000	1200	1400	1000	1200	1400	1000	1200	1400	1000	1200	1400
<i>Enterococos fecales</i> * (NMP/100 ml)	1000	1200	1400	1000	1200	1400	1000	1200	1400	1000	1200	1400	1000	1200	1400
pH (UpH)	6.5 - 8.5														
Color verdadero	Pureza del 15%														
Toxicidad aguda (UT)	Menor o igual a 5														

N.A: No Aplica
 P.M: Promedio Mensual
 P.D: Promedio Diario
 V.I: Valor Instantáneo
 NMP: Número más probable
 UpH: Unidades de pH
 UT: Unidades de Toxicidad

* Carbón Orgánico Total y *Enterococos fecales* sólo se analizarán en lugar de Demanda Química de Oxígeno y *Escherichia coli* para aquellas descargas de aguas residuales que presenten concentraciones mayores a 1000 mg/l de cloruros.

Anexo 5; Estado de la vegetación en la parte alta y baja de la cuenca

