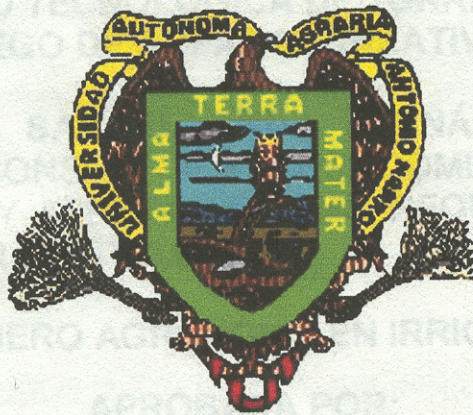


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA DE TORREÓN PARA EL RIEGO DE ÁREAS  
RECREATIVAS

POR

**SAMUEL CRUZ HERNÁNDEZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER ÉL  
TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2005



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TORREÓN PARA EL  
RIEGO DE ÁREAS RECREATIVAS**

TESIS DEL C. SAMUEL CRUZ HERNÁNDEZ QUE SE  
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR  
DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OPTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

**APROBADA POR:**

**ASESOR PRINCIPAL:** \_\_\_\_\_  
Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA

**COASESOR:** \_\_\_\_\_  
ING. CUAHUTEMOC ESPINO MENDEZ

**COASESOR:** \_\_\_\_\_  
MC. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA

**COASESOR:** \_\_\_\_\_  
MC. FEDERICO VEGA SOTELO

\_\_\_\_\_  
**M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCIA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS**





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**


**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

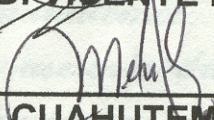
**CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TORREÓN PARA EL  
RIEGO DE ÁREAS RECREATIVAS**

**TESIS DEL C. SAMUEL CRUZ HERNÁNDEZ QUE SE  
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR  
DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OPTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE:**   
Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA

**VOCAL:**   
ING. CUAHUTEMOC ESPINO MENDEZ

**VOCAL:**   
MC. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA

**VOCAL SUPLENTE:**   
MC. FEDERICO VEGA SOTELO

**M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCIA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS**

**TORREÓN COAHUILA MÉXICO**

**Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas  
JUNIO DE 2005**





## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, una familia, amistades y por darme la oportunidad de concluir una etapa más de mi vida.

A la UAAAN-UL., Mi "ALMA TERRA MATER", personificada en cada uno de los profesores que participaron en mi formación profesional. Gracias Narro...

Al Ph.D. Vicente de Paul Alvarez Reyna, por su amistad, enseñanzas y por su valiosa participación en la asesoría para la realización de este trabajo de tesis.

A la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TORREÓN "UTT", por brindarme su apoyo al proporcionarme la información necesaria y las herramientas necesarias para la elaboración de este proyecto

Al Ing. Cuahutemoc Espino, por su valiosa participación en la asesoría durante el desarrollo de este trabajo y por compartir su experiencia y tiempo para la realización de la presente tesis.

A todos los profesores del Departamento de Riego y Drenaje que participaron en mi formación profesional durante el transcurso de mi carrera de ingeniero agrónomo en irrigación.

A mi novia P. Arizbeth Mena Gonzáles, por su valioso apoyo moral durante la realización de esta investigación y por su cariño y comprensión.



## DEDICATORIAS

### A MI DIOS:

*Por darme lo más preciado que es la vida y por ayudarme en cada una de mis etapas de mi formación profesional.*

### A MIS ABUELOS:

*Victor Cruz Rodríguez †, Adelina Ramos Tovilla. Por sus sabios consejos y su apoyo incondicional que en los momentos más difíciles de mi vida fueron de mucha valía para mantenerme siempre con las ganas de triunfar.*

### A MIS PADRES:

*Israel Cruz Ramos, Yolanda Hernández López. Por ser los mejores del mundo, por preocuparse por mis problemas, por darme la herencia más grande del mundo "mi formación profesional" y por enseñarme los valores de la vida... Le pido a Dios que los recompense con bienestar y los colme de bendiciones.*

### A MIS HERMANOS:

*Josué, Sara, Paul, Marcos y Adelina. Con profundo cariño y respeto, por su gran apoyo moral y económico y por haberme dado su confianza durante la formación de mi carrera profesional. GRACIAS.*

### A MIS TIOS:

*Elias Cruz Ramos y Manuel Cruz Ramos. Por brindarme siempre su cariño, apoyo, motivación y confianza.*



# INDICE GENERAL

	PÀGINA
INDICE GENERAL.....	I
INDICE DE CUADROS.....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	V
RESUMEN.....	VI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 General.....	3
2.2 Específicos.....	3
III. HIPOTESIS.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1 EL AGUA.....	4
4.2 FUNCIONES DEL AGUA.....	8
4.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL RECURSO AGUA.....	9
4.4 USO Y DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA REGIÓN LAGUNERA....	11
4.5 USO DEL AGUA MUNICIPAL.....	13
4.6 CONTAMINACIÓN DE AGUA.....	13
4.7 LA CONTAMINACIÓN DE AGUA EN MEXICO.....	14
4.8 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE AGUA.....	14
4.8.1 Fuentes puntuales.....	14
4.8.2 Fuentes no puntuales.....	14
4.9 PRINCIPALES CONTAMINANTES.....	15



4.10 EFECTO DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	16
4.11 FUENTES Y CONTROL.....	17
4.12 EL AGUA RESIDUAL.....	19
4.13 ORIGEN DEL AGUA RESIDUAL.....	20
4.13.1 Agua Residual Domestica ó Sanitaria.....	20
4.13.2 Agua Residual Industrial.....	20
4.13.3 Infiltración/Escurrimiento.....	20
4.13.4 Agua de Lluvia.....	21
4.14 COMPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	21
4.15 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	22
4.15.1 Tratamiento Primario.....	22
4.15.2 Tratamiento Secundario.....	22
4.15.3 Tratamiento Terciario.....	23
4.16 PROPIEDADES DEL AGUA RESIDUAL.....	23
4.16.1 Propiedades Físicas.....	23
4.16.1.1 Sólidos.....	23
4.16.1.2 Color.....	24
4.16.1.3 Temperatura.....	24
4.16.1.4 Olor.....	25
4.16.1.5 Residuos y Sólidos Antiestéticos.....	25
4.16.2 Propiedades Químicas.....	26
4.16.2.1 pH.....	26
4.16.2.2 Conductividad Eléctrica.....	27
4.16.2.3 Cloruros.....	27



4.16.2.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ).....	28
4.16.2.5 Demanda Química de Oxígeno.....	29
4.16.2.6 Nitratos.....	30
4.16.2.7 Fósforo.....	31
4.16.2.8 Efectos Ecológicos del Fósforo.....	33
4.16.2.9 Metales Pesados.....	33
4.16.2.10 Contaminación del Agua con Metales Pesados...34	
4.16.2.11 Toxicidad.....	36
4.16.2.12 Condiciones de Toxicidad.....	36
4.16.3 Propiedades Biológicas.....	37
4.16.3.1 Coliformes fecales.....	38
4.16.3.2 Huevos de Helmintos.....	38
<b>V. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>41</b>
5.1 Localización geográfica.....	41
5.1 Proceso de tratamiento.....	41
5.2 Tipo de tratamiento.....	45
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>46</b>
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>IX. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>55</b>
<b>X. APENDICE A.....</b>	<b>60</b>
<b>XI. APENDICE B.....</b>	<b>87</b>



## INDICE DE CUADROS

INDICE	PÁGINA
CUADRO	PÀGINA
1.- Escurrimiento más Recarga y Usos de agua en la Región Lagunera.	12
2.- Enfermedades más comunes causadas por microorganismos.....	39
3 Métodos utilizados en el análisis de los veinte parámetros.....	43
4.- Resumen de resultados de veinte parámetros analizados en el agua residual tratada de la Universidad Tecnológica, Torreón, 2005.....	46
5.- 1 A Frecuencia de muestreo.....	65
6.- 2 A Límites permisibles para contaminantes básicos.....	68
7.- 3 A Límites permisibles para metales pesados y cianuros.....	69
8.- 4 A Descargas municipales.....	69
9.- 5 A Descargas no municipales.....	70
10.- 6 A Descargas municipales.....	71
11.- 7 A Carga contaminante de las descargas no municipales.....	71
12.- 8 A Descargas de tipo municipal.....	71
13.- 9 A Descargas de tipo no municipal.....	79



## INDICE DE FIGURAS

INDICE	PÁGINA
1.- Representación tridimensional de la molécula del agua.....	4
2.- Ciclo hidrológico.....	5
3.- Diagrama de flujo de la planta tratadora de agua residual de la Universidad Tecnológica de Torreón.....	44
4.- 1 B Plano de la Universidad Tecnológica de Torreón.....	87

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de los tratamientos del agua residual con la finalidad de analizar los parámetros físicos, químicos y biológicos para compararlos con los límites establecidos por la NOM-001-ECOL-1996, para su uso en el riego de áreas recreativas sin causar daños a los mismos, entorno ecológico y contribuir a la preservación del maníaco acuífero.

La planta tratadora de agua residual de la Universidad Tecnológica de Torreón se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la misma en el Km. 10 de la Carretera Torreón - Matamoros en terrenos del Ejido "El Águila", Municipio de Torreón, Coahuila. La nomenclatura para esta localidad es la N° 56 del municipio N° 35 y el distrito de riego N° 06 del Estado de Coahuila.



## RESUMEN

La escasez cada vez mayor de agua dulce debido al crecimiento demográfico, urbanización y, probablemente a los cambios climáticos, ha dado lugar al uso creciente del agua residual en la agricultura, acuicultura, recarga de agua subterránea y otras áreas. La reutilización ofrece grandes beneficios, por una parte permite explotar éste elemento primordial de forma sostenible y, por otra, descender la contaminación en nuestros ríos y mares al disminuir los vertidos de aguas residuales no tratadas tanto de las ciudades como de las industrias. (Ammer, 1986).

El objetivo de este estudio fue evaluar la eficiencia de los tratamientos del agua residual con la finalidad de analizar los parámetros físicos, químicos y biológicos para compararlos con los límites establecidos por la NOM-001-ECOL-1996, para su uso en el riego de áreas recreativas sin causar daños a los mismos, entorno ecológico y contribuir a la preservación del manto acuífero.

La planta tratadora de agua residual de la Universidad Tecnológica de Torreón se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la misma en el Km. 10 de la Carretera Torreón – Matamoros en terrenos del Ejido “El Águila”, Municipio de Torreón, Coahuila. La nomenclatura para esta localidad es la N° 56 del municipio N° 35 y el distrito de riego N° 06 del Estado de Coahuila.



La Universidad se localiza a una latitud norte de 25°31'52" y a una longitud oeste de 103°20'15" con una altura sobre el nivel del mar de 1,110 msnm. La planta tratadora de agua residual fue instalada en el límite oriente y centro del campus de la Universidad Tecnológica de Torreón.

Actualmente la Universidad cuenta con el 44% de construcción del total de sus Instalaciones; 3 laboratorios Pesados, 2 Edificios de Docencia, 1 Edificio de Vinculación, 1 Biblioteca y una Cafetería, en las cuales diariamente se desenvuelven aproximadamente 1,200 personas incluyendo personal administrativo, docente, manual y universitario.

Todos los edificios están interconectados a una red de drenaje que inicia en la cafetería y termina en el edificio de biblioteca. El agua residual generada es captada en fosas, ahí es donde empieza el proceso de tratamiento del agua residual por lodos activados.

El análisis de los resultados de los parámetros físicos, químicos, y biológicos evaluados al agua residual tratada de la UTT, se concluye que dicha agua tratada puede ser utilizada en el riego de áreas recreativas, de acuerdo a la NOM-001-ECOI-1996 ya que todos los parámetros evaluados están dentro de los límites permisibles para dicho uso.



## I. INTRODUCCIÓN

El constante incremento de la población humana, núcleos urbanos, actividad agrícola e industrial generan un descenso continuo de las fuentes de agua y calidad de las mismas.

En ciertas áreas, el agua residual es el recurso hídrico disponible para algunas comunidades que subsisten de la agricultura. El uso del agua residual en la agricultura aporta beneficios de salud, nutrición y provisión de alimentos para la población. Sin embargo, su uso no controlado puede generar problemas significativos sobre la salud humana, los cuales pueden ser minimizados a través de un buen manejo y tratamiento de este recurso.

La reutilización del recurso ofrece grandes beneficios, ya que permite explotar éste elemento de forma sostenible, además de disminuir la contaminación de los cuerpos de agua, suelo y reducir los vertidos de aguas residuales no tratadas.

Mundialmente, millones de personas no disponen de agua potable, estimándose que para fin de siglo un 80% de los habitantes urbanos del planeta no dispondrán de un suministro adecuado de agua potable. Sólo una pequeña cantidad de agua dulce del planeta (aproximadamente el 0,008%) actualmente está disponible para consumo humano, de la cual el 70% se destina a la agricultura, 23% a la industria y 8% al consumo doméstico.



Sin embargo, la demanda de agua potable se incrementa rápidamente, esperando que el consumo de agua en el sector agrícola aumente 17%, y el industrial 60% en los próximos años. A medida que el agua de buena calidad sea más escasa, la posibilidad de que se convierta en una fuente de conflictos regionales, nacionales e internacionales es más factible, como ya está sucediendo. (Clarke, 1993).

En virtud de la escasez de agua a nivel regional y el constante abatimiento de los acuíferos La Universidad Tecnológica de Torreón presenta deficiencia de agua para satisfacer la demanda hídrica para el riego de sus jardines y campos deportivos. Se analizó la cantidad de agua residual que genera por las diversas actividades la cual estaba siendo depositada en el drenaje sanitario de la ciudad, por medio de pipas ya que el drenaje sanitario de la ciudad no llega hasta la universidad, lo cual representaba un gasto extra, siendo este un problema más. Se planteó la idea de tratar dicha agua para su reutilización en áreas verdes y campos deportivos cuya calidad del agua no requiere de tratamientos avanzados, para lo cual se instaló una planta paquete tratadora de aguas residuales "Lodos Activados", la cual se rige bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.



EL AGUA

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general.

Utilización del agua residual generada en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Torreón, en el riego de áreas recreativas.

### 2.2 Objetivos específicos.

Optimización del recurso hídrico disponible.

Solventar la demanda de agua de la institución.

Reducción de la contaminación del medio ambiente.

## III. HIPOTESIS

El agua residual generada en la Universidad Tecnológica de Torreón puede ser utilizada previo tratamiento, en el riego de áreas recreativas.

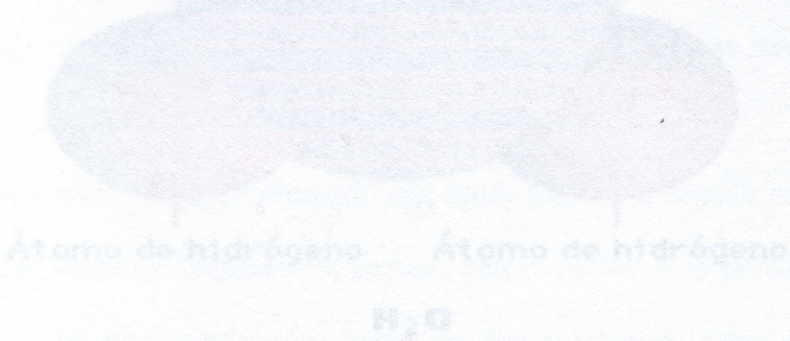


Figura 1.- Representación tridimensional

De la molécula del agua.



## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 EL AGUA

Agua, nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno ( $H_2O$ , Figura 3.2).

Una molécula de agua consiste en un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno unidos formando un ángulo de  $105^\circ$ . Al estar unido cada átomo de hidrógeno con un elemento muy electronegativo como el oxígeno, el par de electrones del enlace es muy atraído por éste. Estos electrones forman una región de carga negativa, que polariza eléctricamente a toda la molécula. Cualidad polar que explica el fuerte enlace entre las moléculas, así como ciertas propiedades del agua poco comunes, por ejemplo, el hecho de que se expande al solidificarse (Encarta, 2002).

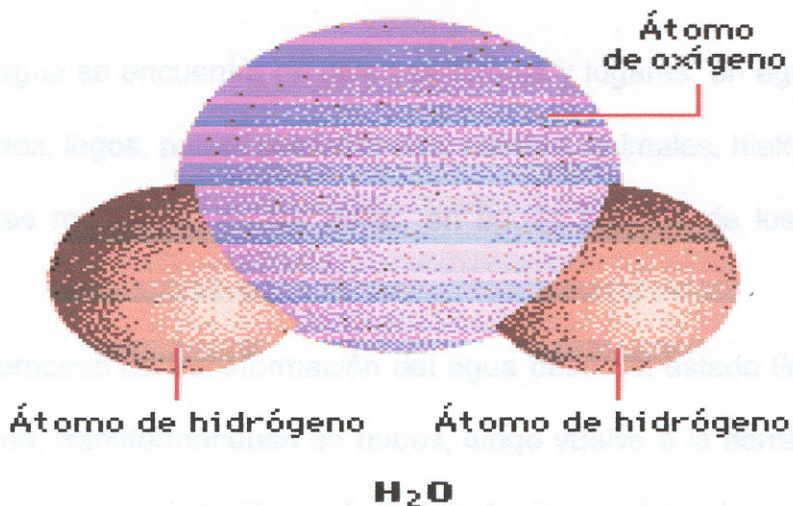


Figura 1.- Representación tridimensional

De la molécula del agua.



En la figura 2.- Se muestra el constante movimiento del agua “Ciclo hidrológico”.

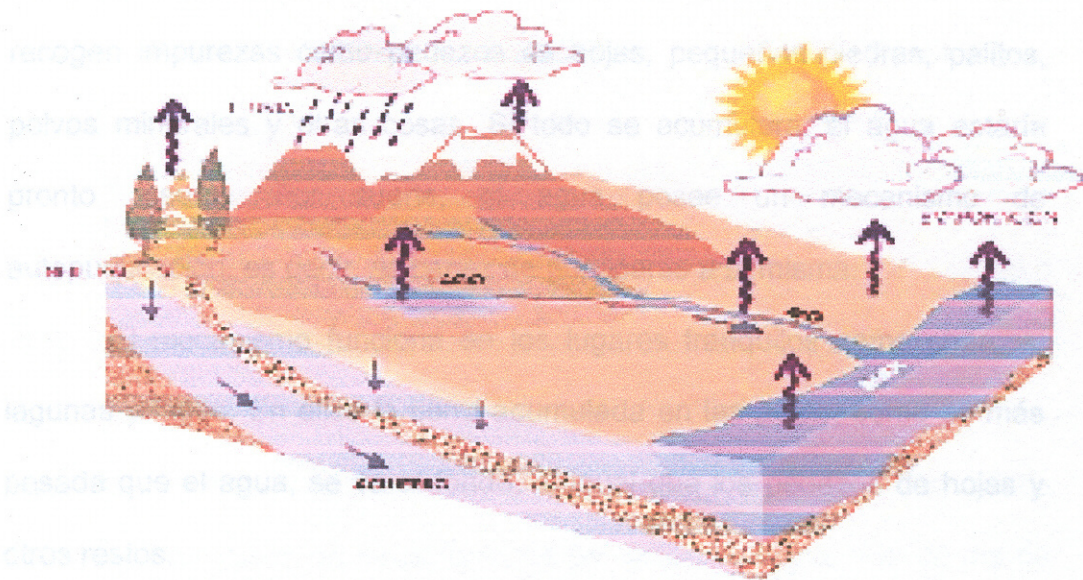


Figura 2.- Ciclo Hidrológico

Es el constante movimiento y transformación a que está sometida permanentemente el agua del planeta pasando de un estado físico a otro.

El agua se encuentra en diversas formas y lugares, en agua líquida dulce de ríos, lagos, aguas subterráneas, plantas, animales, hielos eternos en las altas montañas, en los polos, en aguas saladas de los mares y océanos.

El proceso de transformación del agua pasa del estado líquido a la evaporación, transformándose en nubes, luego vuelve a la tierra desde la atmósfera como precipitación en forma de lluvia, granizo, nieve o neblina, desde allí se vuelve a evaporar para formar nubes y nuevamente precipitar.



En su paso por los diferentes estados físicos, las gotas de agua recogen impurezas como pedazos de hojas, pequeñas piedras, palitos, polvos minerales y otras cosas. Si todo se acumulara, el agua estaría pronto sucia. Por suerte, el agua posee un mecanismo de autopurificación, es decir, es capaz de purificarse a sí misma.

El mecanismo funciona en los lugares tranquilos como charcos, lagunas y lagos. En ellos la tierra acumulada en las gotas, como es más pesada que el agua, se va al fondo, al igual que los pedazos de hojas y otros restos.

El agua también se purifica al pasar a través del suelo y huecos entre las rocas. Ellos son tan pequeños que atrapan la suciedad, como un gran colador que deja pasar sólo las gotas de agua.

Por último, al transformarse en vapor y pasar al aire, deja atrás el resto de impurezas. Así, cuando caen las gotitas de las nubes, éstas vuelven limpias al ambiente.

El agua pura es un líquido inodoro, incoloro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A presión atmosférica de (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es de 0 °C y su punto de ebullición de 100 °C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C y se expande al congelarse. Como muchos otros líquidos, el agua puede existir en estado sobre enfriado, es decir, que puede permanecer en estado líquido aunque su temperatura esté por debajo de su punto de congelación; se puede enfriar



fácilmente a unos  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  sin que se congele. El agua sobre enfriada se puede congelar agitándola, descendiendo más su temperatura o añadiéndole un cristal u otra partícula de hielo. (Encarta, 2002).

El agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, sólido, líquido y gaseoso. Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno; también en forma de nieve, granizo, escarcha, y en las nubes formadas por cristales de hielo. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formada por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gas, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes. El vapor atmosférico se mide en términos de humedad relativa, que es la relación de la cantidad de vapor de agua en el aire a una temperatura dada respecto a la máxima que puede contener a esa temperatura.

El agua está presente también en la porción superior del suelo, en donde se adhiere, por acción capilar, a las partículas del mismo. En este estado, se le denomina agua ligada y tiene unas características diferentes del agua libre. Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos, manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.

El agua utilizable por el hombre constituye un porcentaje muy



pequeño sobre el total existente en la tierra, pues el 97.4% pertenece a los océanos (agua salada) y el 2% corresponde al estado sólido (hielo) de los casquetes polares (que a su vez contiene el 77.2% del total de agua dulce existente en el mundo) (Seoànez, 1990).

Se considera que, mundialmente, se dispone de 12.500 a 14.000 millones de metros cúbicos de agua (12.500 a 14.000 kilómetros cúbicos) por año para uso humano. Esto representa unos 9.000 metros cúbicos por persona por año, según se estimó en 1989. Se estima que en el año 2025 la disponibilidad global de agua dulce per cápita descenderá a 5.100 metros cúbicos por persona, al sumarse otros 2.000 millones de habitantes a la población del mundo. Esta cantidad aun será suficiente para satisfacer las necesidades humanas si el agua estuviera distribuida uniformemente entre todos los habitantes del mundo.

## 4.2 FUNCIONES DEL AGUA

El agua es el principal constituyente de la materia viva. Alrededor del 50 al 90% de la masa de los organismos vivos es agua. El protoplasma, que es la materia básica de las células vivas, consiste en una disolución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares en agua.

El agua actúa como disolvente transportando, combinando y descomponiendo químicamente esas sustancias. La sangre de los animales y savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que



sirve para transportar los alimentos y desechar el material de desperdicio. El agua desempeña también un papel importante en la descomposición metabólica de moléculas tan esenciales como proteínas y carbohidratos (hidrólisis). Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura. (Arne et al, 1990).

### 4.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL RECURSO AGUA

La actividad agropecuaria es el principal consumidor de agua, ya que para la producción de los cultivos se requiere un suministro adecuado de agua. En la competencia por el agua, son los otros sectores y no el agrícola los que usualmente ganan. Los suministros de agua para las necesidades domésticas son los últimos en ser reducidos.

Definir los niveles en los cuales la escasez empieza y la abundancia termina es difícil. Países que tienen 10,000 m<sup>3</sup> de agua por persona por año o más tienen problemas de agua limitados; aquellos con 1679-10,000 m<sup>3</sup> tienen problemas generales; aquellos con 1000 – 1670 m<sup>3</sup> pueden ser considerados como “estrés de agua”; aquellos con 500-1000 m<sup>3</sup> sufren de escasez crónica de agua; y aquellos con menos de 500 m<sup>3</sup> de agua por persona por año están por encima de lo que Falkenmark llama la “barrera de agua” (Clarke, 1993).

De acuerdo a estimaciones del banco mundial, más de mil millones de habitantes en el mundo no tienen acceso a suministros de agua apta para consumo. Garantizar el suministro a esos millones de personas



requeriría una inversión cinco veces superior a la que se destina a este fin actualmente, es decir unos 50,000 millones de dólares al año. El abastecimiento de agua urbano cuesta unos 105 dólares por persona y la mitad en el medio rural, según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En 1990, veinte países sufrían escasez de agua. En 1996 ya eran veintiséis (230 millones de personas), según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). El número de países con problemas de agua puede elevarse a 41 en el año 2020. El programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) calcula que de aquí al año 2027, aproximadamente un tercio de los habitantes del mundo sufrirá escasez de agua.

En México, según la Comisión Nacional del Agua, la disponibilidad natural base media (escurrimiento superficial virgen medio, la disponibilidad natural base media escurrimiento superficial virgen medio + recarga total media de acuíferos) en 1999 fue de  $477,625 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ; la disponibilidad base media per cápita (escurrimiento superficial virgen medio + recarga media de acuíferos) / 95.8 millones de habitantes en 1998 fue de 4,986/habitante.

El aumento de la población provocará para el año 2020 en México que aumente la demanda de suministro de agua y por lo tanto de tratamiento de un 25% más, lo que requerirá de una inversión aproximada de cuatro mil 300 millones de dólares, a lo que tendrían que sumarse los gastos de operación al año calculados en 3 mil 190 millones de dólares.



([www.laneta.apc.org/emis/noticias/toxica99.html](http://www.laneta.apc.org/emis/noticias/toxica99.html))

En 1994, al menos 220 millones de ciudadanos urbanos se quedaron sin un acceso regular a la distribución del agua potable y casi el 90% de las aguas residuales de los países desarrollados continuaban sin tratar. Además, la mitad del agua potable en los países desarrollados simplemente se pierde, a pesar de los elevados costos de los procesos de potabilización.

#### **4.4 USO Y DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA REGIÓN LAGUNERA**

La rehabilitación del distrito de riego, iniciada en 1960, mejoró notablemente el aprovechamiento del recurso hídrico superficial; pero, al concluir la presa Francisco Zarco (1968) y terminar, aproximadamente en el año de 1972, el revestimiento de 550 km de canales principales y 3,400 km de canales secundarios generaron que la recarga ejercida por el río Nazas disminuyera notablemente (IMTA, 2000).

De acuerdo con el censo de aprovechamiento de 1999 realizado por la Gerencia de Aguas Subterráneas de la CNA en la Región Lagunera, se sabe que existen alrededor de 3577 pozos, de los cuales 59 son inactivos.

De los aprovechamientos activos, 2834, se estima un volumen de extracción de 1045.2 (Mm<sup>3</sup>/año) utilizados para fines agrícolas, 83 doméstico (9.2 Mm<sup>3</sup>/año), público urbano 349 (127.8 Mm<sup>3</sup>/año), 84 son



utilizados en actividades industriales (23.1 Mm<sup>3</sup>/año), 208 pecuarios (13.4 Mm<sup>3</sup>/año) y 19 (3.1 Mm<sup>3</sup>/año) para servicios; con lo cual, se explota un volumen del orden de 1221.8 Mm<sup>3</sup>/año; y la zona de mayor densidad de captaciones, corresponde a las porciones centro-suroeste de la comarca (CNA, 2002).

De acuerdo a la información existente en el Registro Publico de Derechos de agua (REPDA), el volumen concesionado de aguas subterráneas para este acuífero, al 30 de Abril de 2002, es de 701,834,604 m<sup>3</sup> (CNA, 2002).

La disponibilidad de agua subterránea es de -182 934 604 m<sup>3</sup> /año, por lo que la cifra indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones (CNA, 2002).

Cuadro1.- Esgurrimiento más Recarga y Usos de Agua en la Región

Lagunera.

AGUA SUPERFICIAL	AGUA SUBTERRANEA
<b>Esgurrimiento 1,672 Mm<sup>3</sup></b>	<b>Recarga</b>
Cuenca Río Nazas 1472 Mm <sup>3</sup> Cuenca Río Aguanabal 200 Mm <sup>3</sup>	Recarga anual 518 Mm <sup>3</sup> Extracción anual 1900 Mm <sup>3</sup>
<b>USOS</b>	<b>USOS</b>
Agropecuario 100% Publico urbano 0.0% Industrial 0.0% Otros 0.0%	Agrícola 86.0% Publico urbano 7.0% Industrial 4.0% Industrial 3.0%

CNA, 2000).



#### 4.5 USO DEL AGUA MUNICIPAL EN MÉXICO

Las ciudades reciben agua para diferentes fines: 1. Uso potable y culinario; 2. Lavado y baños; 3. Limpieza de ventanas, paredes y pisos; 4. Calefacción y acondicionamiento de aire; 5. Riego de prados y jardines; 6. Riego y lavado de calles; 7. Llenado de piscinas y estanques de vadeo; 8. Exhibición de fuentes y cascadas; 9. Generar energía hidráulica y de vapor; 10. Uso en numerosos y variados procesos industriales; 11. Protección de la vida y la propiedad contra incendios y 12. Eliminar desechos caseros perjudiciales y potencialmente peligrosos (aguas negras) y aguas residuales industriales (Fair, Gueyer y Okun, 1968).

#### 4.6 CONTAMINACIÓN DE AGUA

La contaminación del agua probablemente empezó con la fundación de las primeras ciudades, hace 7,000 años, en las orillas de los ríos Tigrís, Eufrates e Indus. Las ciudades utilizaron el agua de ríos, lagos y mares como vertederos para diluir y dispersar sus residuos.

Los desechos agrícolas, industriales y domésticos afectan en cierta forma la vida normal de un cuerpo de agua. Cuando la influencia es suficiente para hacer el agua inaceptable para su uso, se dice que está contaminada (Ammer, 1986).



## 4.7 LA CONTAMINACIÓN DE AGUA EN MÉXICO

Prácticamente todos los cuerpos de agua importantes enfrentan graves problemas de contaminación.

En las cuencas de los ríos Panuco, Lerma San Juan y balsas se recibe el 50% de las descargas de agua residual. Los acuíferos más contaminados se localizan en la Comarca Lagunera, valle de México, región del bajío y valle del mezquital. (CNA, 2002).

## 4.8 FUENTES DE CONTAMINACION DE AGUA

### 4.8.1 Fuentes puntuales

Las fuentes puntuales descargan contaminantes en sitios específicos a través de tuberías, acequias o alcantarillas a cuerpos de agua superficial, por ejemplos fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras (que retiran algunos, pero no todos los contaminantes), minas subterráneas de carbón activas ó abandonadas, minas de oro, pozos de petróleo fuera de costa y buque-tanques petroleros.

### 4.8.2 Fuentes no puntuales

Las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua superficial y subterránea sobre una área extensa y parte de la atmósfera donde los contaminantes son depositados en las aguas superficiales. Ejemplos pueden ser los vertidos de sustancias químicas en el agua superficial y la infiltración desde tierras de cultivo,



lotes de pastura para ganado, bosques talados, tierras urbanas y suburbanas, tanques sépticos, predios de construcción, sitios de estacionamiento, carreteras y la deposición ácida.

#### 4.9 PRINCIPALES CONTAMINANTES

Los principales contaminantes del agua son el agua residual y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua). Agentes infecciosos que causan las llamadas enfermedades hídricas.

Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas, que a su vez, interfieren con el uso a que se destina el agua y al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.

Productos químicos, incluyendo pesticidas, diversos productos industriales, sustancias tenso activas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.

El Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales minerales inorgánicos y compuestos químicos. Sedimentos formados por partículas de suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde tierras de cultivo, suelos sin protección, explotaciones mineras, 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 considerarse un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de fábricas y centrales energéticas cambian la temperatura del agua de la que se abastecen. (www.greenpeace.or.ar)

#### **4.10 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

El efecto de la contaminación del agua incluye los que afectan 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, llamada metahemoglobinemia infantil (Metcalf and Eddy, 1994).

El cadmio presente en el agua y procedente de vertidos industriales, 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 hígado y riñones. Desde tiempo atrás se conoce o sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, arsénico y plomo.

Lagos, charcas, lagunas y embalses, son especialmente vulnerables a contaminación. En este caso, el problema es la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece artificialmente 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, olor y un cúmulo de algas o verdín que puede resultar estéticamente poco agradable, así como un crecimiento denso de las plantas. El agotamiento del oxígeno en agua profunda 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. ([www.IIA:\Agua%20Residual.htm](http://www.IIA:\Agua%20Residual.htm)).

#### **4.11 FUENTES Y CONTROL**

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

La contaminación urbana está formada por el agua residual de hogares y establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en material que demanda 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.

Las características del agua residual industrial difieren bastante dependiendo del tipo de actividad que cada industria desarrolle. El impacto



de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar donde se generan dentro de la planta; el agua pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas en corrientes o cuerpos de agua.

La agricultura, ganadería estabulada (vacuno y porcino principalmente) y granjas avícolas, son fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua superficial y subterránea. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de residuos animales y fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y escorrentías. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaerobias, y toda una serie de métodos adicionales. ([www.//A:\Agua%20Residual.htm](http://www.//A:\Agua%20Residual.htm)).



#### 4.12 EL AGUA RESIDUAL

Agua residual, conjunto de agua que es contaminada durante su empleo en actividades realizadas por las personas.

El agua residual es considerada residuo que debido a la utilización que ha recibido el agua anteriormente, contiene un índice de contaminación suficientemente elevado para no poder ser vertida directamente al medio ambiente (ríos, pantanos, lagos, mares, etc.) sin recibir un tratamiento previo a su vertido.

El diario oficial de la federación (1991) citado por Islas (1993) define el agua negra municipal como aquella que resulta de la combinación del agua de desecho de casas habitación, fraccionamientos, áreas comerciales y servicios públicos o privados así como industrias, en el caso de que los procesos que se generen se localicen en centros de población y se viertan a un sistema de drenaje y alcantarillado operado por la autoridad competente u organismos autorizados para tal fin.

El agua residual municipal es aquella que resulta de la actividad de los habitantes de un núcleo urbano y que proviene frecuentemente de los baños y cocinas (Múgica y Figueroa, 1986).

Agua residual, líquido de composición variada proveniente de uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario, o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada que haya sufrido degradación o alteración en su calidad original (NOM-001-ECOL-1996).



El agua residual urbana proviene fundamentalmente de la utilización doméstica, pequeñas industrias y lluvia. La composición de esta agua puede ser muy variada según su origen, las impurezas que predominan pueden ser arenas, grasas, materia orgánica disuelta, materia inorgánica y microorganismos (Seoànez, 1990).

El agua residual doméstica resulta del uso de agua en viviendas e incluye el agua después de usarse y los materiales de desecho que se le añaden: heces, arena, residuos de cocina, agentes limpiadores para hogares, detergentes y jabones de lavandería, etc. (Enciclopedia of Environmental Science, 1980).

#### **4.13 ORIGEN DEL AGUA RESIDUAL**

**4.13.1 Agua Residual Doméstica ò Sanitaria.** Agua residual procedente de residencias y de instalaciones comerciales, institucionales y similares.

**4.13.2 Agua Residual industrial.** Agua residual en la cual predominan residuos industriales.

**4.13.3 Infiltración/escurrecimiento.** Agua que entra al sistema de alcantarillado a través de formas directas e indirectas. Infiltración, agua que entra al sistema de alcantarillado por fugas, grietas, roturas o



poros en las paredes. Esguurrimiento, agua que entra al sistema por el drenaje, tejados, drenaje de sótanos y cimientos.

**4.13.4 Agua de lluvia.** Esguurrimiento resultante de la precipitación y nevadas.

## 4.14 TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES

### 4.14 COMPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL

El término se refiere a la cantidad de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua residual. Los constituyentes como su cantidad varían con la hora del día, día de la semana, mes del año y otras condiciones locales (Metcalf and Eddy, 1994).

La composición del agua residual se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen determinación de contenido de sólidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en sedimentables y no sedimentables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y fijos materia inorgánica o mineral.



El agua residual se compone, de un 99,9% de agua en su estado conocido como agua potable y de, un 0,1% por peso de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0,1% referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada. (Encarta 2002).

#### **4.15 TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales contienen residuos procedentes de diferentes actividades por lo cual es necesario tratarlos antes de enterrarlos o devolverlos a los sistemas hídricos. En una depuradora, los residuos son sometidos a una serie de procesos físicos químicos y biológicos para reducir su volumen y toxicidad. Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases.

##### **4.15.1 Tratamiento primario**

Tratamiento que elimina gran porcentaje de sólidos en suspensión y materia inorgánica, e incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación.

##### **4.15.2 Tratamiento secundario**

Tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado, este trata de reducir el contenido en materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales.



### **4.15.3 Tratamiento terciario**

El tratamiento necesario cuando el agua va a ser reutilizada; elimina un 99% de los sólidos y además se emplean varios procesos químicos para garantizar que el agua esté libre de impurezas como sea posible. En este tratamiento se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costes operativos de una planta depuradora. (Fair, Gueyer y okun, 1968).

## **4.16 PROPIEDADES DEL AGUA RESIDUAL**

### **4.16.1 Propiedades físicas**

Estas propiedades son adquiridas en su mayor parte, según sea el contenido total de sólidos en sus diferentes variantes de materiales flotantes, sustancias coloidales y productos disueltos.

#### **4.16.1.1 Sólidos**

Los sólidos orgánicos y los sólidos inertes suspendidos, como limos y lodos de minas producen turbiedad que reducen la penetración de la luz e interfieren en la fotosíntesis.



#### 4.16.1.2 Color

La coloración indica de la concentración y composición de las aguas contaminadas, puede variar de gris a negro. En medida de que este es más intenso, la capacidad de absorción de la energía solar es mayor.

#### 4.16.1.3 Temperatura

La temperatura de los afluentes urbanos no plantea grandes problemas ya que oscila entre 10 y 20 °C; facilitando así el desarrollo de una fauna bacteriana y flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente tanto en verano como en invierno y en cualquier tipo de tratamiento biológico.

El aumento de la temperatura del agua, disminuye el contenido de oxígeno disuelto y hace a los organismos acuáticos más vulnerables a enfermedades, parásitos y sustancias químicas tóxicas.

La temperatura elevada en el agua es indicadora de actividad biológica, química y física en el agua. Lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos para el agua, así como en la evaluación limnológica de un cuerpo de agua por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de compuestos y contaminantes en el agua.

El valor de la temperatura es un criterio de calidad para protección de la vida acuática y las fuentes de abastecimiento de agua potable, es un parámetro establecido como límite máximo permitido en la descarga de



agua residual y una especificación de importancia en los cálculos de balance de energía y de calor en los procesos industriales. (NMX-AA-007-1997).

#### **4.16.1.4 Olor**

El olor causado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica es debido, sobre todo, a la presencia de ácido sulfhídrico, indol, escatoles, mercaptanos y otras sustancias volátiles. Es eliminado por aspersión del agua en los diferentes sistemas biológicos que se están tratando.

#### **4.16.1.5 Residuos y Sólidos Antiestéticos**

Los residuos incluyen trapos bolsas de plástico y otros objetos que se dejan ir por los escusados o que se resbalan por los desagües de lluvia en los lugares que aun están conectados al sistema de aguas residuales; y sólidos como arena y grava gruesas, que entran sobre todo por el alcantarillado.

La materia productora de espuma y el color, a un que no son perjudicial dan una apariencia indeseable a las corrientes de captación; se consideran como indicadores de la contaminación.



#### 4.16.2 Propiedades químicas

Las propiedades químicas del agua residual son proporcionadas por componentes que pueden ser agrupados en tres categorías, según su naturaleza: materia orgánica, compuestos orgánicos y componentes gaseosos. Estos componentes afectan algunos parámetros como son:

##### 4.16.2.1 pH

La mayoría de agua natural tiene un pH ligeramente básico debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. Un pH muy ácido o alcalino, puede ser inicio de una contaminación industrial.

(members.triod.com/arturobola/content.htm).

El valor de pH de las soluciones acuosas es de gran importancia en la industria para definir la calidad de las mismas. Este valor se requiere para calcular el índice de Langelier que permite evaluar la agresividad o el poder incrustante del agua.

El valor de pH es un parámetro regulado por límites máximos permisibles en descarga de agua residual al alcantarillado o a cuerpos receptores, también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, para contacto primario y consumo humano (NMX-AA-008-1997).



#### 4.16.2.2 Conductividad Eléctrica

La conductividad electrolítica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, concentración total, movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura.

La conductividad es un parámetro regulado por los límites máximos permisibles en descarga de agua residual al alcantarillado o a cuerpos receptores, también es un parámetro de calidad del agua para usos y actividades agrícolas, para el contacto primario y para consumo humano.

Las determinaciones de conductividad son de gran importancia pues dan una idea del grado de mineralización del agua natural, potable, residual, de proceso o bien del agua para ser usada en laboratorios en análisis de rutina o bien para trabajos de investigación (NMX-AA-093-1997).

#### 4.16.2.3 Cloruros

Los cloruros se encuentran en el agua natural provenientes de la desilusión de suelos y rocas que las contienen y que están en contacto con el agua, y en las regiones costeras de la intrusión del agua salada. Otra fuente de cloruros es la descarga de agua residual doméstica, agrícola e industrial en las aguas superficiales.



Las heces humanas contienen unos 6 g de cloruros en lugares donde la dureza del agua es elevada, los ablandadores de agua aportan grandes cantidades de cloruros. La infiltración del agua subterránea a las alcantarillas contiguas a aguas saladas es una fuente potencial de cloruros y sulfatos (Metcalf and Eddy).

El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentra en mayor cantidad en agua natural y residual, su presencia es necesaria en aguas potables.

Un alto contenido de cloruros en el agua para uso industrial puede causar corrosión en tuberías metálicas y en estructuras. Las altas concentraciones de cloruros en agua residual, cuando estas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deterioran, en forma importante la calidad del suelo y evita el crecimiento de plantas (NMX-AA-073-1997).

La máxima concentración permisible de cloruros en el agua potable es de 250 ppm especificada por el Public Health Service, este valor se estableció más por razones de sabor, que por razones sanitarias.

(members.triot.com/arturobola/content.htm).

#### **4.13.2.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de agua residual a una temperatura de 20 °C. Se expresa en mg de oxígeno por litro. Un valor DBO elevado indica un agua con mucha materia



orgánica. El subíndice cinco indica el número de días en los que se ha realizado la medida.

#### 4.16.2.5 Demanda Química de Oxígeno

Se entiende por Demanda Química de Oxígeno (DQO) como la cantidad de materia orgánica e inorgánica en un cuerpo de agua susceptible de ser oxidada por un oxidante fuerte (NMX-AA-030-1997).

En la mayoría de los casos la Demanda Química de Oxígeno (DQO) guarda una buena relación con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales.

([www.ceit.es/Asignaturas/ecología/Hipertexto/11CAgua/100CoAcu.htm](http://www.ceit.es/Asignaturas/ecología/Hipertexto/11CAgua/100CoAcu.htm)).

La DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la  $DBO_5$  porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DQO se usa para comprobar la carga orgánica del agua residual que, no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.



([www.monografias.com/trabajos5/anagua/anagua.shtml](http://www.monografias.com/trabajos5/anagua/anagua.shtml)).

#### 4.16.2.6 Nitratos

El nitrato es una de las formas de nitrógeno de mayor interés en aguas naturales y residuales, se presenta generalmente como traza en el agua superficial, pero puede alcanzar niveles elevados en aguas subterráneas.

El nitrato se encuentra sólo en pequeñas cantidades en agua residual doméstica, es un nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos, y en algunos casos ha sido identificado como el determinante de crecimiento.

Una concentración alta de nitratos es indicio de una etapa mayor de mineralización de los compuestos nitrogenados. En el agua de algunos pozos suele encontrarse cantidades apreciables de nitratos, lo que es objetable desde el punto de vista sanitario (NMX-AA-079-1997).

Los nitratos pueden variar en una concentración de 0-20 mg/l como N en afluente de agua residual con un intervalo de 15 a 20 mg/l como N. Las normas de agua potable USPHS limitan la concentración de nitrato a 45 mg/l debido a sus graves consecuencias y efectos fatales sobre los niños. En cantidades excesivas contribuye a la enfermedad conocida como metahemoglobinemia infantil. (Metcalf and Eddy, 1994).

Efluentes de agua residual descargada en agua superficial sin la adecuada dilución puede traer como consecuencia alta concentración de nitratos. Es probable que esto se presente solamente cuando el caudal es



bajo y recibe grandes cantidades de agua residual (Hammer, 1986)

La presencia de nitratos es muy importante cuando se aplican sistemas de vertido a suelos. Además, por la capacidad de eutrofización que desarrollan estos compuestos cuando aparecen en concentraciones elevadas en la parte superficial del suelo (Seoànez, 1997).

#### 4.16.2.7 Fósforo

Lewin (1973) documentó que en Alemania, Canadá (Legge et al, 1970), Suecia y en casi cualquier lugar llegó a ser muy estricta la legislación para limitar el uso de fosfatos y propusieron proyectos para su eliminación del agua residual.

Loehr (1968) citado por Dunne and Luna (1968) Reporta que las concentraciones de fosfatos disueltos tan altas como de 30 mg/l en el agua torrencial de un abrevadero.

Las formas comunes de fósforo en agua residual son ortofosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ), polifosfatos (polímeros de ácido fosfórico), y formas orgánicas. Los polifosfatos, tales como hexametafosfato gradualmente se hidrolizan en el agua a formas ortosolubles y la descomposición bacteriana de compuestos orgánicos libera ortofosfatos (Hammer, 1986).

El agua residual domestica es otro importante contribuyente de fósforo a los cauces, más de la mitad es aportado por detergentes en formas conocidas como fosfatos condensados en solución o sólidos.



El escurrimiento del agua torrencial de las áreas urbanas puede acarrear altas concentraciones de residuos orgánicos altos en fósforo a los cauces. Dunne and Luna (1998) citan que Silvestre (1961) da valores superiores de 1.4 mg/l para el fósforo total (promedio de 0.2 mg/l) y arriba de 0.7 mg/l para el fósforo soluble (promedio de 0.08 mg/l para el escurrimiento urbano).

El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales y aguas residuales como fosfatos. Éstos se clasifican como ortofosfatos, fosfatos condensados y compuestos organofosfatados. Estas formas de fosfatos provienen de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, etc. (NMX-AA-029-1997).

La contribución de fosfatos totales al aguas residuales domesticas es alrededor de 1.6 kg/persona/año, dando una concentración promedio de 10mg/l. El 30-50% de fósforo es de agua sanitaria mientras que el 50-70% restante es de compuestos fosfatados usados en detergentes domésticos (Hammer, 1986).

El fosfato en agua residual industrial es de poca significancia, puesto que se presenta acompañado de otros iones que están a más alta concentración. La eliminación de estos otros iones generalmente elimina el contenido de fósforo al mismo tiempo. Los polifosfatos son frecuentemente usados en la industria para evitar los problemas causados por la formación de sarro en boilers, calentadores, circuitos de enfriamiento y recientemente en plantas de desalinización (Lewin, 1973).



#### 4.16.2.8 Efectos Ecológicos del fósforo

El principal efecto del fósforo en agua residual es la eutrofización. Los resultados en lagos y presas son: excesivo crecimiento de algas causando reducción en la transparencia del agua, deplección de oxígeno disuelto, liberación de fétidos olores, pérdidas de las especies más sensibles y densos crecimientos de malezas acuáticas en bahías poco profundas (Hammer, 1986).

Generalmente se cree que una concentración de fósforo entre 0.01 y 0.1 mg/l es suficiente para promover una acelerada eutrofización. Los efluentes de plantas de tratamiento de aguas a menudo contienen de 5-10 mg/l de fósforo. El caudal de un río que atraviesa una región ganadera puede acarrear de 1-4 mg (Arne et al, 1990).

El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento de organismos, por lo que la descarga de fosfatos en cuerpos de agua puede estimular el crecimiento de macro micro organismos fotosintéticos en cantidades nocivas (NMX-AA-1997).

#### 4.16.2.9 Metales Pesados

Los metales pesados son aquellos que tienen una densidad por lo menos cinco veces más alta que la del agua (Enciclopedia of Environmental Science, 1980).

El gran diccionario del medio ambiente y contaminación (1986) define a los metales pesados como aquellos con densidad superior a 4.5



$\text{g/cm}^3$  son componentes contaminantes de primer orden.

Los elementos metálicos de alta gravedad específica como el antimonio, bismuto, cadmio, cobre, oro, plomo, mercurio, níquel, plata, aluminio y zinc son considerados como metales pesados (Portilla Y Zavala, 1990).

Los elementos pesados y los elementos traza son, en algunos casos, esenciales para el desarrollo, crecimiento de las plantas y microorganismos de los sistemas biológicos de tratamiento de agua. Sin embargo, a determinados niveles estos elementos esenciales se pueden convertir en tóxicos.

#### **4.16.2.10 Contaminación del agua con metales pesados**

Los metales tienen baja solubilidad y a menudo son movilizados para formar un complejo soluble con moléculas orgánicas o llegar a ser absorbidos por las partículas de arcilla.

Los metales pesados participan en la biosfera como "elementos traza" y son necesarios para el crecimiento de plantas y animales (Cannon and Hopps 1975, Maugh 1973) citados por Dunne and Luna (1998). Durante los últimos años la atención ha aumentado y ha sido enfocada a su impacto en la salud humana.

Cuando estos metales son liberados en el ambiente en concentraciones mayores o superiores a "las naturales" pueden ser altamente tóxicos y pueden causar grandes destrucciones de los



ecosistemas acuáticos y una disminución general de la eficiencia del agua para uso industrial y doméstico (Dunne and Luna, 1998).

En 1970, Barrí Componer, citado por Arne et al (1990), alertó a la nación del creciente problema de contaminación con mercurio en lagos, arroyos y aguas marinas. Componer encontró que es la manufactura de cloro y cal de las salmueras, el proceso de "Clor-álcali", como la principal fuente de contaminación de mercurio.

El arsénico, Cobre, Plomo y Cadmio son a menudo depositados en lagos y arroyos del aire de la vecindad de fundidoras no férricas. Estas sustancias son también constituyentes de drenaje de minas y vertidos industriales. Los vertidos de plantas eléctricas y refinerías de metales contienen una gran cantidad de metales pesados (Arne et al, 1990).

Los metales tales como el hierro, zinc, plomo, molibdeno y cobre son liberados en pequeñas cantidades por el intemperismo de las rocas (Dethier 1975 y Emmet 1975 citados por Luna 1998).

El 85% de los ríos cuyas aguas desembocan en el Mediterráneo están contaminados y las reservas de agua potable disminuyen en forma alarmante.

Los grandes centros industriales, agrícolas y ganaderos del litoral vierten cada año 120,000 toneladas de aceites minerales, 12,000 de sustancias orgánicas tóxicas, 60,000 de detergentes, 100 de mercurio, 3,600 de plomo, 2,400 de zinc, 320,000 de fósforo, y 800 de nitrógeno.



Además de miles de toneladas de contaminantes químicos, especialmente plaguicidas que son arrastrados desde puntos muy alejados por los vientos y que caen al mar con las lluvias.

([www.gencat.es/medioamb/cdmale-pubelac.htm](http://www.gencat.es/medioamb/cdmale-pubelac.htm)).

#### **4.16.2.11 Toxicidad**

El mecanismo de toxicidad es frecuentemente un daño a un sistema enzimático. Esto sucede cuando los iones metálicos se unen a la enzima y causa un cambio en su configuración tridimensional, dando como resultado un cambio o pérdida de la función catalítica específica.

Otro mecanismo de acción muy frecuente es el daño al ADN por la unión del metal, causando un daño genético por una interrupción de la transcripción por la incapacidad para producir proteínas específicas (especialmente enzimas), o por algún otro efecto tóxico.

#### **4.16.12 Condiciones de toxicidad**

La toxicidad de un metal depende de su ruta de administración del compuesto químico con el cual se une; de la forma química del compuesto; del ambiente químico y las diferencias en susceptibilidad entre individuos y poblaciones.

La toxicidad resulta cuando: 1) Una concentración excesiva se presenta en un organismo por un periodo de tiempo prolongado. 2) El metal se presenta en una forma bioquímica inusual, y 3) El metal se



presenta a un organismo por una vía inusual de entrada.

Los efectos en la salud humana de los metales en aguas naturales, potables y residuales pueden ir desde el intervalo de beneficios pasando por causante de problemas hasta tóxicos, esto es dependiendo de su concentración, por lo que su cuantificación en cuerpos de agua es importante.

Algunos metales son esenciales, otros pueden afectar adversamente a los consumidores de agua, sistemas de tratamiento de agua residual y cuerpos receptores de agua (PROY-NMX-AA-051-1999-SCFI).

#### 4.16.3 Propiedades biológicas

El componente biológico es básico en el agua residual por su capacidad metabólica y su potencialidad de transformación de los restos químicos, orgánicos y físicos.

El compuesto orgánico del agua residual es un medio de cultivo que permite el desarrollo de los microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos y algas que cierran los ciclos biogeoquímicos de elementos como el azufre, el carbono, el nitrógeno o el fósforo, entrando frecuentemente en competencia eliminando los elementos microbios patógenos que se encuentran en el medio.

La presencia de determinados virus, los cuales en muy baja proporción respecto a bacterias y microorganismos en general, presenta



enorme peligrosidad desde el punto de vista sanitario. Se han detectado unos 100 serotipos diferentes en las excretas humanas y su actuación depende del tipo de virus.

Los patógenos que prosperan en los ambientes acuáticos pueden provocar cólera, fiebre, tifoidea, disentería, poliomielitis, hepatitis y salmonelosis.

#### **4.16.3.1 Coliformes fecales**

Grupo de bacterias aerobias y facultativamente anaerobias, negativas, no esporulantes, fermentadoras de lactosa y habitantes típicos del intestino grueso humano y animal. Muchas de ellas no son capaces de reproducirse fuera del intestino, por lo que sirven de indicadores de la contaminación por aguas fecales. Algunos organismos coliformes son patógenos.

Los coliformes fecales son transmisores de enfermedades humanas comúnmente conocidas como enfermedades hídricas.

#### **4.16.2 Huevos de helminto**

Termino designado a un amplio grupo de organismos que incluye a todos los gusanos parásitos de humanos, animales, vegetales y de vida libre y tamaños variados, es un indicador de la contaminación biológica del agua, organismos resistentes a su inactivación por medio de tratamientos convencionales de aguas residuales. ([www. file:\Agua%20residual.htm](http://www.file:\Agua%20residual.htm)).



Cuadro 2.- Enfermedades más comunes causadas por

microorganismos.

Tipo de Microorganismos	Enfermedad	Síntomas	Observaciones
<b>Bacterias</b>	Cólera	Diarreas y vómitos intensos. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente	Cada año se registran 16 millones de casos y 120,000 defunciones en países en vías de desarrollo.
	Tifus	Fiebres, diarreas y vómitos. Inflamación del bazo y del intestino	Raras en los países industrializados.
	Disentería	Diarrea. Raramente es mortal en adultos, pero produce la muerte de muchos niños en países poco desarrollados.	
	Gastroenteritis	Nauseas y vómitos. Dolor en el digestivo. Poco riesgo de muerte.	10,000 personas (OMS)
	Fiebre Tifoidea	Diarrea, vomito severo, vaso crecido, intestino inflamado; a menudo es mortal si no se trata.	En 1988, se contabilizaron tres millones y medio de casos y 120,000 afectados en 1995
	Enteritis	Dolor estomacal severo, nauseas vomito, rara mente es mortal.	Fiebre
<b>Virus</b>	Hepatitis Infecciosa	Fiebre dolor de cabeza, perdidas de apetito, dolor abdominal, hígado crecido; rara vez es mortal, pero puede causar daño en el hígado.	



Continuación del cuadro 2

Tipo de Microorganismos	Enfermedad	Síntomas	Observaciones
<b>Virus</b>	Poliomielitis	Dolores musculares intensos, debilidad, temblores, parálisis y puede ser mortal.	
<b>Protozoos</b>	Disentería amebiana	Diarrea severa, escalofríos y fiebre. Puede ser grave si no se trata.	
	Giardiasis	Diarrea, dolores abdominales y pérdida de peso	Cada año se registran unos 500,000 nuevos casos, la mayoría en niños.
<b>Gusanos</b>	Esquistosomiasis	Dolor abdominal, erupción de la piel, anemia, fatiga crónica y mala salud crónica general.	Mata cada año a unas 20,000 personas (OMS).
	Dracunculosis	Enormes dolores, además ampollas y úlceras que suelen ir acompañadas de fiebre, náuseas y vómitos	En 1986 se contabilizaron tres millones y medio de casos y 120,000 detectados en 1995

(Tyler, 1994).



## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Localización geográfica

La planta tratadora de agua residual de la UTT se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la misma en el Km. 10 de la Carretera Torreón – Matamoros en terrenos del Ejido “El Águila”, Municipio de Torreón, Coahuila. La nomenclatura para esta localidad es la N° 56 del municipio N° 35 y el distrito de riego N° 06 del Estado de Coahuila.

La Universidad se localiza a una latitud norte de 25°31'52" y a una longitud oeste de 103°20'15" con una altura sobre el nivel del mar de 1,110 msnm. La planta tratadora de agua residual fue instalada en el límite oriente y centro del campus de la Universidad Tecnológica de Torreón.

### 5.2 Proceso de tratamiento

Actualmente la Universidad cuenta con el 44% de construcción del total de sus Instalaciones; 3 laboratorios Pesados, 2 Edificios de Docencia, 1 Edificio de Vinculación, 1 Biblioteca y una Cafetería, en las cuales diariamente se desenvuelven aproximadamente 1,200 personas incluyendo personal administrativo, docente, manual y universitario.

Todos los edificios están interconectados a una red de drenaje que inicia en la cafetería y termina en el edificio de la biblioteca. Las fosas en las cuales se capta el agua residual generada, realizan las siguientes funciones. La primera sirve como captadora de sólidos y mediante decantación pasa a la segunda fosa en la cual se precipitan hacia el fondo



los sólidos suspendidos que logran pasar la primera fosa, de ahí el agua fluye hacia los tanques tratadores con una capacidad total de 10,000 litros y una capacidad de tratamiento de 5,000 litros diarios por cada tanque.

La planta tratadora esta constituida por 4 tanques de tratamiento y uno de almacenamiento de igual capacidad. Cuando el tanque de Almacenamiento alcanza el nivel de rebombeo, él líquido fluye en forma automática hacia la cisterna de aireación continua, en la cual permanece durante 24 horas. La cantidad de agua residual recibida de los edificios, varía de 8,000 a 18,000 litros diarios durante 6 días de la semana, el día de captación mínima es el sábado y el de máxima captación es el lunes. El edificio de máximo consumo de agua potable es la instalación dedicada a la cafetería, con 5,000 litros diarios aproximadamente y el edificio del mínimo consumo de agua potable es la instalación del área de vinculación, con 1,500 litros diarios aproximadamente.

Al momento de pasar por los tanques tratadores y antes del tanque de almacenamiento existe una cámara de cloración, en dicha cámara la cloración se realiza mediante el contacto del agua con pastillas de cloro de 1" x 3". En la cisterna de almacenamiento se aplica hipoclorito de calcio a razón de 1.5 Kg por cada 20,000 lts tratados de agua residual, para complementar el proceso de desinfección.

Cuando el agua se ha aireado durante 24 horas continuas se activa el riego presurizado hacia el área verde de los pastos de la Universidad ahí termina el proceso de tratamiento de agua residual aplicada al pasto.

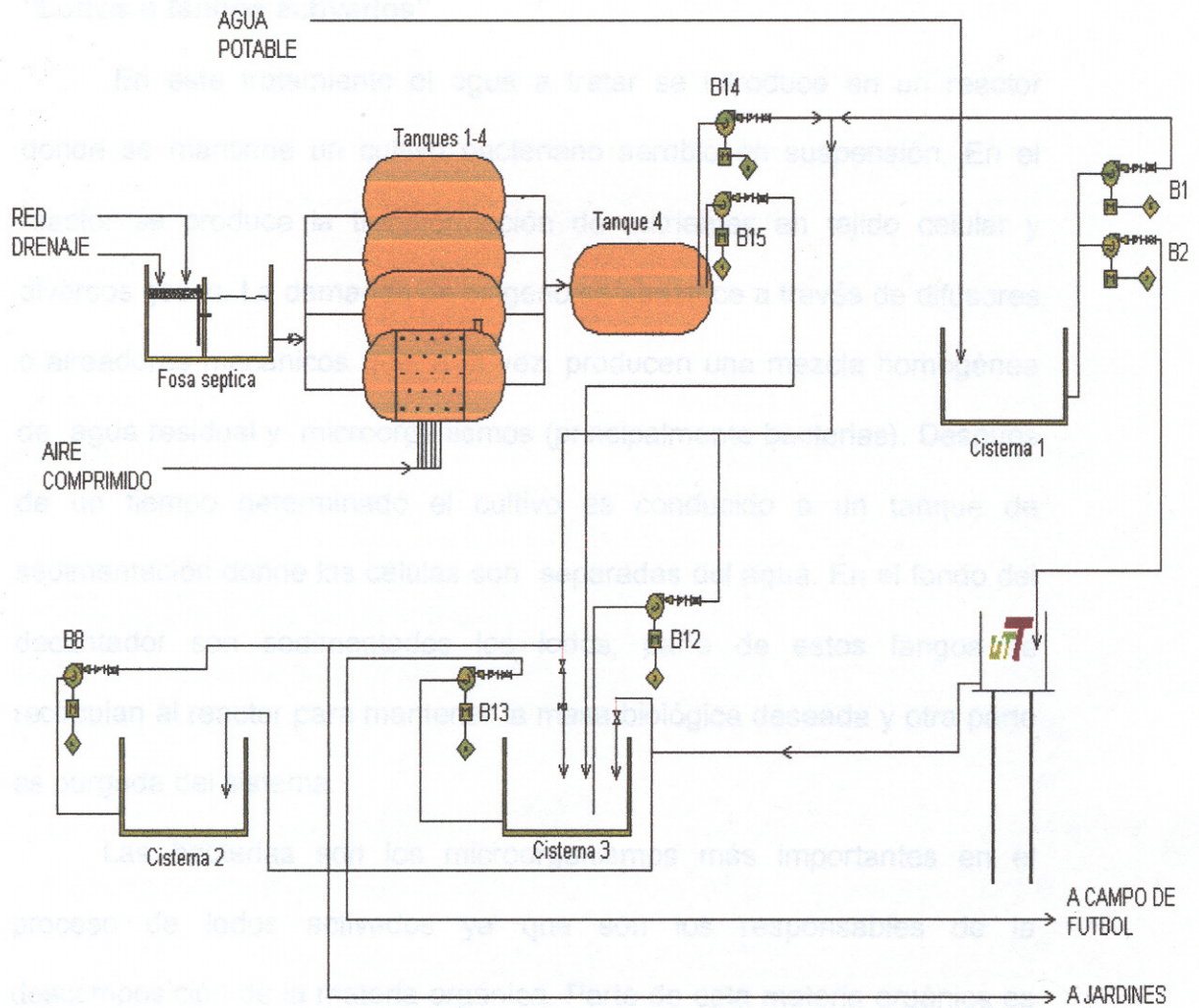


Cuadro 3.- Métodos utilizados en el análisis de los veinte parámetros

PH	<b>Método Potenciométrico</b>
Temperatura (° C)	<b>Método visual con Termómetro</b>
Materia Flotante	<b>Método Visual con Malla Específica</b>
Sólidos Sedimentables (mg/l)	<b>Método del Cono de Imhoff</b>
Grasas y Aceites (mg/l)	<b>Método de Extracción Soxhlet</b>
Sólidos suspendidos Totales (mg/l)	<b>Método Gravimétrico</b>
DBO (mg/l)	<b>Método de incubación por Diluciones</b>
Nitrógeno Total (mg/l)	<b>Método Kieldahl</b>
Fósforo Total (mg/l)	<b>Métodos Espectrofotométricos</b>
Coniformes F. (nmp/100 ml)	<b>Método de Tubos Múltiples de Fermentación</b>
Huevos de Helmintos (huevos/1)	<b>Método difásico y de Flotación</b>
Arsénico (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>
Cadmio (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>
Cianuros (mg/l)	<b>Método Calorimétrico y Titulométrico</b>
Cobre (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>
Cromo Total (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>
Mercurio (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>
Níquel (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>
Plomo (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>
Zinc (mg/l)	<b>Método Espectrofotométricos de Absorción Atómica</b>



Figura 3.- Diagrama de flujo de la planta tratadora de agua residual de la Universidad Tecnológica de Torreón





### 5.3 Tipo de tratamiento

#### “Lodos o fangos activados”

En este tratamiento el agua a tratar se introduce en un reactor donde se mantiene un cultivo bacteriano aerobio en suspensión. En el reactor se produce la transformación de nutrientes en tejido celular y diversos gases. La demanda de oxígeno se abastece a través de difusores o aireadores mecánicos que, a la vez, producen una mezcla homogénea de agua residual y microorganismos (principalmente bacterias). Después de un tiempo determinado el cultivo es conducido a un tanque de sedimentación donde las células son separadas del agua. En el fondo del decantador son sedimentados los lodos; parte de estos fangos se recirculan al reactor para mantener la masa biológica deseada y otra parte es purgada del sistema.

Las bacterias son los microorganismos más importantes en el *proceso de lodos activados* ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Parte de esta materia orgánica es usada por las bacterias con el fin de obtener energía. Otros microorganismos actúan como depuradores de los efluentes, *consumiendo las bacterias que no han floculado o bien consumiendo cualquier partícula biológica que no haya sedimentado.*

El tiempo de retención es el responsable de una buena *sedimentación de las partículas biológicas.*



## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 4.- Resumen de resultados de veinte parámetros analizados en el agua residual tratada de la Universidad Tecnológica, Torreón, 2005.

Descarga	H2O Tratada	Max.P.nom-001, uso recreativo
PH	7.70	DE 5.0 A 10.0
Temperatura (°C)	31.7	40
Material Flotante	Ausente	Ausencia
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0	2.0
Grasas y Aceites (mg/l)	8.99	25.0
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	52.00	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno(mg/l)	143.87	150
Nitrógeno Total (mg/l)	179.02	N.A
Fósforo Total (mg/l)	7.68	N.A
Coliformes Fecales (nmp/100ml)	40.00	2,000.0
Huevos de Helminto (huevos 1)	N.D.	1.0
Arsénico total (mg/l)	<0.0012	0.4
Cadmio (mg/l)	<0.005	0.4
Cianuros (mg/l)	<0.0094	3.0
Cobre Total (mg/l)	<0.00545	6.0
Cromo Total (mg/l)	<0.026	1.5
Mercurio Total (mg/l)	<0.0005	0.02
Níquel Total (mg/l)	<0.0331	4.0
Plomo Total (mg/l)	<0.2557	1.0
Zinc Total (mg/l)	0.1080	20.0



## **pH**

El pH de la muestra analizada del agua residual tratada de la Universidad indica que el valor de pH obtenido es de 7.70 valor que se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos que marca la NOM-001-ECOL-1996, para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **TEMPERATURA**

La temperatura del agua residual tratada de la Universidad según el análisis realizado dio un valor de 31.7 °C valor que se ubica dentro de los límites permisibles establecidos en la norma para el riego de áreas recreativas.

## **MATERIA FLOTANTE:**

El análisis de la muestra obtenida del agua residual tratada, en la planta de la Universidad no detectó materia flotante por lo cual dicha agua esta dentro de los límites permisibles establecidos en la norma para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **SÓLIDOS SEDIMENTABLES**

En el análisis de sólidos sedimentables presentes en el agua residual tratada de la Universidad se reporto un valor de 10.0 ml/l el cual se encuentra fuera de los límites permisibles establecidos en la norma



para su uso en el riego de áreas recreativas.

En virtud de lo cual fue necesario muestrear nuevamente el agua residual tratada para determinar el valor de sólidos sedimentables y verificar el valor obtenido. La determinación de sólidos sedimentables se determino nuevamente utilizando el cono de Imhoff, en un tiempo de 60 minutos. Adicionalmente, se realizaron determinaciones a 14 y 24 horas obteniéndose valores de 1.0 ml/l, 1.40 ml/l y 1.90 ml/l respectivamente. Valores que se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la NOM-001-ECOL-1996. Estos resultados nos indican que el tiempo de sedimentación que se esta aplicando es adecuado para la eliminación de los sólidos sedimentables del agua residual generada en la Universidad, y que probablemente el valor obtenido inicialmente fue un error al transcribir el resultado del análisis al reporte ya que probablemente en lugar de 1 ml/l se reporto 10 ml/l.

## **GRASAS Y ACEITES**

Según resultado de la muestra analizada al agua residual tratada en la planta de la Universidad el contenido de grasa y aceite fue de 8.99 mg/l, valor que está dentro de los límites permisibles para su uso en el riego de áreas verdes según lo establecido en la norma.



## **SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

El análisis de sólidos suspendidos totales presentes en el agua residual tratada de la Universidad presentó un valor de 52.00 mg/l, valor ubicado dentro de los límites permisibles para su uso en el riego de áreas recreativas según lo establecido en la norma.

## **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

Según resultados del análisis de la muestra de agua residual tratada de la Universidad alcanzo un valor de 143.87 mg/l valor que se encuentra dentro de los límites permisibles para su uso en el riego de áreas recreativas según lo establecido en la norma.

## **NITROGENO**

El análisis de contenido de nitrógeno total en el agua tratada en la planta de la Universidad registró un valor de 179.02 mg/l, parámetro que no aplica (N.A) para su uso en áreas recreativas, por lo tanto esta dentro de los limites permisibles según lo establecido en la norma.

## **FÓSFORO**

El análisis de agua residual tratada de la UTT registró un valor de 7.68 mg/l de fósforo total, por lo cual no aplica (N.A) para su uso en áreas recreativas y se considera dentro de los límites permisibles según lo establecido en la norma.



## **COLIFORMES FECALES**

La norma establece límites para la deposición del agua residual tratada en los cuerpo receptores que varía de 1,000 y 2,000 como numero mas probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml. El valor de coliformes fecales contenido en el agua tratada de la Universidad según resultados del análisis fue de 40.0 (NMP/100 ml) valor que se encuentra dentro de los límites permisibles para su uso en áreas recreativas.

## **HUEVOS DE HELMINTO**

El valor de este indicador en el agua tratada de la Universidad no fue detectado (ND) por lo cual dicha agua según la norma puede ser utilizada en el riego de áreas recreativas.

## **METALES PESADOS**

Los resultados del análisis de metales pesados analizados en el agua residual tratada de la Universidad son los que a continuación se presentan:

### **ARSÉNICO**

El nivel de arsénico total encontrado en el análisis del agua residual tratada de la Universidad fue  $<0.0012$  mg/l valor que se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por la norma, por lo cual no existe restricción para su uso en el riego de áreas recreativas.



## **CADMIO**

El nivel de cadmio presente en el agua residual tratada de la Universidad fue  $<0.005$  mg/l por lo cual se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por la norma no existiendo limitación para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **NIQUEL**

Los resultados del análisis de mercurio realizado al agua residual tratada de la Universidad fue  $<0.0094$  mg/l valor dentro de los límites permisibles establecidos por la norma para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **COBRE**

Los resultados de análisis de cobre total realizado al agua residual tratada de la Universidad fue  $<0.00545$  mg/l valor dentro de los límites permisibles establecidos por la norma para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **CROMO**

El análisis de cromo total realizado al agua residual tratada de la Universidad, encontró  $<0.026$  mg/l valor dentro de los límites permisibles establecido por la norma para su uso en el riego de áreas recreativas.



## **MERCURIO**

El nivel de mercurio total detectado en el agua residual de la Universidad, fue  $<0.0005$  mg/l valor dentro de los límites permisibles establecidos por la norma para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **NIQUEL**

El nivel de níquel encontrado en el agua residual de la Universidad, fue  $<0.0331$  mg/l valor que esta dentro de los límites permisibles establecidos por la norma para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **PLOMO**

El valor de plomo total encontrado en agua residual tratada de la Universidad fue  $<0.2557$  mg/l, el cual se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por la norma para su uso en el riego de áreas recreativas.

## **ZINC**

El nivel de zinc total encontrado en el análisis del agua residual tratada de la Universidad fue  $0.1080$  mg/l, valor dentro de los límites permisibles establecidos por la norma, no existiendo limitación para su uso en el riego de áreas recreativas.



## VII. CONCLUSIONES

En base a los valores obtenidos en los diferentes parámetros físicos evaluados los cuales se ubican dentro de los límites permisibles establecidos por la NOM-001-ECOL-1996, el agua tratada puede ser utilizada en el riego de áreas recreativas.

Los parámetros químicos que establece la NOM-001-ECOL-1996 para el agua residual tratada, se cumplieron satisfactoriamente al ubicarse dentro de los límites permisibles establecidos, para su uso en el riego de áreas recreativas.

Los parámetros biológicos para el agua residual tratada establecidos por la NOM-001-ECOL-1996, para su uso en el riego de áreas recreativas fueron cumplidos satisfactoriamente al ubicarse los valores obtenidos dentro de los límites establecidos.

Los tratamientos considerados en la planta paquete se consideran adecuados ya que los valores obtenidos en los parámetros evaluados en el agua residual tratada cumplieron con los límites establecidos por la NOM-001-ECOL-1996, para el riego de áreas recreativas.



## VIII. RECOMENDACIONES

Para obtener una mayor eficiencia en el proceso de tratamiento del agua residual se recomienda que se respete el tiempo indicado que establece el manual de operación de la planta paquete.



## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Arne, Vesilind; d. Jeffery, price; f.Weiner, Ruth.**1990 Enviromental Pollution And Contol.Thirt edition.Butterworth-heine mann.
- Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta®** 2002.
- Clarke, Robin.** 1993. Water the international crisis. The MIT press Cambridge. Massachusetts.
- CNA 2002.** Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Principal, Estados de Durango y Coahuila. Comisión Nacional del Agua – Gerencia de Aguas Subterráneas – Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. México, D.F.
- CNA, 2000.** Región VII de Cuencas Centrales del Norte de la Comisión Nacional del Agua. (Revisado el 14 de Octubre de 2004). [En línea]  
[http://www.cna.gob.mx/publicaciones/PNH0106/EI\\_agua\\_recurso\\_4.pdf](http://www.cna.gob.mx/publicaciones/PNH0106/EI_agua_recurso_4.pdf)
- Dunne, Thomas and Luna B. Leopold.**1998. water in Environmental .planning.Fifteenth printing.wit.Freeman and Company. New York.



- El Gran Diccionario del medio ambiente y de la Contaminación** 1996. Mundi-  
 prensa Condiciones. Seoànez calvo, Mariano. Madrid, España.
- Encyclopedia of Environmental Science.** Mc. Graw-Hill Book Company second  
 edition. Sybil p. Parker Editor in Chief. Philippines, 1980.
- Fair, Gaeyer y Okun.**1968. Abastecimiento de aguas y remoción de aguas  
 residuales. Primera edición. Editorial Limusa S.A.
- Hammer, Mark.** 1986. water and wastewater Technology. second edition.  
 Prentice hall, Englewood cliffs.New jersey.
- IMTA, 2000.** Sistema de Recarga Artificial en el Acuífero Principal de la Comarca  
 Lagunera.
- Islas Rivera Socorro.**1993. Respuesta y calidad de la Lechuga (*Lactuca sativa*  
 L.) al Riego con Aguas Negras. Tesis Profesional. UAAAN, Buenavista  
 Saltillo Coahuila.
- Lewin, Valentin. Phrosphorus.** in Fresh water and the Marine Environmental.  
 Water Research. The journal of the International Association on Water  
 pollution Research. Volume 7 numbers 1-4 1973. 11- 13 April 1972.  
 University Collage London. Pergaman Press.



**Metcalf and Eddy.** 1994. Ingeniería tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Segunda edición. Traducción de Juan de Dios Trillo M. Editorial Labor. S.A. México.

**Mujica Álvarez Videta; Figueroa Lara, Jesús.**1986. Contaminación Ambiental causas y control. Primera edición. Universidad Autónoma metropolitana México.

**NMX-AA-029-1997 ANALISIS DE AGUAS.** Determinación de fósforo total en Aguas Naturales y residuales.

**Norma Mexicana NMX-AA-007-1997** Determinación de la temperatura en Aguas Naturales y residuales.

**Norma Mexicana NMX-AA-008-1997** Agua. Determinación del pH. en Aguas Naturales, Potables y Residuales.

**Norma Mexicana NMX-AA-030-1997** Análisis de Agua-Demanda química de Oxígeno en Aguas naturales y Residuales.

**Norma Mexicana NMX-AA-073-1997** Análisis de Agua-Determinación de Cloruros Totales en aguas Naturales y Residuales.



**Norma Mexicana NMX-AA-079-1997** Análisis de Agua-determinación de Nitratos en aguas Naturales, potables y Residuales.

**Norma Mexicana NMX-AA-093-1997** Análisis de Agua-Determinación de la Conductividad Electrolítica.

**Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996** Que establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas Residuales en Aguas i Bienes Nacionales.

**Portilla Gutiérrez, Enrique; Alejandro Zavala Hurtado.**1990.Oikos. Un diccionario de Ecología. Primera edición, México, 1990.

**Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-051-1999-SCFI** análisis de Agua-Determinación de Metales por absorción Atómica en Aguas Naturales, Potables y Residuales.

**Seoánes Calvo, Mariano.** 1990. Ingeniería del Medio Ambiente aplicada al medio natural continental. Segunda edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España.

**Seoánes Calvo, Mariano.**1997. Ingeniería del Medio Ambiente Aplicada Casos prácticos. Ediciones Mundi Prensa. España.



**Tyler G. Miller.1994.** Ecología, Medio Ambiente. Séptima edición. Grupo editorial iberoamericana S.A. de C.V. México.

[www.file:\Agua%20residual.htm](http://www.file:\Agua%20residual.htm)

[www.gencat.es/medioamb/cdmale-pubelac.htm](http://www.gencat.es/medioamb/cdmale-pubelac.htm).

[www.laneta.apc.org/emis/noticias/toxica99.html](http://www.laneta.apc.org/emis/noticias/toxica99.html)

[www.members.Triod.com/arturobola/content.htm](http://www.members.Triod.com/arturobola/content.htm)

[www.monografias.com/trabajos5/anaqua.shtml](http://www.monografias.com/trabajos5/anaqua.shtml)

[www1.ceit.es/Asignaturas/ecologia/Hipertexto/11cAgua/100CoAcu.htm](http://www1.ceit.es/Asignaturas/ecologia/Hipertexto/11cAgua/100CoAcu.htm)

#### CONSIDERANDO

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 24 de junio de 1996, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en avenida Revolución 1425, mazaninina planta alta, colonia Tlacopac, código postal 06445 de esta ciudad.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del ordenamiento legal citado, se dio a la disposición del público los documentos a que se refiere el presente.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, resultando las modificaciones procedentes a dicha Norma; las



## X. APÉNDICE A

### **01-06-97 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 32 Bis fracciones I, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 85, 86 fracciones I, III y VII, 92 fracciones II y IV y 119 de la Ley de Aguas Nacionales; 5o. fracciones VIII y XV, 8o. fracciones II y VII, 36, 37, 117, 118 fracción II, 119 fracción I inciso a), 123, 171 y 173 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 45, 46 fracción II y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, he tenido a bien expedir la siguiente Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales; y

#### **CONSIDERANDO**

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 24 de junio de 1996, a fin de que los interesados en un plazo de 90 días naturales presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en avenida Revolución 1425, mezaninne planta alta, colonia Tlacopac, código postal 01040, de esta ciudad.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45 del ordenamiento legal citado, estuvieron a disposición del público los documentos a que se refiere dicho precepto.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados fueron analizados en el seno del citado Comité, realizándose las modificaciones procedentes a dicha Norma; las



respuestas a los comentarios de referencia fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 24 de diciembre de 1996. Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 30 de octubre de 1996, aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES.

## ÍNDICE

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Métodos de prueba
6. Verificación
7. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
8. Bibliografía
9. Observancia de esta Norma
10. Transitorio
11. Anexo I

### 1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas.

Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes pluviales independientes.

### 2. Referencias

Norma Mexicana NMX-AA-003 Aguas residuales - Muestreo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-004 Aguas - Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 1977.

Norma Mexicana NMX-AA-005 Aguas - Determinación de grasas y aceites - Método de extracción soxhlet, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-006 Aguas - Determinación de materia flotante - Método visual con malla específica, publicada en el Diario Oficial



de la Federación el 5 de diciembre de 1973.

Norma Mexicana NMX-AA-007 Aguas - Determinación de la temperatura - Método visual con termómetro, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de julio de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-008 Aguas - Determinación de pH - Método potenciométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de marzo de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-026 Aguas - Determinación de nitrógeno total - Método Kjeldahl, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 1980.

Norma Mexicana NMX-AA-028 Aguas - Determinación de demanda bioquímica de oxígeno - Método de incubación por diluciones, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-029 Aguas - Determinación de fósforo total - Métodos espectrofotométricos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de octubre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-034 Aguas - Determinación de sólidos en agua - Método gravimétrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-042 Aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y fecales - Método de tubos múltiples de fermentación, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de junio de 1987.

Norma Mexicana NMX-AA-046 Aguas - Determinación de arsénico en agua - Método espectrofotométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-051 Aguas - Determinación de metales - Método espectrofotométrico de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de febrero de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-057 Aguas - Determinación de plomo - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de septiembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-058 Aguas - Determinación de cianuros - Método colorimétrico y titulométrico, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de diciembre de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-060 Aguas - Determinación de cadmio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de abril de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-064 Aguas - Determinación de mercurio - Método de la ditizona, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de marzo de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-066 Aguas - Determinación de cobre - Método de la neocuproína, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de noviembre de 1981.

Norma Mexicana NMX-AA-078 Aguas - Determinación de zinc - Métodos colorimétricos de la ditizona I, la ditizona II y espectrofotometría de absorción atómica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12



de julio de 1982.

Norma Mexicana NMX-AA-079 Aguas Residuales - Determinación de nitrógeno de nitratos (Brucina), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de abril de 1986.

Norma Mexicana NMX-AA-099 - Determinación de nitrógeno de nitritos - Agua potable, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de febrero de 1987.

### **3. Definiciones**

#### **3.1. Aguas costeras**

Son las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional; así como las aguas marinas interiores, las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar.

#### **3.2. Aguas nacionales**

Las aguas propiedad de la Nación, en los términos del párrafo quinto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

#### **3.3. Aguas residuales**

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

#### **3.4. Aguas pluviales**

Aquéllas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

#### **3.5. Bienes nacionales**

Son los bienes cuya administración está a cargo de la Comisión Nacional del Agua en términos del artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales.

#### **3.6. Carga contaminante**

Cantidad de un contaminante expresado en unidades de masa por unidad de tiempo, aportada en una descarga de aguas residuales.

#### **3.7. Condiciones particulares de descarga**

El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por la Comisión Nacional del Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para un cuerpo receptor específico, con el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento.

#### **3.8. Contaminantes básicos**



Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno<sup>5</sup>, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

### **3.9. Contaminantes patógenos y parasitarios**

Son aquellos microorganismos, quistes y huevos de parásitos que pueden estar presentes en las aguas residuales y que representan un riesgo a la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los coliformes fecales y los huevos de helminto.

### **3.10. Cuerpo receptor**

Son las corrientes, depósitos naturales de agua, presas, cauces, zonas marinas o bienes nacionales donde se descargan aguas residuales, así como los terrenos en donde se infiltran o inyectan dichas aguas cuando puedan contaminar el suelo o los acuíferos.

### **3.11. Descarga**

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

### **3.12. Embalse artificial**

Vaso de formación artificial que se origina por la construcción de un bordo o cortina y que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

### **3.13. Embalse natural**

Vaso de formación natural que es alimentado por uno o varios ríos o agua subterránea o pluvial.

### **3.14. Estuario**

Es el tramo del curso de agua bajo la influencia de las mareas que se extiende desde la línea de costa hasta el punto donde la concentración de cloruros en el agua es de 250 mg/l.

### **3.15. Humedales naturales**

Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia



permanente o estacional; las áreas donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos, originadas por la descarga natural de acuíferos.

### 3.16. Límite máximo permisible

Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

### 3.17. Metales pesados y cianuros

Son aquéllos que, en concentraciones por encima de determinados límites, pueden producir efectos negativos en la salud humana, flora o fauna. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: arsénico, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y cianuros.

### 3.18. Muestra compuesta

La que resulta de mezclar el número de muestras simples, según lo indicado en la Tabla 1. Para conformar la muestra compuesta, el volumen de cada una de las muestras simples deberá ser proporcional al caudal de la descarga en el momento de su toma.

TABLA 1  
FRECUENCIA DE MUESTREO

	HORAS POR DIA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NUMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)
	MINIMO	MAXIMO	
Menor que 4	mínimo 2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

### 3.19. Muestra simple

La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación que refleje cuantitativa y cualitativamente él o los procesos más representativos de las actividades que generan la descarga, durante el tiempo necesario para completar cuando menos, un volumen suficiente para que se lleven a cabo los análisis necesarios para conocer su composición, aforando el caudal descargado en el sitio y en el momento del muestreo.

El volumen de cada muestra simple necesario para formar la muestra compuesta se determina mediante la siguiente ecuación:



$$VMSi = VMC \times (Qi / Qt)$$

Donde:

**VMSi** = volumen de cada una de las muestras simples "i", litros.

**VMC** = volumen de la muestra compuesta necesario para realizar la totalidad de los análisis de laboratorio requeridos, litros.

**Qi** = caudal medido en la descarga en el momento de tomar la muestra simple, litros por segundo.

**Qt** = Qi hasta Qn, litros por segundo.

### 3.20. Parámetro

Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

### 3.21. Promedio diario (P.D.)

Es el valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso del parámetro grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta. Las unidades de pH no deberán estar fuera del rango permisible, en ninguna de las muestras simples.

### 3.22. Promedio mensual (P.M.)

Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas (Promedio diario).

### 3.23. Riego no restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas en forma ilimitada como forrajes, granos, frutas, legumbres y verduras.

### 3.24. Riego restringido

La utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas.

### 3.25. Río

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

### 3.26. Suelo

Cuerpo receptor de descargas de aguas residuales que se utiliza para actividades agrícolas.

### 3.27. Tratamiento convencional

Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas



residuales.

### **3.28. Uso en riego agrícola**

La utilización del agua destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

### **3.29. Uso público urbano**

La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

## **4. Especificaciones**

**4.1.** La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana. El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

**4.2.** Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 como número más probable (NMP) de coliformes fecales por cada 100 ml para el promedio mensual y diario, respectivamente.

**4.3.** Para determinar la contaminación por parásitos se tomará como indicador los huevos de helminto. El límite máximo permisible para las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), es de un huevo de helminto por litro para riego restringido, y de cinco huevos por litro para riego no restringido, lo cual se llevará a cabo de acuerdo a la técnica establecida en el anexo 1 de esta Norma.

**4.4.** Al responsable de la descarga de aguas residuales que antes de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana se le hayan fijado condiciones particulares de descarga, podrá optar por cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, previo aviso a la Comisión Nacional del Agua.

**4.5.** Los responsables de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales deben cumplir con la presente Norma Oficial Mexicana de acuerdo con lo siguiente:

a) Las descargas municipales tendrán como límite las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 4. El cumplimiento es gradual y progresivo, conforme a los rangos de población. El número de habitantes



corresponde al determinado en el XI Censo Nacional de Población y Vivienda, correspondiente a 1990, publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

b) Las descargas no municipales tendrán como plazo límite hasta las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5. El cumplimiento es gradual y progresivo, dependiendo de la mayor carga contaminante, expresada como demanda bioquímica de oxígeno<sup>5</sup> (DBO<sub>5</sub>) o sólidos suspendidos totales (SST), según las cargas del agua residual, manifestadas en la solicitud de permiso de descarga, presentada a la Comisión Nacional del Agua.

TABLA 2

MITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS

PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifica)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura (°C) (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (mil)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150
Nitrogeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fosforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

(1) Instantáneo

(2) Muestra Simple Promedio Ponderado

(3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.

P.D. = Promedio Diario, P.M. = Promedio Mensual.

N.A. = No es aplicable.

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.



**TABLA 5**

<b>DESCARGAS NO MUNICIPALES</b>		
<b>FECHA DE CUMPLIMIENTO A PARTIR DE</b>	<b>CARGA CONTAMINANTE</b>	
	<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO<sub>5</sub></b>	<b>SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES</b>
	<b>t/d (toneladas/día)</b>	<b>t/d (toneladas/día)</b>
<b>1 enero 2000</b>	<b>mayor de 3.0</b>	<b>mayor de 3.0</b>
<b>1 enero 2005</b>	<b>de 1.2 a 3.0</b>	<b>de 1.2 a 3.0</b>
<b>1 enero 2010</b>	<b>menor de 1.2</b>	<b>menor de 1.2</b>

**4.6.** Las fechas de cumplimiento establecidas en las Tablas 4 y 5 de esta Norma Oficial Mexicana podrán ser adelantadas por la Comisión Nacional del Agua para un cuerpo receptor en específico, siempre y cuando exista el estudio correspondiente que valide tal modificación.

**4.7.** Los responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipal, cuya concentración de contaminantes en cualquiera de los parámetros básicos, metales pesados y cianuros, que rebasen los límites máximos permisibles señalados en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana, multiplicados por cinco, para cuerpos receptores tipo B (ríos, uso público urbano), quedan obligados a.

Presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad del agua de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en un plazo no mayor de 180 días naturales, a partir de la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación.

Los demás responsables de las descargas de aguas residuales municipales y no municipales, quedan obligados a presentar un programa de las acciones u obras a realizar para el control de la calidad de sus descargas a la Comisión Nacional del Agua, en los plazos establecidos en las Tablas 6 y 7.

Lo anterior, sin perjuicio del pago de derechos a que se refiere la Ley Federal de derechos y a las multas y sanciones que establecen las leyes y reglamentos en la materia.



**TABLA 6**

<b>DESCARGAS MUNICIPALES</b>	
<b>RANGO DE POBLACIÓN</b>	<b>FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES</b>
mayor de 50,000 habitantes	30 de junio de 1997
de 20,001 a 50,000 habitantes	31 de diciembre de 1998
de 2,501 a 20,000 habitantes	31 de diciembre de 1999

**TABLA 7**

<b>CARGA CONTAMINANTE DE LAS DESCARGAS NO MUNICIPALES</b>	
<b>DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO 5 Y/O SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)</b>	<b>FECHA LIMITE PARA PRESENTAR PROGRAMA DE ACCIONES</b>
mayor de 3.0	30 de junio de 1997
de 1.2 a 3.0	31 de diciembre de 1998
menor de 1.2	31 de diciembre de 1999

4.8. El responsable de la descarga queda obligado a realizar el monitoreo de las descargas de aguas residuales para determinar el promedio diario y mensual. La periodicidad de análisis y reportes se indican en la Tabla 8 para descargas de tipo municipal y en la Tabla 9 para descargas no municipales. En situaciones que justifiquen un mayor control, como protección de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano, emergencias hidroecológicas o procesos productivos fuera de control, la Comisión Nacional del Agua podrá modificar la periodicidad de análisis y reportes. Los registros del monitoreo deberán mantenerse para su consulta por un periodo de tres años posteriores a su realización.

**TABLA 8**

<b>RANGO DE POBLACIÓN</b>	<b>FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS</b>	<b>FRECUENCIA DE REPORTE</b>
mayor de 50,000 habitantes	UNO MENSUAL	UNO TRIMESTRAL
de 20,001 a 50,000 habitantes	UNO TRIMESTRAL	UNO SEMESTRAL
de 2,501 a 20,000 habitantes	UNO SEMESTRAL	UNO ANUAL



TABLA 9

DEMANDA BIQUÍMICA DE OXÍGENO, t/d (toneladas/día)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES t/d (toneladas/día)	FRECUENCIA DE MUESTREO Y ANÁLISIS	FRECUENCIA DE REPORTE
mayor de 3.0	mayor de 3.0	UNO MENSUAL	UNO TRIMESTRAL
de 1.2 a 3.0	de 1.2 a 3.0	UNO TRIMESTRAL	UNO SEMESTRAL
menor de 1.2	menor de 1.2	UNO SEMESTRAL	UNO ANUAL

4.9. El responsable de la descarga estará exento de realizar el análisis de alguno o varios de los parámetros que se señalan en la presente Norma Oficial Mexicana, cuando demuestre que, por las características del proceso productivo o el uso que le dé al agua, no genera o concentra los contaminantes a exentar, manifestándolo ante la Comisión Nacional del Agua, por escrito y bajo protesta de decir verdad. La autoridad podrá verificar la veracidad de lo manifestado por el usuario. En caso de falsedad, el responsable quedará sujeto a lo dispuesto en los ordenamientos legales aplicables.

4.10. En el caso de que el agua de abastecimiento registre alguna concentración promedio mensual de los parámetros referidos en los puntos 4.1, 4.2 y 4.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, la suma de esta concentración al límite máximo permisible promedio mensual, es el valor que el responsable de la descarga está obligado a cumplir, siempre y cuando lo notifique por escrito a la Comisión Nacional del Agua, para que ésta dictamine lo procedente.

4.11. Cuando se presenten aguas pluviales en los sistemas de drenaje y alcantarillado combinado, el responsable de la descarga tiene la obligación de operar su planta de tratamiento y cumplir con los límites máximos permisibles de esta Norma Oficial Mexicana, o en su caso con sus condiciones particulares de descarga, y podrá a través de una obra de desvío derivar el caudal excedente. El responsable de la descarga tiene la obligación de reportar a la Comisión Nacional del Agua el caudal derivado.

4.12. El responsable de la descarga de aguas residuales que, como consecuencia de implementar un programa de uso eficiente y/o reciclaje del agua en sus procesos productivos, concentre los contaminantes en su descarga, y en consecuencia rebase los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma, deberá solicitar ante la Comisión Nacional del Agua se analice su caso particular, a fin de que ésta le fije condiciones particulares de descarga.



## **5. Métodos de prueba**

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se deberán aplicar los métodos de prueba indicados en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

El responsable de la descarga podrá solicitar a la Comisión Nacional del Agua, la aprobación de métodos de prueba alternos. En caso de aprobarse, dichos métodos podrán ser autorizados a otros responsables de descarga en situaciones similares.

Para la determinación de huevos de helminto se deberán aplicar las técnicas de análisis y muestreo que se presentan en el Anexo 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

## **6. Verificación**

La Comisión Nacional del Agua llevará a cabo muestreos y análisis de las descargas de aguas residuales, de manera periódica o aleatoria, con objeto de verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos para los parámetros señalados en la presente Norma Oficial Mexicana.

## **7. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

7.1. No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

## **8. Bibliografía**

8.1. APHA, AWWA, WPCF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. U.S.A. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales. 19a. Edición. E.U.A.)

8.2. Code of Federal Regulations. Title 40. Parts 100 to 149; 400 to 424; and 425 to 629. Protección of Environment 1992. USA. (Código de Normas Federales. Título 40. Partes 100 a 149; 400 a 424; y 425 a 629. Protección al Ambiente. E.U.A.)

8.3. Ingeniería sanitaria y de aguas residuales, 1988. Gordon M. Fair, John Ch. Geyer, Limusa, México.

8.4. Industrial Water Pollution Control, 1989. 2nd Edition. USA. (Control de la contaminación industrial del agua Eckenfelder W.W. Jr. 2a. Edición Mcgraw-Hill International Editions. E.U.A.)

8.5. Manual de Agua para Usos Industriales, 1988. Sheppard T. Powell. Ediciones Ciencia y Técnica, S.A. 1a. edición. Volúmenes 1 al 4. México.



**8.6.** Manual de Agua, 1989. Frank N. Kemmer, John McCallion Ed. McGraw-Hill. Volúmenes 1 al 3. México.

**8.7.** U.S.E.P.A. Development Document for Effluent Limitation Guidelines And New Source Performance Standard For The 1974 (Documento de Desarrollo de La U.S.E.P.A. para guías de límites de efluentes y estándares de evaluación de nuevas fuentes para 1974).

**8.8.** Water Treatment Chemicals. An Industrial Guide, 1991. (Tratamiento químico del agua. Una guía industrial) Flick, Ernest W. Noyes Publications. E.U.A.

**8.9.** Water Treatment Handbook, 1991. (Manual de tratamiento de agua. Degremont 6a. Edición Vol. I y II. E.U.A.)

**8.10.** Wastewater Engineering Treatment. Disposal, Reuse, 1991. 3rd Edition. U.S.A. (Ingeniería en el tratamiento de aguas residuales. Disposición y reúso. Metcalf And Eddy. McGraw-Hill International Editions. 3a. Edición. E.U.A.)

**8.11.** Estudio de Factibilidad del Saneamiento del Valle de México. Informe Final. Dic. 1995. Comisión Nacional del Agua, Departamento del Distrito Federal, Estado de Hidalgo y Estado de México.

**8.12.** Guía Para el Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos Residuales de Plantas de Tratamiento Municipales. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.

**8.13.** Sistemas Alternativos de Tratamiento de Aguas Residuales y Lodos Producidos. Comisión Nacional del Agua, Subdirección General de Infraestructura Hidráulica Urbana e Industrial. México, 1994.

**8.14.** Impact of Wastewater Reuse on Groundwater In The Mezquital Valley, Hidalgo State, Mexico. Overseas Development Administration. Phase 1, Report - February 1995.

**8.15.** Evaluación de la Toxicidad de Descargas Municipales. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Noviembre de 1993.

**8.16.** Tratabilidad del Agua Residual Mediante el Proceso Primario Avanzado. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1994-1995.

**8.17.** Estudio de la Desinfección del Efluente Primario Avanzado. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1994-1995.



- 8.18.** Formación y Migración de Compuestos Organoclorados a través de Columnas Empaquetadas con Suelo de la Zona de Tula-Mezquital-Actopan. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.19.** Estudio de Calidad y Suministro del Agua para Consumo Doméstico del Valle del Mezquital. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.20.** Estudio de Impacto Ambiental Asociado al Proyecto de Saneamiento del Valle de México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.21.** Proyecto de Normatividad Integral para Mejorar la Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995-1996.
- 8.22.** Estudio de Disponibilidad de Agua en México en Función del Uso, Calidad y Cantidad. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.
- 8.23.** Cost - Effective Water Pollution Control in The Northern Border Of Mexico. Institute For Applied Environmental Economics (Tme), 1995.
- 8.24.** XI Censo General de Población y Vivienda. INEGI / CONAPO 1990.
- 8.25.** Normas Oficiales Mexicanas para descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores: NOM-001-ECOL/1993 a NOM-033-ECOL/1993, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 18 de Octubre de 1993; NOM-063-ECOL/1994 a NOM-065-ECOL/1994, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 5 de Enero de 1995; NOM-066-ECOL/1994 a NOM-068-ECOL-1994, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 6 de Enero de 1995; NOM-069-ECOL/1994 y NOM-070-ECOL/1994, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 9 de Enero de 1995; y NOM-071-ECOL-1994 a NOM-073-ECOL-1994, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1995.
- 8.26.** Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. SEMARNAP. Instituto de Ecología. México, D.F.
- 8.27.** Catálogo Oficial de Plaguicidas Control Intersectorial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. SARH, SEDESOL, SSA y SECOFI. México, D.F. 1994.
- 8.28.** Indicadores Socioeconómicos e Índice de Marginación Municipal 1990. CONAPO/CNA.
- 8.29.** Bases para el Manejo Integral de la Cantidad y Calidad del Agua en México. Instituto de Ingeniería de la UNAM. 1995.
- 8.30.** Manejando las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Reporte 1993. EUA. Comité Sobre el Manejo de las Aguas Residuales en Zonas Urbanas Costeras. Consejo de Ciencia y Tecnología sobre Agua.



Comisión de Sistemas Técnicos e Ingeniería. Consejo Nacional de Investigación.

**8.31.** NMX-AA-087-1995-SCFI. Análisis de Agua.- Evaluación de Toxicidad Aguda con *Daphnia Magna* Straus (Crustacea-Cladocera).- Método de Prueba.

**8.32.** NMX-AA-110-1995-SCFI. Análisis de Agua.- Evaluación de Toxicidad Aguda con *Artemia Franciscana* Kellogs (Crustacea-Anostraca).- Método de Prueba.

**8.33.** NMX-AA-112-1995-SCFI. Análisis de Agua y Sedimento.- Evaluación de Toxicidad aguda con *Photobacterium Phosphoreum*.- Método de Prueba.

## **9. Observancia de esta Norma**

**9.1.** La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua, y a la Secretaría de Marina en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

**9.2.** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**9.3.** Se abrogan las normas oficiales mexicanas que a continuación se indican:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las centrales termoeléctricas convencionales.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria productora de azúcar de caña.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de refinación de petróleo y petroquímica.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de fertilizantes excepto la que produzca ácido fosfórico como



producto intermedio.

Norma Oficial Mexicana NOM-005-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de productos plásticos y polímeros sintéticos.

Norma Oficial Mexicana NOM-006-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de harinas.

Norma Oficial Mexicana NOM-007-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la cerveza y de la malta.

Norma Oficial Mexicana NOM-008-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de fabricación de asbestos de construcción.

Norma Oficial Mexicana NOM-009-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de leche y sus derivados.

Norma Oficial Mexicana NOM-010-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de manufactura de vidrio plano y de fibra de vidrio.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos de vidrio prensado y soplado.

Norma Oficial Mexicana NOM-012-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria hulera.

Norma Oficial Mexicana NOM-013-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del hierro y del acero.

Norma Oficial Mexicana NOM-014-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria textil.

Norma Oficial Mexicana NOM-015-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la celulosa y el papel.

Norma Oficial Mexicana NOM-016-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de bebidas gaseosas.



Norma Oficial Mexicana NOM-017-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de acabados metálicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-018-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de laminación, extrusión y estiraje de cobre y sus aleaciones.

Norma Oficial Mexicana NOM-019-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de impregnación de productos de aserradero.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de asbestos textiles, materiales de fricción y selladores.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del curtido y acabado en pieles.

Norma Oficial Mexicana NOM-022-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de matanza de animales y empaquetado de cárnicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-023-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de envasado de conservas alimenticias.

Norma Oficial Mexicana NOM-024-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de celulosa virgen.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria elaboradora de papel a partir de fibra celulósica reciclada.

Norma Oficial Mexicana NOM-026-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de restaurantes o de hoteles.

Norma Oficial Mexicana NOM-027-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria del beneficio del café.

Norma Oficial Mexicana NOM-028-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de



preparación y envasado de conservas de pescados y mariscos y de la industria de producción de harina y aceite de pescado.

Norma Oficial Mexicana NOM-029-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de hospitales.

Norma Oficial Mexicana NOM-030-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de jabones y detergentes.

Norma Oficial Mexicana NOM-032-ECOL-1993, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola.

Norma Oficial Mexicana NOM-33-ECOL-1993, que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de las aguas residuales de origen urbano o municipal o de la mezcla de éstas con la de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas. Publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993.

La nomenclatura de las normas oficiales mexicanas antes citadas está en términos del Acuerdo por el que se reforma la nomenclatura de 58 Normas Oficiales Mexicanas en materia de Protección Ambiental, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1994.

#### **Asimismo se abrogan las siguientes normas oficiales mexicanas:**

Norma Oficial Mexicana NOM-063-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria vinícola.

Norma Oficial Mexicana NOM-064-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la destilería.

Norma Oficial Mexicana NOM-065-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de pigmentos y colorantes.

Norma Oficial Mexicana NOM-066-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de la galvanoplastia.

Norma Oficial Mexicana NOM-067-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.

Norma Oficial Mexicana NOM-068-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de aceites y



grasas comestibles de origen animal y vegetal, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1995.

Norma Oficial Mexicana NOM-069-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de componentes eléctricos y electrónicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-070-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de preparación, conservación y envasado de frutas, verduras y legumbres en fresco y/o congelados, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 9 de enero de 1995.

Norma Oficial Mexicana NOM-071-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de la industria de productos químicos inorgánicos.

Norma Oficial Mexicana NOM-072-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias de fertilizantes fosfatados, fosfatos, polifosfatos, ácido fosfórico, productos químicos inorgánicos fosfatados, exceptuando a los fabricantes de ácido fosfórico por el proceso de vía húmeda.

Norma Oficial Mexicana NOM-073-ECOL-1994, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores, provenientes de las industrias farmacéutica y farmoquímica, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 11 de enero de 1995.

## **TRANSITORIO**

**ÚNICO.** A partir de la entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, el responsable de la descarga de aguas residuales:

1) Que cuente con planta de tratamiento de aguas residuales, está obligado a operar y mantener dicha infraestructura de saneamiento, cuando su descarga no cumpla con los límites máximos permisibles de esta Norma.

Puede optar por cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, o los establecidos en sus condiciones particulares de descarga, previa notificación a la Comisión Nacional del Agua.

En el caso de que la calidad de la descarga que se obtenga con dicha infraestructura no cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, debe presentar a la Comisión Nacional del Agua, en los plazos establecidos en las Tablas 6 y 7, su programa de acciones u obras a realizar para cumplir en las fechas establecidas en las Tablas 4 y 5, según le corresponda.

Los que no cumplan, quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley



Federal de Derechos.

En el caso de que el responsable de la descarga opte por cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana y que descargue una mejor calidad de agua residual que la establecida en esta Norma, puede gozar de los beneficios e incentivos que para tal efecto establece la Ley Federal de Derechos.

2) Que se hubiere acogido a los Decretos Presidenciales que otorgan facilidades administrativas y fiscales a los usuarios de Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos inherentes, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 11 de octubre de 1995, en la materia, quedará sujeto a lo dispuesto en los mismos y en lo conducente a la Ley Federal de Derechos.

3) No debe descargar concentraciones de contaminantes mayores a las que descargó durante los últimos tres años o menos, si empezó a descargar posteriormente, de acuerdo con sus registros y/o con los informes presentados ante la Comisión Nacional del Agua en ese periodo si su descarga tiene concentraciones Mayores a las establecidas como límite máximo permisible en esta Norma. Los responsables que no cumplan con esta especificación quedarán sujetos a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos.

4) Que establezca una nueva instalación industrial, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, no podrá acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para su descarga, 90 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.

5) Que incremente su capacidad o amplíe sus instalaciones productivas, posterior a la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el Diario Oficial de la Federación, éstas nuevas descargas no podrán acogerse a las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 5 de esta Norma y debe cumplir con los límites máximos permisibles para éstas, 90 días calendario después de iniciar la operación del proceso generador, debiendo notificar a la Comisión Nacional del Agua dicha fecha.

6) Que no se encuentre en alguno de los supuestos anteriores, deberá cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, sujeto a lo dispuesto en la Ley Federal de Derechos, en lo conducente. México, Distrito Federal, a los once días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y seis.- La Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Julia Carabias Lillo.-  
Rúbrica.



# ANEXO 1

## TÉCNICA PARA LA DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE HUEVOS DE HELMINTOS

### 1. Objetivo

Determinar y cuantificar huevos de helminto en lodos, afluentes y efluentes tratados.

### 2. Campo de aplicación

Es aplicable para la cuantificación de huevos de helminto en muestras de lodos, afluentes y efluentes de plantas de tratamiento.

### 3. Definiciones

**3.1 Helminto:** término designado a un amplio grupo de organismos que incluye a todos los gusanos parásitos (de humanos, animales y vegetales) y de vida libre, con formas y tamaños variados.

**3.2 Platyhelminetos:** gusano dorsoventralmente aplanado, algunos de interés médico son: *Taenia solium*, *Hymenolepis nana* e *H. diminuta*, entre otros.

**3.3 Nematelminetos:** gusanos de cuerpo alargado y forma cilíndrica. Algunas especies entroparásitas de humanos y animales son: *Ascaris lumbricoides*, *Toxocara canis*, *Enterobius vermicularis* y *Trichuris trichiura*, entre otros.

**3.4 Método difásico:** técnica de concentración que utiliza la combinación de dos reactivos no miscibles y donde las partículas (huevos, detritus), se orientan en función de su balance hidrofílico-lipofílico.

**3.5 Método de flotación:** técnica de concentración donde las partículas de interés permanecen en la superficie de soluciones cuya densidad es mayor. Por ejemplo la densidad de huevos de helminto se encuentra entre 1.05 a 1.18, mientras que los líquidos de flotación se sitúan entre 1.1 a 1.4.

### 4. Fundamento

Utiliza la combinación de los principios del método difásico y del método de flotación, obteniendo un rendimiento de un 90%, a partir de muestras artificiales contaminadas con huevos de helminto de *Ascaris*.

### 5. Equipo

- Centrífuga: Con intervalos de operación de 1000 a 2500 revoluciones por minuto
- Periodos de operación de 1 a 3 minutos
- Temperatura de operación 20 a 28 °C
- Bomba de vacío: Adaptada para control de velocidad de succión 1/3 hp



- Microscopio óptico: Con iluminación Köheler
- Aumentos de 10 a 100X; Platina móvil; Sistema de microfotografía
- Agitador de tubos: Automático
- Adaptable con control de velocidad
- Parrilla eléctrica: Con agitación
- Hidrómetro: Con intervalo de medición de 1.1 a 1.4 g/cm<sup>3</sup>
- Temperatura de operación: 0 a 4°C

## 6. Reactivos

- Sulfato de zinc heptahidratado
- Ácido sulfúrico
- Éter etílico
- Etanol
- Agua destilada
- Formaldehído

### 6.1 Solución de sulfato de zinc, gravedad específica de 1.3

- Fórmula
  - Sulfato de zinc 800 g
  - Agua destilada 1,000 ml
  - Preparación
- Disolver 800 g de sulfato de zinc en 1,000 ml de agua destilada y agitar en la parrilla eléctrica hasta homogeneizar, medir la densidad con hidrómetro. Para lograr la densidad deseada agregar reactivo o agua, según sea el caso.

### 6.2 Solución de alcohol-ácido

- Fórmula
- Ácido sulfúrico 0.1 N 750 ml
- Etanol 350 ml

#### Preparación

Homogeneizar 750 ml del ácido sulfúrico al 0.1 N, con 350 ml del etanol para obtener un litro de la solución alcohol-ácida. Almacenarla en recipiente hermético.

## 7. Material

- Garrafrones de 8 litros
- Tamiz de 160 µm (micras) de poro
- Probetas graduadas (1 litro y 50 ml)
- Gradillas para tubos de centrifuga de 50 ml
- Pipetas de 10 ml de plástico
- Aplicadores de madera
- Recipientes de plástico de 2 litros
- Guantes de plástico
- Vasos de precipitado de 1 litro
- Bulbo de goma
- Magnetó



- Cámara de conteo Doncaster
- Celda Sedwich-Rafter

## 8. Condiciones de la muestra

1. Se transportarán al laboratorio en hieleras con bolsas refrigerantes o bolsas de hielo.
2. Los tiempos de conservación en refrigeración y transporte deben reducirse al mínimo.
3. Si no es posible refrigerar la muestra líquida, debe fijarse con 10 ml de formaldehído al 4% o procesarse dentro de las 48 horas de su toma.
4. Una muestra sólida debe refrigerarse y procesarse en el menor tiempo posible.

## 9. Interferencias

La sobreposición de estructuras y/o del detritus no eliminado en el sedimento, puede dificultar su lectura, en especial cuando se trata de muestras de lodo. En tal caso, es importante dividir el volumen en alícuotas que se consideren adecuadas.

## 10. Precauciones

1. Durante el procesado de la muestra, el analista debe utilizar guantes de plástico para evitar riesgo de infección.
2. Lavar y desinfectar el área de trabajo, así como el material utilizado por el analista.

## 11. Procedimiento

### 1. Muestreo.

- a) Preparar recipientes de 8 litros, desinfectándolos con cloro, enjuagándolos con agua, potable a chorro y con agua destilada.
- b) Tomar 5 litros de la muestra (ya sea del afluente o efluente).
- c) En el caso de que la muestra se trate de lodo, preparar en las mismas condiciones recipientes de plástico de 1 litro con boca ancha.
- d) Tomar X gramos de materia fresca (húmeda) que corresponda a 10 g de materia seca.

2. Concentrado y centrifugado de la muestra.

3. La muestra se deja sedimentar durante 3 horas o toda la noche.

4. El sobrenadante se aspira por vacío sin agitar el sedimento.



5. Filtrar el sedimento sobre un tamiz de 160  $\mu\text{m}$  (micras), enjuagando también el recipiente donde se encontraba originalmente la muestra y lavar enseguida con 5 litros de agua (potable o destilada).
6. Recibir el filtrado en los mismos recipientes de 8 litros.
7. En caso de tratarse de lodos, la muestra se filtrará y enjuagará en las mismas condiciones iniciando a partir del inciso c.
8. Dejar sedimentar durante 3 horas o toda la noche.
9. Aspirar el sobrenadante al máximo y depositar el sedimento en una botella de centrífuga de 250 ml, incluyendo de 2 a 3 enjuagues del recipiente de 8 litros.
10. Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).
11. Decantar el sobrenadante por vacío (asegurarse de que exista la pastilla) y resuspender la pastilla en 150 ml de  $\text{ZnSO}_4$  con una densidad de 1.3.
12. Homogeneizar la pastilla con el agitador automático, o aplicador de madera.
13. Centrifugar a 400 g por 3 minutos (1,400 - 2,000 rpm por 3 minutos).
14. Recuperar el sobrenadante vertiéndolo en un frasco de 2 litros y diluir cuando menos en un litro de agua destilada.
15. Dejar sedimentar 3 horas o toda la noche.
16. Aspirar al máximo el sobrenadante por vacío y resuspender el sedimento agitando, verter el líquido resultante en 2 tubos de centrífuga de 50 ml y lavar de 2 a 3 veces con agua destilada el recipiente de 2 litros.
17. Centrifugar a 480 g por 3 minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).
18. Reagrupar las pastillas en un tubo de 50 ml y centrifugar a 480 g por minutos (2,000 - 2,500 rpm por 3 minutos).
19. Resuspender la pastilla en 15 ml de solución de alcohol-ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.1 N) +  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  a 33-35% y adicionar 10 ml de éter etílico.
20. Agitar suavemente y abrir de vez en cuando los tubos para dejar escapar el gas (considerar que el éter es sumamente inflamable y tóxico).



21. Centrifugar a 660 g por 3 minutos (2,500 - 3,000 rpm por 3 minutos, según la centrífuga).

22. Aspirar al máximo el sobrenadante para dejar menos de 1 ml de líquido, homogeneizar la pastilla y proceder a cuantificar.

23. Identificación y cuantificación de la muestra.

a) Distribuir todo el sedimento en una celda de Sedgwich-Rafter o bien en una cámara de conteo de Doncaster.

b) Realizar un barrido total al microscopio.

## 12. Cálculos

1. Para determinar los rpm de la centrífuga utilizada, la fórmula es:

Donde:

g: fuerza relativa de centrifugación

K: constante cuyo valor es 89,456

r: radio de la centrífuga (spindle to the centre of the bracker) en cm

La fórmula para calcular g es:  $g = r(\text{rpm})$

2. Para expresar los resultados en número de huevecillos por litro es importante tomar en cuenta el volumen y tipo de la muestra analizada.

## 13. Formato

No aplica.

## 14. Bibliografía

1. APHA, AWWA, WPCF, 1992 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th ed., Washington.

2. CETESB, Sao Paulo, 1989 Helmintos e Protozoarios Patogénicos Contagem de Ovos e Cistos em Amostras Ambientais.

3. Schwartzbrod, J., 1996 Traitement des Eaux Usées de Mexico en Vue d'une Reutilisation a des Fins Agricoles. Reunión de Expertos para el Análisis del Proyecto de Saneamiento del Valle de México. Instituto de Ingeniería UNAM,



## XI. APÉNDICE B

### Plano de la Universidad Tecnológica de Torreón

