



Facultad de Ciencias Jurídicas y Justicia

Licenciatura de Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Justicia

**Protección ambiental individualizando parámetros  
complementarios de descargas de aguas residuales de  
acuerdo al tipo de actividad industrial**

(Tesis de Licenciatura)

Ana Edith García Sánchez

Guatemala, agosto 2020

**Protección ambiental individualizando parámetros  
complementarios de descargas de aguas residuales de  
acuerdo al tipo de actividad industrial**  
(Tesis de Licenciatura)

Ana Edith García Sánchez

Guatemala, agosto 2020

Para los efectos legales y en cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 1º, literal h) del Reglamento de Colegiación del Colegio de Abogados y Notarios de Guatemala, **Ana Edith García Sánchez** elaboro la presente tesis, con modalidad de artículo especializado titulada **Protección ambiental individualizando parámetros complementarios de descargas de aguas residuales de acuerdo al tipo de actividad industrial.**

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

Rector M. Th. Mynor Augusto Herrera Lemus

Vicerrectora Académica Dra. Alba Aracely Rodríguez de González

Vicerrector Administrativo M. A. César Augusto Custodio Cobar

Secretario General EMBA. Adolfo Noguera Bosque

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y JUSTICIA**

Decano Dr. Enrique Fernando Sánchez Usera

Vice Decana M. Sc. Andrea Torres Hidalgo

Director de Carrera M. A. Joaquín Rodrigo Flores Guzmán

Coordinador de Sedes M. Sc. Mario Jo Chang

Coordinador de Postgrados y

Programa de Equivalencias Integrales M.A. José Luis Samayoa Palacios

Coordinadora de Procesos académicos Licda. Gladys Jeaneth Javier Del Cid

UNIVERSIDAD PANAMERICANA, FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y JUSTICIA. Guatemala, veintidós de enero de dos mil veinte. -----  
En virtud de que el proyecto de tesis titulado **PROTECCIÓN AMBIENTAL INDIVIDUALIZANDO PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO AL TIPO DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL**, presentado por **ANA EDITH GARCÍA SÁNCHEZ**, previo a otorgársele el grado académico de Licenciado(a) en Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Justicia, así como los títulos de Abogado(a) y Notario(a), reúne los requisitos de esta casa de Estudios, es procedente **APROBAR** dicho punto de tesis y para el efecto se nombra como tutor al **DR. ENRIQUE FERNANDO SÁNCHEZ USERA**, para que realice la tutoría del punto de tesis aprobado.

  
**M. Sc. ANDREA TORRES HIDALGO**  
Vice-decano de la Facultad de Ciencias  
Jurídicas y Justicia



c.c. Archivo



Guatemala, 05 de marzo de 2020.

Señores Miembros  
Consejo de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Justicia  
Universidad Panamericana  
Presente

Estimados señores:

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes, haciendo referencia a mi nombramiento como **tutor** de la estudiante **Ana Edith García Sánchez**, ID 000028571. Al respecto se manifiesta que:

- a) Brindé acompañamiento a la estudiante en referencia durante el proceso de elaboración de la tesis denominada **Protección ambiental individualizando parámetros complementarios de descargas de aguas residuales de acuerdo al tipo de actividad industrial**.
- b) Durante ese proceso le fueron sugeridas correcciones que realizó conforme los lineamientos proporcionados.
- c) Habiendo leído la versión final del documento, se establece que el mismo constituye un estudio serio en torno al tema investigado, cumpliendo con los requerimientos metodológicos establecidos por la Facultad de Ciencias Jurídicas y Justicia para esta modalidad académica.

En virtud de lo anterior, por este medio emito **DICTAMEN FAVORABLE** para que se continúe con los trámites de rigor.

Atentamente,

  
Dr. Enrique Fernando Sánchez Usera





UNIVERSIDAD PANAMERICANA, FACULTAD DE CIENCIAS JURÍDICAS Y JUSTICIA. Guatemala, veintidós de enero de dos mil veinte. -----

En virtud de que el proyecto de tesis titulado **PROTECCIÓN AMBIENTAL INDIVIDUALIZANDO PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO AL TIPO DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL**, presentado por **ANA EDITH GARCÍA SÁNCHEZ**, previo a otorgársele el grado académico de Licenciado(a) en Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Justicia, así como los títulos de Abogado(a) y Notario(a), ha cumplido con los dictámenes correspondientes del tutor nombrado, se designa como revisor metodológico al **M.A. JOSÉ LUIS DE JESUS SAMAYOA PALACIOS**, para que realice una revisión del trabajo presentado y emita su dictamen en forma pertinente.



**DR. ENRIQUE FERNANDO SÁNCHEZ USERA**  
Decano de la Facultad de Ciencias  
Jurídicas y Justicia

c.c. Archivo



Guatemala, 05 de marzo de 2020.

Señores Miembros  
Consejo de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Justicia  
Universidad Panamericana  
Presente

Estimados señores:

Tengo el agrado de dirigirme a ustedes, haciendo referencia a mi nombramiento como **revisor** de la tesis de la estudiante **Ana Edith García Sánchez**, ID **000028571**, titulada **Protección ambiental individualizando parámetros complementarios de descargas de aguas residuales de acuerdo al tipo de actividad industrial**.

Al respecto me permito manifestarles que, la versión final de la investigación fue objeto de revisión de forma y fondo, estableciendo que la misma constituye un estudio serio que cumple con los requerimientos metodológicos establecidos por la Facultad de Ciencias Jurídicas y Justicia para esta modalidad académica.

En virtud de lo anterior, por este medio emito **DICTAMEN FAVORABLE** para que se continúe con los trámites de rigor.

Atentamente,

  
-----  
M.A. José Luis de Jesús Samayoa Palacios



## ORDEN DE IMPRESIÓN DE TESIS DE LICENCIATURA

*Nombre del Estudiante:* **ANA EDITH GARCÍA SÁNCHEZ**

*Título de la tesis:* **PROTECCIÓN AMBIENTAL INDIVIDUALIZANDO PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO AL TIPO DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL**

**El Decano de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Justicia,**

### Considerando:

**Primero:** Que previo a otorgársele el grado académico de Licenciado(a) en Ciencias Jurídicas, Sociales y de la Justicia, así como los títulos de Abogado(a) y Notario(a), el (la) estudiante: ha desarrollado el proceso de investigación y redacción de su tesis de licenciatura.

**Segundo:** Que tengo a la vista los dictámenes del Tutor y Revisor, en donde consta que el (la) estudiante en mención ha completado satisfactoriamente los requisitos académicos y administrativos vigentes para el desarrollo de la Tesis de Licenciatura.



**Tercero:** Que tengo a la vista el documento, *declaración jurada del estudiante*, donde consta que el (la) estudiante autor de la presente tesis manifiesta, bajo juramento, que ha respetado los derechos de autor de las fuentes consultadas y ha reconocido los créditos correspondientes; así como la aceptación de su responsabilidad como autor del contenido de su Tesis de Licenciatura.

**Por tanto,**

Se autoriza la impresión del documento relacionado en el formato y características que están establecidas para este nivel académico.

Guatemala, 20 de julio de 2020.

*"Sabiduría ante todo, adquiere sabiduría"*

  
  
**Dr. Enrique Fernando Sánchez Usera**  
Decano de la Facultad de Ciencias  
Jurídicas y Justicia

c.c. Archivo

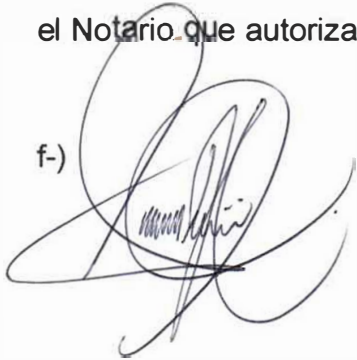


En la ciudad de Guatemala, el día trece de julio del año dos mil veinte, siendo las doce horas en punto, yo, **BRENDA LUCRECIA LÓPEZ DE LÉON**, Notaria me encuentro constituida en la sede central de la Universidad Panamericana, ubicada en la Diagonal treinta y cuatro, treinta y uno guión cuarenta y tres zona dieciséis, de esta ciudad, en donde soy requerida por **ANA EDITH GARCÍA SÁNCHEZ**, de treinta y dos años de edad, casada, guatemalteca, estudiante, de este domicilio, quien se identifica con Documento Personal de Identificación (DPI) con Código Único de Identificación (CUI) dos mil setecientos cuarenta espacio treinta y cuatro mil ciento cincuenta y ocho espacio cero ciento quince (2740 34158 0115), extendido por el Registro Nacional de las Personas (RENAP) de la República de Guatemala. El objeto del requerimiento, es hacer constar su **DECLARACIÓN JURADA** de conformidad con las siguientes cláusulas: **PRIMERA**: Manifiesta **ANA EDITH GARCÍA SÁNCHEZ**, bajo solemne juramento de Ley y advertido de la pena relativa al delito de perjurio, ser de los datos de identificación personal consignados en la presente y que se encuentra en el libre ejercicio de sus derechos civiles. **SEGUNDA**: Continúa manifestando bajo juramento el requirente: i) ser autor del trabajo de tesis titulado: "**PROTECCIÓN AMBIENTAL INDIVIDUALIZADO PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO AL TIPO DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL**"; ii) haber respetado los derechos de autor de las fuentes consultadas y reconocido los créditos correspondientes; iii) aceptar la responsabilidad como autor del contenido de la presente tesis de licenciatura. No habiendo nada más que hacer constar, finalizo el presente instrumento en el mismo lugar y fecha de inicio, treinta minutos después, la cual consta en una hoja de papel bond, impresa en ambos lados, que numero, sello y firmo, a la cual le adhiero los timbres para cubrir los impuestos correspondientes que determinan las leyes respectivas: un timbre notarial del valor de diez quetzales con serie y número AQ- cero ochocientos treinta y cuatro mil noventa y ocho y un timbre fiscal del valor de cincuenta centavos de quetzal con número cinco millones veintitrés mil

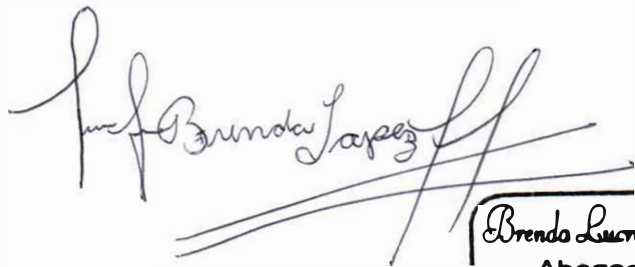


seiscientos noventa y uno. Leo lo escrito al requirente, quien enterado de su contenido, objeto, validez y demás efectos legales, la acepta, ratifica y firma con el Notario que autoriza. **DOY FE DE TODO LO EXPUESTO.**

f-)

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a horizontal line at the bottom.

**ANTE MÍ:**

A handwritten signature in black ink, reading "Brenda Lucrecio Lopez de Leon".

Brenda Lucrecio López de León  
Abogada y Notaria



*Nota: Para efectos legales únicamente el sustentante es responsable del contenido del presente trabajo.*

# Índice

Resumen	i
Palabras clave	ii
Introducción	iii
Parámetros complementarios	1
Parámetros complementarios de tipo especial	15
Contaminación industrial	20
Contaminación de ríos y lagos por aguas residuales	30
tratamiento de aguas residuales	39
La importancia de individualizar parámetros complementarios en Guatemala	43
Instituciones encargadas de velar por el cumplimiento de la ley en protección de los recursos naturales en Guatemala	45
Conclusiones	57
Referencias	59
Anexos	63

## **Resumen**

Se realizó la descripción y análisis de las condiciones actuales de contaminación causadas por aguas residuales, de conformidad con el Derecho ambiental, relacionado a la protección del mismo, por medio de individualizar parámetros complementarios de descargas de aguas residuales, de acuerdo al tipo de actividad que desarrollen las diferentes industrias. En esta investigación, se definieron los tipos de aguas residuales y se analizaron los tipos de contaminación con las causas y efectos, esto para llevar a cabo un correcto análisis sobre tratamiento de este tipo de aguas.

También se analizó las diferencias entre los reglamentos de las descargas y reúso de aguas residuales de Guatemala y Costa Rica, así como los aportes que harían los parámetros complementarios individualizando el tipo de actividad, obra o industria, dando como aportes positivos la comparación de estos reglamentos en el cual esta investigación se centró, como fuente importante de contaminación en los ríos, lagos y cuencas que desemboquen estas aguas.

Para este estudio fue importante determinar las causas de la contaminación en aguas residuales, así como la clasificación de parámetros, la solución con plantas de tratamientos y analizar los



parámetros exactos que individualicen el tipo de actividad que desarrolla la industria, los tipos de parámetros que se pueden implementar en la legislación guatemalteca, con los cuales se podrían tratar las aguas contaminadas, para luego tratarlas y devolverlas limpias a las cuencas, ríos y lagos del país.

## **Palabras clave**

Parámetro. Contaminación. Individualización. Vertido. Preaireación.

## **Introducción**

El tema de protección ambiental es uno de los más preocupantes en la actualidad, la ausencia de legislación clara, con metas e indicadores ambientales bien definidos y estrictos, siendo una de las causas fundamentales por las cuales se contaminan los ríos y lagos en Guatemala. Las descargas de aguas residuales del reglamento vigente, el Acuerdo Gubernativo No.236-2006, el cual tiene varias deficiencias y en muchos aspectos que no mejoraron, lo cual se había estipulado en los acuerdos previos, además, se analizará una comparación con el reglamento No. 33601- MINAE-S de vertidos y reúso de aguas residuales de Costa Rica, el cual comparte grandes similitudes en ecosistemas y que se ha preocupado por proteger y, sobre todo, de velar por la salud de su población.

Es necesario determinar la eficacia de individualizar parámetros complementarios dependiendo el tipo de actividad ya sea doméstica o de industria, es por ello que se toma como base la legislación de Costa Rica, para realizar una comparación por ser un país que comparte grandes similitudes a las de Guatemala y su legislación ha sido eficaz. Gran parte de la contaminación es vertida a los cuerpos acuíferos de los ríos y lagos del país, por lo que en esta investigación se mencionaran los lagos principales del país: Atitlán, Amatitlán, Peten Itzá y Rio Dulce Izabal.

Como interés social, se analizará el reglamento guatemalteco el cual posee poco alcance en regulación de parámetros complementarios específicos, para contaminantes en diferentes industrias, proyectos u obras; aun con su reforma, el Acuerdo Gubernativo Número No. 236-2006, entre algunas de las carencias, se encuentran que no distingue parámetros complementarios ni se individualizan según tipo de actividad, industria u obra. En virtud de la protección ambiental que el país requiere, es necesario realizar una investigación documental al referido reglamento encargado de regular las descargas de aguas residuales.

Se tiene como objetivo determinar la importancia de individualizar parámetros complementarios de descargas de aguas residuales, diferenciando el giro del desarrollo de contaminación ya sea doméstica o industrial, con la finalidad de prever la contaminación de los ríos y lagos de Guatemala, lo que se pretende es describir el impacto de contaminación ambiental, que generan las industrias al no distinguir los parámetros complementarios de descargas de aguas residuales por el tipo de actividad que desarrolla; así como también se analizará la eficacia de la aplicación de individualizar parámetros complementarios de descargas de aguas residuales por el tipo de actividad, proyecto, obra o industria.



Posteriormente se evaluarán las distintas etapas del proceso de tratamiento de aguas residuales de acuerdo al tipo de actividad que cada empresa desarrolla, por lo que se considera necesario mejorar y ampliar una normativa que pueda generar una clasificación de parámetros, tipos de contaminación por descargas de aguas residuales, las causas y efectos de la contaminación de ríos y lagos, los parámetros complementarios para el análisis de aguas residuales de tipo especial que se puedan llegar a establecer para un mejor control de la calidad del agua.

La metodología empleada en el presente artículo especializado será de método deductivo y como parte esencial de un proceso de investigación, la selección y compilación de información de materiales documentales.

# **Protección ambiental individualizando parámetros complementarios de descargas de aguas residuales de acuerdo al tipo de actividad industrial**

## **Parámetros complementarios**

### Antecedentes

El agua es un elemento esencial para la existencia de la vida de los seres humanos. Todo lo que tenga vida en nuestro planeta necesita de este recurso para poder sobrevivir, es por ello que desde sus orígenes la humanidad ha almacenado y distribuido el agua, ya sea para uso doméstico, limpieza, distribución hasta las infraestructuras y tecnologías actuales para el tratamiento de aguas.

El tratamiento de aguas residuales nace en Inglaterra a finales del siglo XIX y a principios del XX, esto para controlar temas de brotes de infecciones y enfermedades en el país. El principal objetivo era determinar la calidad del agua de los procesos domésticos e industriales para que no causara peligro a la salud humana y proteger el medio ambiente. Eso implicaba la participación de ingeniería, química, física y biología, con el fin de reducir la mayor cantidad de contaminación de aguas antes de devolverla al medio ambiente.

Tuset (2010) afirma:

Los primeros antecedentes los encontramos en Jericó (Israel) hace aproximadamente 7.000 años, donde el agua era almacenada en los pozos para su posterior utilización. Como el agua había de ser trasladada de los pozos a otros puntos donde era necesario su uso, se empezaron a desarrollar los sistemas de transporte y distribución del agua. Este transporte se realizaba mediante canales sencillos, excavados en la arena o las rocas. (p. 1)

Años más tarde se comenzaron a utilizar tubos huecos, más parecidos a lo que son nuestras tuberías de hoy en día. Por ejemplo, en Egipto se utilizan árboles huecos de palmera mientras en China y Japón utilizan troncos de bambú. Fueron precisamente los egipcios, los primeros en utilizar métodos para el tratamiento del agua. Estos registros datan de hace más de 1,500 años hasta el 400 A.C. Los mismos indican que las formas más comunes de purificación del agua eran hirviéndola sobre el fuego, calentándola al sol o sumergiendo una pieza de hierro caliente dentro de la misma. Otro de los métodos más comunes era el filtrado del agua hervida a través de arena o grava para luego dejarla enfriar.

La contaminación de agua muchas veces es por causas de aguas residuales las cuales son el resultado de un agua ya utilizada para el uso de diversas actividades ya sea doméstico o industrial estas aguas deben de ser tratadas antes de devolverlas a un cauce, ríos, lago e incluso al mar. Las aguas residuales aparecen sucias y contaminadas: llevan grasas, detergentes, materia orgánica, residuos de la industria y de los ganados, herbicidas y plaguicidas y en ocasiones algunas sustancias muy tóxicas.

Castillo (2014) indica: “Todavía existen muchos pueblos y ciudades de nuestro país que vierten sus aguas residuales directamente a los ríos, sin depurarlas. Esta conducta ha provocado que la mayoría de los seres vivos que vivían en esos ríos hayan desaparecido”. (p. 1). Como lo indica el autor, las personas continúan vertiendo en los ríos y lagos del país aguas contaminadas, sin ser tratadas posteriormente para ser devueltas limpias a los cauces correspondientes, por lo que provocan la pérdida de este recurso importante para el ser humano.

Anteriormente se menciona que uno de los mayores contaminantes del agua. Que son las aguas residuales, y es por ello que se hace necesaria la implementación de plantas de tratamiento que ayuden a prevenir la contaminación y que se disminuya los índices de enfermedades o demás efectos del agua contaminada. Para ello se hace una explicación del tema de ‘Aguas Residuales’ con el propósito de entender su concepto, sus impactos y cómo se encuentra en la actualidad abarcando gran parte del país.

Se entienden varias concepciones de “aguas residuales” la primera es: agua obtenida como resultado de actividades industriales, agrícolas, forestales, mineras, pecuarias, de comercio, servicios, procesos de urbanización, entre otras; que portan diversas sustancias o materiales indeseables, dependiendo del tipo de proceso, como compuestos

orgánicos e inorgánicos, microorganismos y trazas de algunos metales que le dan una composición diferente a la de su estado natural. La segunda son aguas denominadas “grises”; estas son todas las que quedan como desecho de aguas provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales.

Baron (2009) indica un concepto de ‘aguas residuales’ y lo explica de la siguiente manera:

“Las aguas residuales son materiales derivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, es por esto que los tratamientos de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales.” (p.42)

Teniendo ya varios conceptos de las aguas residuales, se entiende que son los “residuos” que están vertidos en el agua, los cuales son contaminantes y dañinos para los seres vivos que están en contacto directo e indirecto con el agua. Esto quiere decir que no solo los seres humanos son afectados por las aguas residuales, en cuanto a temas de enfermedades de contagio, de infecciones por aguas contaminadas, si no también todo lo que tiene vida, los animales que están en contacto directo con las mismas; también las plantas comestibles que son regadas con estas aguas las cuales pueden causar daños. Las aguas residuales



tienen clasificaciones dependiendo del uso que se les dé antes de descargarlas, por lo que se clasifican en algunos de los tipos, con fin de tener presente cuáles son los orígenes que las provocan.

## Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012.

“En el país, el lago más contaminado es el de Amatitlán, y se señala que las municipalidades de Amatitlán, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pínula y Villa Canales no tienen funcionando plantas de tratamiento de aguas residuales. En el caso del Lago de Atitlán, de los 19 municipios ubicados en la cuenca, solo en 10 funcionan plantas de tratamiento de aguas residuales y en Panajachel y Sololá, funciona un sistema de tratamiento y procesa el 40 por ciento de aguas servidas de la población. Sin embargo, se detectó que algunos drenajes han colapsado y se requiere ampliar el módulo de secado de lodo.” (p. 139)

Un parámetro se le llama al dato que se obtiene al evaluar o valorar una determinada situación, en tema matemático, los parámetros consisten en reconocer dentro de un conjunto de elementos, a cada unidad por medio de su correspondiente valor numérico, un parámetro estadístico es el que está formado por una función establecida sobre los valores numéricos de una comunidad. Por lo ya mencionado anteriormente un parámetro es aquel que sirve para determinar o medir una variante.

## Acuerdo Gubernativo No. 236-2006, Reglamento de Las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y De La Disposición De Lodos.

“Artículo 4 Definiciones. Parámetro: la variable que identifica una característica de las aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico”. Esto quiere decir que se conoce como parámetro al dato que se considera como orientativo para lograr evaluar o valorar una determinada situación. Los parámetros también son considerados en

estadística como el resumen de una cantidad considerable de datos obtenidos de los variables estadísticos calculados”. (p. 2)

Toda agua residual debe ser tratada, tanto para proteger la salud pública como para preservar el medio ambiente. Antes de tratar cualquier agua residual se debe conocer su composición, a esto se le denomina caracterización del agua, este es el estudio que se realiza a fondo para determinar la calidad del agua. Esta caracterización permite conocer qué elementos químicos, físicos y biológicos están presentes, además brinda información necesaria para que los profesionales expertos en tratamiento de aguas, puedan diseñar un tratamiento apropiado al agua residual producida por las diferentes industrias que las generan.

Castillo (2014) indica:

Una planta de tratamiento de aguas residuales debe tener como propósito eliminar toda contaminación física, química y bacteriológica del agua que pueda ser nociva para los seres humanos, la flora y la fauna, de manera que el agua sea dispuesta en el ambiente de forma segura. El proceso, además, debe ser optimizado de manera que la planta no produzca malos olores hacia la comunidad en la cual está inserta. Una planta de aguas residuales que funciona correctamente debe eliminar hasta el 90 por ciento de la materia orgánica y de los microorganismos patógenos, bacterias, hongos entre otros presentes en ella, dándole los tratamientos específicos para que esa agua pueda ser reutilizada y/o descargada a una cuenca, río, lago o un océano. (p. 4)

Zepeda (2013) “Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la desgracia del ambiente” (p. 171) El agua residual contiene: en

muchas ocasiones material flotante; por esta razón es necesario retirarlas primero para que el proceso pueda efectuarse de manera más fácil; las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores (en algunas ocasiones), trampas de grasa y desarenadores entre otros esto con el fin de poder extraer todos estos materiales que son considerados altamente contaminantes, por lo que este método es uno de los primeros que se debe de realizar con el propósito de descontaminar este tipo de aguas.

### Clasificación de parámetros

Los parámetros se clasifican en tres grandes grupos: los físicos, químicos y biológicos, en la legislación guatemalteca se establecieron veinte parámetros que determinan las características de la calidad de las aguas residuales; entre los parámetros físicos tenemos por ejemplo: el Potencial Hidrogeno (pH), temperatura y materia flotante; entre los químicos encontramos demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), Nitrógeno Total (N), Fosforo Total (P), Arsénico (As), entre otros; entre los biológicos se encuentran los virus, las bacterias coliformes, hongos, algas y protozoos.

Un parámetro complementario, es la adición de variables con características determinantes que sirven para analizar un tipo de actividad especial, la cual es importante analizar en procesos industriales por los compuestos o impurezas disueltos, ya que pueden contener altos contaminantes; dependiendo del uso se exige diferentes requisitos sobre la calidad del agua. Dentro de los parámetros físicos se encuentran los siguientes: el color, el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas.

Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto barrera a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas; el olor este es debido a cloro, fenoles, ácido sulfhídrico, etc. La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero sí puede indicar la existencia de una elevada actividad biológica.

La turbidez, que es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o articulados, la presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos. La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del ecosistema. La turbidez del agua interfiere con usos recreativos y el aspecto estético del agua.

La turbidez constituye un obstáculo para la eficacia de los tratamientos de desinfección, y las partículas en suspensión pueden ocasionar gustos y olores desagradables por lo que el agua residual debe tener bajos niveles de este parámetro. Por otra parte, la transparencia del agua es especialmente importante en el caso de aguas potables y también en el caso de industrias que producen materiales destinados al consumo humano, tales como las de alimentación, fabricación de bebidas, etc.



Los sólidos en suspensión, son otra clasificación que comprenden a todas aquellas sustancias que están suspendidas en el seno del agua y no decantan de forma natural. La temperatura de las aguas residuales y de masas de agua receptora es importante a causa de sus efectos sobre la solubilidad del oxígeno y, en consecuencia, sobre las velocidades en el metabolismo, difusión y reacciones químicas y bioquímicas. El empleo de agua para refrigeración (por ejemplo, en las centrales nucleares) conlleva un efecto de calentamiento sobre el medio receptor que se denomina contaminación térmica. Su alteración suele deberse a su utilización industrial en procesos de intercambio de calor (refrigeración). Influye en la solubilidad de los gases y las sales.

Las temperaturas elevadas implican aceleración de la putrefacción, con lo que aumenta la demanda bioquímica de oxígeno DBO y disminuye el oxígeno disuelto. Las medidas de densidad son necesarias en aguas de alta salinidad para convertir medidas de volumen en peso. Es práctica común medir volumétricamente la cantidad de muestra usada para un análisis y expresar los resultados como peso/volumen de forma genérica se puede denominar sólidos a todos aquellos elementos o compuestos presentes en el agua que no son agua ni gases. Atendiendo a esta definición se pueden clasificar en dos grupos: disueltos y en suspensión.

En cada uno de ellos, a su vez, se pueden diferenciar los sólidos volátiles y los no volátiles.

Rodier (1989) afirma:

La medida de sólidos totales disueltos (TDS) es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y proporciona una indicación general de la calidad química. La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Como la contribución de cada especie iónica a la conductividad es diferente, su medida da un valor que no está relacionado de manera sencilla con el número total de iones en solución. Depende también de la temperatura. Está relacionada con el residuo fijo por la expresión. (p. 1)

Parámetros químicos: la medida del potencial de hidrogeno (pH), tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales, es decir, una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.).

Según Zita (2018): “El pH es la medida de la actividad de iones hidrógeno en soluciones. Es la medida de la acidez de una solución. Se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno”. El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. La alcalinidad es la suma total de los

componentes en el agua que tienden a elevar el pH del agua por encima de un cierto valor (bases fuertes y sales de bases fuertes y ácidos débiles), y, lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales, ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de taponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases.

Otro parámetro de medición es la materia orgánica existente en el agua, tanto la que se encuentra disuelta como en forma de partículas, se valora mediante el parámetro carbono orgánico total. Los compuestos orgánicos existentes en el medio acuático se pueden clasificar en dos grandes grupos atendiendo a su biodegradabilidad, es decir, a la posibilidad de ser utilizados por microorganismos como fuente de alimentación y para su medida se utilizan los parámetros denominados DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), que exponemos a continuación. También encontramos dentro de los químicos los de Demanda química de oxígeno. DQO Es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no. Demanda bioquímica de oxígeno DBO permite determinar la materia

orgánica biodegradable. Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por la acción bioquímica aerobia.

El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. El fósforo es considerado como un macronutriente esencial, siendo acumulado por una gran variedad de organismos vivos; los aceites y grasas en este grupo se incluyen los aceites y las grasas que se encuentren en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral, destacando entre estos últimos por su especial importancia los derivados del petróleo. La mayoría de estos productos son insolubles en el agua, pero pueden existir en forma emulsionada o saponificada. Según su mezcla con los hidrocarburos, dan un aspecto irisado al agua, así como un sabor y un olor particulares, bajo la denominación de hidrocarburos se encuentran agrupados una serie de compuestos cuya característica común es el presentar en su estructura átomos de carbono y de hidrógeno.

Estas sustancias se pueden diferenciar dos grupos que presentan una mayor importancia, los hidrocarburos derivados del petróleo y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs). Estos últimos son cancerígenos. También se encuentra la categorización de detergentes se

designan a las sustancias que poseen unas importantes propiedades limpiadoras. Se trata de productos complejos constituidos por uno o varios agentes surfactantes, compuestos minerales (carbonatos, fosfatos, polifosfatos, perboratos), frecuentemente asociados a materias orgánicas, mejorantes, y enzimas. De todos ellos, los más característicos son los surfactantes, productos químicos orgánicos que reducen la tensión superficial del agua y de otros líquidos. Otra denominación es el cloro elemental es un gas amarillo-verdoso altamente soluble en agua.

Cuando se disuelve en ausencia de sustancias nitrogenadas (con la materia orgánica nitrogenada forma cloraminas) u otros productos que puedan interferir, el cloro es rápidamente hidrolizado a ácido hipocloroso y ácido clorhídrico. Por otro lado, se encuentra la mayoría de los fluoruros asociados con cationes monovalentes son solubles en agua, pero aquellos formados con cationes divalentes son normalmente insolubles. Los metales bajo este epígrafe se agrupan los compuestos constituidos por los diferentes elementos metálicos, por lo cual las características de los mismos dependen, entre otros factores, del metal que esté incorporado. Desde la perspectiva de los potenciales efectos que pueden generar, quizás los de mayor importancia son los compuestos de mercurio y de cadmio.

Los pesticidas se clasifican según sus usos, en insecticidas, fungicidas, herbicidas, acaricidas, nematocidas, rodenticidas, entre otros. El oxígeno disuelto como otra categorización es necesario para la vida de los peces y otros organismos acuáticos. El oxígeno es moderadamente soluble en agua, dependiendo la solubilidad de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica: disminuye cuando aumenta la temperatura y la salinidad, y cuando disminuye la presión atmosférica.

## **Parámetros complementarios para el análisis de aguas residuales de tipo especial**

En la legislación de Costa Rica referente a la descarga de aguas residuales se crea el reglamento que protege el medio ambiente de la contaminación de aguas residuales el cual establece en su artículo catorce los parámetros universales de análisis obligatorio en aguas residuales de tipo ordinario y especial el cual establece lo siguiente:

Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales No. 33601-MINAE-S (2007) establece:

Artículo 14. “Parámetros universales de análisis obligatorio en aguas residuales de tipo ordinario y especial. En todas las aguas residuales de tipo ordinario se deberán analizar los siguientes parámetros universales: a) Caudal. b) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5,20</sub>).c) Demanda Química de Oxígeno (DQO). d) Potencial de hidrógeno (pH). e)



Grasas y aceites (GyA). f) Sólidos sedimentables (SSed). g) Sólidos suspendidos totales (SST). h) Sustancias activas al azul de metileno (SAAM). i) Temperatura (T)” (p. 5)

El Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales No. 33601-MINAE-S (2007) establece artículo quince “Parámetros complementarios para análisis de aguas de tipo especial” (p. 4) en este artículo se encuentran con exactitud un listado de doscientas diez actividades que regulan parámetros complementarios al tipo de actividad obra o industria a la que se dedique. En el artículo dieciocho del reglamento ya mencionado se encuentra regulado los límites para el vertido de aguas residuales en alcantarillado sanitario y en el artículo veinte establece los límites máximos permisibles si se necesita descargar a un cuerpo receptor.

Para cualquiera de los dos tipos de descarga se establecen ciertos parámetros complementarios separados y asignados según el tipo de actividad a realizar para descargar agua residual de tipo especial. Estos parámetros son los siguientes: nitrógeno total, fosfatos, metales pesados, cianuro, plaguicidas, sulfitos, color, sulfuros, Cromo, fenoles, hidrocarburos y coliformes fecales. El grupo de metales pesados a analizar van a ser definidos por el Ministerio de Salud. El Ministerio de Ambiente y Energía es el encargado de determinar si es necesario el análisis permanente de algún otro parámetro relevante para alguna actividad específica.

El artículo diecinueve muestra los límites máximos permisibles de los parámetros complementarios para poder descargar agua al alcantarillado sanitario en la tabla 3, el artículo veintiuno muestra los límites máximos permisibles de los parámetros complementarios para descarga de agua residual a cuerpo receptor; por último, el artículo veintitrés muestra algunos límites máximos permisibles adicionales de los parámetros generales que cambian según el tipo de actividad. En la legislación costarricense se establecen parámetros complementarios para el análisis de aguas residuales de tipo especial proporcionando información sobre la calidad del agua, según el tipo de actividad, es importante entender la importancia de individualizar los parámetros debido a que de esta forma se establecerá un parámetro específico para determinar la contaminación de las aguas residuales de cada “actividad desarrollada las cuales deberán de ser tratadas con los límites permisibles establecidos en la ley”.

Diferencias en los siguientes reglamentos: acuerdo gubernativo no. 236-2006, reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos –con fecha 5 de mayo de 2006” y reglamento de vertido y reuso de aguas residuales, no. 33601-minae-s, con fecha 19 de marzo de 2007. el acuerdo gubernativo no. 236-2006 de Guatemala, se establecieron 20 parámetros generales de aguas residuales los cuales se encuentran regulados en el artículo 16 del reglamento ya mencionado

anteriormente y el reglamento de vertido y reuso de aguas residuales, no. 33601-minae-s, de la legislación de Costa Rica establece nueve parámetros generales universales de análisis obligatorio en aguas residuales tipo ordinario y especial que son similares a los de Guatemala, por ejemplo: potencial de hidrogeno (pH), grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), solidos suspendidos totales y temperatura. Estos parámetros son los que se regulan de manera general por carácter obligatorio son similares a los de Costa Rica. Sin embargo, la legislación guatemalteca no cuenta con más parámetros como característicos de cada industria dependiendo a la actividad a la que desarrollan.

Costa Rica en el artículo quince del reglamento ya mencionado anteriormente establece una amplia categorización de parámetros los cuales son exactamente doscientos diez que individualiza el tipo de obra actividad o industrial, Guatemala no regula parámetros complementarios para descarga de agua residual de tipo especial, establecer esta diferencia de parámetros es importante ya que no todos se conectan siempre al alcantarillado público y las municipalidades no logran captar estas aguas residuales. Ambas legislaciones tienen fechas similares de creación, es decir que se crearon bajo condiciones similares en temas ambientales; no son legislaciones antiguas o desactualizadas ambos

países establecen límites de descarga para cuerpos receptores y alcantarillado público.

Las sanciones en Costa Rica son únicamente de tipo administrativo y en casos extremos involucran el pago de un monto económico, pero sólo cuando el caso sea llevado ante el Tribunal Ambiental Administrativo; y en Panamá las multas para quien contamine los cuerpos de agua pueden llegar hasta los 10 millones de dólares. En Guatemala las sanciones son administrativas y depende de la valoración del daño causado por parte de la autoridad competente en el caso de Costa Rica el ente encargado es el Ministerio de Salud Ministerio de Ambiente y Energía y en Guatemala Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y las municipalidades.

El ámbito de aplicación; en Costa Rica es en todo el territorio nacional en relación con el manejo de las aguas residuales, que independientemente de su origen sean vertidas o reusada y en Guatemala, los entes generadores de aguas residuales; las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público; las personas que produzcan aguas reuso; las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales; y las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos; en Guatemala se realiza un estudio técnico cada 5 años existen metas de reducción de la demanda bioquímica de oxígeno.

## **Contaminación industrial**

Los principales contaminantes del agua son los siguientes: aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua). Agentes-infecciosos. Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.

Los productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos. Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales. Minerales inorgánicos y compuestos químicos. Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos. Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.

El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen. La incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

La contaminación industrial de las aguas subterráneas, sigue siendo un grave problema en la mayoría de los países desarrollados. En todo el mundo se produce la infiltración de productos tóxicos en el suelo y en las aguas subterráneas, procedentes de tanques de almacenamiento de gasolina, vertederos de basuras y zonas de vertidos industriales.

El vertido de aguas residuales otra causa importante de la contaminación del agua potable, las enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas, el principal problema de salud en países en vías de desarrollo. Además, la contaminación producida por las aguas residuales destruye los peces de agua dulce, una importante fuente de alimentos, y favorece la proliferación de algas nocivas en zonas costeras, la administración del agua potable genera variados dilemas de carácter político y económico. Por ejemplo, a menudo los ríos y las divisorias de aguas cruzan fronteras provinciales, estatales o nacionales, y los



contaminadores situados aguas arriba no tienen ninguna intención de realizar inversiones para disminuir la contaminación que sólo beneficiarían a sus vecinos aguas abajo.

A menudo los países en vías de desarrollo no pueden permitirse la construcción de costosas plantas de tratamiento de residuos como las de los países desarrollados. Sin embargo, se han intentado sistemas más económicos, como los que utilizan humedales y marismas para purificar las aguas residuales de forma natural. La mala calidad del líquido para el consumo humano y la falta de recurso o acceso a condiciones mínimas de saneamiento son factores que inciden negativamente en la salud de las personas, y en casos extremos causan la muerte.

Estadísticas del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) comprueban mejoras sustanciales en cuanto a la reducción de enfermedades de origen hídrico: El ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Gabinete Específico del Agua, entre otras instancias, presentaron a finales de 2010 el Plan Sectorial Multianual de Ambiente y Agua, con el fin de promover el desarrollo ordenado del componente ambiente y agua, en función de una orientación estratégica y una direccionalidad clara.

El Plan Sectorial Multianual Ambiente y Agua (PSMAA) identifica y prioriza cuatro objetivos estratégicos del sector, que pueden sintetizarse en; Reducir la vulnerabilidad ambiental del país frente al cambio climático y eventos hidrometeorológicos extremos; fortalecer la gestión integrada por los reusos con, el fin de garantizar la disponibilidad para el consumo humano y las actividades económicas; mantener y recuperar el equilibrio ecológico y la biodiversidad del país; y por último impulsar la concienciación y la responsabilidad socioambiental de todos los sectores.

El Plan Sectorial Multianual de Ambiente y Agua (PSMAA) es el instrumento para hacer operativos a mediano plazo los planes estratégicos y las políticas de Guatemala en el sector de ambiente y agua. El PSMAA no es el instrumento adecuado para definir las líneas estratégicas nacionales o sectoriales, sino para planificar su implementación. Se actualiza anualmente, de manera que puede empezar a emplearse y perfeccionarse periódicamente, incluyendo nuevas políticas o normas que el estado haya definido.

El perfil ambiental de Guatemala (2010 – 2012) analizó:

Lago de Amatitlán: El lago de Amatitlán es un lago de cráter situado en Guatemala. Se encuentra a 25 km de la Ciudad de Guatemala, a una altitud de 1186 msnm. Tiene 12 km de largo, 3 km de ancho, y una superficie de 15.2 km<sup>2</sup>. Su profundidad máxima es de 33 m y su profundidad media es 18 m. El volumen del cuerpo de agua es aproximadamente 0.286 km<sup>3</sup>. No podemos dejar de mencionar el primer lago que alertó a la población guatemalteca por su creciente contaminación. A pesar de conocerse su situación hace

casi 30 años, y que se han invertido millones para su rescate, las posibilidades de una muerte inminente de ese recurso hídrico cada vez son más preocupantes. (p139)

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias patógenas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración.

### Tipos de contaminación por descargas de aguas residuales

Es importante conocer los distintos tipos de aguas residuales para poder distinguirlas para llevar a cabo un correcto tratamiento. Para un adecuado tratamiento de las aguas residuales hay que saber diferenciar cada una de estas aguas e identificar los diferentes contaminantes que tienen. Las aguas residuales son aguas con impurezas procedentes de vertidos de diferentes orígenes: domésticos e industriales, principalmente. De esta forma, tenemos que las aguas residuales pueden contener elementos contaminantes originados en desechos urbanos o

industriales. Las aguas residuales se caracterizan por su composición física, química y biológica.

Las aguas residuales domésticas: tienen dos orígenes, la cocina y el cuarto de baño: aguas residuales del baño; las aguas residuales que tienen su origen en el baño están compuestas, principalmente, por una mezcla de agua, jabón, orín y heces; aguas residuales de la cocina. Las aguas residuales que tienen su origen en la cocina están formadas por una mezcla de agua, jabón, aceites, grasas y residuos de comida las cuales es muy importante para proyectar y explotar la recolección como de tratamiento de estas aguas residuales y para la gestión de la calidad medioambiental.

Las aguas industriales: las componen las aguas residuales que proceden directamente de la industria y las aguas residuales que tienen su origen en la agricultura y la ganadería. Aguas residuales de la industria, hace referencia a aquellas aguas que acumulan vertidos y líquidos procedentes de las fábricas y centros de producción. Aguas residuales de la agricultura y la ganadería, están relacionadas con las aguas que proceden de una explotación agrícola y ganadera incluyen contaminantes de origen orgánico y microorganismos.

Las aguas urbanas: están formadas por aguas residuales que tienen su procedencia en el ámbito doméstico y por aquellas que tienen su origen en la limpieza urbana. Aguas residuales domésticas, las aguas residuales domésticas son las que están compuestas por aguas, líquidos y distintos materiales que vienen de las aguas de las viviendas. Aguas residuales de la limpieza urbana. Este tipo de aguas residuales son las que tienen su origen en las tareas de limpieza de las ciudades dirigidas por los ayuntamientos y empresas privadas que prestan servicio en los municipios.

En Guatemala el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 establece mediante un parámetro de medición determinar las características de las aguas residuales, el cual tiene por objeto proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de actividad humana; y busca regular los entes generadores tanto domésticos e industriales que vierten a cuerpos receptores o al alcantarillado público los cuales deberán realizar un estudio técnico en el que deben cumplir con ciertas características y por ende disminuir la carga contaminante a los lagos principales del país. El agua residual de tipo especial: es producto de procesos agropecuarios químicos, minerales, orgánicos, comerciales e industriales. Por lo general las industrias cambian la temperatura del agua ya sea enfriándola o calentándola, el agua caliente contiene menos oxígeno que la fría y el

cambio brusco puede causar daño a animales acuáticos que están acostumbrados a una cierta cantidad de oxígeno.

En el caso de la generación de energía eléctrica, se libera agua fría sobre una capa de agua superficial normalmente más tibia, causando un desequilibrio en la temperatura del agua. Otro tipo de contaminación sucede cuando las industrias usan el agua para lavar sus productos en la fabricación. Entonces acarrea sustancias tóxicas como ácidos, metales pesados, sales y restos de materiales en descomposición. El agua es lanzada por grandes tubos a ríos, lagos o mares, como un líquido contaminado. Los afectados directos son la flora y la fauna acuática, sobre todo los peces más pequeños. Los peces grandes son más resistentes a los compuestos tóxicos que llegan al agua y, en vez de morir, los acumulan en sus cuerpos. Cuando se consumen estos pescados, se están recibiendo de vuelta los desechos de las industrias. En los procesos a los que se someten las aguas residuales, con el objeto de disminuir o eliminar características perjudiciales de los contaminantes a la infraestructura de alcantarillado y a los procesos biológicos a los que se sometan, a fin de cumplir con las normas técnicas de calidad ambiental vigentes, Límite Máximo Permisible: Son los valores y rangos de los parámetros establecidos en esta Norma, los cuales no deben ser excedidos por el responsable de la descarga de aguas residuales.



El agua residual tipo ordinario: son generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa entre otros. Una de las causas de este tipo de contaminación son las aguas residuales domésticas tanto superficiales como subterráneas, más de la mitad de la población no dispone hoy en día de una buena red de drenajes y en muchos lugares que se dispone se vierten directamente al cauce de ríos, lagos e incluso directamente al mar sin un tratamiento previo.

Estas aguas ordinarias contaminan recursos utilizados para regar y para uso doméstico, convirtiéndose en un medio muy eficiente de transmisión de enfermedades de tipo infeccioso (diarrea, disentería, cólera, fiebre tifoidea, entre otras cosas), por la presencia de diferentes microorganismos patógenos en los excrementos. Otros productos contaminantes de origen doméstico que circulan por la red de alcantarillado son los productos de limpieza, tales como jabones y detergentes.

Por todas estas razones es necesario disponer de una buena red de saneamiento con una legislación que proteja la contaminación de aguas residuales donde se regule una serie de tratamientos y procesos donde el agua pueda volver a una corriente receptora, sea un río, un lago o el mar y bien se pueda reutilizar. Es decir, se hace una reducción de la

contaminación que contienen estas aguas residuales, reducción que se hará en mayor o menor grado en función de los procesos de depuración que se apliquen.

Este tipo de descarga es la que contiene la mezcla entre aguas residuales de tipo especial y de tipo ordinario, regularmente este tipo de descarga se le da tratamiento como tipo especial; en este caso es necesario tener una buena caracterización previa a darle tratamiento, tener conocimiento sobre el caudal a manejar de este modo se puede prever cuál será el comportamiento del río o las zonas donde poder o no realizar la descarga, cómo afectaría y cuál sería el impacto ambiental. Zepeda (2013) “Con el fin de proteger el ambiente, los Estados deberían aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades” (p.171). La incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. La contaminación industrial de las aguas subterráneas sigue siendo un grave problema en la mayoría de los países desarrollados.

## **Contaminación de ríos y lagos por aguas residuales**

### Causas de la contaminación de ríos y lagos

El agua juega un papel fundamental en todos los ámbitos de la vida. Es por ello que la sociedad guatemalteca le ha asignado valores sociales y ambientales de primer orden. Constitucionalmente, a las aguas del país se les ha otorgado el carácter de “bienes de dominio público” de patrimonio del Estado y de los particulares, y su aprovechamiento, uso y goce se otorgan de acuerdo con el interés social. Catorce de los treinta y ocho ríos principales de Guatemala, están altamente contaminados, los lagos más importantes del país están altamente contaminados y muestran evidencias de procesó de eutrofización.

La calidad del agua en ríos y lagos sigue deteriorándose. No hay evidencia de mejoras sustantivas ni de mecanismos que estén siendo eficientes para la protección y mejoramiento de las aguas del país. Guatemala posee treinta y ocho ríos principales, distribuidos en tres vertientes hidrográficas: la del pacifico, con dieciocho ríos; la del Atlántico, con diez y la del Golfo de México, con diez. Un indicador fácil de interpretar a nivel macro es la cantidad de ríos principales que han superado los límites permitidos de elementos contaminantes. Al menos catorce ríos principales y cuatro lagos presentaron altos

porcentajes de contaminantes físicos, materiales cancerígenos, lo que implica riegos importantes físicos, materia orgánica, microorganismos, lo que implicaría los riesgos por esas aguas para el consumo humano y riego.

Se sabe que una gran parte de la contaminación los cuerpos receptores en el país provienen de las aguas residuales de los centros urbanos, las cuales son vertidas en los cauces de los ríos, lagos y el mar sin ningún tipo de tratamiento determinado con las características mínimas de los parámetros permisivos por la ley. Este tipo de descargas son ricas en nutrientes, bacterias y patógenos, lo que favorece la proliferación de algas en los cuerpos receptores, factores de riesgo para la salud humana.

Perfil Ambiental de Guatemala (2010-2012) análisis:

“El porcentaje de cobertura de agua potable a nivel nacional, luego hace una diferenciación entre el área urbana y rural durante los años 2000, 2006 y 2011. En las 3 áreas creció notablemente la cobertura del año 2000 al 2006; pero el crecimiento luego del 2006 al 2011 se vio afectado y disminuyó, pudo ser el crecimiento poblacional o el aumento de fenómenos naturales que destruyen tuberías y redes de abastecimiento de agua potable que quedan abandonadas debido a falta de presupuesto y mala planificación y gestión del recurso”. (p. 142)

El área favorecida con agua potable siempre es el área urbana, cercano a diferencia del área rural; esto se ve reflejado en temas de saneamiento y exposición a enfermedades por ingerir agua contaminada, las personas que no tienen acceso a agua potable son las que se abastecen de

pequeños arroyos, nacimientos, ríos, pozos artesanales o mecánicos con poco control en temas de saneamiento lo cual los expone a mala calidad de agua y los niños pequeños son los que sufren consecuencias graves e incluso la muerte, amarrado a esto de una mala gestión en centros de salud, clínicas y acceso medicina y control médico.

La problemática principal del mal saneamiento se observa en la época de lluvia, donde una mala planificación o mal manejo mezclado con exceso de lluvia logra contaminar con excretas los mantos freáticos, pozos y nacimientos; aumentando la probabilidad y exposición a enfermedades. El lago de Atitlán es el tercer destino turístico del país, después de la ciudad de Guatemala y Antigua Guatemala, y se estima que genera ingresos de por US\$200 millones al año. De acuerdo con Van Tongeren et al.; solo en 2003 el lago podría haber recibido más de 972 toneladas de nitrógeno y 381 de fosforo (alimento para microorganismos, como las cianobacterias) contenidas en más de 101,499 toneladas de suelo agrícola erosionado. Además, el lago presenta un alto contenido de heces fecales.

El lago de Atitlán es de importancia vital para los 15 municipios que forman parte de esta cuenca. Genera plazas de trabajo, es fuente de agua para muchas personas y es, además, un apetecido destino turístico. Desde hace 10 años, las amenazas se hacen cada vez más visibles. El crecimiento demográfico, el mal uso del suelo y de los fertilizantes, así

como la mala disposición tanto de los desechos sólidos como de las aguas residuales integran la lista de factores que afectan al lago. Otras causas identificadas incluyen erosión de suelos, deposición atmosférica (partículas químicas contaminantes, como nitrógeno), deforestación, sobreexplotación de recursos naturales, cambio climático y combustibles fósiles. Incluso la pobreza y la falta de empleo le afectan.

El perfil ambiental de Guatemala (2010 – 2012) analizó:

La calidad del agua del lago de Atitlán para consumo humano, enfocándose en ocho comunidades ubicadas dentro de la cuenca. Con el fin, realizó estudios 2007 a 2009, con un método cualitativo de análisis de bacterias para determinar la presencia de heces fecales en el agua. Se establecieron 300 puntos de muestreo dentro del lago y en comunidades periféricas, los resultados fueron contundentes: todas las muestras obtenidas a menos de 100 metros de la playa (a excepción de un punto frente al Cerro de Oro, al sur del lago) reportaron presencia de Ecoli en cantidades más allá de las permitidas para el consumo humano. (p. 139)

Según el estudio la situación del recurso hídrico de Guatemala, la parte norte de la cuenca del lago es la que genera mayor contaminación por descargas domésticas drenajes de Sololá y de la zona turística, mientras que la parte sur arroja la mayor cantidad de nutrientes provenientes de fertilizantes. Los resultados de Mathws confirman que la mayoría de bacterias fecales fueron encontradas en lugares poblados, o en sitios de desfogue de las aguas de drenajes al lago. Esto coincide con el hecho de que la zona sur, frente al Cerro de Oro, es el lugar menos poblado y, por lo tanto, menos contaminado con material fecal.



## El perfil ambiental de Guatemala (2010 – 2012) analizó:

El lago de Amatitlán este es un lago eutrófico (con poca vida acuática) que tiene concentración de clorofila de 25.5 microgramos por litro; concentración de fosforo en 540 microgramos por litro y una transparencia de 1.03 metros. Las condiciones ideales serían las de un lago oligotrófico (con abundante vida acuática), con clorofila de 1.7 microgramos por litro y una transparencia de 10 metros. (p.139)

El lago de Amatitlán recibe toneladas de sedimentos al año, que produce un constante y permanente incremento en los niveles de contaminación principalmente de fosforo total, que favorece el desarrollo de la cianobacterias algo verde azul, *Microcystis*. Adicionalmente su cuenca esta está amenazada por la basura generada por las personas que habitan en los alrededores, de acuerdo a la información que brinda el director Amed Juárez Sosa, de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA), “las siete plantas de tratamiento que administra AMSA recibieron 32 millones de metros cúbicos de aguas residuales”.

## Perfil Ambiental de Guatemala (2010-2012) afirma:

El lago de Peten Itzá, la autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago de Peten Itzá (AMPI) estimo que, durante el 2008 se extrajeron unas 80 toneladas de basura del lago. La universidad de San Carlos de Guatemala en análisis realizados en 2008, reporta que el nivel de contaminación del lago Peten Itzá era de 17 miligramos por litro (mg/L) de materia orgánica. Además, presentaba un total de 3.52 mg/L de bacterias. (p. 140)

Los hogares domésticos, las industrias y prácticas agrícolas que producen las aguas residuales pueden causar la contaminación de numerosos lagos y ríos. Las aguas residuales a menudo contienen heces, orina y residuos de lavandería. Hay miles de millones de personas en la Tierra, por lo que el tratamiento de aguas residuales es una gran prioridad. La eliminación de aguas residuales es un problema importante en los países en desarrollo como ya que muchas personas en estas áreas no tienen acceso a condiciones sanitarias y al agua potable. Las aguas residuales no tratadas pueden contaminar el medio ambiente y causar enfermedades como la diarrea, en los países desarrollados se llevan fuera de la casa rápidamente y en condiciones higiénicas a través de tuberías. Las aguas residuales son tratadas en plantas de tratamiento de agua y los residuos se eliminan a menudo en el mar.

La industria es una enorme fuente de contaminación del agua, que produce contaminantes que son extremadamente perjudiciales para las personas y para el medio ambiente, muchas instalaciones de uso industrial de agua dulce suelen verter los residuos de la planta en los ríos, lagos y océanos.

Los contaminantes procedentes de fuentes industriales incluyen: amianto este contaminante es un grave peligro para la salud y cancerígeno. Las fibras de amianto pueden ser inhaladas y provocar enfermedades como la

asbestosis, mesotelioma, el cáncer de pulmón, cáncer intestinal y cáncer de hígado; plomo este es un elemento metálico y puede causar problemas de salud y problemas ambientales. El plomo es nocivo para la salud de muchos animales, incluidos los seres humanos, ya que puede inhibir la acción de las enzimas corporales; mercurio este es un elemento metálico y puede causar problemas de salud y problemas ambientales. El mercurio es también perjudicial para la salud de los animales, ya que puede causar enfermedades a través de envenenamiento por mercurio; nitratos y fosfatos el aumento del uso de fertilizantes significa que los nitratos son más a menudo arrastrados hasta ríos y lagos. Esto puede provocar la eutrofización, que puede ser muy problemático para el medio marino entre otros.

Aceituno (2017) afirma:

El lago de Izabal la principal fuente de contaminación del lago son las descargas de aguas servidas de las poblaciones aledañas a los ríos Matanzas, Cahabón y Polochic. Adicionalmente la acumulación de sedimentos generados por la alta deforestación en la cuenca del río Polochic origino la proliferación de *Hydrilla verticillata*, un alga que crece a ritmo acelerado cuando las aguas de un cuerpo fluvial están contaminadas. (p.38)

El problema de contaminación del lago de Amatitlán de color verde está sucediendo con el lago de Izabal las algas unicelulares se alimentan de desechos y entre ellas mismas, por lo cual están creciendo desmedidamente. Esas algas se vuelven ninfas, que ponen el agua color verdoso. Entre los agentes de contaminación del lago están las

comunidades y empresas aledañas y las aguas negras del río Polochic, y que desemboca en el lago de Izabal, además de empresas que operan en el sector donde la mayor parte de los químicos que usan llegan al lago.

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en el agua y procedente de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

#### Efectos de la contaminación de ríos y lagos

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en el agua y procedente de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser

ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones.

Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo. Los lagos, charcas, lagunas y embalses, son especialmente vulnerables a la contaminación. En este caso, el problema es la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo contribuyen en gran medida a este proceso.

El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor del agua, y un cúmulo de algas o verdín que puede resultar estéticamente poco agradable, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras. Otro problema cada vez más preocupante es la lluvia ácida, que ha dejado muchos lagos del norte y el este de Europa y del noreste de Norteamérica totalmente desprovistos de vida.

## **Tratamiento de aguas residuales**

El proceso de tratamiento de aguas residuales se divide en cuatro tipos: pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. En algunas ocasiones a los tipos de tratamiento preliminar y primario unidos se les llama etapa primaria. Las estructuras encargadas de esta función son las rejillas, tamices, trituradores, desgrasadores y desarenadores. En esta etapa también se puede realizar la preaireación, cuyas funciones son: a) Eliminar los compuestos volátiles presentes en el agua servida, que se caracterizan por ser malolientes, y b) Aumentar el contenido de oxígeno del agua, lo que ayuda a la disminución de la producción de malos olores.

Una de las primeras etapas del tratamiento del agua es el Tratamiento preliminar, es aquel que está destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos los que se encuentran en la superficie del agua. Este es uno de los procedimientos más sencillos de una planta de tratamiento ya que su obtención no es tan difícil como en las de las posteriores etapas que tiene un grado de complejidad en cuanto a tiempo por la manera en las que se obtienen.

Tiene como objetivo eliminar los sólidos en suspensión (flotantes) por medio de un proceso de sedimentación simple. Para complementar este proceso, se pueden agregar compuestos químicos con el objeto de precipitar algunos contaminantes, tales como el fósforo y los sólidos en suspensión muy finos; estos procesos se llevan a cabo en tanques de sedimentación primarios llamados también clarificadores primarios.

Márquez (2016) afirma:

Tratamiento preliminar. Este debe cumplir dos funciones: medir y regular el caudal de agua que ingresa a la planta; se debe de extraer los sólidos flotantes grandes y la arena en algunas ocasiones, también la grasa lo que hace que sea un proceso más difícil. El agua residual producida por una población no es constante, ya que en el transcurso del día en determinadas horas el volumen de agua generada es mayor, para ello se instalan sistemas de regulación de caudal para que el agua que ingrese al sistema de tratamiento sea uniforme. Asimismo, para que el proceso pueda efectuarse normalmente, es necesario filtrar el agua para retirar de ella sólidos y grasas entre otros componentes. (p. 1)

Existe un tratamiento secundario de aguas residuales, el cual consiste en una serie de procesos de naturaleza biológica que tienen en común la utilización de microorganismos que son los principales que intervienen en los sistemas de tratamiento son: las bacterias, los protozoos y los metazoos estos para llevar a cabo la eliminación de materia orgánica biodegradable. Este proceso está diseñado para degradar el contenido biológico del agua residual, el cual deriva de los desechos orgánicos que provienen de residuos, residuos de alimentos, jabones, detergentes entre otros.

Márquez (2016) detalla:

Tratamiento secundario. El sistema de tratamiento secundario se da mediante procesos biológicos, en donde intervienen microorganismos que transforman la materia orgánica. Estos microorganismos, principalmente bacterias, se alimentan de los sólidos en suspensión, es decir, aquellas partículas que no se pudieron eliminar en el tratamiento primario. De esta forma, el agua es más clara, sin embargo, aún tiene un grado de contaminación; además, se generan lodos que deben ser tratados. Principalmente existen dos tipos de tratamiento secundario que son anaeróbico y aeróbico; estos se diferencian por la presencia o ausencia de oxígeno en el tratamiento. (p. 1)

Posteriormente se encuentra el tratamiento terciario, es la etapa final que consiste en el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales, este tratamiento tiene la función de aumentar la calidad del agua residual y que cumpla el estándar requerido antes de que este sea descargado al ambiente receptor mar, río, lago, etc. Dentro de este tipo de tratamiento se puede mencionar la desinfección, ya que las aguas residuales tratadas normalmente contienen microorganismos patógenos que sobreviven a las etapas anteriores de tratamiento; por tal razón es necesario proceder a la desinfección del agua, la cual es importante si estas aguas serán reusadas para uso recreacional, cultivo de mariscos o para fuente de abastecimiento para consumo humano.

Márquez (2016) explica:

Tratamiento terciario. Tiene como objetivo suprimir algunos contaminantes específicos presentes en el agua residual, tales como los fosfatos que provienen del uso de detergentes domésticos e industriales y cuya descarga en un cuerpo de agua favorece la eutrofización, o sea un desarrollo incontrolado y acelerado de la vegetación acuática, la cual agota el oxígeno y mata la fauna existente. No todas las plantas tienen este tratamiento, ya que dependerá de la composición del agua residual y el destino que se le dará. (p. 3)



El tratamiento de los lodos es destruir los microorganismos patógenos y reducir el porcentaje de humedad; para que estas aguas puedan volver al medio natural debe seguir una serie de tratamientos que consisten en eliminar sus residuos. Estos tratamientos dependen de las características de las aguas residuales y de su destino final. La mitad de las municipalidades del país han cumplido con los procedimientos indicados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para dar cumplimiento a la normativa que establece, como meta para este 2019, que todos los municipios cuenten con plantas de tratamiento de aguas residuales de tipo primarias. De no cumplir con lo requerido, las municipalidades serían sancionadas por la Contraloría General de Cuentas (CGC).

Márquez (2016) define:

Los sedimentos que se generan en los tratamientos primarios y secundarios se denominan lodos. Estos lodos contienen gran cantidad de agua con microorganismos patógenos y contaminantes orgánicos e inorgánicos. Se han desarrollado varios métodos para el tratamiento de los lodos e incluyen: digestión anaerobia, digestión aerobia, compostaje, acondicionamiento químico y tratamiento físico. (p. 1)

## **La importancia de individualizar parámetros complementarios en Guatemala**

En Costa Rica es importante como primer punto clasificar el tipo de actividad que realiza la empresa, luego ubicar en la tabla 1 del artículo quince del reglamento de vertido y reuso de aguas residuales y determinar cuáles son los parámetros complementarios que necesitan agregar a los 9 establecidos como generales y obligatorios en el artículo catorce; esto da un lineamiento claro de cuales parámetros se deben evaluar en total. Esta clasificación no existe en Guatemala para temas de descarga de aguas residuales, por lo tanto, no clasifica industrias ni las separa de las áreas residenciales; partiendo del supuesto que la industria es quien tiene descargas más complejas de tratar y con tratamientos más costosos que las residenciales, siendo estas casi siempre de tipo biológico, mientras que las industrias incluyen muchos temas químicos con mayor control y rigurosidad.

El no individualizar parámetros complementarios, ocasiona grandes problemas de contaminación ya que no se puede generalizar una industria de otra, el impacto de contaminación que causa cada una de ellas en su giro empresarial debe ser regulado con parámetros específicos para cada tipo de actividad, obra o industria con el fin de proteger el medio ambiente. Guatemala debe de contar con una legislación clara,

con metas e indicadores ambientales bien definidos y estrictos es necesario regular este tipo de contaminación en el país ya que el deterioro y el daño que se le está haciendo a los ríos, lagos y mares es lamentable, unas de las fuentes de ingresos al país es el turismo y nadie quiere visitar un lugar con altos índices de contaminación, como pasa ya con el lago de Amatitlán su grado de contaminación es sumamente fácil de observar a simple vista, debido al color del agua, el olor entre otros.

El reglamento de vertidos y reúso de aguas residuales de Costa Rica cuenta con doscientos diez parámetros complementarios para el análisis de aguas residuales de tipo especial, con el que pueden ser mucho más objetivos al momento de analizar la calidad del agua. Guatemala cuenta podría utilizar el Acuerdo Ministerial número 204-2019 el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades que se utiliza para categorizar los instrumentos ambientales y regular por medio de esa categoría a los entes generadores de las descargas de aguas residuales.

Para poder replicar el reglamento de Costa Rica sobre diferenciar actividades es necesario la derogación del artículo 16 del acuerdo gubernativo número 236-206 para reducir parámetros establecidos en el reglamento que no son necesarios para el sector doméstico, por ejemplo eliminar el cianuro, el arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc; regularmente estos parámetros son de tipo industrial para

descarga de agua de tipo especial; si se solicitarían siempre los 20 parámetros para las primeras caracterizaciones y luego ya no se exigirían.

Mientras que al sector industrial se les agregarían diferentes parámetros según su tipo de actividad, obra o industria y el grado de contaminación que generen. El Acuerdo Ministerial 204-2019 un listado taxativo serviría para poder caracterizar los instrumentos ambientales predictivos y/o correctivos; en este listado se puede adaptar al reglamento y exigir parámetros complementarios según tipo de actividad sabiendo el impacto potencial de la descarga de agua residual de este tipo. Los parámetros complementarios para el análisis de aguas residuales de tipo especial establecidos en el Reglamento de Vertido y Reusó de Aguas Residuales No 33601-MINAE-S de Costa Rica se individualizan según el tipo de actividad se categorizan de la siguiente manera.

## **Instituciones encargadas de velar por el cumplimiento de la ley en protección de los recursos naturales en Guatemala**

Actualmente, en Guatemala está vigente el Reglamento de las Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos (Acuerdo Gubernativo n° 236-2006), el cual establece los criterios y los requisitos que deben de cumplir las industrias que descargan y reúsan aguas

residuales, así como que disponen los lodos provenientes de los sistemas de tratamiento de tales aguas, en la constitución se establece quienes están obligados a prevenir la contaminación ambiental y mantener el equilibrio ecológico.

La Constitución Política de la República de Guatemala (1965) establece:

Artículo 97. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Por lo que todos los habitantes del país son responsables de prevenir y proteger el medio ambiente.

Rodríguez Pimentel (2017)

La falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, hoteles y explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo, a través de los llamados pozos sépticos y rellenos sanitarios. (p.1)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua contaminada como aquella cuya "composición haya sido modificada de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural". La problemática de contaminación por aguas residuales en Guatemala es una preocupación de grandes dimensiones debido al

incremento que año con año hay en el país. El Acuerdo Gubernativo 129-2015 exige a las municipalidades a tener plantas de tratamiento de aguas residuales, en cumplimiento de afluentes generada por la descarga directa e indirecta de aguas servidas domésticas e industriales.

El Ministro de Ambiente y Recursos Naturales ante las limitaciones financieras que aquejan a las municipalidades, razón por la cual previo a evaluar la solicitud de una nueva ampliación del Acuerdo referido, ha solicitado a los Señores Alcaldes del país, que iniciaran en este año 2019 los estudios técnicos respectivos que midan las descargas de aguas residuales de cada municipio para que luego incluyeran, en los Planes Operativos Anuales del presupuesto. Para la protección de ríos y lagos internacionales Convenio de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación y la Sequía. Aprobado por Decreto-Ley 13-98. Depositado en Naciones Unidas el 27 de agosto de 1998.

Las funciones y competencias de las Municipalidades es muy significativo, puesto que el fin último de esta investigación es analizar las normas guatemaltecas para que las Municipalidades cumplan con los mecanismos de tratamiento de aguas residuales y disposición de lodos y al mismo tiempo cumplan con sus atribuciones que le han sido delegadas. Como se ha mencionado en el transcurso de la investigación,

que no solo las Municipalidades están obligadas, sino que el Estado y los habitantes también son parte de esta atribución. Sin embargo.

El Código Municipal es parte fundamental en la presente investigación, puesto que dentro de sus articulados se encuentra detallado parte de las atribuciones y 110 Jefe del gobierno de la República, Decreto número 1932, Código Civil 59 obligaciones que tienen las municipalidades respecto al tema del agua y temas ambientales. El artículo uno (1) de este decreto regula el objeto de código indicando lo siguiente: “El presente Código tiene por objeto desarrollar los principios constitucionales referentes a la organización, gobierno, administración, y funcionamiento de los municipios y demás entidades locales determinadas en este Código y el contenido de las competencias que correspondan a los municipios en cuanto a las materias que éstas regulen.”

En el artículo sesenta y ocho, del código Municipal se menciona en la literal a) que las Municipalidades deben cumplir con el “abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos

sólidos hasta su disposición final” así también en la literal k) establece que dentro de las competencias propias del municipio está también el “desarrollo de viveros forestales municipales permanentes, con el objeto de reforestar las cuencas de los ríos, lagos, reservas ecológicas y demás áreas de su circunscripción territorial para proteger la vida, salud, biodiversidad, recursos naturales, fuentes de agua y luchar contra el calentamiento global.”

Es importante hacer énfasis esta literal, porque se demuestra que parte de su competencia está, en reforestar los cuerpos hídricos. Después de citar algunos de los artículos del Código Municipal se puede analizar que las Municipalidades si cuentan con obligaciones y competencias para poder implementar mecanismos de plantas de tratamiento de aguas residuales. Además, con respecto al artículo sesenta y ocho del código municipal, es evidente que no han logrado brindarles a todos los pobladores agua potable debidamente clorada. Esto se refleja en base a los índices de contaminación y enfermedades que se hacen mención en el capítulo anterior. Por lo que se comprueba que las Municipalidades no cumplen.

Otros convenios encargados de la Protección y conservación de los mares, es el Convenio Internacional sobre la Responsabilidad Civil por Daños Causados por la Contaminación de las Aguas del mar por



Hidrocarburos, aprobado mediante decreto 114-84, ratificado el cinco de diciembre de 1984. Así como el Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del mar por Vertimientos de Desechos y otra materia. Aprobado mediante Decreto 25-75 del Congreso de la República, ratificado el diecisiete de junio de 1975, estos son convenios que se hicieron pensando en la protección del sistema hídrico.

Legislación de actividades industriales ambientales peligrosas para los ríos o lagos en Guatemala

En Guatemala es necesario la derogación del reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, no existe una vía con fuerza coercitiva para su aplicación es muy general las sanciones son insuficientes para el peso que debería de tener este reglamento. Es necesario que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales vele porque se cumplan los criterios y requisitos para la descarga y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos. Las sanciones correspondientes y que coordinadamente a nivel nacional con las municipalidades, para que estas comprendan que una de sus funciones, dentro de su circunscripción territorial, es ayudar a proteger las aguas, los ríos, lagos y mares del país.

Una de las instituciones encargadas de la contaminación y bastante pronunciada por el manejo de contaminación es la Autoridad del Lago de Amatitlán AMSA esta fue creada con el propósito de resguardar y recuperar el Lago de Amatitlán, mediante la descontaminación y el uso racional de los recursos renovables y no renovables de las zonas de recarga de acuíferos y zonas boscosas, esta institución regula la contaminación del lago, sin embargo, no cuenta con la fuerza necesaria como autoridad para regular la contaminación que llega al lago, pero es una institución que ha aportado muchos beneficios al lago.

## ACUERDO GUBERNATIVO No. 78-2012

Artículo 2. Denominación y naturaleza. La Autoridad para el Manejo Sustentable del Lago de Atitlán y su Entorno, que en adelante se denominará AMSCLAE; es una institución gubernativa de carácter técnico científico creada por el Decreto Legislativo 133-96 del congreso de la República de Guatemala, para planificar, coordinar y ejecutar las medidas y acciones del sector público y privado que sean necesarias para conservar, preservar y reguardar el ecosistema del lago de Atitlán y sus áreas circunvecinas, la cual actúa dependiendo directamente de la Vicepresidencia de la República de Guatemala, por lo que está cubierta por las exenciones fiscales que correspondan a ésta; es la institución rectora del ambiente y del manejo integrado de la cuenca del lago de Atitlán, facultada para planificar, coordinar y ejecutar en coordinación con las instituciones que corresponda, todos los trabajos que permitan conservar, preservar y resguardar los ecosistemas de la cuenca del Lago de Atitlán, generando los mecanismos necesarios para lograr sus objetivos. (p.1)

Es importante la creación de estas instituciones reguladoras de los lagos del país, los cuales deberían tener más fuerza coercitiva para establecer sanciones a los que no cumplan con lo establecido en el reglamento de

las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lobos. El Código Penal establece delitos con respecto al medio ambiente. Entre éstos se encuentran el delito de envenenamiento de agua o de sustancia alimenticia o medicinal, el cual se lleva a cabo cuando alguien de propósito, envenena, contamina o adultera, de modo peligroso para la salud, agua de uso común o particular, o sustancia alimenticia o medicinal destinadas al consumo; igualmente cuando alguien entregue al consumo o tuviere en depósito para su distribución, agua o sustancia alimenticia o medicinal, adulterada o contaminada, sancionándolo con prisión de dos a ocho años, dentro de ellos se menciona delitos por contaminación, en los cuales en el artículo trescientos cuarenta y siete literales a, b y c, se refieren a la contaminación industrial. Las industrias tienen la obligación de implementar tratamientos de aguas, por el hecho que son entes generadores de aguas residuales. Sin embargo, muchas industrias no implementan los mantenimientos adecuados para las plantas, y sin mantenimiento a las plantas es imposible que éstas logren sanar el agua correctamente. Es importante tener una fiscalización y control de las industrias referente al tema de mantenimiento e implementación de plantas de tratamiento de aguas.

Delito artículo 347, “A”. Contaminación. Será sancionado con prisión de uno a dos años, y multa de trescientos a cinco mil quetzales, el que contamina el aire, el suelo o las aguas mediante emanaciones tóxicas,

ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones, sancionando al culpable con prisión de uno a dos años, y multa de trescientos a cinco mil quetzales. Si la contaminación se produce en forma culposa, se impondrá multa de doscientos a mil quetzales.

El delito de contaminación industrial establece en el artículo 347 “B”. se realiza cuando el Director, Administrador, Gerente, Titular o Beneficiario de una explotación industrial o actividad comercial, permite o autoriza, en el ejercicio de la actividad comercial o industrial, la contaminación del aire, el suelo o las aguas, mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones, sancionándolo con prisión de dos a diez años y multa de tres mil a diez mil quetzales.

Es interesante que a pesar que este artículo regula que el que contamine el agua y los demás recursos mediante emanaciones tóxicas será sancionado. Pero a la vez es contradictorio saber que existe un reglamento de descargas y reúso de aguas residuales, el cual permite a ciertas personas e industrias a descargar aguas en ciertas cantidades; sin embargo, sea poca o mucha la cantidad que permite descargar, siempre

se está autorizando que se contamine, pues es inevitable que no produzcan efluentes en cuerpos de aguas, pero si tan solo se cumpliera los límites permisibles de que regula el Acuerdo gubernativo 236-2006.

A estas personas que tergiversan los límites de descarga deberían de ser procedas por lo que regula el Código Penal y no solo por multas. Acuerdo Ministerial Número 199-2016. Listado Taxativo De Proyectos, Obras, Industrias O Actividades categoría de proyectos, obras, industrias o actividades. Descripción: 605 diseño, construcción y operación de puertos secos o marítimos.

Acuerdo Ministerial 278-2004, Programa Nacional Vigilancia Calidad De Agua.

Artículo. 2 Objetivo general del provigua es establecer y ejecutar los mecanismos técnicos más apropiados para desarrollar la vigilancia sanitaria de la calidad del agua abastecida a la población, por medio de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, ya sean públicos o privados; de manera que esta provea la información necesaria para garantizar que el agua sea abastecida en calidad de potable de forma continua. (p. 2)

Modificaciones y Derogatorias Al Acuerdo Ministerial Spm-278-2004, por medio del cual se creó el programa nacional de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, acuerdo ministerial 2-2012. El convenio internacional para prevenir la contaminación de las aguas de mar por hidrocarburo como su mismo nombre lo indica este convenio

tiene por objeto prevenir la contaminación de aguas del medio marino provocado por las descargas de sustancias perjudiciales.

En el reglamento de vertido y reuso de aguas residuales de Costa Rica en el capítulo VIII regula las sanciones que se encuentran regulados desde el artículo 67 al 72. El artículo 67 tiene por título de la siguiente manera. “Por incumplimiento de parámetros en el control estatal”. El reglamento de guatemalteco también regula sanciones en el reglamento ya antes mencionado el acuerdo gubernativo No. 236-2006 en el capítulo X las sanciones.

La Constitución Política de la República de Costa Rica. Asamblea Nacional Constituyente. Siendo una Constitución de muchos años atrás (1949), se puede entender el por qué solamente un artículo en todo el cuerpo legal habla del medio ambiente, y de manera muy vaga. Entre más se estudian las Constituciones de los países centroamericanos, más se puede observar que la de Guatemala es muy completa, contemplando y abarcando bastantes temas que en las otras ni se mencionan. La Carta Magna de Costa Rica ha sufrido varias reformas que datan hasta el año 2003, sin embargo, en el tema ambiental, no se ha reformado ni agregado nada a la Constitución de Costa Rica que la enriquezca en este tema.

El artículo 1 de la Carta Magna de Costa Rica, empieza enfocándose en el tema de la vida humana como fin supremo del Estado. Aunque no lo establezca de manera expresa la Constitución, se puede deducir esto ya que en el artículo 21, establece que, “La vida humana es inviolable.” No es como otras Constituciones, que en los primeros artículos se regula lo relativo a los deberes y obligaciones del Estado, en cuanto a proteger la vida, más sin embargo sí menciona que las personas tienen derecho inherente a la vida.

El artículo cincuenta establece lo siguiente: “Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado. Ya con esto por primera vez se habla dentro del texto legal, de la protección al medio ambiente, como un derecho y una garantía social. La ley orgánica del ambiente. Ley No. 7554. Asamblea legislativa de la república de Costa Rica. Esta ley abarca temas que, en otras leyes centroamericanas, en la presente investigación no lo hacen.

## **Conclusiones**

El impacto de contaminación ambiental que generan las industrias al no diferenciar los parámetros complementarios de descargas de aguas residuales por el tipo de actividad que desarrolla, se pudo observar que la contaminación disminuiría si se establecieran parámetros individuales para cada tipo de actividad, y se establecen sanciones por contaminar fuera de los parámetros máximos permisivos, obteniendo un estudio más minucioso de la contaminación que podría generar cada tipo de industria.

Las autoridades deberían aplicar ampliamente el criterio de precaución cuando haya peligro de daño grave o irreversible por la falta de certeza científica. Al tener parámetros que individualicen el grado de contaminación que llevan las aguas residuales, se obtendría una mejor inspección de la calidad del agua y el tratamiento adecuado que se le debe proporcionar para devolverlas con parámetros en cumplimiento a las cuencas, ríos y lagos del país. Por lo que mejoraría la calidad de vida de las personas que aprovechan el cuerpo de agua favorable al crecimiento económico.

Se analizó que gran parte de la contaminación de los cuerpos acuíferos en el país proviene de las aguas residuales, las cuáles son vertidas en los cauces de los ríos y lagos; por lo general sin ningún tipo de tratamiento.



Los cuatro lagos más importantes del país (Atitlán, Amatitlán, Izabal-Rio Dulce y Peten) han exteriorizado una alta contaminación y las autoridades creadas para el manejo sustentable tienen pocas capacidades para revertir esa situación, por lo que una solución, al problema de contaminación sería que se establezca en la norma un parámetro complementario y poderlo tipificar con el delito de contaminación establecido en el código penal.

Se determinó que es importante una reforma al reglamento de descargas de aguas residuales y de la disposición de lodos, para que se puedan implementar parámetros complementarios y de tipo especial que individualicen y regulen el tipo de actividad, obra o industria, a la cual se dedique una empresa. El daño que ocasiona un área doméstica en cuanto a la contaminación de aguas, no es el mismo daño que ocasiona una industria, las cuales deben de ser también individualizadas debido al impacto que tengan de contaminar los ríos y lagos del país.

## Referencias

Aceituno, A. (2017). *Manual de Educación Ambiental Sobre el Recurso Hídrico en Guatemala*. (1ª. ed.). Guatemala.

Hernández, A (2015). *Manual de Diseño De Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales*. México: Porrúa.

IARNA-URL. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. (1ª. ed.). Guatemala.

Ramón, J. (1986). *La contaminación del aire, agua y suelo*. (2ª. ed.) México.

Rodríguez, M. (2013). *Depuración de Aguas Residuales. Modelización de procesos de Lodos. Activos*. México: Sánchez G.

Romero, J. (2013). *Aguas Residuales Industriales*. Colombia: Julio Jaramillo.

Zepeda, G. (2013). *Derecho a un medio ambiente sano*. (1ª ed.). Guatemala.

## **Artículos obtenidos de internet**

Castillo. D. (2014, 18 febrero). Aguas Residuales. El nacional. Recuperado de <https://elnacional.com.do/ecologicas-156/>

Márquez. B. (2016, 12 septiembre). Tratamiento de Aguas Residuales. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>

Rodier, J. (1989, 16 abril). Análisis de las aguas: Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. Carbotecnia. Recuperado de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/solidos-disueltos-totales-tds/>

Tuset. S. (2010, 19 de enero). Historia sobre el tratamiento del agua potable. Condorchem Envitech. Recuperado de [\\_https://blog.condorchem.com/historia-sobre-el-tratamiento-del-agua-potable/](https://blog.condorchem.com/historia-sobre-el-tratamiento-del-agua-potable/)

Zita, A (2018, 1 de agosto). Que es el ph. TodaMateria. Recuperado de <https://www.todamateria.com/que-es-la-fisica/>

## **Materiales legales**

Asamblea Nacional Constituyente. (1986). Constitución Política de la República de Guatemala. Promulgada el 31 de mayo de 1985. Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (1986) Decreto número 68-86. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Publicado el 5 de diciembre de 1986. Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (1973) Decreto número 17-73. Código Penal. Publicado en Diario de Centroamérica, No. 4561, del 27 de julio de 1973. Guatemala.

Congreso de la República de Guatemala. (1997). Decreto número 90-97. Código de Salud. Publicado en Diario de Centroamérica, el 3 de noviembre de 1997. Guatemala.

Acuerdo Gubernativo 236-2006. (2006). Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos. Publicado en Diario de Centroamérica, el 5 mayo de 2006. Guatemala.

El Presidente De La República de Costa Rica, El Ministro De Ambiente Y Energía Y La Ministra De Salud, (2007). Decreto número 33601-MINAE-S. Reglamento de Vertidos y Reúso de Aguas residuales. Publicado el 19 de marzo de 2007. Costa Rica

## Anexo

Tabla 1

Parámetros complementarios para análisis de aguas residuales de tipo especial, Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales N° 33601-MINAE-S Costa Rica.

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
01210	Ganadería de vacas, ovejas, cabras, caballos, asnos, mulos, etc.; ganadería lechera.	Nitrógeno total, Fosfatos
01221	Producción de animales domesticados o salvajes no clasificado en otra parte (n.c.e.o.p.) (p. ej. cerdos, aves de corral, conejos).	Nitrógeno total, Fosfatos
01222	Criaderos de aves de corral, gusanos de seda, por tarifa o contrato.	Nitrógeno total, Fosfatos
01223	Cría de ranas.	Nitrógeno total, Fosfatos
05002	Pesca en aguas interiores; cría de peces, cultivo de peces en estanques; actividades de servicio a la pesquería.	Nitrógeno total, Fosfatos
13200	Extracción de menas de metales no ferrosos, excepto menas de uranio y torio.	Metales pesados, Cianuro
14101	Extracción de piedra para edificaciones o monumentos, minería de arcilla cerámica o refractaria, caliza, dolomita, grava y arena	Metales pesados
14210	Extracción de minerales para productos químicos y fertilizantes.	Metales pesados
14292	Minería y extracción de asbestos, mica, cuarzo, gemas, abrasivos, asfalto y bitumen, otros minerales no metálicos, n.c.e.o.p. (no especificados previamente)	Metales pesados
15131	Envasado y conservación de frutas y legumbres (excepto sopas)	Plaguicidas

<b>CIIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
15132	Harina de papa	Plaguicidas
15133	Procesamiento de frutas y vegetales n.c.e.o.p. (p. ej. frijoles cocidos, azúcar de uva, extractos de jugos)	Plaguicidas
15421	Fábricas y refinerías de azúcar	Sulfitos
15422	Producción de azúcar de arce, azúcar invertida, azúcar de otras fuentes diferentes de caña o remolacha	Sulfitos
17110	Preparación e hilado de fibras textiles; tejido de textiles.	Color
17120	Acabado de textiles.	Color
17220	Manufacturas de tapices y alfombras	Color
17230	Manufactura de cuerdas, sogas, guitas y mallas.	Color
17291	Manufactura de telas angostas, trenzas, lazos.	Color
17292	Manufactura de telas para uso industrial, mechas; textiles n.c.e.o.p. (p. ej. fieltros, telas recubiertas o laminadas, lienzos para pintores).	Color
17300	Manufactura de telas y artículos de punto y croché.	Color
18201	Manufactura de pieles artificiales; crines.	Color
18203	Industrias de curtido y teñido de pieles.	Color, Sulfuros, Cromo
19110	Curtido y acabado de cueros	Color, Sulfuros, Cromo
19120	Manufactura de equipajes, maletines y similares, monturas y arneses de cuero y sustitutos de cuero.	Color
20101	Aserrado y cepillado de madera, incluyendo	Metales pesados,

<b>CIIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
	subproductos; manufactura de pisos de madera sin ensamblar, durmientes de líneas de tren de madera, preservación de madera	Color
20211	Manufactura de enchapes; madera contrachapada, laminada, prensada	Metales pesados, Color
20212	Manufactura de tablas de fibra prensada y otras tablas y paneles	Metales pesados, Color
20220	Manufactura de productos de carpintería y ebanistería	Metales pesados, Color
20231	Manufactura de productos de madera para tonelería	Metales pesados, Color
20232	Manufactura de cajas, cajones, tambores, barriles y otros productos de madera	Metales pesados, Color
21011	Manufactura de pulpa, papel y cartón	Metales pesados, Sulfitos, Color
21013	Manufactura de papel carbón en rollos u hojas	Color
21021	Manufactura de papel y cartón corrugado	Color
21022	Manufactura de envases y cajas de cartón y papel	Metales pesados, Color
21092	Impresión o grabado de papelería y etiquetas	Metales pesados, Color
22110	Publicación de libros, panfletos, libros de música y otras publicaciones.	Metales pesados, Color
22120	Publicación de periódicos, revistas y otras publicaciones periódicas.	Metales pesados, Color
22130	Publicación de medios grabados	Metales pesados
22190	Otras publicaciones (fotos, grabados, postales, itinerarios, formularios, carteles, reproducciones de arte, etc.)	Metales pesados, Color
22210	Impresiones (publicaciones periódicas, libros, mapas, música, carteles, catálogos, sellos, billetes) por cuenta de publicadores,	Metales pesados, Color



<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
	productores, gobiernos y otros.	
22220	Actividades de servicio relacionadas a las imprentas (encuadernación, producción de tipos, planchas, etc.)	Metales pesados
23201	Refinerías de petróleo	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles, Hidrocarburos
23202	Manufactura de productos de refinería de petróleo de materiales adquiridos	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles, Hidrocarburos
24110	Manufactura de productos químicos básicos, excepto fertilizantes y compuestos nitrogenados.	Metales pesados, Fenoles
24121	Manufactura de productos de la industria de fertilizantes nitrogenados (ácido nítrico, amoníaco, nitrato de potasio, urea)	Nitrógeno total
24122	Manufactura de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos directos, mezclados, compuestos y complejos.	Nitrógeno total, Fosfatos
24130	Manufactura de plásticos en formas primarias y de hule sintético.	Metales pesados, Fenoles
24210	Manufactura de pesticidas y otros agroquímicos.	Plaguicidas, Nitrógeno total, Fosfatos, Metales pesados
24221	Manufactura de pinturas, barnices y lacas	Metales pesados, Fenoles, Color
24223	Manufactura de colores para artistas, pinturas	Metales pesados, Fenoles
24232	Manufactura de telas quirúrgicas y médicas, suturas, vendajes; cementos usados en dentistería	Metales pesados
24241	Manufactura de jabones y preparaciones para limpieza, perfumes, cosméticos y otras	Fenoles, Fosfatos

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
	preparaciones de tocador	
24242	Fabricación de pulidores para muebles, metales, etc.; ceras, productos desodorizantes	Fenoles, Fosfatos
24292	Manufactura de carbón activado; preparaciones anticongelantes; productos químicos para uso en industrias y laboratorios.	Metales pesados, Fenoles
24293	Manufactura de tinta para escritura e impresión; productos de gelatina; productos fotoquímicos, placas, películas; películas sin exponer sensibilizada, medio para grabar sin grabar.	Metales pesados, Fenoles
24301	Manufactura de hilos de filamentos sintéticos (hilado y tejido de fibras artificiales compradas)	Color
24302	Manufactura de filamentos para estopa y fibras básicas, excepto vidrio	Color
25110	Manufactura de llantas y tubulares de hule; reencauchado y reconstrucción de llantas de hule	Metales pesados, Fenoles
25191	Manufactura de productos de hule sintético en formas básicas: láminas, varillas, cámaras neumáticas.	Metales pesados, Fenoles
25192	Manufactura de productos para reparación de cámaras neumáticas	Metales pesados, Fenoles
25193	Manufactura de productos terminados y semi-terminados n.c.e.o.p. de hule natural o sintético (p. ej. industriales, farmacéuticos, artículos de ropa)	Metales pesados, Fenoles
25201	Manufactura de bienes textiles hechos de plástico, excepto artículos de ropa (p. ej. bolsas, artículos caseros)	Metales pesados
25202	Manufactura de productos plásticos en formas básicas: láminas, varillas, tubos.	Metales pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
25203	Manufactura de artículos plásticos n.c.e.o.p. (p. ej. utensilios para comer, baldosas, partes para construcción, etc.)	Metales pesados
26101	Manufactura de cuerda de fibra de vidrio	Metales pesados
26102	Manufactura de vidrio y productos de vidrio	Metales pesados
26102	Manufactura de lana de vidrio	Metales pesados
26910	Manufactura de cerámica no estructural no refractaria	Metales pesados
26920	Manufactura de productos de cerámica refractaria	Metales pesados
26930	Manufactura de arcilla y cerámica estructurales no refractaria	Metales pesados
26940	Manufactura de cemento, cal y yeso	Metales pesados
26950	Manufactura de artículos de concreto, cemento y yeso	Metales pesados
26960	Cortado, tallado y terminado de artículos de piedra	Metales pesados
26992	Manufactura de productos de asfalto	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
26993	Manufactura de productos de asbestos; material para fricción; piedras para afilar, productos abrasivos; artículos de mica, grafito y otras sustancias minerales n.c.e.o.p.	Metales pesados
27102	Manufactura de accesorios para tuberías de hierro y acero	Metales pesados
27202	Manufactura de productos primarios de metales preciosos y no ferrosos (excluyendo las operaciones de forja y moldeo).	Metales pesados
27203	Manufactura de accesorios para tuberías de metales no ferrosos; alambre y cable no ferroso a partir de barras adquiridas	Metales pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
27310	Fundición de hierro y acero	Metales pesados
27320	Fundición de metales no ferrosos	Metales pesados
28110	Manufactura de productos metálicos estructurales	Metales pesados
28121	Manufactura de reservorios de metal y tanques para usar en almacenamiento e industrias; calderas para calefacción central	Metales pesados
28122	Manufactura de radiadores, contenedores de metal para gas comprimido y licuado	Metales pesados
28130	Manufactura de generadores de vapor, excepto calderas para calentadores centrales de agua caliente	Metales pesados
28911	Forja de hierro y acero	Metales pesados
28912	Forja de metales preciosos y no ferrosos	Metales pesados
28913	Prensado, acuñado de productos de metal	Metales pesados
28921	Tratamiento y operación especializada de hierro y acero, por tarifa o contrato.	Metales pesados
28922	Tratamiento y operación especializada de metales preciosos y no ferrosos, por tarifa o contrato.	Metales pesados
28923	Tratamiento y recubrimiento de metales (p. ej. plateado, pulido, grabado, soldado), por tarifas o contrato	Metales pesados
28931	Manufactura de artículos caseros de metal (cuchillos, utensilios, etc.); herramientas manuales para agricultura, jardinería; herramientas usadas por plomeros, carpinteros, otras actividades similares; candados y otros productos ferreteros.	Metales pesados
28932	Manufactura de accesorias y acoples para herramientas de maquinaria (operadas o no	Metales pesados

<b>CIIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
	eléctricamente)	
28991	Manufactura de artículos de cocina operados manualmente.	Metales pesados
28992	Manufactura de bienes metálicos para uso en oficina (excluyendo muebles)	Metales pesados
28993	Manufactura de cerrojos, resortes, contenedores, artículos de alambre, artículos sanitarios (p. ej. pilas o fregaderos), artículos de cocina, cajas de seguridad, marcos, tocados de metal	Metales pesados
28994	Manufactura de pequeños artículos de metal n.c.e.o.p.	Metales pesados
29111	Manufactura de máquinas y turbinas	Metales pesados
29112	Manufactura de máquinas y turbinas para propulsión marina	Metales pesados
29121	Manufactura de válvulas para plomeros, artículos de bronce	Metales pesados
29122	Manufactura de bombas para laboratorio	Metales pesados
29123	Manufactura de bombas, compresores de aire y gas, válvulas, compresores para refrigeración y acondicionamiento de aire	Metales pesados
29124	Manufactura de bombas y compresores para vehículos de motor	Metales pesados
29130	Manufactura de cojinetes o roles, engranajes y elementos de engranaje y transmisión	Metales pesados
29141	Manufactura de hornos metálicos no eléctricos, estufas y de otros calentadores de área	Metales pesados
29142	Manufactura de hornos eléctricos para panadería	Metales pesados
29143	Manufactura de hornos y estufas para procesos industriales (no eléctricas).	Metales pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
29151	Manufactura de grúas; equipo para levantamiento y manejo de equipo para construcción y minería	Metales pesados
29152	Manufactura de maquinaria de levantamiento, grúas, elevadores, camiones industriales, tractores, apiladoras; partes especializadas para equipos de levantamiento y manipulación	Metales pesados
29153	Manufactura de cabrestantes marinos, poleas, aparejos, etc.	Metales pesados
29191	Manufactura de maquinaria para empaque y empacado; embotellado y enlatado; limpieza de botellas; calandrado	Metales pesados
29192	Manufactura de máquinas para pesar	Metales pesados
29193	Manufacturas de unidades de aire acondicionado, equipo de refrigeración, ventiladores industriales, generadores de gas, aspersores contra incendios, centrífugas, otra maquinaria n.c.e.o.p	Metales pesados
29210	Construcción de maquinaria y equipo para agricultura y selvicultura	Metales pesados
29221	Manufactura de herramientas, acoplamientos y accesorios para maquinaria para trabajar metales y madera (no eléctrica)	Metales pesados
29222	Manufactura de herramientas para maquinaria industrial diferente a la usada para trabajar metales y madera (no eléctrica)	Metales pesados
29223	Manufactura de equipos eléctricos para soldar	Metales pesados
29230	Manufactura de maquinaria para metalurgia	Metales pesados
29240	Manufactura de maquinaria para minería, canteras y construcción	Metales pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
29250	Manufactura de maquinaria para procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Metales pesados
29261	Manufactura de cabinas para máquina de coser excepto de metal	Metales pesados
29262	Manufacturas de cabinas metálicas para máquinas de coser	Metales pesados
29263	Manufactura de maquinaria textil	Metales pesados
29264	Manufactura de máquinas de coser; máquinas para lavado, lavandería, lavado en seco, aplanchado	Metales pesados
29265	Manufactura de agujas para tejer y para máquinas de coser	Metales pesados
29271	Manufactura de pólvora	Metales pesados
29291	Manufactura de moldes para metal	Metales pesados
29292	Manufactura de maquinaria para la industria de impresión; industria papelera; máquinas para hilos de fibras textiles artificiales, trabajo en vidrio y manufactura de azulejos, baldosas y similares	Metales pesados
29293	Manufactura de secadoras centrífugas de ropa	Metales pesados
29294	Manufactura de maquinaria de propósito especial n.c.e.o.p.	Metales pesados
29301	Manufactura de estufas y calentadores de área domésticos no eléctricos	Metales pesados
29302	Manufactura de cocinas domésticas, refrigeradores, lavadoras	Metales pesados
29303	Manufactura de aparatos y suministros eléctricos n.c.e.o.p. domésticos	Metales pesados
30001	Manufactura de maquinaria de oficina, contabilidad y computación	Metales pesados
30002	Manufactura de máquinas fotocopadoras	Metales pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
31101	Manufactura de motores, generadores y transformadores eléctricos	Metales pesados
31102	Manufactura de transformadores de radio	Metales pesados
31201	Manufactura de implementos para interruptores y cajas de interruptores; equipo de distribución de electricidad	Metales pesados
31202	Manufactura de circuitos de semiconductores	Metales pesados
31203	Manufacturas de interruptores, fusibles, enchufes, conductores, protectores contra rayos	Metales pesados
31300	Manufactura de alambres y cables aislados	Metales pesados
31400	Manufactura de acumuladores, celdas primarias y baterías primarias	Metales pesados
31501	Manufactura de lámparas de metal	Metales pesados
31502	Manufactura de equipos y partes metálicos para iluminación, excepto para usar en equipos de ciclismo y de motor	Metales pesados
31503	Manufactura de lámparas y aparejos eléctricos	Metales pesados
31901	Manufactura de empaques aisladores de vidrio	Metales pesados
31902	Manufactura de productos de grafito	Metales pesados
31903	Manufactura de equipo para iluminación de bicicletas	Metales pesados
31904	Manufactura de aparatos para electroplateado, electrólisis y electroforesis	Metales pesados
31905	Manufactura de lavadoras de platos, excepto las caseras	Metales pesados
31906	Manufactura de igniciones eléctricas o arrancadores para máquinas de combustión	Metales pesados



<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
	interna; frenos y embragues eléctricos; aparatos eléctricos de cronometraje, control y señalamiento	
31907	Manufactura de aparatos de señalización sonora y visual y de control de tráfico	Metales pesados
31908	Manufactura de equipo de iluminación para vehículos de motor; electrodos de carbón y grafito; otros equipos eléctricos n.c.e.o.p.	Metales pesados
31909	Manufactura de limpiadores y descongeladores eléctricos de parabrisas	Metales pesados
32100	Manufactura de válvulas y tubos electrónicos y otros componentes electrónicos	Metales pesados
32200	Manufactura de transmisores de televisión y radio y de aparatos para telefonía en línea y telegrafía en línea	Metales pesados
32300	Manufactura de receptores de televisión y radio, grabadores o reproductores de sonido y video y bienes asociados	Metales pesados
33111	Manufactura de muebles y accesorios para uso médico, quirúrgico y odontológico	Metales pesados
33112	Manufactura de aparatos de rayos X; aparatos electro terapéuticos	Metales pesados
33113	Manufactura de equipo, instrumentos y suministros quirúrgicos, médicos, dentales; y de materiales ortopédicos y prostéticos	Metales pesados
33114	Manufactura de aparejos prostéticos, dientes artificiales hechos por pedido	Metales pesados
33121	Manufactura de equipos de radar, aparatos de control remoto por radio	Metales pesados
33122	Manufactura de equipo e instrumentos para equipos de medición y control, excepto equipo de control de proceso industrial	Metales pesados
33130	Manufactura de equipos de control de proceso industrial	Metales pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
33200	Manufactura de instrumentos ópticos y equipos fotográficos	Metales pesados
33301	Manufactura de relojes	Metales pesados
33302	Manufactura de fajas de relojes y brazaletes de metales preciosos; joyas para relojes	Metales pesados
34100	Manufactura de vehículos de motor	Metales pesados
34201	Manufactura de remolques industriales; contenedores	Metales pesados
34202	Manufactura de carrocerías de vehículos de motor; furgones; semi-furgones; partes de furgón	Metales pesados
34300	Manufactura de partes y accesorios para vehículos de motor y de sus máquinas	Metales pesados
35111	Manufactura balsas de inflar (de hule)	Metales pesados
35112	Manufactura de secciones metálicas para barcos y barcazas	Metales pesados
35113	Manufactura de plataformas flotantes para perforación; equipo de perforación para petróleo	Metales pesados
35114	Construcción y reparación de barcos (excepto los botes deportivos y de placer) y partes especializadas	Metales pesados
35121	Manufactura y reparación de botes de inflar (de hule)	Metales pesados
35122	Construcción y reparación de botes deportivos y de placer y partes especializadas	Metales pesados
35910	Manufactura de motocicletas	Metales pesados
35921	Manufactura de carruajes motorizados para inválidos	Metales pesados
35922	Manufactura de bicicletas y partes de bicicletas	Metales pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
35923	Manufactura de carruajes no motorizados para inválidos	Metales pesados
35924	Manufactura de bicicletas para niños	Metales pesados
35991	Manufactura de carretillas de mano, vagonetas y camiones (incluyendo los especializados para uso industrial)	Metales pesados
35992	Manufactura de vehículos propulsados a mano, tirados por animales, n.c.e.o.p.	Metales pesados
36101	Manufactura de muebles y accesorios, excepto los de plástico o metal	Metales pesados, Fenoles
36102	Manufactura de muebles de plástico	Metales pesados, Fenoles
36103	Manufactura de muebles y accesorios metálicos	Metales pesados, Fenoles
36910	Manufactura de joyas y artículos conexos	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36921	Manufactura de instrumentos de música	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36922	Manufactura de pitos, trompetas, instrumentos de señales para uso deportivo	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36930	Manufactura de artículos deportivos	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36941	Manufactura de máquinas para entretenimiento mecánicas y operadas por monedas	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36942	Manufactura de mesas y equipo para billar y pool	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36943	Manufactura de juguetes y juegos n.c.e.o.p.	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36991	Manufactura de linóleos y cobertores duros de pisos	Color
36992	Manufactura de látigos y fustas de cuero y sustitutos de cuero.	Color

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
36994	Manufactura de contenedores para vacío.	Metales pesados, Fenoles
36995	Manufactura de carruajes para bebés	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
36996	Manufactura de lapiceros y lápices; joyería para ropa; sombrillas. Bastones; plumas y flores artificiales; pipas para tabaco; sellos; novedades; otros bienes manufacturados n.c.e.o.p.	Metales pesados, Sulfuros, Fenoles
37100	Reciclado de desechos y chatarra metálica	Metales pesados
37201	Reciclado de fibras textiles	Color
37202	Reciclado de hule	Metales pesados, Color
50500	Venta al detalle de combustibles para automotores	Hidrocarburos
74220	Pruebas y análisis técnicos	Metales pesados
85110	Actividades hospitalarias	Coliformes Fecales, Color, Fenoles, Metales Pesados
85120	Actividades de práctica médica y dental	Coliformes Fecales, Color, Fenoles, Metales Pesados
85190	Otras actividades en salud humana	Coliformes Fecales, Color, Fenoles, Metales Pesados
85200	Actividades veterinarias	Coliformes Fecales, Color, Fenoles, Metales Pesados

<b>CIU</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PARÁMETROS</b>
93010	Lavado y limpieza (en seco) de productos textiles y de pieles	Fosfatos, Hidrocarburos