

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



REÚSO DEL AGUA RESIDUAL EN EL CULTIVO DE NOGAL PECANERO (*Carya*

illinoensis K.) EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO

NARRO–UNIDAD LAGUNA

POR

IRMIN ISAY CRUZ GONZÁLEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



REÚSO DEL AGUA RESIDUAL EN EL CULTIVO DE NOGAL PECANERO (*Carya
illinoensis K.*) EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO
NARRO-UNIDAD LAGUNA

POR

IRMIN ISAY CRUZ GONZÁLEZ

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA

ASESORA PRINCIPAL

Manuela Bolívar A.

DRA. MANUELA BOLÍVAR DUARTE

COASESOR

Luis Samaniego Moreno

DR. LUIS SAMANIEGO MORENO

COASESOR

Javier Cortés Bracho

DR. JAVIER CORTÉS BRACHO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Luis Rodríguez Gutiérrez
MC. LUIS RODRIGUEZ GUTIÉRREZ
Coordinación de
Ingeniería

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO 2012

Agradecimientos

A mi Universidad, a mis maestros y amigos

Dedicatoria

A mis padres y a mis hermanos que siempre han estado para mí

“los quiero mucho”

ÍNDICE

Índice de Cuadros.....	vii
Índice de Figuras	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivo General.....	12
1.2. Objetivos Específicos	12
1.3. Hipótesis.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1. El Agua.....	13
2.2. Funciones del Agua.....	16
2.3. Situación Actual del Recurso Agua.....	17
2.4. Uso y Disponibilidad de Agua en la Región Lagunera.....	18
2.5. Uso del Agua Municipal.....	19
2.6. Contaminación del Agua.....	20
2.7. La Contaminación del Agua en México	20
2.8. Fuentes de Contaminación del Agua.....	20
2.8.1. Fuentes Puntuales.....	21
2.8.2. Fuentes no Puntuales.....	21
2.9. Principales Contaminantes	21
2.10. Efectos de la Contaminación del Agua.....	22
2.11. Fuentes y Control	23
2.12. Origen del Agua Residual.....	25

2.12.1. Agua Residual Doméstica o Sanitaria.....	26
2.12.2. Agua Residual Industrial	27
2.13. Composición del Agua Residual	27
2.14. Propiedades del Agua Residual.....	28
2.14.1. Propiedades Físicas	28
2.14.1.1. Sólidos.....	28
2.14.1.2. Color.....	28
2.14.1.3. Temperatura	29
2.14.1.4. Olor.....	29
2.14.1.5. Residuos y Sólidos Antiestéticos.....	30
2.14.2. Propiedades Químicas.....	30
2.14.2.1. pH.....	30
2.14.2.2. Conductividad Eléctrica	31
2.14.2.3 Cloruros.....	31
2.14.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	32
2.14.2.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	33
2.14.2.6. Nitratos	34
2.14.2.7. Fósforo	35
2.15. Efectos de la Contaminación del Agua	36
2.15.1. Efectos Físicos	36
2.15.2. Efectos Químicos.....	37
2.15.3. Efectos Biológicos.....	37
2.16. Técnica de Muestreo	38
2.16.1. Muestreos en Tomas	38

2.16.2. Muestreos en Descargas Libres	38
2.16.3. Muestreo en Canales y Colectores	39
2.16.4. Procedimiento de Muestreo	39
2.16.5. Preservación de Muestra	41
2.17. Parámetros de Calidad de las Aguas	44
2.18. Nalco (2001) Clasificación de las Características de las Aguas Residuales	47
2.18.1. Características Físicas.....	47
2.18.2. Características Químicas Inorgánicas	47
2.18.3. Características Químicas de Compuestos Orgánicos Agregados	48
2.18.4. Características Químicas de Compuestos Orgánicos Individuales.....	48
2.18.5. Características Biológicas.....	48
2.19. Nogal	49
2.19.1. Origen	49
2.19.2. La Nuez Pecanera	50
III. MATERIALES Y MÉTODOS	53
3.1. Procedimiento de Muestreo	53
3.1.1. Muestreo Manual	53
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
V. CONCLUSIONES.....	67
VI. LITERATURA CITADA	69

Índice de Cuadros

Cuadro 2.1.	Escurrimiento más Recarga y Usos de Agua en la Región Lagunera.....	22
Cuadro 2.2.	Composición Típica del Agua Residual Doméstica.....	44
Cuadro 2.3.	Las Principales Enfermedades Relacionadas con el Agua.....	45
Cuadro 2.4.	Tiempo de Almacenamiento, Preservación, Volumen y Material Utilizado para las Muestras	50
Cuadro 2.5.	Tiempo de Almacenamiento, Preservación y Volumen de Muestra.....	51
Cuadro 2.6.	Conservadores más Utilizados	52
Cuadro 2.7.	NOM-001-ECOL-1996. Niveles Máximos Permisibles de Contenidos Físico-químicos en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.....	56
Cuadro 2.8.	Contenido de Macronutrientes en los Foliolos de Nogal Pecanero (<i>Carya illinoensis</i> K.) en Diferentes Localidades de Estados Unidos y México.....	62
Cuadro 3.1.	Materiales, Equipos Usados y Parámetros.....	64
Cuadro 4.1.	Resultados y Discusión.....	66

Índice de Figuras

Figura 2.1. Representación Tridimensional de la Molécula del Agua.....	4
Figura 2.2. Ciclo Hidrológico.....	5
Figura 2.3. Relación entre la Disponibilidad del Agua y la Población.....	8
Figura 3.1. Localización del Sitio de Muestreo del Efuate.....	55

RESUMEN

La escasez cada vez mayor de agua dulce debido al crecimiento demográfico, urbanización y a los cambios climáticos, ha dado lugar al reuso 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 este 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. Por tal razón surgió la opción de determinar la calidad agronómica del agua residual en la colonia "Valle Verde" que se localiza a una latitud Norte de 25°33'21.23" y a una longitud Oeste de 103°22'26.75" con 1,110 msnm, hacia el Sureste de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna y encontrar su factibilidad para el riego en nogal (*Carya Illinoensis K.*).

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad 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; la NOM-003-SEMARNAT-1996 así como Castellanos y Uvalle (2000) para su uso en el riego de nogales sin causar daños a los mismos.

Según los análisis y resultados obtenidos puede observarse que:

De acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996, se compararon ocho parámetros físico-químicos el cual al tipo de agua y el uso (riego) el día 16 de Julio de 2009 fue de mejor calidad, ya que de 8 cumplieron 7, siendo DBO₅ el único que no cumplió y el día 15 de Julio fue el de menor calidad dado que de este sólo

cumplieron 5 de 8 siendo DBO₅, N Total y sólidos sedimentables los parámetros que no cumplieron.

De acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1996 se compararon cinco parámetros de los cuales los días 12 y 16 cumplieron sólo grasas y aceites. Los parámetros que no cumplieron ningún día fue la DBO₅, SST por lo tanto para esta norma debe de considerarse antes del reúso de este liquido, el tratamiento.

Así mismo podemos concluir en base a los resultados obtenidos de los parámetros analizados, comparados con los limites de los parámetros de suelos y aguas señalados por Castellanos y Uvalle 2000. El agua residual de la colonia “Valle Verde” cumple con lo señalado por estos autores, por lo que puede ser reutilizada en el riego.

Comparando los resultados de laboratorio, el agua residual de esta colonia con los rangos de tolerancia del nogal (*Carya illinoensis* K.) se concluye que puede ser aplicada en su riego.

Palabras claves: **Aguas residuales, parámetros físico-químicos, parámetros agronómicos y Normas Mexicanas.**

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 reúso del agua residual en esta actividad aporta beneficios en la 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 agua residual ofrece grandes beneficios, ya que permite explotar este 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 por ciento de los habitantes urbanos del planeta no dispondrán de un suministro adecuado de agua potable, solo una pequeña cantidad de agua dulce del planeta (aproximadamente el 0.008 por ciento) actualmente está disponible para consumo humano, de la cual el 70 por ciento se destina a la agricultura; 23 por ciento a la industria y 7 por ciento al consumo doméstico. Sin embargo, la demanda de agua potable se

incrementa rápidamente, esperando que su consumo de agua en el sector agrícola aumente 17 por ciento y el industrial 60 por ciento 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 (Comisión Nacional del Agua-CNA, 2011).

En virtud de la escasez de agua a nivel regional y el constante abatimiento de los acuíferos, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna presenta deficiencia de agua para satisfacer la demanda hídrica, por lo cual se tomaron muestras en el alcantarillado ubicado al Sureste de la misma, la cual será analizada para considerarla como opción para reúso en riego de nogal.

Por lo anterior, los objetivos planteados son:

1.1. Objetivo General

Reutilizar el agua residual generada en el drenaje de la colonia “Valle Verde” en el riego de nogal.

1.2. Objetivos Específicos

Determinar la calidad agronómica del agua residual y encontrar su factibilidad para el riego en nogal (*Carya Illinoensis K.*).

1.3. Hipótesis

El agua residual generada en la colonia “Valle Verde”, puede ser reutilizada en el riego de nogal (*Carya Illinoensis K.*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Agua

Agua, nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno.

Una molécula de agua consiste en un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno unidos formando un ángulo de 105° (H_2O , Figura 2.1). Al estar unido cada átomo de hidrógeno con un elemento muy electronegativo como el oxígeno, el par de electrones del enlace es 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 (Valenzuela, 1995).

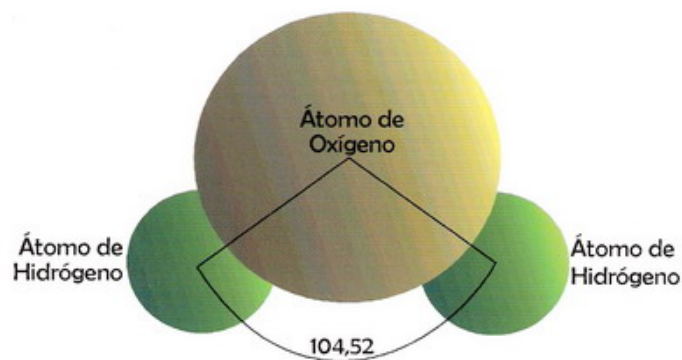


Figura 2.1. Representación tridimensional de la molécula de agua (Valenzuela, 1995).

El ciclo hidrológico en la Figura 2.2 muestra el constante movimiento y transformación a que está sometida permanentemente el agua del planeta pasando de un estado físico a otro (Valenzuela, 1995).

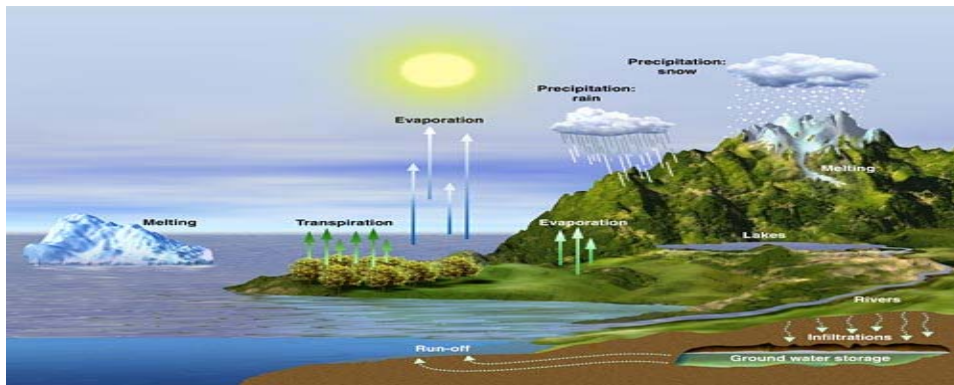


Figura 2.2. "Ciclo hidrológico" (Valenzuela, 1995).

Aunque el agua es el elemento más frecuente en la Tierra, únicamente 2.53 por ciento del total es agua dulce y el resto es agua salada. Aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce se encuentran inmobilizadas en glaciares al abrigo de nieves perpetuas. El agua dulce disponible se distribuye regionalmente tal como se indica en la figura 2.3 (UNESCO y OMS, 2003).



Figura 2.3. Relación entre la disponibilidad de agua y la población (UNESCO y OMS, 2003).

La UNESCO y OMS (2003) mencionan que la cantidad natural de agua dulce existente en lagos, ríos y acuíferos se agrega a los 8,000 km³ almacenados en embalses. Los recursos hídricos son renovables (excepto ciertas aguas subterráneas) con enormes diferencias de disponibilidad y amplias variaciones de precipitación estacional y anual en diferentes partes del mundo. La precipitación constituye la principal fuente de agua para todos los usos humanos y ecosistemas. Esta precipitación es recogida por las plantas y el suelo, se evapora en la atmósfera mediante la evapotranspiración y corre hasta el mar a través de los ríos, lagos y humedales. El agua de la evapotranspiración mantiene los bosques, las tierras de pastoreo y de cultivo no irrigadas, así como los ecosistemas. El ser humano extrae un 8 por ciento del total anual de agua dulce renovable y se apropia del 26 por ciento de la evapotranspiración anual y del 54 por ciento de las aguas de escorrentía accesibles. El control que la humanidad ejerce sobre las aguas de escorrentía es ahora global y el hombre desempeña actualmente un papel importante en el ciclo hidrológico. El consumo de agua per cápita aumenta (debido a la mejora de los niveles de vida) la población crece y en consecuencia, el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva. Si se suman las variaciones espaciales y temporales del agua disponible, se puede decir que la cantidad de agua existente para todos los usos está comenzando a escasear y ello nos lleva a una crisis del agua.

Por otro lado, los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación. Unos 2 millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras, incluyendo residuos industriales y

químicos, vertidos humanos y desechos agrícolas (fertilizantes, pesticidas y residuos de pesticidas). Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos, se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1,500 km³. Asumiendo que un litro de agua residual contamina 8 litros de agua dulce, la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12,000 km³. Como siempre, las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, con un 50 por ciento de la población de los países en desarrollo expuesta a fuentes de agua contaminadas (UNESCO y OMS, 2003).

2.2. Funciones del Agua

El agua es el principal constituyente de la materia viva. Alrededor del 50 al 90 por ciento 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. (Ame *et al.*, 1990).

2.3. 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. 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 (CNA, 2011).

Definir los niveles en los cuales la escasez empieza y la abundancia termina es difícil. Países que tienen 10,000 m³ de agua por persona por año o más tienen problemas de agua limitados; aquéllos con 1670 - 10,000 m³ tienen problemas generales; los de 1000 - 1670 m³ pueden ser considerados como "estrés de agua"; aquéllos con 500 - 1000 m³ sufren de escasez crónica de agua y aquéllos con menos de 500 m³ de agua por persona por año están por encima de lo que Falkenmark llama la "barrera de agua" (Clarke, 1993).

De acuerdo a estimaciones de la UNESCO y OMS (2003) más de 1000 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 tantas 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.

El aumento de la población provocará, para el año 2020, que en México aumente la demanda de suministro de agua y por lo tanto de tratamiento de un 25 por ciento más, lo que requiere de una inversión aproximada de 4,300 millones de dólares, a lo que tendrían que sumarse los

gastos de operación al año calculados en 3,190 millones de dólares (www.lanete.apc.org/emis/notlcias/toxica99.html).

Las estimaciones recientes sugieren que el cambio climático será responsable de alrededor del 20 por ciento del incremento de la escasez global de agua. Actualmente, el 24.4 por ciento del país carece de instalaciones necesarias para abastecerse del vital líquido y 63.9 por ciento de aguas residuales municipales generadas no son tratadas. En el círculo vicioso de la pobreza y la enfermedad, el agua y el saneamiento insuficientes constituyen a la vez la causa y el efecto: aquéllos que no disponen de un suministro de agua suficiente son, invariablemente, los más pobres (CNA, 2011).

2.4. 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 (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-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 (Mm³.año⁻¹) utilizados para fines agrícolas, 83 doméstico (9.2 Mm³.año⁻¹) público urbano 349 (127.8 Mm³.año⁻¹) 84 son utilizados en actividades industriales (23.1 Mm³.año⁻¹) 208 pecuarios (13.4 Mm³.año⁻¹) y 10 (3.1 Mm³.año⁻¹) para servicios; con lo cual, se explota un volumen del orden de 1221.8 Mm³.año⁻¹ 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 Público de Derechos de Agua (REPDA) el volumen concesionario de aguas subterráneas para este acuífero, al 30 de Abril de 2002, es de 701, 834,604 m³. La disponibilidad de agua subterránea es de -182 934 604 m³.año⁻¹, por lo que la cifra indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones (CNA, 2002).

2.5. Uso del Agua Municipal

Las ciudades reciben agua para diferentes fines: Uso potable y culinario; lavado y baños; limpieza de ventanas, paredes y pisos; calefacción y acondicionamiento de aire; riego de prados y jardines; riego y lavado de calles; Llenado de piscinas y estanques de vadeo; exhibición de fuentes y cascadas; generar energía hidráulica y de vapor; uso en numerosos y variados procesos industriales: protección de la vida y la propiedad contra incendios y eliminar desechos caseros perjudiciales y potencialmente peligrosos (aguas negras) y aguas residuales industriales (Fair *et al.*, 1968).

2.6. Contaminación del Agua

La contaminación del agua probablemente empezó con la fundación de las primeras ciudades, hace 7,000 años, en las orillas de los ríos Tigris, Éufrates e Hindús. Las ciudades utilizaron el agua de ríos, lagos y mares como vertederos para diluir y dispersar sus residuos (http://html.rincondelvago.com/ciudades_1.html).

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 (Hammer, 1986).

2.7. La Contaminación del Agua en México

Prácticamente todos los cuerpos de agua importantes enfrentan graves problemas de contaminación. En las cuencas de los ríos Pánuco, Lerma San Juan y Balsas se recibe el 50 por ciento 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).

2.8. Fuentes de Contaminación del Agua

Las fuentes de contaminación se describen a continuación:

(www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/120P_rocC.htm)

2.8.1. Fuentes Puntuales

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

2.8.2. Fuentes no Puntuales

Las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua superficial y subterránea sobre un 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, ganado, bosques talados, tierras urbanas y suburbanas, tanques sépticos, predios de construcción, sitios de estacionamiento, carreteras y la deposición ácida.

2.9. Principales Contaminantes

Los principales contaminantes del agua según la UNESCO (2003) son las mismas aguas residuales 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; así mismo productos químicos, incluyendo pesticidas, diversos productos industriales, sustancias tensos-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 residuos urbanos; sustancias radioactivas procedentes de los residuos producidos por 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.

2.10. 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 y Eddy, 1996).

Los mismos autores reportan que 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 diarréico 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.

Así mismo consideran que los lagos, charcas, lagunas y embalses, son especialmente vulnerables a la contaminación. En este caso, el problema es la eutrofización que se produce cuando el agua se enriquece 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 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.///.A:/Agua%20residual.html).

2.11. Fuentes y Control

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas según lo define (www.//A:/Agua%20Residual.html).

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 puede 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 escurrimientos. 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 tradicionales.

2.12. Origen del Agua Residual

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). Las descargas de aguas residuales se clasifican en doméstica e industrial (CNA, 2011).

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 añadan: heces, arena, residuos de cocina, agentes limpiadores para hogares, detergentes y jabones de lavandería, etc. (Sybil, 1980).

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 (Seoáñez, 1990).

2.12.1. Agua Residual Doméstica o Sanitaria

Corresponden a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales urbanos y rurales, su composición típica se muestra en el Cuadro 2.2 (Metcalf y Eddy, 1996).

Cuadro 2.2. Composición típica del agua residual doméstica (Metcalf y Eddy, 1996).

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos Totales (ST)	Mg/l	350	720	1,200
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Mg/l	250	500	850
Fijos	Mg/l	145	300	525
Volátiles	Mg/l	105	200	325
Sólidos en Suspensión (SS)	Mg/l	100	220	350
Fijos	Mg/l	20	55	75
Volátiles	Mg/l	80	165	275
Sólidos Sedimentables	Mg/l	5	10	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Mg/l	110	220	400
Carbono Orgánico Total (COT)	Mg/l	80	160	290
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Mg/l	250	500	1000
Nitrógeno Orgánico	Mg/l	20	40	85
Amoníaco Libre	Mg/l	12	25	50
Nitritos	Mg/l	0	0	0
Nitratos	Mg/l	0	0	0
Fósforo	Mg/l	4	8	15
Cloruros ^a	Mg/l	30	50	100
Sulfatos ^a	Mg/l	20	30	50
Alcalinidad	Mg/l	50	100	200
Grasas	Mg/l	50	100	150
Coliformes Totales	n.º/100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos Orgánicos Volátiles	Mg/l	<100	100-400	>400

^a Los valores se deben de aumentar en las cantidades que estos compuestos se hallen presenten en las aguas de suministro.

^b Se debe de consultar en tabla.

2.12.2. Agua Residual Industrial

Son aquéllas descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional, como es el caso de la industria autoabastecida.

2.13. Composición del Agua Residual

Para Seoáñez (1999) la calidad del agua se define en relación con el uso o actividad a la que se le quiera dedicar, por ello no se puede hablar de buena o mala calidad en abstracto, sino que cada actividad exige una calidad adecuada. Para evaluar los cambios que las diferentes aplicaciones del agua pueda originar en su calidad, se emplea parámetros físicos, químicos o biológicos. A estos se les denomina *“indicadores de la calidad del agua”*.

Así mismo 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 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 un 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 mismo autor menciona que el agua residual se compone, de un 99.9 por ciento de agua en su estado conocido como agua potable y de un 0.1 por ciento por peso de sólidos, sean éstos disueltos o suspendidos. Este 0.1 por ciento referido es el que requiere ser removido para que el agua pueda ser reutilizada.

2.14. Propiedades del Agua Residual

Según Seoáñez (1999):

2.14.1. 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.

2.14.1.1. 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 interfiere en la fotosíntesis.

2.14.1.2. Color

La coloración indica la concentración y composición de las aguas contaminadas, puede variar de gris a negro. A medida de que las aguas son más intensas en color, la capacidad de absorción de energía solar es mayor.

2.14.1.3. 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. Lo anterior tiene influencia en los tratamientos y abastecimientos, así como en la evaluación limnológica por lo que es necesario medir la temperatura como un indicador de la presencia de compuestos y contaminantes.

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).

2.14.1.4. Olor

El olor causado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica es debido, sobre todo, a la presencia de sulfuro de hidrógeno, Indol, escatoles, mercaptanos y otras sustancias volátiles. Es eliminado por

aspersión del agua en los diferentes sistemas biológicos que se están tratando.

2.14.1.5. Residuos y Sólidos Antiestéticos

Los residuos incluyen trapos, bolsas de plástico y otros objetos que se dejan ir por los sanitarios o que se resbalan por los desagües de lluvia en los lugares que 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, aunque no es perjudicial dan una apariencia indeseable a las corrientes de captación; se consideran como indicadores de la contaminación.

2.14.2. 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:

2.14.2.1. pH

La mayoría del 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 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).

2.14.2.2. Conductividad Eléctrica

La conductividad electrolítica es una expresión numérica de la capacidad de una sustancia para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, concentración total, movilidad, valencia y concentración relativa, así como de la temperatura (Seoáñez, 1999)

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 así como para trabajos de investigación (NMX-AA-093-1997).

2.14.2.3. Cloruros

Los cloruros se encuentran en el agua natural provenientes de la dilución de suelo 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 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 y Eddy, 1996).

El ion 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 éstas son reutilizadas 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).

2.14.2.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno empleada por los microorganismos a lo largo de un periodo de 5 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 elevado DBO₅ indica un agua con mucha materia orgánica. El sub índice es el número de días en los que se ha realizado la medición.

2.14.2.5. Demanda Química da Oxígeno (DQO)

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 DQO guarda una buena relación con la DBO₅ por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO₅. Sin embargo, la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales (cait.es/Asignaturas/ecología/Hipertexto/11CAgua/I00CoAcu.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 DBO₅ porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos (.monografias.com/trabajos5/anagua/anagua.shtml).

2.14.2.6. Nitratos

El nitrato es una de las formas de nitrógeno de mayor interés en aguas naturales y residuales, se presenta generalmente como trasa 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⁻¹ como N en afluyente de agua residual con un intervalo de 15 a 20 mg.l⁻¹ como N. Las normas de agua potable limitan la concentración de nitrato a 45 mg.l⁻¹ debido a sus graves consecuencias y efectos fatales sobre los niños. En cantidades excesivas contribuye a la enfermedad conocida como metahemoglobinemia infantil (Metcalf y Eddy, 1996).

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 de suelos. Además, por la capacidad de eutrofización

que desarrollan estos compuestos cuando aparecen en concentraciones elevadas en la parte superficial del suelo (Seoáñez, 1997).

2.14.2.7. Fósforo

Lewin (1973) documentó que en Alemania, Legge *et al.*, (1970) en Canadá, 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.

Las formas comunes de fósforo en agua residual son ortofosfatos (PO_4) polifosfatos (polímeros de ácido fosfórico) y formas orgánicas. Los polifosfatos, tales como hexametáfosfato gradualmente se hidrolizan en el agua a formas ortosolubles y la descomposición bacteriana da compuestos orgánicos libera ortofosfatos (Hammer, 1986).

El agua residual doméstica 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 y Luna (1998) da valores superiores de 1.4 mg.l^{-1} para el fósforo total (promedio de 0.2 mg.l^{-1}) y arriba de 0.7 mg.l^{-1} para el fósforo soluble (promedio de 0.08 mg.l^{-1} 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

proviene de una gran cantidad de fuentes, tales como productos de limpieza, fertilizantes, procesos biológicos, etc. (NMX-AA-029-1997).

La contribución de fosfatos totales a las aguas residuales domésticas es alrededor de 1.6 kg/persona/año, dando una concentración promedio de 10 mg.l⁻¹ del 30-60 por ciento de fósforo es de agua sanitaria mientras que el 50-70 por ciento 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 formación de sarro en boilers, calentadores, circuitos de enfriamiento y recientemente en plantas de desalinización (Lewin, 1973).

2.15. Efectos de la Contaminación del Agua

Los efectos causados por aguas contaminadas (<http://www.lenntech.es/biblioteca/enfermedades/enfermedades-transmitidas-por-el-agua.htm>) pueden ser:

2.15.1. Efectos Físicos

Como mal olor, cambio de color, enturbiamiento, fermentación, cambio de temperatura, etc.

2.15.2. Efectos Químicos

Como la disminución de la concentración necesaria de oxígeno para la vida acuática.

2.15.3. Efectos Biológicos

Corresponden a los desechos orgánicos, tales como la materia fecal y restos de alimentos. Los efectos biológicos causa la muerte de plantas y animales, así como la producción de enfermedades en el hombre como se muestra en el Cuadro 2.3.

Cuadro 2.3. Principales enfermedades relacionadas con el agua como factor de mortalidad en Países Bajos (lenntech.es/biblioteca/enfermedades/enfermedades-transmitidas-por-el-agua.htm).

Enfermedades	Datos estadísticos
Diarréicas	Cada año muere 1.8 millones de personas, de ellos el 90% son niños menores de 5 años. El 88 % de enfermedades se atribuye a la mala calidad del agua e higiene inadecuada.
Malaria	Cada año se presenta 396 millones de casos y 1.3 millones de personas mueren, el 90 % son niños menores de 5 años. A nivel mundial el 90 % de muertes es en África.
Esquistosomiasis	Enfermedad causada por una larva que se encuentran muchas veces en acequias de riego y en aguas estancadas. De los 200 millones infectados en el mundo el 80 por ciento del contagio se produce el África.
Parásitos intestinales	133 millones de personas sufren de infecciones intestinales por parásitos, esta enfermedad causa 9400 muertes cada año.
Encefalitis japonesa	El 20 % de los casos mueren y el 35 % sufren de daño cerebral.
Otras enfermedades	
Hepatitis A	Cada año hay 1.5 millones de casos de hepatitis clínica
Fluorosis	Esta enfermedad se da tanto en los dientes como en los huesos y es por la presencia de flúor en el agua.
Arsénico	Se debe a que las aguas subterráneas han sido contaminadas con arsénico inorgánico y pueden causar cáncer de vejiga, riñón, pulmón e incluso enfermedades cardiovasculares.

2.16. Técnica de Muestreo

Gómez y Mantilla (2000) mencionan los tipos de muestreos:

2.16.1. Muestreos en Tomas

Cada toma de muestra debe tener una válvula de cierre que permita el paso de las aguas residuales y de los materiales que pueden contener, además de proporcionar un cierre hermético de la toma. Esta válvula y los accesorios necesarios para su instalación, debe de ser de materiales similares a los de la toma o conductos en los que se instalen. La toma debe de tener un diámetro adecuado con la menor longitud posible, situando las válvulas de tal manera que las muestras sean representativas de la descarga. Para la toma se deja fluir un volumen aproximadamente igual a 10 veces la cantidad de la muestra y a continuación se llena el recipiente de muestreo.

2.16.2. Muestreos en Descargas Libres

Cuando las aguas residuales fluyen libremente en forma de chorro, debe emplearse el siguiente procedimiento:

- El recipiente muestreador se debe de enjuagar repetidas veces antes de efectuar el muestreo.
- Se introduce el recipiente muestreador en la descarga o de ser posible se toma directamente la muestra en su recipiente.
- La muestra se transfiere del recipiente muestreador al recipiente para la muestra, cuidando que ésta siga siendo representativa.
- La muestra debe agitarse constantemente para que no se sedimente.

2.16.3. Muestreo en Canales y Colectores

Se recomienda tomar las muestras en el centro del canal o colector, de preferencia en lugares donde el flujo sea turbulento a fin de asegurar un buen mezclado.

Si se va a evaluar el contenido de grasas y aceites, se deben tomar muestras, a diferentes profundidades, cuando no haya mucha turbulencia para asegurar una mayor representatividad. El recipiente muestreador se debe enjuagar repetidas veces con el agua problema antes de efectuar la toma de muestra. El recipiente muestreador o botella y sostenido con la mano, se introduce en el agua y se extrae la muestra a un tercio de la profundidad.

2.16.4. Procedimiento de Muestreo

Los mismos autores describen el procedimiento a seguir en el muestreo que se mencionan enseguida:

2.16.4.1. Muestreo Manual

El muestreo manual se realiza por una persona entrenada para recolectar las muestras en los sitios y tiempos definidos. Esto implica la necesidad de un desplazamiento continuo del muestreador durante el tiempo para generar las muestras simples y / o las compuestas. El procedimiento general utilizado para el muestreo en corrientes es el siguiente:

- Se localiza el sitio de acuerdo a su ubicación previa en el plano y se procede a la recolección de la muestra.

- Los recipientes del muestreo deberán ser previamente identificados por medio de una etiqueta autoadherible con marcador a prueba de agua, de tal manera que en el momento de tomar la muestra correspondan a los sitios previamente seleccionados anotando la fecha, la hora y los parámetros a analizar.
- Se recomienda determinar primero el flujo en el centro de la corriente, midiendo con el estatal marcando la profundidad total y se procede a ajustar la posición del medidor de velocidad a un tercio de la profundidad total.
- En el mismo sitio y a la misma altura donde se mide el flujo, se introduce el recipiente muestreador en el agua.
- Suba el muestreador y enjuáguelo con el agua colectada.
- En seguida, tome la muestra y determine los parámetros de campo de acuerdo a lo indicado.
- La muestra se trasfiere al recipiente con ayuda de un embudo y se enjuaga tres veces antes de depositar el volumen adecuado.
- Se repite el procedimiento de muestreo hasta llenar el recipiente para los análisis de laboratorio, utilizando los procesos de preservación indicados.

2.16.4.2. Muestreo Automático

Los muestreadores automáticos son equipos que permiten la obtención de muestras compuestas proporcionales al flujo y a intervalos previamente programados. Los equipos existentes en el mercado, pueden

incluir recipientes de diferentes capacidades, determinación de parámetros de campo incluyendo el gasto y la preservación a temperatura de refrigeración. Las ventajas de estos equipos es que permite reducir el error humano siendo su principal desventaja su costo. Se permite el empleo de muestreadores automáticos siempre y cuando se operen de acuerdo con las instrucciones del fabricante, además de darles el mantenimiento adecuado, asegurando de esta manera la obtención de muestras representativas. Se pueden utilizar en descargas libres, canales y colectores.

2.16.5. Preservación de Muestra

Las muestras se preservan con el objeto de detener o retardar las reacciones químicas que sufren después de su recolección alterando su composición original. En el Cuadro 2.4 se muestra el tiempo de almacenamiento, preservación, volumen y en el Cuadro 2.5 se muestran los preservadores más utilizados (IMTA, 2000).

Cuadro 2.4. Tiempo de almacenamiento, preservación, volumen y tipo de material utilizado para las muestras (IMTA, 2000).

Análisis	Material del recipiente	Vol. Min. De muestra	Preservación	Tiempo máx. de almacenamiento	
				Recomendado	Reglamento
Turbiedad	Plástico, vidrio	50	Inmediatamente o refrigere en oscuridad por 24h	24h	48h
Conductividad	Plástico, vidrio	500	Refrigere a 4°C	23d	28d
Alcalinidad	Plástico, vidrio	100	Refrigere a 4°C	24h	14d
Oxígeno disuelto	Vidrio	300	inmediatamente	0.5h	No establecida

Continuación de el Cuadro 2.4.....

Electrodo			Inmediatamente 0 acidifique	8h	8h
Método Winkler					
DBO ₅	Plástico, vidrio	1,000	Refrigere a 4°C	6h	48h
DQO	Plástico, vidrio	100	Inmediatamente, Añada H ₂ SO ₄ hasta pH <2 y refrigere a 4°C	7d	28d
Sólidos	Plástico, vidrio	300	Refrigere a 4°C	7d	2-7d
Grasas y aceites	Vidrio	1,000	Añada H ₂ SO ₄ hasta pH <2 y refrigere a 4°C	23d	28d
Metales pesados	Plástico. Vidrio enjuagado con HNO ₃		Metales disueltos.-filtre inmediatamente,HNO ₃ hasta pH<2 y refrigere a 4°C	6meses	6meses
Amonio (N-NH ₄)	Plástico, vidrio	500	Ninguna 0 añada H ₂ SO ₄ hasta pH <2 y refrigérese	7d	28d
Nitrato (N-NO ₃)	Plástico. vidrio	100	Ninguna 0 refrigere	48h	48h
Nitrito(N-NO ₂)	Plástico, vidrio	100	Ninguna 0 refrigere	Ninguna	48h
Nitrógeno Protéico y kjeldahl(NTK)	Plástico, vidrio	500	Refrigere 0 añada H ₂ SO ₄ hasta pH <2	7d	28d
Fosfato (P-PO ₄ y P-PT)	Vidrio enjuagado con HNO ₃	100	Fosfato disuelto filtre inmediatamente y refrigere	48h	X
Coliformes fecales	Vidrio neutro (estéril)	100	Refrigere a 4°C	6h	Ninguno
Huevo de Helmintos	plástico	200	Efluente	1 semana	X

Cuadro 2.5. Preservadores o conservadores más utilizados (IMTA, 2000).

PRESERVADOR	ACCIÓN	ANÁLISIS
HgCl ₂	Inhibidor bacteriano	Nitrógeno, Fósforo, Ortofosfatos, Fosfatos
HNO ₃	Solvente de metales, prevenir la precipitación	Metales
H ₂ SO ₄	Inhibidor bacteriano, formador de sales	Materia orgánica, D.Q.O., carbón orgánico
Refrigeración	Inhibidor bacteriano	Acidez, alcalinidad, materia orgánica, DBO ₅ .

Los preservadores pueden adicionarse previamente en los recipientes adecuados, como es el caso de la adición de tiosulfato de sodio para muestras con cloro residual para análisis microbiológico. Si la muestra se preserva desde el campo, se debe de seguir el siguiente procedimiento (Gómez y Mantilla, 2000).

- Los reactivos de preservación deben adicionarse con pipetas o goteros con escala a cada recipiente.
- El preservador debe ser grado reactivo analítico o de alta pureza.
- Se debe de utilizar reactivos recientes para cada muestreo.
- Después de la adición de los reactivos se debe verificar el pH, utilizando papel pH o potenciómetro de campo. Si es necesario, debe adicionarse más reactivo para alcanzar el pH indicado por el Cuadro 2.4.
- La cantidad adicional debe de registrarse y debe ser el mismo lote de reactivo para todas las muestras.
- La misma cantidad de preservador se debe añadir a todos los blancos correspondientes.
- La preservación con ácidos se debe de hacer en un área ventilada o en una campana de extracción. cualquier reacción inusual se debe de registrar en las bitácoras u hojas de campo.
- Todos los reactivos para la preservación de las muestras se deben de transportar en recipientes de plásticos o de teflón para evitar su rompimiento y en contenedores diferentes a los de transporte de las muestras.

2.17. Parámetros de Calidad de las Aguas

La calidad del agua se define en relación con el uso o actividad a la que se la quiera dedicar. Y por ello no se puede hablar de buena o mala calidad en abstracto, si no que cada actividad exige una calidad adecuada. Para evaluar los cambios que las diferentes aplicaciones del agua puedan originar en su calidad, se emplearan parámetros físicos, químicos o biológicos. A estos parámetros se los denomina indicadores de calidad del agua (Seoáñez, 1996).

El mismo autor considera que con el fin de poder establecer los límites dentro de los cuales una modificación de los componentes del agua pueda ser aceptada de manera que no resulte impropia para los distintos usos o para el medio mismo. En las reglamentaciones internacionales se establece distintas limitaciones.

- La concentración máxima recomendada representa un tope a alcanzar. Si el agua se encuentra dentro de esta limitación se puede asegurar su excelente calidad.
- La concentración máxima aceptable representa un límite a partir del cual ya no se puede garantizar la calidad del agua, pues aparecen una serie de factores que resulta incómodos al consumidor.
- La concentración máxima admisible representa el punto a partir del cual las aguas no sólo representan características molestas para el consumidor, si no que su ingestión puede resultar peligrosa para la salud y por tanto el consumo de este tipo de aguas debe quedar prohibido.

En los últimos años se han desarrollado diferentes métodos de conservación. Cada vez más prácticos, especialmente a la hora de estabilizar componentes del agua que tengan gran inestabilidad. Sin embargo, no existe un método de conservación definitivo y hay determinados parámetros que deben ser medidos directamente al obtener la muestra. De éstos, los más importantes son:

- pH
- Temperatura del agua
- Temperatura del aire
- Concentración de oxígeno disuelto.
- Concentración de nitratos.
- Concentración de iones amonio.

El resto de las características propias del agua puede ser determinado en el laboratorio posteriormente, si bien se debe minimizar al máximo el tiempo que trascorra. Entre estos parámetros, los más usuales en la evaluación de niveles de contaminación son:

- DQO
- DBO₅
- Concentración de coloides
- Contenido de materia decantable
- Contenido en grasas
- Determinaciones bacteriológicas
- Estudios biológicos
- Concentración de fosfatos y detergentes
- Determinación de contaminantes específicos

Dentro de la normatividad, se encuentra una parte de la NOM-001-ECOL-1996, en donde se establece los límites máximos permisibles para la descarga a de aguas y bienes nacionales. También se mencionan los niveles y tipos de contaminantes como son: grasas y aceites, material flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno total, fósforo total y temperatura. Éstos se mencionan en el Cuadro 2.7.

Cuadro 2.7. Niveles máximos permisibles de contenidos físico-químicos en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (NOM-001-ECOL-1996).

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS						
PARÁMETROS	RÍOS		EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES		SUELO	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
(mg/l, excepto cuando se especifique)						
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	N.A.	N.A.
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	N.A.	NA
Sólidos suspendidos Totales	150	200	75	125	N.A.	N.A.
DBO ₅	150	200	75	150	N.A.	N.A.
Nitrógeno Total	40	60	40	60	N.A.	N.A.
Fósforo Total	20	30	20	30	N.A.	N.A.

Notas: P. M.= Promedio mensual P. D.= Promedio diario N. A.= No aplica A*= Ausente

2.18. Nalco (2001) Clasifica las características de las aguas residuales como sigue:

2.18.1. Características Físicas

Las principales características físicas de un agua residual, son su contenido de sólidos, distribución de partículas por tamaño, turbiedad, color, transmitancia/absorbancia, olor, temperatura y densidad.

2.18.2. Características Químicas Inorgánicas

Los constituyentes químicos de las aguas residuales son con frecuencia clasificados en inorgánicos y orgánicos. Los inorgánicos incluyen:

1. Elementos individuales como calcio (Ca) cloruro (Cl) hierro (Fe) cromo (Cr) y zinc (Zn).
2. Una amplia variedad de compuestos como nitratos (NO_3) y sulfatos (SO_4).

Los constituyentes químicos inorgánicos de interés comprenden nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases. Entre los nutrientes inorgánicos están amoníaco libre, nitrógeno orgánico, nitritos, nitratos, fósforo orgánico y fósforo inorgánico. Otras pruebas como pH, alcalinidad, cloruros y sulfatos.

2.18.3. Características Químicas de Compuestos Orgánicos Agregados

La materia orgánica en aguas residuales se constituye básicamente de proteínas, carbohidratos, grasas y aceites. La urea, el mayor constituyente de la orina, es otro componente orgánico importante que hace parte de las aguas residuales frescas. Además de las proteínas, carbohidratos, grasas y aceites, las aguas residuales contienen pequeñas cantidades de un gran número de moléculas orgánicas sintéticas, con estructuras que van desde las más simples hasta las extremadamente complejas.

2.18.4. Características Químicas de Compuestos Orgánicos Individuales

Los compuestos orgánicos individuales se determinan para evaluar la presencia de contaminantes prioritarios. Los contaminantes prioritarios (orgánicos e inorgánicos) han sido y seguirán siendo seleccionados con base en el conocimiento o sospecha de su efecto carcinógeno, mutagénico y teratogénico o de toxicidad aguda alta. Muchos de los contaminantes orgánicos de prioridad también se clasifican como compuestos orgánicos volátiles (COV).

2.18.5. Características Biológicas

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

estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en planta de tratamientos de aguas residuales.

2.19. Nogal

Clasificación científica			
Reino:	Plantae	Género:	Carya
División:	Magnoliophyta	Especie :	C. illinoensis
Clase:	Magnoliopsida	Nombre binomial	Carya illinoensis
Orden:	Fagales		(Wangenh.) K.Koch
Familia:	Juglandaceae		

2.19.1. Origen

El Nogal es uno de los árboles de frutas comestibles más antiguo del mundo. Originario de Persia, se hallaron referencias de su existencia ya a partir del año 7000 A.C., en la época de los Romanos se le consideró comida de los dioses y de ahí su nombre *Junglans regia* en honor a Júpiter (<http://www.comenez.org/xoo/modules/tinycontent/index.php?id=1>).

La nuez pecanera tiene sus orígenes en la prehistoria, se han encontrado restos fósiles en Texas y en el Norte de México indicando su existencia desde antes que los americanos nativos vivieran ahí. El descubrimiento de restos fósiles junto con millones de árboles nativos de nuez pecanera han sido encontrados a lo largo de la mayoría de los arroyos y causes de ríos en estas regiones (Sur de EUA y Norte de México) indican que el origen de la nuez pecanera es en dichas áreas (<http://www.comenez.org/xoo/modules/tinycontent/index.php?id=1>).

Así mismo se menciona que el nogal pecanero es nativo del Norte de México y Sur de los Estados Unidos de Norte América. La explotación e industria nogalera se inició con árboles criollos hace aproximadamente 400 años. Los árboles más antiguos se localizan cerca de los ríos o arroyos al Suroeste del Estado de Chihuahua en Valle de Allende. En lo que se refiere a México, las primeras plantaciones se registran en el Edo. de Nuevo León en 1904 ya como una forma de cultivo controlado.

2.19.2. La Nuez Pecanera

Las áreas productoras de nuez pecanera alrededor del mundo se localizan principalmente entre los 25^o y 35^o latitud sur (Brison, 1976).

Los tres estados más importantes productores de nuez pecanera en México, son Chihuahua, Nuevo León, Coahuila, Sonora, Durango, siguiendo en menor importancia Tamaulipas, San Luis Potosí, Jalisco, Hidalgo, Puebla y Oaxaca (comenuz.org/xoo/modules/tinycontent/index.php?id=1).

En Coahuila las regiones productoras principales son: Parras, Región Lagunera, Allende, Zaragoza y Saltillo (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 2001).

En la Región Lagunera la importancia dentro de la producción de este fruto se remonta a partir del año 1948, cuando se establecieron las primeras plantaciones. Las variedades introducidas fueron Western, Wichita, Burkett, San Saba improved, Stuart, Barton, Mahan, predominando la Western y la Wichita. Requerimientos de pH 6.5 y 7.0 rico en materia orgánica (SARH, 2001).

Los nogales al igual que otros árboles requieren de seis macronutrientes del suelo: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, estos son requerimientos en grandes cantidades en la planta, de los cuales los más importantes se muestran en el Cuadro 2.8; cuando se necesitan en pequeñas cantidades se determinan micronutrientes; hierro, manganeso, cloro, zinc, boro, cobre, molibdeno (O'barr, 1976).

Cuadro 2.8. Contenido de micronutrientes en los folíolos de nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wong) K.) en diferentes localidades de Estados Unidos y México (O'barr, 1976).

Concentración en %		Estados Unidos			México
Elemento		Arizona Kilby, 1982	Georgia Sparks, 1978b.	Maryland Shear y Faust, 1980	Comarca Lagunera Caelala-Cian-Innia, 1985
	Deficiente	2.5	2.3	2.4	1.6
Nitrógeno	Suficiente	2.5-3.5	2.7-3	2.5-3.	2.3-2.8
	Exceso	4.0	.*	NE**	4
	Deficiente	-	.1	.1	.08
fósforo	Suficiente	.1-.18	.14-.3	.1-2	.1-.18
	Exceso	-	-	NE**	.7
	Deficiente	.75	.60	.9	.75
Potasio	Suficiente	1-2	1.25-1.5	.9-1.3	1-2
	Exceso	3.5	-	NE**	3.5

*el valor de toxicidad para el nitrógeno varía dependiendo de la concentración de potasio en los folíolos.

**no establecido.

Es un árbol que se adapta bien a suelos muy diferentes, aunque prefiere suelos profundos, permeables, sueltos y de buena fertilidad. El drenaje vendrá determinado por subsuelos formados por caliza fisurada, cantos rodados, etc. Para una buena retención de agua, se precisan suelos con un contenido en materia orgánica entre el 1.2 – 2 por ciento y un 18 - 25

por ciento de arcilla. El nogal se desarrolla en suelos con pH neutro (6.5 – 7.5). En zonas áridas y secas como la Comarca Lagunera, es común que existan cultivos susceptibles a la salinidad, sodicidad del suelo y agua, esto puede afectar su rendimiento, calidad y crecimiento. El nogal pecanero es uno de estos cultivos que también se ve afectado por estos problemas como se muestra en el Cuadro 2.9 (redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_reinos/flora/nogal/nogal.htm).

Cuadro 2.9. Grado de restricción en crecimiento de nogales

Agua de Riego	Unidad	Grado de toxicidad		
		Ninguno	En aumento	Severo
CE	Ds/m	<1.1	1.1 – 3.2	> 3.2
Sodio (RAS)		< 3	3 - 9	> 9
Cloruro	meq/L	< 4	4 - 10	> 10

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio (Figura 3.1) se encuentra ubicado al Sureste de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Torreón, Coahuila. Dicha área se encuentra localizada a una latitud Norte de $25^{\circ}33'21.23''$ y a una longitud Oeste de $103^{\circ}22'26.75''$ con 1,110 msnm.

UBICACIÓN

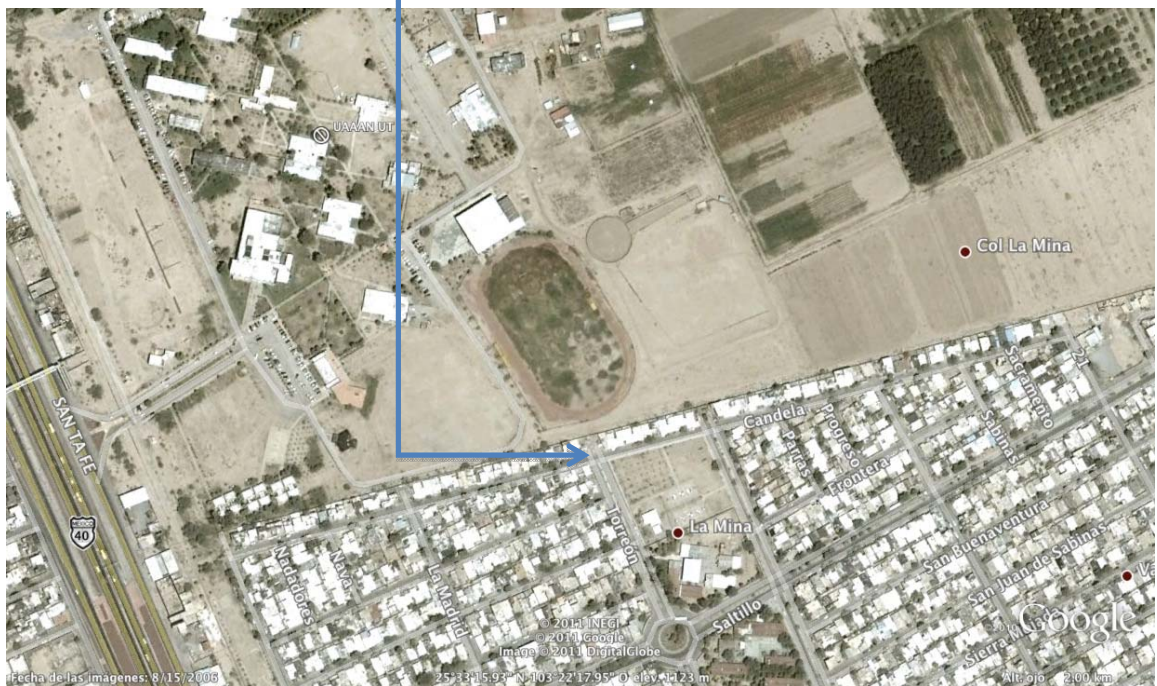


Figura 3. 1 Localización del sitio de muestreo del efluente

3.1. Procedimiento de Muestreo

3.1.1. Muestreo Manual

La toma de las muestras se realizó los días 11, 12, 15 y 16 de julio de 2009. El muestreo realizado fue por el método manual. Esto implica la

necesidad de un desplazamiento continuo del muestreador durante el tiempo para generar las muestras simples. El procedimiento general utilizado para el muestreo fue el siguiente:

- Se localizó el sitio de acuerdo a su ubicación con su cercanía la UAAAN-Unidad Laguna y se procedió a la recolección de la muestra.
- Los recipientes del muestreo se identificaron previamente por medio de una etiqueta autoadherible e impermeable en el laboratorio con marcador a prueba de agua, anotando la fecha (11, 12, 15 y 16 de julio de 2009 respectivamente) y la hora en que se toma la muestra.
- Se determinó primero el flujo en el centro de la corriente, con un registrador automático (SIGMA 900 MAX) compuesto por un sensor y un registrador de datos, con ello se obtuvieron los parámetros de carga hidráulica, velocidad y el gasto.
- Se enjuagó el recipiente y la tapa con el agua colectada por tres veces.
- En seguida se determinaron los parámetros de campo (pH, CE, SS, % de saturación).
- Las muestras se tomaron cada hora y se colocaron en hieleras para su transportación al laboratorio.

Una vez en el laboratorio de Calidad de Aguas del Departamento de Riego y Drenaje de la UAAAN-Salttillo se determinaron los parámetros que se mencionan en el Cuadro 3.1:

Cuadro 3.1. Parámetros

Parámetro
pH
Conductividad Eléctrica (CE)
Oxígeno Disuelto (O.D.)
Sólidos Sedimentables (SS)
Grasas y Aceites (G y A)
Nitrógeno Total (NT)
Nitrógeno Orgánico (N Org.)
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)
Fósforo Total (P Total)
Sólidos Suspendidos Totales (SST)
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4.1 se muestra los parámetros hidráulicos (gasto, velocidad y carga hidráulica) obtenidos cada hora en campo durante los días 11 y 12 de Julio de 2009. De los datos completos se obtuvieron las Figuras 4.1 y 4.2 para su análisis.

Cuadro 4.1. Parámetros Hidráulicos (gasto, velocidad y carga hidráulica del efluente) obtenidos con el SIGMA 900 MAX cada dos horas.

AFORO EN DESCARGA DE LA UAAAN UL.							
11 de Julio del 2009				12 de julio del 2009			
Hora	Gasto LPS	Vel (m/s)	Carga hidráulica (cm)	Hora	Gasto LPS	Vel (m/s)	Carga hidráulica (cm)
10:00	0.43	0.45	1.77	0:00	0.19	0.26	1.47
12:00	0.25	0.40	1.29	2:00	0.06	0.21	0.74
14:00	0.15	0.35	1.04	4:00	0.10	0.20	1.14
16:00	0.33	0.49	1.40	6:00	0.08	0.20	0.96
18:00	0.45	0.59	1.54	8:00	0.16	0.31	1.17
20:00	0.13	0.22	1.52	10:00	1.01	0.79	2.18
22:00	0.29	0.45	1.55				

Estos parámetros se tomaron en sábado 11 y domingo 12 de julio de 2009 para saber el comportamiento en fin de semana, posteriormente se tomó entre miércoles 15 y jueves 16 del mismo mes y año.

En la Figura 4.1 se observa que su carga hidráulica máximo para el día sábado 11 de julio de 2009 fue a las 12:30 hr con 2.10 cm; velocidad máxima fue a las 19:30 hr con 0.69 m/s, gasto máximo fue a las 12:30 hr de 0.73 LPS y un gasto mínimo fue a las 14:15 hr con 0.04 LPS.

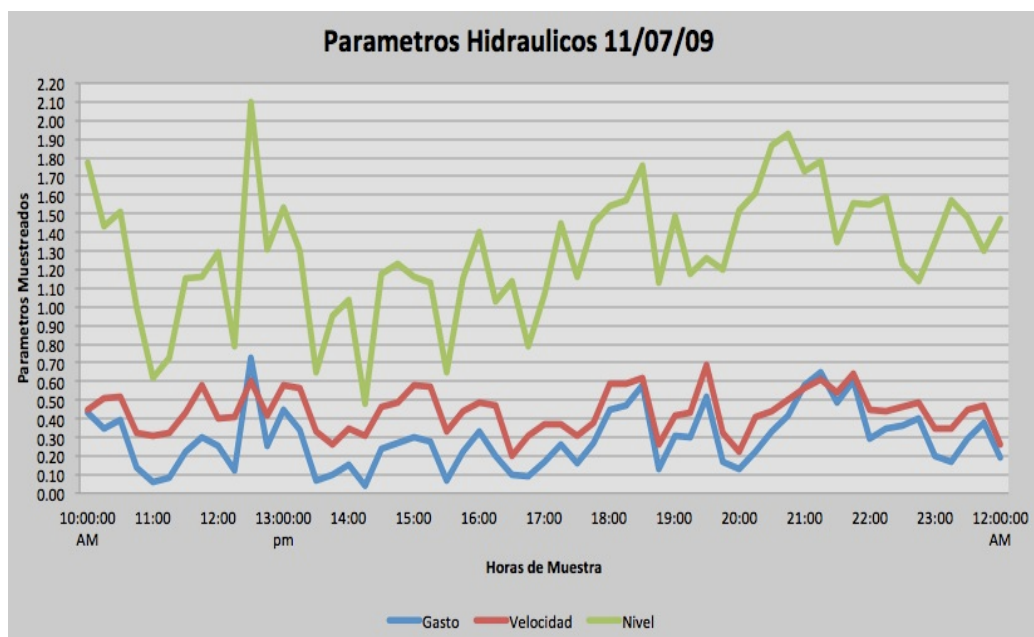


Figura 4.1 Parámetros hidráulicos tomados el sábado 11 de Julio del 2009.

De la Figura 4.2 su carga hidráulica máxima para el domingo fue a las 9:45 hr con 2.27 cm, velocidad máxima fue las 9:00 hr con 0.87 m.s^{-1} , gasto máximo fue a las 10:00 hr de 1.01 LPS y un gasto mínimo fue a las 2:00 hr con 0.06 LPS.

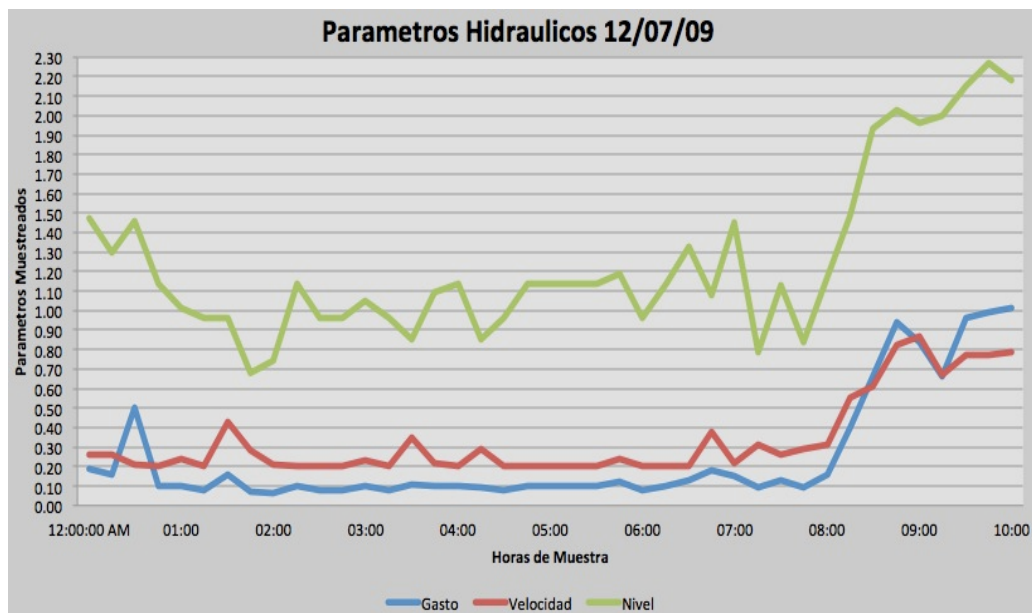


Figura 4.2 Parámetros hidráulicos del domingo 12 de Julio del 2009.

En la Cuadro 4.2 se muestra los parámetros hidráulicos (Gasto, Velocidad y Carga Hidráulica) obtenidos cada hora en campo de los días 15 y 16 de Julio de 2009, reportándose cada dos horas.

Cuadro 4.2. Se muestran los parámetros hidráulicos (gasto, velocidad y carga hidráulica del efluente) obtenidos con el SIGMA 900 MAX

AFORO EN DESCARGA DE LA UAAAN UL.							
15 de Julio del 2009				16 de julio del 2009			
Hora	Gasto LPS	Vel (m/s)	Carga hidráulica (cm)	Hora	Gasto LPS	Vel (m/s)	Carga hidráulica (cm)
10:00	3.533	0.441	10.89	0:00	1.483	0.200	8.81
12:00	4.170	0.619	7.92	2:00	2.296	0.289	9.16
14:00	1.652	0.253	7.67	4:00	3.076	0.411	8.93
16:00	3.564	0.461	9.31	6:00	3.492	0.444	9.61
18:00	2.965	0.370	10.48	8:00	2.894	0.361	10.79
20:00	2.555	0.344	8.84	10:00	9.472	0.340	9.47
22:00	3.230	0.405	9.88				

Éstos parámetros se tomaron en Miércoles 15 y Jueves 16 de julio 2009 para saber el comportamiento que se tiene en la semana, anteriormente se había tomado en fin de semana con esto se completa los dos tipos de comportamiento que puede tener el efluente.

En la Figura 4.3 se deduce que su carga hidráulica máximo fue a las 9:30 hr con 12.82 cm, velocidad máxima fue las 12:45 hr con 0.64 m.⁻¹s, gasto máximo fue a las 12:45 hr de 4.31 LPS y un mínimo de 1.48 LPS a las 19:15 hr.

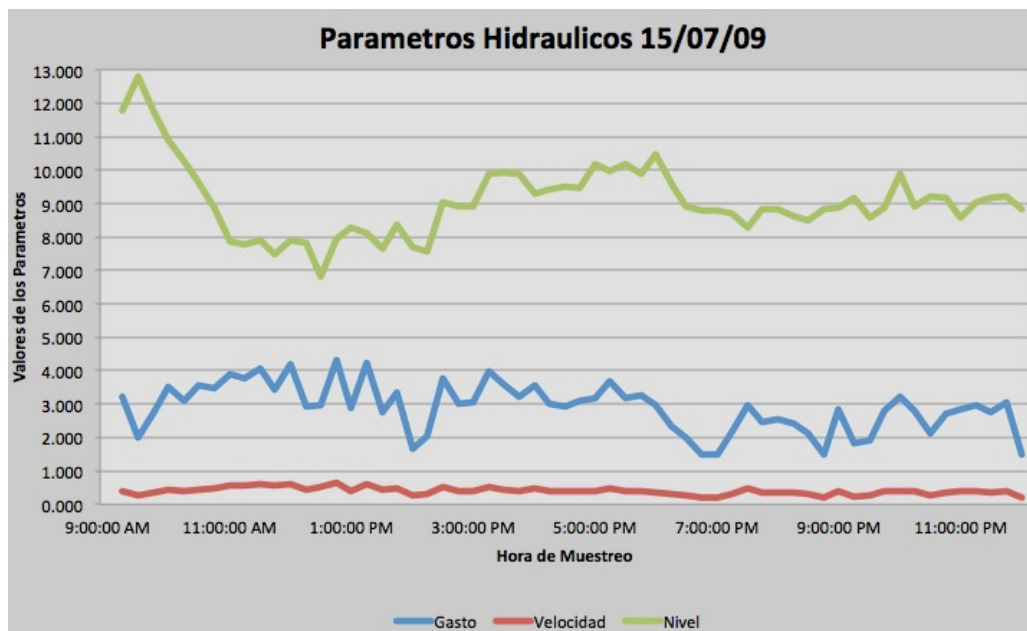


Figura 4.3 Parámetros Hidráulicos del miércoles 15 de Julio del 2009

En la Figura 4.4 se observa que su carga hidráulica máximo fue a las 8:30 hr con 11.17 cm, velocidad máxima fue las 8:45 hr con $0.67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, gasto máximo fue a las 9:00 hr de 9.47 LPS y un mínimo de 1.48 LPS fue a las 0:00 hr.

Con éstos dos últimos datos se obtiene un gasto máximo de $34.092 \text{ m}^3/\text{hr}$, $818.208 \text{ m}^3\cdot\text{día}^{-1}$ y un gasto mínimo de $127.872 \text{ m}^3\cdot\text{día}^{-1}$.

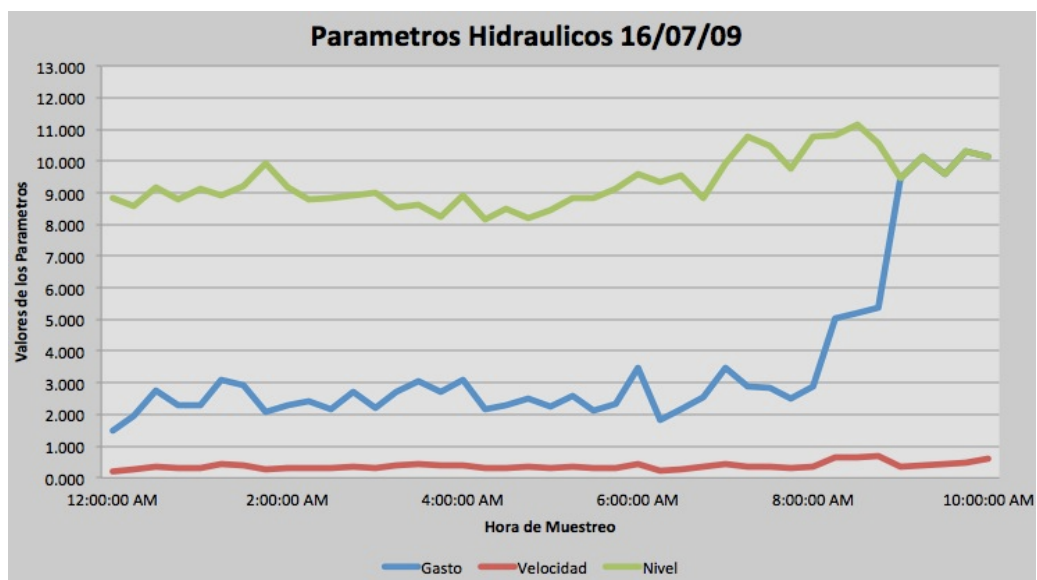


Figura 4.4 Parámetros hidráulicos del jueves 16 de Julio del 2009.

Se compararon los parámetros determinados de los límites máximos permisible de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales de acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996 y los límites máximos permisibles con servicios al público con contacto directo o servicio al público con contacto indirecto u ocasional de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1996, así como la Composición típica del agua residual domésticas de acuerdo a Castellanos y Uvalle (2000).

En el Cuadro 4.4 sólo compara los parámetros físico-químicos para uso para el riego (NOM-001-ECOL-1996) ya que estos parámetros son los necesarios en caso de regar el cultivo de nogal en la UAAAN-UL y la norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos.

Cuadro 4.4. Promedio diario de Parámetros físico-químicos comparados con los de la NOM-001-ECOL-1996

Parámetros Físico-Químicos	Promedio Fecha de Muestreo				NOM-001-ECOL-1996	
	11/07/09	12/07/09	15/07/2009	16/07/2009	Ríos Uso Riego	Aguas Embalses Nat. y Art. Uso de riego
Temp. (°C)	32.19	28.48	31.3	29.09	40	40
PH	7.61	7.89	8.2	7.89	5.5-10	5.5-10
CE	1543.89	-	1306.87	1151.78	-	-
O.D.	0.81	0.71	1.45	1.07	-	-
% de Sat.	19.16	18.59	19.69	17.43	-	-
SST (mg/L)	143.18	54	176	93.44	200	125
SSV	117.9	49.60	138.33	78.33	-	-
SS (ml/L)	1.78	0.78	2.49	1.22	2	NA
G y A (mg/L)	27.76	11.09	23.97	9.2	25	25
N Total (mg/L)	57.74	66.09	60.66	54.24	60	60
N Org.	10.32	11.02	10.82	8.31	-	-
N-NH ₃	47.49	55.03	49.87	46.37	-	-
SAAM	9.29	5.68	12.58	7.47	-	-
DBO ₅ (mg/L)	308.18	219	372.67	258.89	200	150
DQO	507.27	296	718	442.22	-	-
P Total (mg/L)	8.69	8.9	11.97	8.92	30	30

Los límites máximos permisibles para los parámetros DBO_5 y SST, que debe cumplir el responsable de la descarga a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, son los establecidos en la Cuadro 2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996 referida en el punto 2 de esta Norma, o a las condiciones particulares de descarga que corresponde cumplir a la descarga de ríos en uso riego agrícola así como Nitrógeno y Fósforo más los que no aplican.

Los parámetros que no cumplen de acuerdo a la NOM-001-ECOL-1996 son:

- Sólidos Sedimentables para el rango de riego fueron el día 15 de Julio del 2009.
- Grasas y aceites para el día del 11 de Julio del 2009.
- Nitrógeno Total kjeldahl fueron los días 12 y 15 de Julio del 2009.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) para las fechas de muestreo.
- Fósforo Total éste fue el único parámetro que todas las fechas de muestreo cumplieron.

En el Cuadro 4.5 se observan los parámetros que considera la NOM-003-SEMARNAT-1996 para el uso de riego en parques y jardines, así como en la agricultura.

Cuadro 4.5. Promedio diario de los parámetros físico-químicos comparados con los de la NOM-003-SEMARNAT-1996.

Día de Maestreo 2009						
Parámetros					NOM-003-SEMARNAT-1996	
Físico-Químicos	11/07	12/07	15/07	16/07	Servicio al público con contacto directo	Servicio al público con contacto indirecto
Coliformes Fecales NMP/100 ml	-	-	-	-	240	1000
Huevos de Helminto	-	-	-	-	< 1	< 5
G y A (mg/L)	27.76	11.09	23.97	9.2	15	15
DBO ₅ (mg/L)	308.18	219	372.67	258.89	20	30
SST (mg/L)	143.18	54	176	93.44	20	30

El único parámetro que cumplió los límites de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1996 fue el de grasas y aceites los días 12 y 16 de Julio.

De Coliformes Fecales no se realizó el análisis por razones de presupuesto del laboratorio así mismo como los Huevos de Helminto.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno Superó por mucho los límites que establece la NOM-003-SEMARNAT-1996.

Los Sólidos Suspendidos Totales sobrepasaron los rangos que establece la norma anterior como adecuados para su uso.

Además de las muestras tomadas se hizo una compuesta para realizarle el análisis agronómico para uso agrícola como lo recomienda Castellanos y Uvalle 2000 (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. Parámetros Agronómicos de la muestra compuesta del agua residual Castellanos y Uvalle (2000)

Parámetros	Calidad de Agua de Riego			Laboratorio	CLASIFICACION DEL AGUA DE RIEGO
	Manual de Interpretación de suelos y aguas			Promedio	
	Grado de Restricción de Uso:				
		Ninguno	Leve a Moderado 6 - 8.5	Severo no recomendable -	
pH	-				7.0250 Buena
dS/m	CE	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0	1.590 C1. Agua baja en sales
	SDT	< 450	450 - 2000	> 2000	213.833 Ninguno
°C	temperatura	-	-	-	15.7583 Buena
meq/Lt	calcio	-	-	-	3.6917 -
	magnesio	< 0.1	0.1 – 1.5	> 1.5	0.5083 Moderado
	carbonatos	-	-	-	0.4917 -
	bicarbonatos	<1.5	1.5 – 8.5	> 8.5	1.9 Moderado
	cloruros	< 4.0	4.0 – 10	> 10	2.7917 Ninguno
	sulfatos	< 0.5	0.5 – 2.0	> 2.0	0.9750 Moderado
	sodio	< 3.0	3.0 – 9.0	> 9.0	1 Ninguno
	RAS	-	0 – 3	-	0.6901 S1. Baja
	SE	< 3.0	3.0 - 15	> 15	2.9583 Buena
	SP	< 3	3 - 15	> 15	3.2792 Leve
	CSR	< 1.25	1.25 – 2.5	> 2.5	0 Buena
	PSP	< 50 %	> 50 %		33.8028 Buena
	Boro	<0.5	0.5 – 4.0	> 4.0	- -

Agua C1S1. Agua baja en sales y sodio:

- o Agua de baja salinidad C1: Puede usarse para riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo con poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. Se necesita algun lavado, pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

- Agua baja en sodio S1: Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

De acuerdo a los resultados y habiendo sido comparados con los rangos que nos proporcionan Castellanos y Uvalle (200) el agua puede ser aplicada en riego agrícola, así mismo comparados con los rangos de tolerancia de CE, RAS y Cloruro que nos presenta Ibacache (2005). En su estudio de la Fisiología y Nutrición del nogal, nuestros datos revelan un nivel de adecuado para uso en riego de nogal (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Niveles críticos de iones específicos comparados con muestreo

Agua de Riego	Unidad	Grado de toxicidad			Datos de Muestreo
		Ninguno	En aumento	Severo	
CE	Ds/m	<1.1	1.1 – 3.2	> 3.2	1.590
Sodio (RAS)		< 3	3 – 9	> 9	0.6901
Cloruro	meq/L	< 4	4 – 10	> 10	2.7917

Muestra una ligera tendencia en aumento de la CE, sin embargo podemos destacar que es pequeña para lo cual puede ser resuelta con láminas considerables de riego. El Sodio y Cloruro están por debajo de los grados de toxicidad.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a la Norma Mexicana NOM-001-ECOL-1996, se compararon ocho parámetros físico-químicos que fueron: temperatura ($^{\circ}\text{C}$) Potencial de hidrógeno (pH) sólidos suspendidos totales (SST) sólidos sedimentables (SS) grasa y aceites (G y A) nitrógeno total (N Total) demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y fósforo total (P Total) el cual al tipo de agua y el uso (riego) el día 16 de Julio de 2009 fue de mejor calidad, ya que de 8 cumplieron 7, siendo DBO_5 el único que no cumplió. Los días 11 y 12 de Julio fueron de igual calidad, ya que de éstos cumplieron 6 de 8, y el día 15 de Julio fue el de menor calidad dado que de este sólo cumplieron 5 de 8, siendo DBO_5 , N Total y sólidos sedimentables los parámetros que no cumplieron de acuerdo a la Norma Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

De la misma norma para el tipo de agua de embalses naturales y artificiales de uso para riego, los días de peor calidad 11 y 15 de Julio los cuales sólo cumplieron 5 de 8 parámetros comparados; el día 12 de Julio cumplieron 6 de 8, siendo DBO_5 y N Total los que no cumplieron y el día de mejor calidad de acuerdo a esta fue el día 16 de Julio porque se cumplieron 7 de 8, siendo DBO_5 el parámetro que no cumplió.

De acuerdo a la Norma Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1996 se compararon 5 parámetros de los cuales los días 12 y 16 cumplieron sólo grasas y aceites. Los parámetros que no cumplieron ningún día fue la DBO_5 ,

SST por lo tanto para esta norma debe de considerarse antes del uso de este liquido.

Observando los parámetros hidráulicos el día con mayor gasto, fue el día jueves 16 de Julio del 2009 a las 9:00 con un gasto de $818.208\text{m}^3.\text{día}^{-1}$ y el día con menor gasto fue el día 11 de Julio del 2009 a las 12:30 con un gasto $63.072\text{m}^3.\text{día}^{-1}$.

De acuerdo a Castellanos y Uvalle (2000) los parámetros físico-químicos comparados fueron: Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) conductividad eléctrica (CE) Potencial de Hidrógeno (pH) Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Carbonato (CO_3^-) Bicarbonatos (HCO_3^-) Cloruro (Cl) Sulfato (SO_4) Sodio (Na) Relación de Adsorción de Sodio (RAS) Salinidad Efectiva (SE) Salinidad Potencial (SP) Carbonato de Sodio Residual (CSR) Porcentaje de Sodio Posible (PSP) Boro (B) los cuales de acuerdo al tipo de agua (residual) y el uso del cual quiere realizarse (riego) se encuentran dentro de los límites permisibles para su uso sin riesgo aparente.

Así mismo comparados con los rangos de tolerancia de CE, RAS y Cloruro que nos presenta Ibacache (2005) los datos revelan un nivel adecuado para uso en riego del mismo.

VI. LITERATURA CITADA

Ame, V., D.J. Price y F.W. Ruth. 1990 Environmental Pollution and Control Thirt edition. Butterworth-heine mann.

Brison, F.R., 1976 El Cultivo del Nogal Pecanero. S.A.G., Conafrut. México, D.F.

Castellanos, J.Z. y J.X. Uvalle. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas.

Clark, R. 1993. Water the international crisis. The MIT press Cambridge. Massachusetts.

Comisión Nacional del Agua (CNA) 2000. Región VII de Cuencas Centrales del Norte de la Comisión Nacional del Agua. (Revisado el 14 de Octubre de 2004).

Comisión Nacional del Agua (CNA) 2002. Determinación de la Disponibilidad de agua en el Acuífero Principal, Estado de Durango y Coahuila. Comisión Nacional del Agua – Gerencia de Aguas Subterráneas – Subdelegación de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. México, D.F.

Comisión Nacional del Agua (CNA) 2011. Estadísticas del Agua en México. Subdirección General de Programación. Gerencia de Planeación. Hidráulica México, D.F.

- Dunne, T. y Luna B.L. 1998. Whater in Enviromental planning. Fifteenth printing. Wit. Freeman and Company. New York.
- Fair G., Geyer Ch., Okun, D.A. 1968. Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales. Primera edición. Editorial Limusa S.A.
- Gómez, N. A. y G. Mantilla, 2000. Técnicas de muestreo. curso teórico de práctico de tratamiento de aguas residuales municipales e Industrial. Instituto Mexicano de Tocológia del Agua, Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México.
- Hammer, M. 1986. Water and wastewater Technology. Second edition. Prentice hall. Englewood cliffs. New jersey.
- Ibacache A. G. 2005. Fisiología y Nutrición de Nogal, INIA - Intihuasi. Valle de Choapa, Chile.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) 2000. Sistema de Recarga Artificial en el Acuífero Principal de la comarca Lagunera.
- Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT) 2006. Agua-hombre-paisaje, Primera edición.
- Lewin, V.P. 1973. In Fresh water and the Marine Enviromental 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 y Eddy, INC. (1996). Ingeniería de aguas residuales. Mc Graw Hill. 3ª Edición.

Mújica, A.V. y Figueroa, J. 1986. Contaminación Ambiental causas y control. Primera edición. Universidad Autónoma Metropolitana México.

Nalco, 2001. Manual del agua su naturaleza, tratamiento y aplicación. Tomo I. Editorial McGraw Hill. Naucalpan, México.

NOM-001-ECOL-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

NOM-003-SEMARNAT-1997 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

NMX-AA-007-1997 Determinación de la temperatura en aguas naturales y residuales.

NMX-AA-008-1997 Agua. Determinación del pH.

NMX-AA-029-1997 ANÁLISIS DE AGUAS. Determinación de fósforo total en aguas naturales y residuales.

NMX-AA-030-1997 Análisis de agua-demanda química de oxígeno en aguas naturales y residuales.

NMX-AA-073-1997 Análisis de agua-determinación de cloruros totales en aguas naturales y residuales.

NMX-AA-079-1997 Análisis de agua-determinación de nitratos en aguas naturales, potables y residuales.

NMX-AA-093-1997 Análisis de agua-determinación de la conductividad electrónica.

O'barr, R.O. 1976.Nutients therir impact. Pecan quarterly.

Organización de Educacional, Científica y Cultural de las Naciones Unidas (UNESCO) y La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003). Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, www.unesco.org/water/wwap.

Secretaria de Agricultura y recursos Hidráulicos (SARH) 2001. Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos mexicanos. S.P.P. México.

Seoáñez C. Mariano. 1990. Ingeniería del medio ambiente aplicada al medio natural continental. Segunda edición. Ediciones mundi prensa. España.

Seoáñez C. Mariano. 1997. Ingeniería del medio ambiente aplicada casos prácticos. Ediciones Mundi Prensa. España.

Seoáñez C. Mariano. 1999. Aguas Residuales: Tratamiento por humedales artificiales. Colección Ingeniería del medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. España.

Sybil, P. 1980. Encyclopedia of Environmental Science. Mc. Graw-Hill Book Company second edition, Edition in Chief. Philippines.

Valenzuela, C. 1995. Química General: introducción a la química teórica.
Primera edición. España.

Páginas Consultadas en Internet

http://html.rincondelvago.com/ciudades_1.html

<http://www.monografias.com/trabajos5/anagua/anaguas.html>

<http://www.lenntech.es/biblioteca/enfermedades/enfermedades-transmitidas-por-el-agua.htm>

<http://www.ceit.es/Asignaturas/ecologia/Hipertexto/11cAgua/100CoAcu.html>

<http://www.file:/Agua%20residual.html>

<http://www.members.Triod.com/arturobola/content.html>

<http://www.laneta.apc.org/emis/noticias/toxica99.html>

<http://www.comenez.org/xoo/modules/tinycontent/index.php?id=1>

[http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/120P
rocC.htm](http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/11CAgu/120P
rocC.htm)

[http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_reinos/flora/nogal
/nogal.htm](http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_reinos/flora/nogal
/nogal.htm)