

**Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
(UNPHU)**

**Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de Ingeniería Civil**

“Saneamiento Cañada Avenida Del Zoológico”



Trabajo de Grado presentado por:

Gómez de Jesús, Eriol 12-0901

Sallent, Jorge 13-0772

Santo Domingo, D.N.

2015

Titulo

“Saneamiento Cañada Avenida del Zoológico”

Agradecimientos

Como equipo queremos agradecer en primer lugar a dios, por darnos salud, confianza y dedicación hacia este proyecto, a nuestras familias por el apoyo brindado durante el curso de nuestros estudios.

Al profesor y asesor de tesis Ing. José Francisco Comarazamy por orientarnos, a lo relacionado al proyecto de tesis y por darnos las herramientas necesarias para elaborar un exitoso proyecto.

Muchas Gracias

Contenido

CAPÍTULO I	1
1.1 Planteamiento del Problema	9
1.2 Preguntas de Investigación.....	10
1.3 Objetivos de Investigación	10
1.3.1 Objetivo general	10
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Justificación del tema	11
1.5 Antecedentes	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1 Análisis físico del agua.....	13
2.1.1 Turbiedad	13
2.1.2 Temperatura	14
2.1.3 Sólidos	14
2.2 Análisis químico del agua	16
2.2.1 Oxígeno disuelto.....	17
2.2.2 Demanda química de oxígeno (DQO).....	18
2.2.3 Demanda biológica de oxígeno (DBO).....	19
2.3 Análisis bacteriológico del agua	20
2.3.1 Elementos de microbiología y bacteriología	20
2.3.2 Esterilización	22
2.3.4 Microbiología del agua	23
2.3.5 El grupo coliforme.....	27
2.3.6 Criterios de calidad bacteriológica	28
2.3.7 Contaminación del agua.....	29
2.3.8 Contaminación del agua freática o subterránea	30
2.3.9 Contaminación de mares y océanos	32
2.3.10 Contaminantes biológicos	33
2.3.11 Contaminación por materia orgánica	33
2.3.11 Contaminación por microorganismos patógenos	35
2.3.12 Eutrofización.....	36
2.4 Caracterización de aguas residuales	38
2.4.1 Aguas blancas	38
2.4.2 Aguas Negras.....	39
2.4.3 Aguas residuales industriales.....	41

2.5	Transporte de aguas residuales	42
2.5.1	Bombeo de agua residual	44
2.6	Tipos de tratamientos de aguas residuales	47
2.6.1	Procesos físicos	49
2.6.2	Procesos químicos	57
CAPÍTULO III: MARCO CONCEPTUAL.....		70
3.1	Glosario	70
3.2	Marco Contextual	71
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO		72
4.1	Tipo de investigación.....	72
4.2	Procesos de investigación	73
4.3	Técnicas de investigación.....	73
4.3.1	Ubicación de la zona de estudio	74
4.3.2	Condición actual de la cañada	75
4.3.3	Sistema de Drenaje Pluvial actual.....	79
4.3.4	Propuesta de Sistema de Drenaje Pluvial.....	82
4.4	Resultados	85
4.4.1	Caracterización No. 1	85
4.4.2	Caracterización No. 2.....	86
4.4.3	Caracterización No. 3.....	87
4.4.4	Caracterización No. 4.....	87
4.4.5	Análisis Bacteriológico	89
CONCLUSIÓN		90
Conclusión de los análisis de la caracterización de las aguas.....		90
Conclusión sobre el Drenaje Pluvial		96
RECOMENDACIONES		97
BIBLIOGRAFÍA		9

ANEXOS 10
ANEXO A..... 12
ANEXO B..... 14
ANEXO C 16
ANEXO D 18
ANEXO E..... 20

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Requerimientos nutricionales de los microorganismos.	21
Tabla 2.2	Enfermedades transmisibles por el agua.	26
Tabla 2.3	Requerimientos de muestreo para suministros de agua.	28
Tabla 2.4	Normas de calidad bacteriológica para suministros de agua	29
Tabla 2.5	Sustancias nocivas en el agua de consumo humano.	30
Tabla 2.6	Valores típicos de demanda bioquímica de oxígeno para aguas de diferente calidad.	34
Tabla 2.7	Algunos de los cambios que ocurren con la eutrofización.	37
Tabla 2.8	Contaminación de las aguas blancas.	39
Tabla 2.9	Características de las aguas residuales urbanas (concentración en mg / lc).	40
Tabla 4.1	Informe de análisis división de residuos sólidos (CAASD) estudio realizado el día 13 de julio 2015. extraído del anexo a.	86
Tabla 4.1.1	Comparación de resultados de la muestra no.4 (tabla 4.1) y la tabla 2.9 “características de las aguas residuales urbanas.	86
Tabla 4.2	Informe de análisis división de residuos sólidos (CAASD).	87
Tabla 4.2.1	Comparación de resultados de la muestra no.4 (tabla 4.2) y la tabla 2.9.	87
Tabla 4.3	Informe de análisis división de residuos sólidos (CAASD).	88
Tabla 4.3.1	Comparación de resultados de la muestra no.4 (tabla 4.3) y la tabla 2.9.	88
Tabla 4.4	Informe de análisis división de residuos sólidos (CAASD).	89
Tabla 4.4.1	Comparación de resultados de la muestra no.4 (tabla 4.4) y la tabla 2.9 “características de las aguas residuales urbanas”.	89
Tabla C.1	“Valores permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo, según la UNE EN-27888: 1993 y la ISO 788-1985”.	91
Tabla C.2	“Resultados de las muestras no. 4 en los diferentes días de estudio.	92

INDICE DE FIGURAS

Fig. No. 1	Ubicación de los 4 puntos de muestras.	75
Fig. No.2	Mapeo de Imbornales y filtrantes existentes en el trayecto de la Cañada Av. Del Zoológico.	84

INDICE DE GRAFICAS

Graf. C.1	Resultados de estudio realizado el día 13 de julio, 2015	92
Graf. C.2	Resultados de estudio realizado el día 20 de julio, 2015	93
Graf. C.3	Resultados de estudio realizado el día 27 de julio, 2015	93
Graf. C.4	Resultados de estudio realizado el día 5 de agosto, 2015	94

INTRODUCCION

El enfoque que se plantea en esta investigación, enmarcada en el saneamiento de la cañada Av. Del Zoológico, explicando las características principales, física y funcionalmente, basándose en los estudios realizados y enfocándose en la contaminación medio ambiental.

El capítulo 1, se refiere al planteamiento del problema, preguntas de investigación, objetivos de la investigación, justificación, metodologías y técnicas y los antecedentes de la investigación.

En el capítulo 2, hace referencia del marco teórico, conceptualizaciones, instrumentos de recolección de las informaciones, los estudios relacionados a la caracterización y a los tipos de tratamientos de aguas residuales.

En el capítulo 3, se refiere al marco conceptual, en el cual se definen términos relacionados a la temática.

En el capítulo 4, hace referencia del marco metodológico, en el cual se describen el tipo de investigación, procesos de investigación, ubicación de la zona de estudio, y análisis de los resultados, de lo general a lo particular.

Por último en el capítulo 5, se presentan los datos dando repuestas a las interrogantes planteadas al inicio en el planteamiento del problema y recomendando las posibles soluciones.

Capítulo I

1.1 Planteamiento del Problema

La ciudad de Santo Domingo, posee un déficit en el tratamiento de las aguas residuales, falta de un manejo correcto de la disposición final de desperdicios tóxicos, lo que resulta en la contaminación de los afluentes, y por ende, los ríos que circundan dicha ciudad.

La cañada ubicada en la Avenida del Zoológico, la cual es un afluente de la cañada de Arroyo Hondo y el Rio Isabela, hoy día carece de un control de los desperdicios depositados por la falta de concientización los habitantes de la zona y de un tratamiento de las aguas residuales antes de ser depositados en los anteriores, por lo que es un constante contaminante.

Debido al crecimiento continuo de la ciudad de Santo Domingo y la carencia de un mantenimiento sanitario, la cañada de la Avenida del Zoológico necesita de una intervención de las autoridades sanitarias para que la disposición final de las aguas que circulan por esta cañada contribuya a un bienestar ecológico y salud para los habitantes de esta área.

1.2 Preguntas de Investigación

1. ¿Esta cañada posee algún tipo de tratamiento de las aguas residuales que drenan en ella?
2. ¿Cuáles sectores drenan sus aguas residuales y pluviales en esta cañada?
3. ¿Con que fin fue construida esta cañada?
4. Por medio de una caracterización de las aguas, ¿Cuáles son los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Temperatura, PH y Sólidos Suspendidos que caracterizan estas aguas residuales?
5. ¿Qué tipo de tratamiento de aguas residuales se podría elaborar para sanear esta cañada?

1.3 Objetivos de Investigación

1.3.1 Objetivo general

Estudiar la caracterización del agua residual depositada en la Cañada en la Avenida del Zoológico

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar una caracterización de las aguas residuales depositadas en dicha cañada.
2. Determinar la Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas residuales de dicha cañada.
3. Obtener el PH y Temperatura de estas aguas.
4. Investigar cuales son las instituciones del Estado involucradas en el proceso de Saneamiento, y que les compete a cada una de ellas.
5. Proponer una posible solución para mejorar las características de estas aguas antes de su disposición final.

1.4 Justificación del tema

Dado que la trayectoria de la cañada de la Av. del Zoológico atraviesa varios barrios como son: Los Farallones, La Agustinita, Lana Gautier, El 70, Gran parte del propio Parque Zoológico Nacional y el control o la parada de rutas principales de la zona como son La Ruta 8 que va desde la rotonda de la Av. del Zoológico- Av. Nicolás de Ovando hasta la UASD y la Ruta 19 que lleva un recorrido por la Av. Nicolás de Ovando-Duarte- Calle Benito González- Av. Bolívar- UASD, la contaminación actual de la cañada afecta la salud de los habitantes de la zona y reduce el atractivo turístico del Parque Zoológico Nacional.

Los 4 barrios afectados en el trayecto de la cañada cuentan con una gran masa de habitantes por lo que es de gran preocupación la contaminación de la zona producto del descuido de la cañada, así como también la falta de conciencia de los habitantes de la zona.

La falta de un control sanitario continuo de las aguas residuales de la ciudad, nos motiva a investigar y proponer un saneamiento para esta cañada y así contribuir a un desarrollo ecológico de las zonas impactadas por estas aguas y en la salud de los pobladores de los barrios que colindan su trayectoria.

1.5 Antecedentes

Se han realizado estudios en el mismo contexto pero en diferentes áreas próximas a nuestro lugar de estudio. Uno de estos es la tesis realizada en el INTEC (2010) “Estudio de factibilidad de la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales con plantas de micrófitos en el Jardín Botánico” realizada por Agüero Núñez, Andreas; Castro Cruz, Gregory; entre otros, la cual realiza un estudio a las aguas en cuya trayectoria se encuentra el Jardín Botánico y cuyas muestras fueron tomadas dentro del mismo. Realizaron una caracterización de las aguas evaluando los parámetros de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), PH, Temperatura y Bacterias Coliformes, comparando estos con los reglamentos R008 del Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones y además con los estándares permisibles de la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (hoy Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), y analizar si era factible la construcción de una planta de tratamiento con plantas de micrófitos en el Jardín Botánico.

También se ha encontrado que la cañada de la Av. Del Zoológico estuvo incluida en los estudios realizados por el Plan Maestro del Alcantarillado Sanitario del Gran Santo Domingo de la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) en el 2010, en el cual proponen una estación de bombeo para enviar sus aguas a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) La Zurza. El plan maestro fue diseñado a 30 años.

La cañada fue construida conjunto con la Avenida del Zoológico en el año 1974, con el fin de recolectar parte de las aguas pluviales de los barrios: Ensanche La Fe, la Agustina, Cristo Rey, y La Puya, y las aguas residuales del Barrio La Agustina.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Análisis físico del agua

El agua pura es un líquido inodoro e insípido. Tiene un matiz azul, que sólo puede detectarse en capas de gran profundidad. A presión atmosférica (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 °C sin que se congele. Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura.

2.1.1 Turbiedad

La turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, la turbiedad es una propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad en el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

La determinación de la turbiedad es de gran importancia en aguas para consumo humano y en gran cantidad de industrias procesadoras de alimentos y bebidas.

Los valores de turbiedad sirven para determinar el grado de tratamiento requerido por una fuente de agua cruda, su filtrabilidad y, consecuentemente, la tasa de filtración más adecuada, la efectividad de los procesos de coagulación, sedimentos y filtración, así como para determinar la potabilidad del agua. ¹

2.1.2 Temperatura

La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamientos y análisis de laboratorio puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación con carbono de calcio se relaciona con la temperatura.

Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio del muestreo.

Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento, y la lectura debe hacerse después de un periodo de tiempo suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es venenoso debe prevenirse cualquier posible rotura del termómetro en agua utilizada para consumo. (Romero, 1999. (1)).

2.1.3 Sólidos

Se define como *sólidos* a la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103 °C. Incluye toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

¹Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

- *Sólidos totales*: El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en una cápsula previamente pesada, preferiblemente de platino o porcelana, sobre un baño de María, y luego se seca a 103 – 105 °C. El incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total.

- *Sólidos disueltos (o residuo filtrable)*: Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa se filtra una muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una cápsula de paso conocido sobre un baño de María y el residuo de la evaporación a 103 – 105 °C. El incremento de peso sobre la capsula vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable.

- *Sólidos suspendidos (residuo no filtrable o material no disuelto)*: Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103 – 105 °C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrable.

- *Sólidos volátiles y sólidos fijos*: En aguas residuales y lodos, se acostumbra a hacer una determinación con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. La determinación de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles es importante para evaluar la concentración o “fuerza” de aguas residuales para determinar la eficiencia de las unidades de tratamiento biológico secundario.

La determinación de sólidos sedimentables es básica para establecer la necesidad del diseño de tanques de sedimentación como unidades de tratamiento y para controlar su eficiencia.

- *Sólidos sedimentables*: La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán, bajo condiciones tranquilas, por acción de la gravedad.²

2.2 Análisis químico del agua

El agua es un compuesto de hidrógeno y oxígeno (H₂O). Los antiguos filósofos consideraban el agua como un elemento básico que representaba a todas las sustancias líquidas. Los científicos no descartaron esta idea hasta la última mitad del siglo XVIII.

En 1781 el químico británico Henry Cavendish sintetizó agua detonando una mezcla de hidrógeno y aire. Sin embargo, los resultados de este experimento no fueron interpretados claramente hasta dos años más tarde, cuando el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier propuso que el agua no era un elemento sino un compuesto de oxígeno e hidrógeno.

En un documento científico presentado en 1804, el químico francés Joseph Louis Gay-Lussac y el naturalista alemán Alexander von Humboldt demostraron conjuntamente que el agua consistía en dos volúmenes de hidrógeno y uno de oxígeno, tal como se expresa en la fórmula actual H₂O.

Casi todo el hidrógeno del agua tiene una masa atómica de 1. El químico estadounidense Harold Clayton Urey descubrió en 1932 la presencia en el agua de una pequeña cantidad (1 parte por 6,000) de lo que se denomina agua pesada u óxido de deuterio (D₂O); el deuterio es el isótopo del hidrógeno con masa atómica 2.

En 1951 el químico estadounidense Aristid Grosse descubrió que el agua existente en la naturaleza contiene también cantidades mínimas de óxido de tritio (T₂O); el tritio es el isótopo del hidrógeno con masa atómica 3.

²Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

Debido a su capacidad de disolver numerosas sustancias en grandes cantidades, el agua pura casi no existe en la naturaleza.

En su circulación por encima y a través de la corteza terrestre, el agua reacciona con los minerales del suelo y de las rocas. Los principales componentes disueltos en el agua superficial y subterránea son los sulfatos, los cloruros, los bicarbonatos de sodio y potasio, y los óxidos de calcio y magnesio.³

2.2.1 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es muy importante en la ingeniería ambiental por ser el factor que determina la existencia de condiciones aerobias o anaerobias en un medio particular.

La determinación de OD sirve como base para cuantificar DBO; aerobividad de los procesos de tratamiento, tasas de aeración en los procesos de tratamiento aerobio y grado de contaminación de ríos. El OD se presenta en cantidades variables y bajas en el agua; su contenido depende de la concentración y estabilidad de material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la auto purificación de los ríos. Los valores de OD en aguas son bajos y disminuyen con la temperatura.

Gran parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire que se ha licuado en el agua. Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Otros factores también afectan los niveles de OD; por ejemplo, en un día soleado se producen altos niveles de OD en áreas donde hay muchas algas plantas debido a la fotosíntesis. La turbulencia de la corriente también puede aumentar los niveles de OD debido a que el aire queda atrapado bajo el agua que se mueve rápidamente y el oxígeno del aire se disolverá en el agua.

³Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

El agua más fría puede guardar más oxígeno en ella que el agua más caliente. Una diferencia en los niveles de OD puede detectarse en el sitio de la prueba si se hace la prueba temprano en la mañana cuando el agua está fría y luego se repite en la tarde en un día soleado cuando la temperatura del agua haya subido. Una diferencia en los niveles de OD también puede verse entre las temperaturas del agua en el invierno y las temperaturas del agua en el verano. Asimismo, una diferencia en los niveles de OD puede ser aparente a diferentes profundidades del agua si hay un cambio significativo en la temperatura del agua.

Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática. Además, los niveles de OD a veces se expresan en términos de porcentaje de saturación.⁴

2.2.2 Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química.

La determinación de DQO es una medida orgánica presente en una muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida. El ensayo tiene la ventaja de ser más rápido que el de DBO y no está sujeto a tantas variables como las que pueden presentarse en el ensayo biológico. Todos los compuestos orgánicos, con unas pocas excepciones, pueden ser oxidados a CO₂ y agua mediante la acción de agentes oxidantes fuertes, en condiciones ácidas.

La oxidación de la mayoría de las formas de materia orgánica se efectúa mediante ebullición de la muestra con una mezcla de ácido sulfúrico y un exceso de dicromato

⁴Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

de potasio estándar. La mezcla formada por la muestra más cantidades conocidas de dicromato de potasio y ácido sulfúrico es sometida a reflujo por dos horas; durante el periodo de reflujo el material orgánico oxidable reduce una cantidad equivalente de dicromato; el dicromato remanente se determina mediante titulación con sulfato ferroso amoniacal estándar. La cantidad de dicromato reducida (cantidad inicial – cantidad remanente cantidad reducida) es una medida de la materia orgánica oxidada.⁵

2.2.3 Demanda biológica de oxígeno (DBO)

Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de la materia orgánica de aguas y aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizada por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un periodo de 5 días y a 20 °C.

En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a 5 días representa en promedio un 65 a 70 % del total de la materia oxidable. La DBO, como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables.

La temperatura escogida para determinar el valor de DBO es de 20 °C y debe mantenerse constante durante el tiempo del ensayo; la velocidad de las reacciones durante el ensayo se verá afectada si se modifica la temperatura; por consiguiente los resultados obtenidos no serían los correspondientes al procedimiento estándar y, en consecuencia, no serían comparables.⁶

⁵Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

⁶Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

2.3 Análisis bacteriológico del agua

Existe un grupo de enfermedades conocidas como enfermedades hídricas, pues su vía de transmisión se debe a la ingestión de agua contaminada. Es entonces conveniente analizar el agua desde el punto de vista bacteriológico.

2.3.1 Elementos de microbiología y bacteriología

Todo organismo debe encontrar en su medio ambiente las unidades estructurales y las fuentes de energía necesarias para formar y mantener su estructura y organización.

Dichos materiales son llamados nutrientes. Casi todos los organismos vivos requieren los siguientes nutrientes:

- Fuente de carbono.
- Fuente de energía.
- Fuente de nitrógeno.
- Agua.
- Fuente mineral.

Además, algunos organismos requieren ciertos factores accesorios de crecimiento tales como vitaminas y aminoácidos. Con base en sus requerimientos nutricionales es común clasificar los organismos como se indica en la **Tabla 2.1**.

así, por ejemplo, facultativos anaerobios son aquellos microorganismos que pueden sobrevivir tanto en presencia como en ausencia de oxígeno libre.

Desde otro punto de vista, se conoce como *bacteria saprófita* a aquella que vive a expensas de materia orgánica muerta; *parásita* de aquel organismo que vive a expensas de otro (huésped) del cual obtiene sus nutrientes. Dentro de los parásitos se distingue a los patógenos, que son aquellos que producen enfermedad.

Como con todos los organismos vivos, las especies de microorganismos forman asociaciones entre ellas, las cuales se acostumbra describir de la manera siguiente:

- *Simbiosis*: asociación de dos o más especies para mutuo beneficio.
- *Comensalismo*: Asociación de dos o más tipos de microorganismos de modo que uno de ellos es capaz de entregar, al otro u otros, elementos nutrientes provenientes de un substrato que, si no existiera la actividad mencionada, no podría ser utilizado por los demás tipos de organismos presentes.
- *Sinergismo*: Asociación de dos o más tipos de microorganismos para engendrar, mediante la actividad conjunta, resulta que no se podrían obtener por el desarrollo aislado de cada uno de los tipos de microorganismos.
- *Antagonismo o antibiosis*: Vida en común de dos o más especies de microorganismo, una de ellas francamente nociva para la otra hasta el extremo de hacerla sucumbir.⁸

2.3.2 Esterilización

⁸Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

En el sentido bacteriológico esterilización significa la acción que logre la completa ausencia de microorganismos capaces de crecimiento; por consiguiente, la esterilización requiere que todos los organismos presentes en un material determinado sean capaces de reproducción. Factores por considerar en la aplicación de cualquier agente de esterilización son la tasa de mortalidad del organismo que se ha de destruir, el tiempo de exposición al agente letal y el tamaño inicial de la población de organismos.

En el laboratorio la esterilización es un proceso necesario para poder realizar los ensayos bacteriológicos, para identificar especies de organismos y para asegurar que no se introduzca ninguna contaminación a la muestra sometida a análisis.⁹

2.3.4 Microbiología del agua

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materia fecal.

La transmisión a través del agua de organismos patógenos ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades. Entre las enfermedades más conocidas cuyos gérmenes pueden ser transmitidos por el agua están las siguientes:

a. De origen bacteria

Fiebre tifoidea.	(<i>Salmonella typhi</i>).
Fiebre paratifoidea.	(<i>Salmonella paratyphi</i>).
Cólera.	(<i>Vibrio cholera</i>).

⁹Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

Tularemia.	(Brucellatularensis).
Disentería bacilar.	(Shigellaspp.).
Gastroenteritis.	(Salmonella spp.).
Enfermedades de Weil.	(Leptospiraicterohaemorrhagiae).
Infecciones del oído.	(Pseudomonasaeruginosa).

Las seis primeras son casi siempre el resultado de contaminación fecal. La enfermedad de Weil ocurre esporádicamente entre trabajadores de alcantarillado; el reservorio de la infección son las ratas. Los gérmenes pueden introducirse al hombre a través de heridas pequeñas de la piel, la boca y la nariz. Infecciones del oído por *Pseudomonasaeruginosa* se han encontrado en bañistas de aguas contaminadas.

b. Protozoos patógenos

Disentería amebiana.	(Entamoebahistolytica).
Giardiasis.	(Giardialambliia).
Meningoencefalitis.	(Naegleriagruberi).
Criptosporidiosis.	(Cryotosporidium).

La amibiasis es una importante causa de morbilidad y mortalidad, particularmente entre los infantes. La infección se establece, en general, en el colon; con formas más severas en el hígado y el cerebro. La Giardiasis es una enfermedad diarreica severa causada por el protozoo *Giardialambliia*. El trofozoito, forma móvil o estado vegetativo decrecimiento del organismo, establece la infección en el intestino delgado y después de un periodo de crecimiento se enquista, en respuesta al sistema inmunológico y a los cambios en el intestino del huésped. Los individuos infectados pueden arrojar los quistes en sus excrementos, durante años, sin observar síntomas de la enfermedad.

La *meningoencefalitis amébrica primaria* es causada por el protozoo *Naegleriafowleri*; el *trofozoito* tiene acceso a través de los senos nasales la amiba migra a través del nervio olfatorio al cerebro y sus meninges, estableciendo una infección generalmente fatal.

c. *Virus*

Los principales virus asociados con el agua son:

Gastroenteritis viral.

Diarrea viral.

Hepatitis infecciosa.

Virus del polio (3 tipos).

Virus Adeno (32 tipos).

Virus Echo (34 tipos).

Virus Coxsackie, grupo A (26 tipos).

Virus Coxsackie, grupo B (6 tipos).

Virus Reo (3 tipos).

El virus más importante asociado con epidemias de origen hídrico es el de la hepatitis infecciosa. Los demás son todos factores potenciales de epidemias de origen hídrico pues son arrojados en los excrementos humanos, aunque no existen pruebas evidentes de su diseminación en suministros de agua, hasta la fecha.

Los virus del grupo *Adeno*, generalmente, causan enfermedades del tracto respiratorio a los ojos; aunque no se ha comprobado su diseminación en suministros de agua, sí han existido algunas pruebas de diseminación en piscinas. Tanto lo virus *Echo* como los *Coxsackie* deben también considerarse como agentes potenciales de enfermedades transmisibles por el agua. Los virus del polio causan *poliomelitis paralítica* y *meningitis aséptica*; los virus *Coxsackie* producen *herpangina*, *meningitis aséptica*, *parálisis pleurodinia* y *miocarditis infantil aguda*; los virus Echo originan meningitis, fiebre y erupciones, diarrea y enfermedades respiratorias. Los

virus no se pueden cultivar en medios artificiales en el laboratorio como se hace con las bacterias, pues deben desarrollarse sobre células vivas y su estudio requiere técnicas especializadas.

La **Tabla 2.2.** Resume las principales enfermedades de origen hídrico.

Enfermedad	Organismo causante	Fuente del organismo en el agua	Síntoma
Gastroenteritis	Salmonella	Excrementos humanos o de animales	Diarrea aguda y vómito
Tifoidea	Salmonella typhosa	Excrementos humanos	Intestino inflamado, bazo agrandado, alta temperatura, fatal
Disentería	Shigella	Excrementos humanos	Diarrea
Cólera	Vibrio comma	Excrementos humanos	Vómito, diarrea severa
Hepatitis infecciosa	Virus	Excrementos humanos, mariscos	Piel amarilla, dolores
Amibiasis	Entamoeba histolytica	Excrementos humanos	Diarrea, disentería crónica
Giardiasis	Giardia lamblia	Excrementos humanos y animales	Diarrea, retortijones

TABLA 2.2 ENFERMEDADES TRANSMISIBLES POR EL AGUA.¹⁰

2.3.4 Examen bacteriológico del agua

El análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El examen bacteriológico de abastecimientos de agua no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos.

El ensayo se basa en el supuesto de que todas las aguas contaminadas con las de cloaca son potencialmente peligrosas. Por consiguiente, el control sanitario del agua

¹⁰(<http://www.lenntech.es/biblioteca/enfermedades/enfermedades-transmitidas-por-el-agua.htm>)

se hace con métodos bacteriológicos para determinar la presencia de contaminación fecal.

Ensayos para determinación de patógenos no se usan rutinariamente debido a que detectarlos en disoluciones estas es muy difícil y además se encuentran en número muy inferior al de las bacterias entéricas las cuales tienen una tasa de mortalidad mucho más lenta.

El examen bacteriológico del agua usualmente involucra dos ensayos: la estimación del número de bacterias de acuerdo con el conteo total en placa y la determinación, más significativa, de la presencia o ausencia de miembros del grupo coliforme.

2.3.5 El grupo coliforme

El grupo coliforme incluye las bacterias de forma bacilar, aerobias y facultativas anaerobias, Gram – negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período de 48 horas a 35 °C (ó 37 °C).

El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la excreción diaria por habitante varía entre 125×10^9 y 400×10^9 . Su presencia en el agua es considerada como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal y por lo tanto de contaminación con organismos patógenos. En aguas residuales la relación de organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de $10^4 / 1$.¹¹

¹¹Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

2.3.6 Criterios de calidad bacteriológica

En general, se han recomendado los siguientes criterios de calidad bacteriológica; en aguas para uso agrícola con restricciones, el conteo promedio de coliformes fecales debe ser menor de 5000 / 100 ml; en aguas para riego sin restricciones, la concentración de coliformes fecales debe ser menor de 100 / 100 ml, y en aguas para consumo humano, el conteo de coliformes debe ser menor de 1 / 100 ml ó 2.2 / 100 ml.¹²

Los requerimientos de muestreo y las normas de calidad bacteriológica para abastecimientos de agua se presentan en las **Tablas 2.3 y 2.4.**

	Población servida	No. Mínimo de muestras por mes	Intervalo máximo entre muestras
FÍSICO – QUÍMICOS	<2,500	1	1 mes
pH, color, turbiedad, alcalinidad, cloruros, sulfatos, hierro, dureza y cloro residual	2,500 – 10,000	4	1 semana
	10,001 – 50,000	8	4 días
	50,001 – 100,000	12	3 días
	> 100,000	8	1 día
BACTERIOLÓGICO	< 2,500	2	1 mes
Número más probable de coliformes o conteo sobre filtro membrana	2,500 – 10,000	8	1 mes
	10,001 – 100,000	10 + 1 por c/ 1,000 hab.	4 días
	100,001 – 500,000	90 + 1 por c/ 10,000 hab.	1 día
	500,001 – 1,000,000	140 + 2 por c/100,000 hab.	1 día
	> 1,000,000	340 + 40 por c/ 1,000,000 hab.	1 día

TABLA 2.3 REQUERIMIENTOS DE MUESTREO PARA SUMINISTROS DE AGUA.¹³

¹²Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

¹³ http://www.haceclick.com.uy/documentos/OSE_Normativa.pdf

TABLA 2.4 NORMAS DE CALIDAD BACTERIOLÓGICA PARA SUMINISTROS

Método de coliformes	Muestras		
	Mensuales	<20 / Mes	> 20 / Mes
TÉCNICA DE TUBOS MÚLTIPLES (5 porciones normales de 10 ml)	El porcentaje de tubos positivos debe ser menor del 10 %	Hasta una muestra con 3 o más tubos positivos	Hasta un 5% de las muestras pueden tener 3 o más tubos positivos
TÉCNICAS DE FILTRO MEMBRANA	≤ 1 / 100 ml para el valor promedio de todas las muestras	Hasta 4 / 100 ml en una de las muestras del mes	4 / 100 ml en no más del 5 % de las muestras del mes

DE AGUA¹⁴.

2.3.7 Contaminación del agua

El problema de la contaminación de las aguas dulces es conocido desde la antigüedad. Uno de los primeros testimonios históricos lo constituye el relato de las Sagradas Escrituras (Éxodo, 7, 14-25) acerca de una de las diez plagas de Egipto, en la que se describe la transformación en “sangre” de las aguas del río Nilo. Dicho fenómeno fue sin duda debido a la contaminación biológica producida por microorganismos (algas, bacterias sulfurosas o dinofíceas). Con el incremento de la población y el surgimiento de la actividad industrial la polución de ríos, lagos y aguas subterráneas aumenta constantemente.

La Organización Mundial de la Salud define a la polución de las aguas dulces de la siguiente manera: “Debe considerarse que un agua está polucionada, cuando su composición o su estado están alterados de tal modo que ya no reúnen las condiciones una u otra o al conjunto de utilidades a las que se hubiera destinado en su estado natural”. La OMS ha establecido, también, los límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano (**Tabla 2.5**).

¹⁴http://www.haceclick.com.uy/documentos/OSE_Normativa.pdf

Sustancias	Concentración. Máxima (mg/l)	Sustancias	Concentración. Máxima (mg/l)
Sales totales	2000	Arsénico	0,05
Cloruros	600	Cadmio	0,01
Sulfatos	300	Cianuros	0,05
Nitratos	45	Plomo	0,1
Nitritos	No debe haber	Mercurio	0,001
Amoniaco	0,5	Selenio	0,01
Materia orgánica.	3	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	0,0002
Calcio	80	Biocidas	No hay datos
Magnesio	50	-	-

TABLA 2.5 SUSTANCIAS NOCIVAS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO.¹⁵

De acuerdo a la definición que da la OMS para la contaminación debe considerarse también, tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que pueden hacer perder a ésta su potabilidad para el consumo diario o su utilización para actividades domésticas, industriales, agrícolas, etcétera; como asimismo los cambios de temperatura provocados por emisiones de agua caliente (polución térmica).

En realidad, siempre hay una contaminación natural originada por restos animales, vegetales, por minerales y sustancias gaseosas que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos.

2.3.8 Contaminación del agua freática o subterránea

El agua subterránea tiende a ser dulce (es decir, de muy baja salinidad) y potable (puede ser bebida sin riesgo). Sin embargo en ocasiones las capas freáticas son demasiado ricas en sales disueltas como para que el agua contenida pueda ser consumida, y eso mismo puede resultar inconveniente también para otros usos determinados. La circulación subterránea tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos, pero en ocasiones éstos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas o residuos agrícolas. El agua

¹⁵Romero, J. (1999). *Calidad del agua*. Mexico: Alfaomega.

subterránea puede contaminarse por otras causas antropogénicas (debidas a los seres humanos), como la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, que suele ser una causa grave de contaminación de los suministros en llanuras de elevada productividad agrícola y densa población.

Algunos contaminantes se originan de la erosión natural de las formaciones rocosas. Otros contaminantes provienen de descargas de fábricas, productos agrícolas, o químicos utilizados por las personas en sus hogares y patios.

Los contaminantes también pueden provenir de tanques de almacenamiento de agua, pozos sépticos, lugares con desperdicios peligrosos y vertederos. Actualmente, los contaminantes del agua subterránea que más preocupan son los compuestos orgánicos industriales, como disolventes, pesticidas, pinturas, barnices, o los combustibles, como la gasolina.

Otra parte lo forman los abonos químicos minerales, especialmente los nitratos, que son el contaminante inorgánico más conocido y quizás uno de los que genera mayor preocupación. El nitrato se origina de diferentes fuentes: aplicación de fertilizantes, pozos sépticos que no estén funcionando bien, lagunas de retención de desperdicios sólidos no impermeabilizadas por debajo y la infiltración de aguas residuales no tratadas.

La contaminación del agua subterránea es especialmente grave por su persistencia. Es una consecuencia de su pequeña tasa de renovación y largo tiempo de residencia.

Además el agua no tiene la accesibilidad necesaria para usar procesos artificiales de depuración como los que se puede aplicar en caso de necesidad a los depósitos superficiales.

2.3.9 Contaminación de mares y océanos

Los océanos son el último sumidero para gran parte de los desechos de las actividades humanas. Los ríos arrastran las aguas contaminadas a los mares. Las comunidades costeras liberan las aguas negras sin tratamiento alguno, además de grandes cantidades de desechos sólidos y compuestos químicos contaminantes.

La oficina de la Administración de Alimentos y Drogas de Estados Unidos calcula que se están vaciando a los mares cerca de 500 mil diferentes clases de sustancias químicas.

Algunos países arrojan en aguas profundas de los mares, materiales radiactivos en recipientes sellados. Se dice que los océanos en zonas de aguas profundas pueden diluir, dispersar y degradar grandes cantidades de aguas negras, algunos desechos industriales y petróleo. En esto se presenta una controversia entre los científicos, algunos afirman que es mucho más seguro arrojar al mar en zonas profundas la mayoría de los desechos de las aguas negras y diversos desechos tóxicos y radiactivos que ponerlos bajo tierra o incinerarlos, mientras que otros aseguran que la vida marina es seriamente afectada por éstas actividades.

Otros científicos señalan que se sabe menos acerca de las profundidades de los océanos que del espacio exterior, y añaden que utilizar los océanos como vertedero para soportar las consecuencias del derroche de nuestro estilo de vida puede rebasar su capacidad de dilución y renovación. Utilizar los océanos como vertederos de nuestros desechos retrasa la urgente necesidad de prevenir su contaminación y disminuye los recursos marinos y genera la degradación posterior de la parte vital del sistema del soporte de la vida sobre la Tierra.

Desde 1985, por acuerdo internacional, se prohibió tirar desechos radiactivos a los océanos más allá de los límites de jurisdicción nacional, sin embargo, hay países

como Estados Unidos que no lo hacen pero que no lo firmaron para guardarse la posibilidad de hacerlo cuando lo juzgue necesario.

En la mayoría de los países subdesarrollados y en algunos desarrollados que tienen costas descargan al mar sin ningún tratamiento las aguas del drenaje municipal y desechos industriales. Los mares más contaminados son los que tienen costas cercanas a zonas muy pobladas como Bangladesh (Bengala), India, Paquistán, Indonesia, Malasia, Tailandia y Filipinas.¹⁶

2.3.10 Contaminantes biológicos

Los contaminantes biológicos incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua.

Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas. La eliminación de los virus que se transportan en el agua es un trabajo muy difícil y costoso.¹⁷

2.3.11 Contaminación por materia orgánica

La mayoría de la materia orgánica que contamina el agua procede de desechos de alimentos, de aguas negras domésticas e industrias, la cual es descompuesta por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Ese proceso de descomposición ocurre tanto en el agua como en la tierra y se lleva a cabo mediante reacciones químicas que requieren oxígeno para transformar sustancias ricas en energía en sustancias pobres en energía. El oxígeno disuelto en el agua puede ser consumido por la fauna acuática a una velocidad mayor a la que es reemplazado desde la atmósfera, lo que ocasiona que los organismos acuáticos compitan por el oxígeno y en consecuencia se vea afectada la distribución de la vida acuática.

¹⁶ (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA)

¹⁷ (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA)

Una medida cuantitativa de la contaminación del agua por materia orgánica es la determinación de la rapidez con que la materia orgánica nutritiva consume oxígeno por la descomposición bacteriana y se le denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). La DBO es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos presentes, por la cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media (tiempo en que descompone la mitad de la cantidad inicial de materia orgánica) del elemento nutritivo.

Tipo de agua	DBO mg / l
Agua potable	0.75 a 1.5
Agua poco contaminada	5 a 50
Agua potable negra municipal	100 a 400
Residuos industriales	5 00 a 10 000

TABLA 2.6 VALORES TÍPICOS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO PARA AGUAS DE DIFERENTE CALIDAD.¹⁸

A la descomposición de la materia orgánica en presencia de oxígeno se le llama aerobiosis y es el proceso más eficiente para liberar la energía de la materia orgánica.

Cuando la materia orgánica que contamina al agua se ha agotado, la acción bacteriana de la desoxigenación de las aguas contaminadas oxida al ion amonio, proceso denominado nitrificación.

A los procesos de descomposición bacteriana anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de la materia orgánica se le llama anaerobiosis. A la descomposición aeróbica (por enzimas producidas por levaduras) de los carbohidratos o azúcares se le llama

¹⁸ (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA)

fermentación y a la descomposición bacteriana anaeróbica de las proteínas se le llama putrefacción.¹⁹

2.3.11 Contaminación por microorganismos patógenos

El hombre vive en relación íntima con los microorganismos sobre su piel y en su sistema digestivo. En estado de salud, los humanos y los microbios viven juntos para beneficio mutuo. Sin embargo, algunas personas sanas viven en armonía con organismos que pueden resultar patógenos para otros. Por otra parte, resulta muy fácil contaminar el agua con microorganismos como las bacterias intestinales por lo que es muy difícil mantener el agua potable libre de bacterias intestinales y además eliminarlas no es posible ni benéfico y resulta muy costoso.

Las bacterias coliformes son microorganismos inofensivos para el hombre y residen en su intestino grueso y abundan en la materia fecal. Forman parte de los desechos de las aguas negras y no se desarrollan en el agua, de manera que un recuento de las bacterias coliformes constituye un indicio del grado de contaminación de esas aguas.

Se considera que el número de microorganismos portadores de enfermedad en el agua es proporcional al número total de microorganismos y que una cantidad embargo, se han dado casos en que enfermedades virales han sido transmitidas por aguas que cumplen estrictamente con las normas de control de bacterias.

Por consiguiente, la presencia de que cualquier impureza típica de las aguas negras, inclusive si no son perjudiciales en sí mismas, implica que el agua en que se encuentran no deja de ser fuente peligrosa de enfermedad.²⁰

¹⁹ (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA)

²⁰ (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA)

2.3.12 Eutrofización

La eutrofización es un proceso natural de envejecimiento de agua estancada o de corriente lenta basada en cambios en el grado de nutrición o productividad. La etapa más joven del ciclo se caracteriza por una concentración muy baja de nutrientes de las plantas y una productividad biológica pequeña. Tales lagos se les llaman oligotróficos (del griego *oligo*, que significa poco y, *trófico* que significa alimentar, de tal forma que oligotrófico significa pocos nutrientes). En una etapa posterior de la sucesión, el lago se hace *meso trófico* (meso igual a intermedio). A continuación el lago puede llegar a ser eutrófico (*eu* "igual a bien") o altamente productivo. La etapa final antes de la desaparición puede ser una tierra húmeda, llámese una ciénaga o pantano.

El enriquecimiento y la sedimentación son los principales contribuyentes al proceso de envejecimiento. La vegetación en la orilla y las plantas acuáticas superiores utilizan parte de los nutrientes que llegan, crecen abundantemente y en consecuencia retienen los sedimentos. El lago gradualmente se va rellorando acumulándose las plantas y los sedimentos en el fondo y haciéndose más pequeño por la invasión de la vegetación en las orillas, pudiendo llegar a ser tierra firme. La extinción de un lago, en consecuencia, es un resultado del enriquecimiento de, productividad, degradación y sedimentación.

Los problemas se inician cuando el hombre contamina lagos y ríos con exceso de nutrientes que generan la aceleración del proceso de eutrofización, que ocasiona el crecimiento acelerado de algas, la muerte de peces y demás flora y fauna acuática, generando condiciones anaeróbicas.

El proceso de eutrofización resulta de la utilización de fosfatos y nitratos como fertilizantes en los cultivos agrícolas, de la materia orgánica de la basura, de los detergentes hechos a base de fosfatos, que son arrastrados o arrojados a los ríos y lagos; éstos son un problema muy grave para las aguas estancadas cerca de los

centros urbanos o agrícolas. Durante las épocas cálidas la sobrecarga de estos productos químicos, que sirven de nutrientes, generan el crecimiento acelerado de vegetales como algas, cianobacterias, lirios acuáticos y lenteja de agua, las cuales al morir y ser descompuestas por las bacterias aeróbicas provocan el agotamiento del oxígeno disuelto en la capa superficial de agua y causan la muerte de los diferentes tipos de organismos acuáticos que consumen oxígeno, en las aguas de los lagos y ríos.

Las principales fuentes de nutrientes son las aguas negras y los escurrimientos agrícolas que originan el crecimiento masivo de algas y lirios, que genera grandes cantidades de masas vegetales sobre las aguas y su posterior acumulación sobre las riberas. Cuando las plantas mueren, para su descomposición consume el oxígeno disuelto en el agua provocando condiciones anaeróbicas.²¹

En la **Tabla 2.7** se describen algunos de los principales cambios que presenta el agua en la eutrofización.

Cambios biológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta considerablemente el fitoplancton. Las algas verde - azules se desarrollan espectacularmente mientras que las de otros tipos desaparecen. • Aumenta la actividad bacteriana. • Los animales acuáticos enferman y mueren.
Cambios físicos	<ul style="list-style-type: none"> • Los restos de plantas y animales muertos se acumulan en los fondos, frenando la circulación del agua. • El agua se torna parda y maloliente. Cambia de color: rojo, verde, amarillo o pardo.
Cambios químicos	<ul style="list-style-type: none"> • El oxígeno disuelto baja de alrededor de 9 mg / l a 4 mg / l lo cual afecta negativamente y de inmediato a los organismos. Cuando el nivel baja a 2 mg / l todos los animales han muerto. Hay una significativa elevación de la DBO. • La concentración de compuestos nitrogenados, fosfatados se incrementa, así como la de otros elementos químicos.

TABLA 2.7 ALGUNOS DE LOS CAMBIOS QUE OCURREN CON LA EUTROFIZACIÓN.²²

²¹ (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA)

²² (http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA)

2.4 Caracterización de aguas residuales

Los contaminantes en las aguas residuales son habitualmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales.

2.4.1 Aguas blancas

Las aguas blancas están constituidas fundamentalmente por aguas pluviales, que son las generadoras de las grandes aportaciones intermitentes de caudales. No obstante, con el progresivo avance y desarrollo del urbanismo subterráneo (estacionamientos, centros comerciales y de ocio, vías de comunicación deprimidas y subterráneas, galerías de servicios, etcétera) las aguas de drenaje han ido cobrando una importancia creciente, especialmente por estar muy a menudo afectadas por la contaminación producida por fugas en las redes de alcantarillado. Se integran, por tanto, como componentes de la suciedad de las aguas blancas:

- *Elementos de la contaminación atmosférica:* depuración húmeda de las lluvias ácidas.
- *Restos de la actividad humana y asociada:* papeles, colillas, excrementos de animales (aves, gatos, perros, etcétera) restos de la recogida y evacuación de basuras, etcétera.
- *Residuos de tráfico:* aceites, grasas, hidrocarburos, componentes fenólicos y de plomo, etcétera.
- Arenas, residuos vegetales y biocidas (insecticidas, herbicidas, abonos, etcétera) de zonas ajardinadas.
- *Contaminación aportada por las aguas de drenaje:* aguas salobres, fugas de alcantarillado, etcétera.

Además de estos componentes, la primera oleada pluvial arrastra los depósitos acumulados en las conducciones por lo que a su vertido o llegada a la depuradora está frecuentemente, tanto o más cargada que las aguas negras.

Las características medias de estas aguas blancas pueden quedar reflejadas en cuanto a su contaminación orgánica en la **Tabla 2.8**

Características	Contaminación (mg / l)
DBO ₅	25
DQO	65
SS	230
SSV	40
N en (NH ₃)	0.2
N en (NO ₂)	0.05
N en (NO ₃)	0.5
N (orgánico)	1.4
PO ₄ (total)	1.15
PO (soluble)	0.46

TABLA 2.8 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS BLANCAS.²³

2.4.2 Aguas Negras

En las aguas negras o urbanas, los compuestos químicos que se hallan presentes son muchos. A título ilustrativo, se pueden citar: microorganismos, urea, albumina, proteínas, ácidos acéticos y láctico; bases jabonosas y almidones; aceites: animales, vegetales y minerales; hidrocarburos; gases: sulfhídrico, metano, etcétera; sales: bicarbonatos, sulfatos, fosfatos, nitritos, nitratos, etcétera.

Las características mínimas y suficientes para definir un vertido urbano, quedaría suficientemente conocidas con el conocimiento de los parámetros que se indican en la **Tabla 2.1**.

²³Hernández, A. (2000). *Manual de depuración Uralita*. España: Thompson Learning.

En dicha tabla aparecen los valores representativos de un agua residual urbana con una concentración fuerte, media o ligera.

Parámetro	Contaminación Fuerte	Contaminación Media	Contaminación Ligera
Sólidos totales	1000	500	200
Volátiles	700	350	120
Fijos	300	150	80
Sólidos en suspensión	500	300	100
Volátiles	400	250	70
Fijos	100	50	30
Sólidos sedimentables	250	180	40
Volátiles	100	72	16
Fijos	150	108	24
Sólidos disueltos	500	200	100
Volátiles	300	100	50
Fijos	200	100	50
Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días y a 20 °C (DBO ₅)	300	200	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	800	450	160
Oxígeno disuelto	0	0.1	.02
Nitrógeno total (N)	86	50	25
Organico	35	20	10
Amoniaco libre N - NH ₄	50	30	15
Nitritos N - NO ₂	0.10	0.05	0.00
Nitratos N - NO ₃	0.40	0.20	0.10
Fósforo total (P)	17	7	2
Cloruros	175	100	15
pH	3.9	6.9	6.9
Grasas	40	20	0
Carbono organico total (COT)	15	8	4
Organico	5	3	1
Inorganico	10	5	3
Alcalinidad (como CO ₃ Ca)	200	100	50

TABLA 2.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (CONCENTRACIÓN EN MG / LC)²⁴

²⁴Hernández, A. (2000). *Manual de depuración Uralita*. España: Thompson Learning.

2.4.3 Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. Éstas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día. Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.

- **Mataderos**

De forma general, consideramos aguas residuales de mataderos aquellas que provienen de los mataderos propiamente dichos y de factorías de procesos cárnicos o derivados. Los vertidos de los mataderos se producen en el suelo, donde se realiza el sacrificio de los animales, el lavado y el descuartizamiento. Los desperdicios que se producen tienen un color pardo – rojizo, una alta DBO y contienen cantidades importantes de sólidos en suspensión. Una condición importante a cumplir en un matadero es que se recoja la sangre en todos los sacrificios de ganado ovino, vacuno y porcino la sangre es recogida también en la mayoría de los mataderos de aves. El sacrificio, así como el proceso de elaboración de carnes de aves, difiere sustancialmente del otro tipo de animales.

En un matadero de porcino, bovino y lanar, los vertidos se realizan de forma discontinua, siendo el más importante la limpieza del suelo de la zona de sacrificio.

Debe tenerse en cuenta que aun cuando haya recogida de sangre, parte de ésta es antieconómica de recoger y, como su contenido en nitrógeno es importante, se descompone con mucha facilidad. Es necesario un tanque homogeneizador, después del tamizado, y previo a cualquier tratamiento. La decantación en el proceso de homogeneizado, produce un rendimiento entre el 50 y 60 % en la eliminación de DQO, DBO, nitrógeno y hierro, así como un rendimiento del 30 a 40 % de la turbidez, siendo muy poca la eliminación del fósforo.

Debe tenerse en cuenta la decantación inicial, antes de cualquier tratamiento. De forma general, después de la decantación previa, se utiliza un tratamiento biológico, que puede ser de fangos activados o procesos anaerobios de contacto, con resultados positivos.

- ***Tratamiento general***

Cada industria, en función del caudal de aguas residuales y de su pH, así como por la existencia de un posterior tratamiento o no, deberá realizar el estudio sobre el método más económico a utilizar, teniendo en cuenta el pH que la legislación permite para los vertidos en los alcantarillados o lechos de agua. Se pueden poner algunos ejemplos para mejorar costos de depuración: Una empresa produce unas aguas residuales ácidas y posteriormente realiza un tratamiento biológico. El pH óptimo para tratamientos biológicos, se encuentra alrededor de la neutralidad, no obstante, el rendimiento más interesante es a pH más bajos, la neutralización se puede realizar con una lechada de cal, con el suficiente tiempo para alcanzar el pH previsto para el tratamiento biológico; el ahorro que se obtiene, en lugar de utilizar productos químicos para la neutralización, puede ser superior al menor rendimiento de la depuración biológica.

2.5 Transporte de aguas residuales

En las ciudades más desarrolladas tecnológicamente las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas.

Los sistemas que transportan tanto agua de lluvia como aguas residuales domésticas se llaman combinados. Generalmente funcionan en las zonas viejas de las áreas urbanas. Al ir creciendo las ciudades e imponerse el tratamiento de las aguas residuales, las de origen doméstico fueron separadas de las de los desagües de lluvia por medio de una red separada de tuberías. Esto resulta más eficaz porque excluye el gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía. Permite mayor flexibilidad en el trabajo de la planta depuradora y evita la contaminación originada por escape o desbordamiento que se produce cuando el conducto no es lo bastante grande para transportar el flujo combinado. Para reducir costes, algunas ciudades, por ejemplo Chicago, han hallado otra solución al problema del desbordamiento: en lugar de construir una red separada, se han construido, sobre todo bajo tierra, grandes depósitos para almacenar el exceso de flujo, después se bombea el agua al sistema cuando deja de estar saturado.

Las instalaciones domésticas suelen conectarse mediante tuberías de arcilla, hierro fundido o PVC de entre 8 y 10 cm de diámetro. El tendido de alcantarillado, con tuberías maestras de mayor diámetro, puede estar situado a lo largo de la calle a unos 1.8 m o más de profundidad. Los tubos más pequeños suelen ser de arcilla, hormigón o cemento, y los mayores, de cemento reforzado con o sin revestimiento. A diferencia de lo que ocurre en el tendido de suministro de agua, las aguas residuales circulan por el alcantarillado más por efecto de la gravedad que por el de la presión. Es necesario que la tubería esté inclinada para permitir un flujo de una velocidad de al menos 0.46 m por segundo, ya que a velocidades más bajas la materia sólida tiende a depositarse. Los desagües principales para el agua de lluvia son similares a los del alcantarillado, salvo que su diámetro es mucho mayor. En

algunos casos, como en el de los sifones y las tuberías de las estaciones de bombeo, el agua circula a presión.

Las canalizaciones urbanas acostumbran a desaguar en interceptadores, que pueden unirse para formar una línea de enlace que termina en la planta depuradora de aguas residuales. Los interceptadores y los tendidos de enlace, construidos por lo general de ladrillo o cemento reforzado, miden en ocasiones hasta 6 m de anchura.

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas.²⁵

2.5.1 Bombeo de agua residual

La necesidad de bombeo del agua viene dado por los condicionantes topográficos y por transportar las aguas residuales de un punto a otro, entre los que no existe la necesaria diferencia de costas para que pueda realizarse el vertido por gravedad.

Esta necesidad de bombeo puede presentarse en los siguientes casos:

- a) Incorporación de aguas residuales de un punto bajo al colector.
- b) Entre tramos de las alcantarillas, colectores o emisario.
- c) En la entrada a la estación depuradora.
- d) En desagüe de la estación depuradora hacia el cauce receptor. En continuo, si el nivel del cauce receptor está siempre a costa superior; o intermitente, en algunas épocas del año en que dicho nivel se eleva.

No debe olvidarse nunca, en las alternativas de solución, que una instalación de bombeo presenta inconvenientes como:

- Coste de primera instalación.

²⁵Encarta, M. (2010).

- Gasto de energía.
- Riesgo de inundación, cuando no se dispone de cuota suficiente para prever un aliviadero de seguridad.

La estación elevadora en su sentido más general está formada por los siguientes elementos, que deberán definirse y justificarse en el estudio:

- a) Cámara de toma reguladora de la aspiración.
- b) Conductos de aspiración.
- c) Edificio destinado a proteger las bombas.
- d) Bombas.
- e) Impulsión.

Normas generales en impulsiones de agua.

En síntesis las normas a tener en cuenta pueden referirse a:

- Evitar pérdidas de carga.
- Perfil regular.
- Evitar contrapendientes.
- Proteger tomas con rejillas.
- Colocación adecuada de la aspiración.
- Evitar inundaciones de los motores, si no son sumergibles.
- En puntos altos prever la expulsión de aire.

Características de las bombas

En relación con las características de las bombas deberán tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

Tipo de bombas y velocidades características.

Las bombas serán del tipo comercial existente que mejor se acomode a las circunstancias particulares de la obra.

La elección y justificación del tipo de bombas se hará a partir de las curvas características de las mismas, escogiendo, en las condiciones normales de marcha y con el mejor rendimiento posible, aquellas que proporcionan el caudal y la altura manométricos exigibles.

Caudal a elevar y tiempo de funcionamiento de las bombas.

- El caudal a elevar se calcula en función del volumen diario de agua a elevar y del tiempo de funcionamiento del grupo.
- Para las instalaciones en funcionamiento teórico continuado se tomará por seguridad un tiempo de funcionamiento igual a 20 horas. Con frecuencia se estimará el tiempo de funcionamiento entre 8 y 12 horas.
- Será obligatorio disponer dispositivos de cebado en las bombas centrífugas antes de su puesta en servicio.²⁶

Depósito de bombeo

Deberán contemplarse las siguientes características:

- Volumen tal que cumpla con las condiciones siguientes, salvo estudio más preciso
- Tiempo máximo de retención de agua 60 min.
- Tiempo mínimo de funcionamiento de bombas 10 min.
- Estará dotado de aliviadero de seguridad.
- Estará cubierto con objeto de impedir olores y otros impactos.
- Tendrá un fácil acceso tanto para equipos como para permitir su fácil limpieza.

Las instalaciones de bombeo pueden clasificarse en dos grandes grupos:

²⁶Hernández, A. (2000). *Manual de depuración Uralita*. España: Thompson Learning

- Bombas instaladas en seco.
- Bombas sumergidas en el propio depósito o arqueta de bombeo.²⁷

Diseño de las bombas

En el diseño de las bombas intervienen múltiples factores como son:

- Número de unidades (bombas).
- Características del líquido.
- Caudales (de servicio, máximos, mínimos).
- Alturas de elevación (condiciones en aspiración e impulsión).
- Tipo de funcionamiento (continuo, intermitente).
- Tipo de bomba (horizontal, vertical).
- Situación de la instalación (exterior, interior, altura, etcétera).
- Características de la unidad motriz (motor, reductor, etcétera).²⁸

2.6 Tipos de tratamientos de aguas residuales

En ingeniería ambiental el término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación así como la eliminación de las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales llamadas, en el caso de las urbanas, aguas negras.

Las aguas residuales (o servidas) pueden provenir de actividades industriales o agrícolas, instituciones, locales comerciales y del uso doméstico. Algunos autores

²⁷Hernández, A. (2000). *Manual de depuración Uralita*. España: Thompson Learning

²⁸Hernández, A. (2000). *Manual de depuración Uralita*. España: Thompson Learning

hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras sólo provienen del uso doméstico y las segundas corresponden a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

Las aguas residuales, por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin previo tratamiento en lagos corrientes convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embargo, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO₂, es por esto que el tratamiento de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso complejo, exige un importante esfuerzo para la evaluación de las necesidades de depuración, tales como la caracterización de las aguas residuales. Esto último se logra a partir de diversas mediciones físicas, químicas y biológicas, entre las cuales se incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno y el pH.

La depuración cobró importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación humana del medio ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

Puede decirse que solamente a partir de la década de los 60's, términos tales como contaminación del aire y del agua, protección del medio ambiente, ecología, etcétera; pasaron a ser palabras de uso común. Antes de estas fechas estos términos pasaron desapercibidos para el ciudadano medio y en general únicamente representaban ideas confusas.

La contaminación es un problema serio y es por supuesto deseable que el ciudadano sea consciente de ello, además de que el hombre está equipado para corregir el deterioro del medio ambiente antes de que sea demasiado tarde. De hecho, la corrección de la contaminación no es un problema técnico de gran dificultad comparado con otros, mucho más complejos, resuelto con éxito en décadas recientes, tal como la exploración de la superficie de la Luna por el hombre. Esencialmente, el conocimiento técnico básico requerido para resolver el problema de la contaminación está ya a disposición del hombre y, en la medida en que quiera pagar un precio razonable por conseguirlo, la pesadilla de la destrucción a través de la contaminación nunca se hará realidad. De hecho precios muy superiores han sido pagados por la humanidad para desarrollar y mantener toda la maquinaria de guerra y armamento.

Puede considerarse que solamente en los últimos años el diseño de las plantas depuradoras de aguas ha evolucionado de ser meramente empírico a tener una sólida base científica. Además, la investigación fundamental en nuevos procesos de tratamiento tales como ósmosis inversa y electrodiálisis sólo recientemente se han convertido en algo verdaderamente accesible.²⁹

2.6.1 Procesos físicos

Los procesos físicos de tratamiento de aguas residuales son todos aquellos en los que se emplean las fuerzas físicas para el tratamiento. En general, las operaciones físicas se emplean durante todo el proceso del tratamiento de las aguas residuales, aunque algunas son casi exclusivamente operaciones de pre tratamiento (desbaste, dilaceración y homogenización de caudales).

Los principales procesos físicos son los siguientes:

- Desbaste.
- Dilaceración.

²⁹Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

- Evaporación.
- Homogenización de caudales.
- Mezclado.
- Floculación.
- Sedimentación.
- Flotación.
- Filtración.³⁰

2.6.1.1 Desbaste

La operación de desbaste consiste en la eliminación de sólidos gruesos y sedimentables por retención en las superficies.

Los elementos utilizados para el desbaste son las rejjas y los tamices. Las rejjas presentan aberturas mayores de 25 mm mientras que en los tamices no serán superiores a 6 mm. Las rejjas se utilizan para separar los sólidos grandes, que puedan producir daños y obstrucciones en bombas, válvulas, conducciones u otros elementos. El tamiz se usa tanto para el tratamiento primario como para la eliminación de sólidos en suspensión en el tratamiento secundario. La limpieza de las rejjas y tamices se puede realizar mecánicamente o manualmente.³¹

2.6.1.2 Dilaceración

La dilaceración es la trituración de sólidos gruesos en tamaños menores y más homogéneos. Esta operación no está destinada a mejorar la calidad del agua bruta

³⁰Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

³¹Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

ya que las materias trituradas no son separadas, sino que se reincorporan al circuito y pasan a los demás tratamientos, por lo que este paso no se suele utilizar, a no ser que no haya desbaste, con lo que sí es necesario incluirlo en el diseño y funcionamiento de la planta. Pero, a veces, aunque haya un desbaste previo, se suelen utilizar dilaceradores para tratar el detritus retenidos en las rejillas y tamices, siendo después vueltos a incorporar al agua bruta.

El dilacerador consta, de un tamiz tipo tambor que gira alrededor de un eje vertical provisto de ranuras con un paso entre 6 -10 mm. Los sólidos se hacen pasar a través de unas barras de cizalladura o dientes cortantes donde son triturados antes de llegar al tambor. Se homogeneizan en tamaño y atraviesan las ranuras, saliendo por una abertura de fondo mediante un sifón invertido, siguiendo su camino aguas abajo.

Esta operación está muy cuestionada y actualmente casi ha desaparecido de la mayoría de las instalaciones. Primero, no es lógico mantener o retornar al proceso aquellos sólidos que pueden eliminarse por desbaste o tamizado, ya que lo que se hace es empeorar la calidad del agua residual que va a ser tratada posteriormente. Segundo, en la práctica, esta operación presenta varios inconvenientes: La necesidad de una atención frecuente debido a que se trata de un material muy delicado; el peligro de obstrucción de tuberías y bombas provocada por la acumulación en masas de las fibras textiles o vegetales unidas a las grasas; y la formación de una costra de fango en los digestores anaerobios.³²

2.6.1.3 Homogenización de caudales

La homogenización de caudales se realiza en el tratamiento de aguas residuales para tener caudales de tratamiento iguales y concentraciones de contaminantes

³²Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

mucho más homogéneas. Esta operación produce una mayor efectividad en los tratamientos posteriores.

La homogenización de caudales puede realizarse en todo el caudal de agua que llegue a la planta de depuración (disposición en línea), o bien sólo se homogeniza en caudal que excede a la media diaria, añadiéndolo a la depuración cuando el caudal de agua residual que llega es menor que el de la media (disposición en derivación). En este caso el gasto de bombeo es mínimo pero las concentraciones de contaminantes no son tan uniformes.

En aguas residuales de ciertos tipos de industrias es indispensable la homogenización; puesto que los vertidos son puntuales y las aguas residuales homogenizadas serán de más fácil tratamiento que por separado.

La ubicación de los homogeneizadores en una planta depende del tipo de planta que se tenga pero, de una forma general, podemos decir que se encuentran entre el desarenador y el tratamiento primario. En algunos casos puede ser interesante situarlos entre el tratamiento primario y el secundario.³³

2.6.1.4 Mezclado

La operación de mezclado es una operación importante en muchas fases del tratamiento de aguas residuales. Se utiliza cuando sea necesario que una sustancia determinada, se homogenice totalmente en el seno de otra. Debe realizarse el mezclado en la precipitación química; en los procesos biológicos el aire se debe mezclar con los fangos activados; en el proceso de desinfección, las aguas procedentes del último tratamiento se deben mezclar con el cloro o el hipoclorito sódico.³⁴

³³Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

³⁴Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

2.6.1.5 Floculación

La floculación es la operación en que las partículas en suspensión aumentan su superficie de contacto. Este aumento de la superficie de contacto es debido a la adición de productos químicos en los procesos de precipitación química o químicamente asistida. Debido a la floculación las partículas se agregan en partículas mayores (coagulación) y alcanzan la masa suficiente para sedimentar.

La floculación se ve favorecida por una agitación moderada, ya que en un mayor contacto entre las partículas favorece la formación de flóculos. Debe tenerse cuidado de que la agitación no sea excesivamente brusca puesto que podría destruir los flóculos formados; así mismo debe tenerse en cuenta en tiempo de floculación (antes de la sedimentación), tanto si se realiza en tanques unitarios como si se realiza en tanques separados. La agitación puede realizarse por medios mecánicos o por aire, debiendo presentarse una especial atención a que la agitación al final del tanque sea menor que al principio para evitar la rotura de algunos flóculos ya formados.³⁵

2.6.1.6 Sedimentación

La sedimentación es la separación de los componentes del agua en dos fases, una fase sólida, que corresponde a los fangos y que está formada por partículas de sólidos suspendidos, más pesados que el agua, que, por gravedad se depositan en el fondo, y una fase líquida formada por el agua y compuestos en disolución.

La sedimentación se utiliza en muchos puntos de la depuración de aguas residuales, siendo una de las operaciones físicas más empleadas. Se emplea en el desarenador, en el tanque de decantación primaria, después del proceso biológico, después del tratamiento químico de precipitación con coagulantes y en la concentración de sólidos en los espesadores de fangos.

³⁵Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

La principal función de la decantación es la producción de un efluente clarificado, después de haber realizado el tratamiento correspondiente del agua residual.³⁶

Sedimentación discreta

En la sedimentación de partículas discretas las partículas sedimentan como entes individuales y no hay interacción de unas partículas con otras. En general son sólidos en suspensión con una masa relativamente grande y en suspensiones no muy concentradas. Este tipo de sedimentación se produce de una forma casi única en los desarenadores y parcialmente en los tanques de decantación primaria, así como la precipitación química, si no existe tratamiento primario. El fundamento para la sedimentación de partículas discretas es la ley de Newton, que se basa en la suposición de que las partículas son esféricas con diámetros homogéneos. Cuando una partícula se sedimenta, va acelerándose hasta que las fuerzas que provocan la sedimentación, en particular el peso efectivo de la partícula, se equilibran con las resistencias o fuerzas de fricción ofrecidas por el líquido. Cuando se llega a este equilibrio, la partícula alcanza una velocidad de sedimentación constante, denominada velocidad final de sedimentación de la partícula.³⁷

Sedimentación floculante

La sedimentación con floculación tiene lugar cuando la velocidad de sedimentación de las partículas aumenta, debido a la coalescencia con otras partículas. Las trayectorias de sedimentación de las partículas tienen forma curva, en lugar de las líneas rectas que se producen en la sedimentación de partículas discretas.

³⁶Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

³⁷Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. España.

En la sedimentación floculante los sólidos en suspensión floculan, esta floculación produce una unión entre las partículas y adquieren la suficiente masa para sedimentar. Corresponden a partículas mucho más pequeñas que en el caso de sedimentación discreta. En general corresponde a sólidos en suspensión, con partículas mucho más pequeñas que en caso anterior y con una excesiva concentración de sólidos y a los procesos de coagulación.

Este tipo de sedimentación se produce, generalmente, en los tanques de decantación primaria, en las zonas superiores de los decantadores secundarios y en los tanques de sedimentación química.

Los criterios de diseño para sistemas en los que se hace una sedimentación con floculación se establecen a través de ensayos de sedimentación en laboratorio.³⁸

Sedimentación zonal

En la sedimentación zonal, las partículas que sedimentan sufren interacciones entre sí, de tal forma que la posición de una partícula respecto a otra permanece prácticamente constante, sedimentando todas las partículas como una zona o unidad.

Este tipo de sedimentación se produce generalmente en los tanques de decantación secundaria, posteriores al tratamiento biológico, así como en los tanques de sedimentación de la precipitación química.

La sedimentación por zonas se presenta en clarificadores con lodos coagulados químicamente, o activos con concentraciones que exceden los 500 mg / l. la capa de lodos presenta varias zonas perfectamente diferenciadas. Cada zona se caracteriza por concentración específica en lodos y por una velocidad de

³⁸Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. España.

sedimentación determinada. El proceso de precipitación se presenta así: los lodos comienzan a precipitarse, estableciendo una interface entre la superficie de la capa de sólidos que están sedimentándose y el líquido clarificado. La zona inferior del líquido clarificador es lo que se denomina zona interfacial. La concentración de lodos en esta zona es uniforme, precipitándose todo ello como una capa de material a velocidad constante.³⁹

Sedimentación por compresión

La compresión, implica la formación de una estructura de partículas sedimentadas y sólo puede darse mayor sedimentación por compresión de dicha estructura. La compresión es debida al peso de las partículas que van sedimentando desde la superficie a los fangos del fondo del estanque de sedimentación. Cuanto mayor sea la compresión menor será el volumen de fangos que se obtengan, como es lógico la compresión se realiza en las capas inferiores de la masa de fango.

Este tipo de sedimentación se produce poco en los tanques de tratamiento primario y mayoritariamente ocurre en los tanques de sedimentación procedentes de la precipitación química y en los del proceso secundario.

Si bien se ha indicado, de una forma general, donde se produce cada tipo de sedimentación de las aguas residuales a tratar y el tipo de proceso que se ha realizado con anterioridad a la sedimentación, los tipos de sedimentación pueden tener lugar simultáneamente.⁴⁰

2.6.1.7 Flotación

Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a

³⁹Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. España.

⁴⁰Romero, J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización*. España.

presiones de entre 1.75 y 3.5 kg por cm². El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75 % de los sólidos en suspensión.

2.6.1.8 Filtración

La operación de filtración permite la eliminación de sólidos en suspensión, procedentes de las aguas después del tratamiento y sedimentación biológica, así como de la precipitación química.

La filtración se realiza, generalmente a través de los lechos filtrantes, compuestos de material granular, con o sin adición de productos químicos. También se pueden utilizar micro tamices. La filtración en medios granulados se realiza a través de varios mecanismos de eliminación tales como el tamizado, interceptación, impacto, sedimentación y adsorción.⁴¹

2.6.2 Procesos químicos

Los procesos químicos son todos aquellos procesos en los que la eliminación de los contaminantes del agua residual se lleva a cabo mediante la adición de reactivos químicos o bien mediante las propiedades químicas de diversos compuestos. Los procesos químicos se utilizan en la depuración de aguas junto a operaciones físicas y procesos biológicos.

⁴¹Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

Los principales procesos químicos son los siguientes:

- Precipitación química.
- Transferencia de gases.
- Separación de amoníaco mediante arrastre con aire.
- Adsorción.
- Desinfección.
- Desinfección con cloro.
- Ozono (eliminación de materia orgánica refractaria).
- Decloración.
- Decloración con dióxido de azufre.
- Eliminación de sustancias inorgánicas disueltas.
- Intercambio iónico.
- Ósmosis inversa.
- Ultrafiltración.⁴²

2.6.2.1 Precipitación química

La precipitación química consiste en añadir ciertos productos químicos al agua residual para conseguir que éstos alteren el estado físico de los sólidos disueltos o en suspensión y se produzca una eliminación por sedimentación.

La precipitación química puede ser el principal y único método de depuración de aguas residuales industriales; en otros casos puede ayudar a la operación de sedimentación cuando exista una gran concentración de sólidos disueltos y en suspensión, y se pueda utilizar como un tratamiento anterior o un proceso biológico.

Mediante la precipitación química puede obtenerse un agua casi exenta de sólidos en suspensión y en estado coloidal. En general se elimina del 80 al 90 % de la

⁴²Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

materia total en suspensión, del 40 al 70% de la DBO, del 30 al 60 % de DQO y del 80 al 90 % de bacterias. Tiene especial interés la eliminación del fósforo y de sustancias orgánicas disueltas.⁴³

2.6.2.2 Transferencia de gases

La transferencia de gases es el proceso mediante el cual el gas es transferido de una fase a otra. En el tratamiento de aguas residuales, la transferencia se hace generalmente desde el gas al líquido, excepto en casos donde nos interesa eliminar el gas que se produce en un tratamiento determinado. En todos los procesos aerobios, tales como la filtración biológica, fangos activados y digestión aerobia, es necesario que el agua residual contenga la suficiente cantidad de oxígeno para que se realice el proceso, en consecuencia debe aportarse aire u oxígeno puro al proceso puesto que, debido a la baja solubilidad del oxígeno en agua no es suficiente el que se obtiene a través de la interfase aire – superficie de agua. En las plantas de tratamiento de aguas residuales la aireación se realiza introduciendo aire en el agua hasta diversas profundidades. Los sistemas de aireación están formados por placas y tubos porosos, tubos perforados y difusores. También se utilizan aparatos de cizalladura hidráulica y mezcladores de turbina. Otra forma de aireación es con los denominados aireadores de superficie que introducen grandes cantidades de oxígeno en las aguas y que consisten en turbinas de alta velocidad que giran en la superficie del líquido parcialmente sumergidas. Estos aireadores cumplen la doble misión de introducir oxígeno en el agua y mezclar el líquido en el tanque.

2.6.2.3 Adsorción

El proceso por el cual los iones, o las moléculas, son retenidos sobre la superficie de un sólido, es lo que se denomina adsorción. El sólido recibe el nombre de adsorbente y la sustancia que es adsorbida el nombre de adsorbato. En el

⁴³Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

tratamiento de aguas residuales el proceso de flotación puede considerarse una adsorción, en donde el adsorbente son los sólidos en suspensión y el adsorbato es el aire o el gas utilizado.

El carbón activo es el adsorbente más utilizado en el tratamiento de aguas residuales. Los procesos de adsorción en el tratamiento de aguas residuales son, por lo general, muy poco utilizados y su mayor utilización se encuentra en el refinado de las aguas procedentes de tratamientos químicos o de tratamientos biológicos, (es decir, en los tratamientos terciarios) con adsorción de materia orgánica residual disuelta y la eliminación de la materia particulada. En aguas residuales municipales, en donde la aportación de aguas residuales industriales sea importante y supongan una problemática para el tratamiento por procesos biológicos, puede ser interesante el tratamiento total de estas aguas con carbón activo.⁴⁴

2.6.2.4 Desinfección

La desinfección de las aguas consiste en la eliminación de los organismos presentes en las aguas que pueden producir enfermedades. Se debe diferenciar entre la desinfección y la esterilización, ya que esta última implica la destrucción total de los organismos, mientras que la primera implica la destrucción de organismos que, por ingestión, pueden producir enfermedades en los hombres o en los animales.

Los tres principales organismos que pueden producir enfermedades son las bacterias, los virus y los quistes amebianos. La desinfección puede realizarse mediante productos químicos, agentes físicos, medios mecánicos y radiación.

Los productos químicos utilizados con desinfectantes son los siguientes: cloro y sus compuestos, bromo, iodo, ozono, fenol y compuestos fenólicos, alcoholes, metales

⁴⁴Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

pesados, colorantes, detergentes, agua oxigenada, ácidos álcalis. Los productos más empleados son el cloro y sus compuestos, ozono y agua oxigenada.

Los agentes físicos, son el calor, la luz y la radiación ultravioleta. Los medios mecánicos no son especialmente utilizados como destructores de organismos, sino que su actuación es consecuencia de un proceso secundario de su misión principal.

La desinfección por radiación se realiza fundamentalmente por radiación electromagnética de rayos gamma. La radiación gamma se utiliza tanto para desinfectar y esterilizar las aguas residuales como las aguas potables.⁴⁵

2.6.2.5 Decloración

La decloración de las aguas residuales consiste en la eliminación de todo el cloro residual combinado. Tal como se ha dicho anteriormente, con el cloro reaccionan muchos compuestos orgánicos, algunos de estos compuestos pueden ser altamente tóxicos para la flora y fauna del medio en que se vierten las aguas. Algunos estudios han llegado a la conclusión que las aguas municipales cloradas después de un tratamiento biológico o de precipitación química, aumentan de toxicidad; de aquí la necesidad de la decloración, para eliminar todos estos posibles compuestos tóxicos.

Los mejores agentes de decloración son el dióxido de azufre y el carbón activo. También se puede utilizar el sulfito sódico y el metabisulfito sódico.⁴⁶

2.6.2.6 Eliminación de sustancias inorgánicas disueltas

La eliminación de sustancias inorgánicas en disolución se puede realizar con las operaciones siguientes: precipitación química, intercambio iónico, ósmosis inversa y ultrafiltración.

⁴⁵Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

⁴⁶Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

De las cuatro operaciones indicadas, quizá la de mayor aplicación sea la precipitación química, descrita ya en apartados anteriores.

Los procesos de intercambio iónico, ósmosis inversa y ultrafiltración son procesos variables y de futuro, sobre todo en el tratamiento de aguas residuales industriales, ya que dichos tratamientos permitirán la reutilización de estas aguas.

2.6.3 Procesos biológicos

El tratamiento biológico de las aguas residuales se puede realizar en todo tipo de aguas y es generalmente un tratamiento secundario. Tiene como misión la coagulación y eliminación de sólidos coloidales no sedimentables en la decantación primaria así como la estabilización de la materia orgánica.

Se consigue biológicamente utilizando una variedad de microorganismos principalmente bacterias.

En el tratamiento biológico el proceso consiste únicamente transformando los nutrientes en tejido celular y diversos gases. El tejido celular es ligeramente más pesado que el agua, en consecuencia, la separación se tendrá que hacer por sedimentación y decantación. Si no se eliminase el tejido celular del agua el nivel de DBO de las agua disminuiría poco puesto que el tejido celular es materia orgánica y la disminución correspondería a la conversión bacteriana de nutrientes en productos gaseosos.

Según el tipo de agua residual a tratar los objetivos en el tratamiento biológico pueden diferenciarse ligeramente; en el tratamiento de aguas residuales domésticas los objetivos son la eliminación de la materia orgánica así como nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo; en aguas residuales industriales el tratamiento persigue la eliminación de compuestos orgánicos e inorgánicos, teniendo en cuenta que algunos metales pesados son tóxicos para las bacterias utilizadas en ciertos procesos biológicos. En función del uso de las aguas residuales tratadas también

se emplearán distintos tratamientos biológicos (por ejemplo, para usar las aguas tratadas en agricultura o riego el tratamiento va encaminado a la eliminación de nutrientes de plantas acuáticas).

Los principales procesos de tratamiento biológico utilizados en el tratamiento de aguas residuales en cuanto al tipo de microorganismos son: procesos aerobios, procesos anóxicos, procesos anaerobios y una combinación de los procesos aerobios con los anóxicos o anaerobios. En cuanto a la situación de los microorganismos se dividen en: Procesos de cultivos en suspensión, procesos de cultivo fijo o combinaciones de los mismos.

Los microorganismos más utilizados en los tratamientos biológicos son: bacterias, hongos, algas, protozoos, rotíferos, crustáceos y virus.⁴⁷

2.6.3.1 Definiciones

Las siguientes definiciones permitirán tener un conocimiento más amplio acerca de los tratamientos biológicos de aguas residuales.

- *Procesos aerobios*: Son los procesos de tratamiento biológico, que sólo se dan en presencia de oxígeno. A las bacterias que únicamente pueden sobrevivir en presencia de oxígeno se les conoce con el nombre de *aerobias obligadas*.

⁴⁷Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

- *Procesos anaeróbicos*: Son los procesos de tratamiento biológico que solo se dan en ausencia de oxígeno. A las bacterias que únicamente pueden sobrevivir en ausencia de oxígeno se les conoce con el nombre de *anaerobias obligadas*.

- *Desnitrificación anóxica o anaerobia*: Es el proceso de tratamiento biológico por el cual el nitrógeno de los nitratos, se transforma en nitrógeno gas en ausencia de oxígeno.

- *Procesos facultativos*: Son los procesos de tratamiento biológico en los que los organismos responsables del mismo son diferentes a la presencia o ausencia de oxígeno disuelto.

- *Microaerófilos*: Son microorganismos que crecen mejor a bajas concentraciones de oxígeno.

- *Eliminación de la DBO carbonosa*: Es la conversión, por métodos biológicos de la materia orgánica carbonosa del agua residual en tejido celular y diversos productos gaseosos. Se supone que en esta conversión el nitrógeno presente en el agua residual pasa a amoníaco.

- *Nitrificación*: Es un proceso biológico en el cual el amoníaco se transforma primeramente en nitritos y seguidamente en nitratos.
- *Desnitrificación*: Es un proceso biológico en el cual en nitrato se transforma en gas nitrógeno y otros productos gaseosos.

- *Estabilización*: Es el proceso biológico por el que se estabiliza la materia orgánica de los fangos producidos en la decantación primaria y en el tratamiento biológico; ello sucede por conversión en gases y tejido celular. Según que la estabilización se realice en condiciones aerobias o anaerobias se denomina *digestión aerobia* o *digestión anaerobia*, respectivamente.


- *Sustrato*: Es el término empleado para indicar la materia orgánica o los nutrientes que sufren una conversión o que pueden ser un factor limitante en el tratamiento biológico.
- *Procesos de cultivo en suspensión*: Son los procesos de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables del proceso se mantienen en suspensión dentro del líquido.
- *Procesos de cultivo fijos o película fija*: Son los procesos de tratamiento biológico en los que los microorganismos responsables del proceso están fijados a un medio inerte, especialmente diseñado.⁴⁸

2.6.3.2 Clasificación de los procesos biológicos

Los principales procesos biológicos se clasifican de la siguiente manera:

- ✚ Procesos aerobios.
 - Procesos de tratamiento aerobio de cultivo en suspensión.
 - Fangos (lodos) activados.
 - Nitrificación.
 - Lagunas aireadas aerobias.
 - Estanques de estabilización aerobia.
 - Procesos aerobios de cultivo fijo.
 - Filtros percoladores.
 - Filtros de pretratamiento.
 - Procesos anóxicos de cultivos en suspensión y fijos.
 - Procesos de Desnitrificación en sistemas independientes.
 - Procesos combinados de oxidación del carbono y nitrificación – Desnitrificación.

⁴⁸Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

 Procesos anaerobios de tratamiento.

- Digestión anaerobia.
- Proceso anaerobio de contacto.
- Filtro anaerobio.

 Combinación de procesos de tratamiento aerobios / anóxicos o anaerobios.

- Estanques facultativos.

 Sistemas de tratamiento por aplicación al terreno.

- Riego.
- Infiltración rápida.
- Circulación superficial en lámina.⁴⁹

Procesos aerobios

 **Procesos de tratamiento aerobio de cultivo en suspensión**

Estos tipos de tratamiento se utilizan generalmente para eliminar la materia orgánica y para la nitrificación de las aguas residuales domésticas residuales. En estos tratamientos los microorganismos encargados de los procesos se mantienen en suspensión con los compuestos en disolución que contienen las aguas residuales a tratar. Se definen a continuación los tipos de tratamiento más ampliamente utilizados.

- **Lodo activado**

Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floc, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floc absorbe la materia orgánica

⁴⁹Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO5 fluctúa entre el 60 y el 85 %.⁵⁰

- **El proceso de nitrificación**

Son procesos llevados a cabo por determinados grupos de microorganismos bacterianos que se utilizan en aquellas plantas de tratamiento de aguas residuales, donde aparte de la eliminación de la materia orgánica se persigue la eliminación de nitrógeno. La eliminación de la materia nitrogenada es necesaria cuando el efluente de la estación depuradora de aguas residuales va a ir bien a embalses o masas de agua utilizadas para captación de aguas potables, bien a las denominadas por ley como zonas sensibles.⁵¹

- **Estanque de estabilización o laguna**

Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las lagunas opcionales, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0.6 a 1.5 m y una extensión superior a una hectárea. En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la DBO5 de un 75 a un⁵² 85 %.

Procesos aerobios de cultivo fijo

⁵⁰Encarta, M. (2010).

⁵¹Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

⁵²Encarta, M. (2010).

Estos procesos tienen idéntica misión que los procesos de suspensión, pero en estos procesos los microorganismos se mantienen fijos en lechos formados por materiales muy permeables.⁵³

- **Filtro de goteo**

En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85 % la DBO5.⁵⁴

- **Procesos anóxicos de cultivos en suspensión y fijos**

Los procesos anóxicos de cultivos en suspensión y fijos se utilizan para la eliminación del nitrógeno en forma de nitratos, por transformación biológica en nitrógeno gas. Este proceso se conoce con el nombre de *Desnitrificación* y se realiza en condiciones anóxicas. La Desnitrificación puede realizarse en cultivos en suspensión y fijos, así como en sistemas independientes con fuente exterior de carbono y en sistemas combinados de oxidación del carbono y nitrificación – Desnitrificación.⁵⁵

Procesos anaerobios de tratamiento

Los procesos anaerobios son utilizados para la estabilización de fangos, residuos industriales y residuos orgánicos diluidos. En estos procesos se produce la descomposición de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno. Los

⁵³Sans, R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

⁵⁴Encarta, M. (2010).

⁵⁵Encarta, M. (2010).

procesos anaerobios se dividen en cultivos en suspensión y cultivos fijos. Los principales procesos de cultivo en suspensión: digestión anaerobia y procesos anaerobios de contacto.⁵⁶

Digestión anaerobia

En este proceso, la materia orgánica contenida en los fangos primarios y biológicos se convierte biológicamente, bajo condiciones anaerobias, en metano y dióxido de carbono. El fango tratado no es putrescible y su contenido en organismos patógenos es muy bajo.

Se utilizan dos tipos de digestores: baja carga y alta carga. El reactor de baja carga tiene tiempos de digestión altos y no se calienta ni se agita. El reactor de alta carga se calienta y agita, dando tiempos de retención mucho menores. Se puede utilizar también una combinación de ambos.

La digestión se realiza en dos o tres etapas, actuando microorganismos diferentes en cada etapa. En el modelo de dos etapas, el primer grupo de microorganismos (bacterias facultativas y anaerobias obligadas no metanogénicas) hidroliza y fermenta los compuestos orgánicos complejos a ácidos simples. El segundo grupo de microorganismos (bacterias anaerobias estrictas metanogénicas), convierten los ácidos simples en metano y anhídrido carbónico.

Proceso anaerobio de contacto

Este proceso se puede utilizar para aguas residuales industriales con alta carga de DBO. El agua residual se mezcla con fango recirculado y se digiere en un reactor anaerobio. Tras la digestión se realiza el mezclado completo del reactor y se separan los fangos en un clarificador o unidad de flotación al vacío. El sobrenadante

⁵⁶R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

se vierte como fluente y los fangos sedimentados se recirculan a la entrada. El exceso de fangos es pequeño.

Filtro anaerobio

Este tipo de procesos se realiza en una columna rellena de diversos soportes en los que se fijan y se desarrollan las bacterias anaerobias. El tratamiento se desarrolla principalmente, para el tratamiento de la materia carbonosa orgánica; el agua residual a tratar fluye en sentido ascendente, y como las bacterias están fijas a los soportes, pueden tenerse tiempos de retención celular elevados.⁵⁷

Capítulo III: Marco Conceptual

3.1 Glosario

Cañada: cauce con caudal temporal u ocasional y con vegetación propia de tierras húmedas.

Contaminación: es la acción de provocar una alteración dañina al medio.

⁵⁷ R. (1999). *Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos*. México: Alfaomega.

Tratamiento: es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas en el cual se modifican las características de las aguas, tomando en cuenta su grado de peligrosidad, para evitar la contaminación de la salud humana y el ambiente.

Saneamiento: dotación de las condiciones necesarias de sanidad a un terreno, un edificio u otro lugar.

Contaminante: una sustancia que se encuentra en un medio al cual no pertenece o que lo hace a niveles que pueden causar efectos (adversos) para la salud o el medio ambiente.

Aguas Residuales: es el conjunto de las aguas que al ser utilizadas con diferentes propósitos (industrial y doméstico) resultan ser contaminantes.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR): es una instalación cuyo objetivo principal es el mejoramiento de las características de las aguas residuales para reducir el impacto en la disposición final.

Caracterización: Los contaminantes en las aguas residuales son habitualmente una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos. Normalmente no es ni práctico ni posible obtener un análisis completo de la mayoría de las aguas residuales.

Sistema de alcantarillado: Conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de servicios públicos de agua potable y alcantarillado; incluyendo el saneamiento, entendiéndose como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.

3.2 Marco Contextual

La Cañada de la Av. Del Zoológico, está ubicada en toda la trayectoria de la avenida mencionada anteriormente, dicha avenida se localiza entre la Av. Tiradentes y la Av. Paseo de los Reyes Católicos. La topografía del terreno hace de esta avenida una localización ideal y natural para la recolección de las aguas residuales y pluviales de la zona.

Los barrios La Puya, Cristo Rey, La Agustina y el Parque Zoológico Nacional colindan la avenida y la cañada de esta. Son los principales aportadores de las aguas pluviales y residuales a la cañada, cabe destacar que hoy días han añadido parte del sector Naco y La Fe que por medio de sistemas de alcantarillados también son aportadores.

El desenvolvimiento social, falta de concientización de los habitantes, la mala disposición de los objetos contaminantes, el comercio y las rutas de transporte ubicadas en la zona, son parte de las causas de los problemas y conjuntamente son los afectados.

Este proyecto procura investigar las características de las aguas que son depositadas en la cañada, para invertir significativamente los daños ecológicos y de salud, por medio de propuestas de un saneamiento de las aguas residuales que se depositan en ella y la concientización de los habitantes.

Capítulo IV: Marco Metodológico

4.1 Tipo de investigación

La metodología de esta investigación es exploratoria, descriptiva y explicativa, ya que utilizando investigaciones realizadas anteriormente sobre el tema, busca medir

y analizar diferentes parámetros cuantitativos y a la vez, presentar una posible solución a la causa del problema.

4.2 Procesos de investigación

Los procesos llevados a cabo durante la investigación fueron:

1. Búsqueda y estudio de la información
2. Recolección de los parámetros
3. Análisis de datos
4. Planteamiento de una posible solución

4.3 Técnicas de investigación

Para la cuantificación y la determinación de los parámetros hemos identificado numerosas variables como son la DBO, DQO, PH, Sólidos Sedimentables, y Análisis Bacteriológico, y las cuales nos caracterizaran las aguas dispuestas en la cañada a estudiar.

Estas mediciones serán realizadas a partir de muestras obtenidas de la cañada durante 4 semanas, y con un periodo de 7 días (promedio) entre muestreos. Las mismas serán analizadas en el laboratorio “Dirección de control de la calidad del agua” de la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD).

Los resultados serán comparados con “los valores permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo, establecidos por la UNE EN-27888:1993 (Una Norma Española; Estándar Europeo) y la ISO 788-1985 (International Organization for Standardization) las cuales nos permitirán catalogar las aguas vertidas en todo el tramo de la cañada.

Muestra #1: Se escogió la primera muestra en el inicio al exterior del sistema de alcantarillado a la cañada.

Muestra #2: Se escogió esta ubicación de la segunda muestra por el aporte que representa la Av. Nicolás de Ovando

Muestra #3: Se escogió esta ubicación de la tercera muestra para medir los cambios en las características de las aguas y el aporte de las urbanizaciones colindantes.

Muestra #4: Se escogió esta ubicación ya que representa el último tramo visible de la cañada antes de penetrar al Parque Zoológico Nacional, los aportes de la Av. Pase de los Reyes Católicos y la acumulación de las aguas durante la trayectoria de la cañada.

Nota: Todos los muestreos fueron tomados fuera del área del Parque Zoológico Nacional

4.3.2 Condición actual de la cañada

Hemos notado un gran deterioro de la estructura de la cañada debido a posibles eventos naturales que la hayan afectado y/o a una falta de mantenimiento al transcurrir el tiempo. En la cañada hay una gran cantidad de desperdicios sólidos

que son arrojados directamente o que llegan a través de los desagües próximos que drenan a ella.

A continuación se muestran fotos de las condiciones actuales:



Imagen de la cañada en el punto de muestra No. 2, en el cual se puede percibir un levantamiento del suelo y abundancia de desperdicios humanos.





En las imágenes anteriores se puede notar como las aguas residuales drenan directamente a la cañada y la situación actual de las salidas de estos drenajes, que están obstruidas por la naturaleza y los desperdicios sólidos.



En estas imágenes, también se puede notar la destrucción a través del tiempo que esta presenta y el descuido por la falta de la intervención de las autoridades.

4.3.3 Sistema de Drenaje Pluvial actual

A continuación se presentan imágenes de los filtrantes e imbornales que drenan directamente a la cañada pertenecientes a la Avenida del Zoológico y a la Avenida Paseo de los Reyes Católicos







Es evidente la gran obstrucción que existe en los filtrantes e imbornales próximos a la cañada, también se puede notar la falta de rejillas y tapas, y el deterioro de los contenes.

4.3.4 Propuesta de Sistema de Drenaje Pluvial

Se mostrara un sistema en el cual separamos las aguas de escorrentía de las aguas residuales (en caso de que las aguas drenadas necesiten tratamiento), en el que proponemos lo siguiente:

- 1) En todo el tramo de la cañada de la Avenida del Zoológico solo drenen las aguas residuales, temporal, hasta que sea diseñado un alcantarillado sanitario correspondiente a la zona.
- 2) Nuevos imbornales en las intersecciones con la Avenida Nicolás de Ovando y en la Avenida Paseo de los Reyes Católicos.
- 3) Todas las aguas de escorrentía sean trasladadas por alcantarillado hacia la intersección entre la Avenida del Zoológico y la Avenida Paseo de los Reyes Católicos.
- 4) Realizar o bombear hacia un sistema de tratamiento de aguas residuales las aguas drenadas antes de la intersección entre la Avenida del Zoológico y la Avenida Paseo de los Reyes Católicos.
- 5) Limpieza constante del sistema de drenaje pluvial existente para control de desperdicios sólidos arrastrado por las aguas a los imbornales, el cual obstruye el trayecto ideal de las aguas controladas por las cunetas del agua y provocando inundaciones en los casos de lluvias intensas y/o continuas.

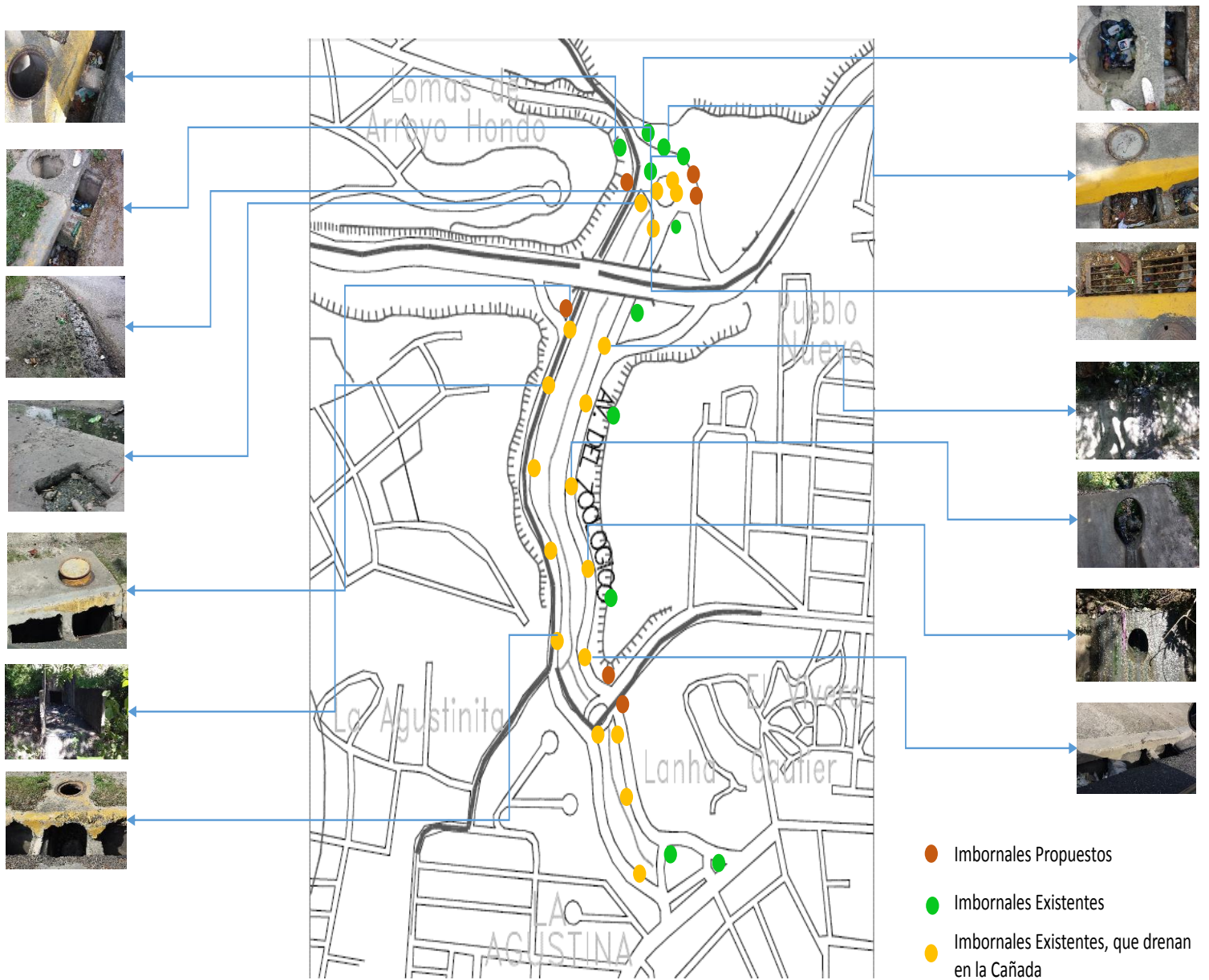


Figura #2

Mapeo de Imbornales y filtrantes existentes en el trayecto de la Cañada Av. Del Zoológico⁵⁸

⁵⁸ (http://www.bibliocad.com/biblioteca/mpa-ciudad-santo--domingo_26642)

Como se puede observar en el mapeo (Figura No. 2) realizado sobre el drenaje pluvial del trayecto de la cañada hay una gran cantidad de imbornales que drenan sus aguas dentro de la cañada, para estos casos se recomienda la construcción de sépticos y anular su drene dentro de la cañada

Observamos que debido al gran flujo de aguas pluviales en la zona de la entrada del parque zoológico nacional es insuficiente la cantidad de imbornales existentes hasta el momento por lo que se recomienda la construcción de nuevos imbornales en la zona y el reacondicionamiento de los existentes para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial de la zona

También nuevos imbornales ubicados en puntos críticos ya sea por cotas desfavorables o por gran acumulación de aguas pluviales en el recorrido sin la presencia de un imbornal en su trayecto.

4.4 Resultados

RESULTADOS DE LA CARACTERIZACION Y ANALISIS INDIVIDUAL

4.4.1 Caracterización No. 1

LOCALIZACION	CODIGO	HORA	PH (mg/l)	TEMP. (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SOLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)
(1) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-7	02:15 p.m.	7.23	27.8 °C	133.76	220.53	1.5
(2) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-8	02:15 p.m.	7.21	27.1 °C	120.43	254.82	0.5
(3) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-9	02:15 p.m.	7.12	27.0 °C	92.89	218.1	<0.1
(4) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-10	02:15 p.m.	6.97	26.80 °C	41.33	144.6	0.2

Tabla 4.1 Informe de Análisis División de Residuos Sólidos (CAASD) Estudio realizado el día 13 de julio 2015. Extraído del Anexo A

Se puede observar que durante el recorrido de las aguas este día, entre la muestra No.1 y la muestra No. 4, hay una disminución de la DBO5 y la DQO.

Realizando una comparación con la “TABLA 2.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (CONCENTRACIÓN EN MG / LC)”, según los parámetros estudiados este día, su contaminación se denomina

PARAMETRO	RESULTADOS MUESTRA NO. 4	CLASIFICACION
PH	6.97	Ligera
Temperatura °C	26.80	--
DBO (mg/l)	41.33	Ligera
DQO (mg/l)	144.6	Ligera
Sólidos Sedimentables (mg/l)	0.2	Ligera

Tabla 4.1.1 Comparación de Resultados de la Muestra No.4 y la Tabla 2.9 “Características de las Aguas Residuales Urbanas”.

4.4.2 Caracterización No. 2

LOCALIZACION	CODIGO	HORA	PH (mg/l)	TEMP. (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SOLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)
(1) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-14	04:30 p.m.	6.58	21.8 °C	163.65	445.87	579.0
(2) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-15	04:30 p.m.	6.39	21.6 °C	142.00	357.69	571.0
(3) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-16	04:30 p.m.	6.48	21.3 °C	44.00	142.2	382.0
(4) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-17	04:30 p.m.	6.49	21.05 °C	106.00	223.0	486.0

Tabla 4.2 INFORME DE ANALISIS DIVISION DE RESIDUOS SOLIDOS (CAASD)
Estudio realizado el día 21 de julio 2015. Extraído del Anexo B

Se puede observar que durante el recorrido de las aguas este día, entre la posición de la muestra No.1 y la muestra No. 4, hay una disminución de la DBO5 y la DQO, por lo que en su recorrido el agua presenta una disminución en su grado de contaminación.

Realizando una comparación con la “TABLA 2.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (CONCENTRACIÓN EN MG / LC)”, según los parámetros estudiados este día, su contaminación se denomina

PARAMETRO	RESULTADOS MUESTRA		CLASIFICACION
	NO. 4		
PH	6.49		Ligera
Temperatura °C	21.05		--
DBO (mg/l)	106.00		> Ligera
DQO (mg/l)	223.0		Ligera
Sólidos Sedimentables (mg/l)	486.0		Media

Tabla 4.2.1 Comparación de Resultados de la Muestra No.4 y la Tabla 2.9 “Características de las Aguas Residuales Urbanas”.

4.4.3 Caracterización No. 3

LOCALIZACION	CODIGO	HORA	PH (mg/l)	TEMP. (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SOLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)
(1) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-20	01:50 p.m.	6.94	29.6°C	118.97	235.55	409.0
(2) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-21	01:50 p.m.	6.75	30.4°C	184.27	486.69	540.0
(3) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-22	01:50 p.m.	6.91	30.9°C	76.02	140.1	348.0
(4) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-23	01:50 p.m.	6.85	30.01°C	76.49	132.6	303.0

Tabla 4.3 INFORME DE ANALISIS DIVISION DE RESIDUOS SOLIDOS (CAASD)
Estudio realizado el día 27 de julio 2015. Extraído del Anexo C

Se puede observar que durante el recorrido de las aguas este día, entre la posición de la muestra No.1 y la muestra No. 4, hay una disminución de la DBO5 y la DQO, por lo que en su recorrido el agua presenta una disminución en su grado de contaminación.

Realizando una comparación con la “TABLA 2.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (CONCENTRACIÓN EN MG / LC)”, según los parámetros estudiados este día, su contaminación se denomina

PARAMETRO	RESULTADOS MUESTRA NO. 4	CLASIFICACION
PH	6.85	Ligera
Temperatura °C	30.01	--
DBO (mg/l)	76.49	Ligera
DQO (mg/l)	132.6	Ligera
Sólidos Sedimentables (mg/l)	303.0	Ligera

Tabla 4.3.1 Comparación de Resultados de la Muestra No.4 y la Tabla 2.9 “Características de las Aguas Residuales Urbanas”.

4.4.4 Caracterización No. 4

Tabla 4.4 INFORME DE ANALISIS DIVISION DE RESIDUOS SOLIDOS (CAASD)

LOCALIZACION	CODIGO	HORA	PH (mg/l)	TEMP. (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	SOLIDOS SEDIMENTABLES (mg/l)
(1) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-8-01	01:30 p.m.	7.01	29.3°C	106.13	217.97	514.0
(2) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-8-02	01:30 p.m.	7.15	28.4°C	118.60	205.41	473.0
(3) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-8-03	01:30 p.m.	7.23	28.3°C	86.50	157.7	415.0
(4) CANADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-8-04	01:30 p.m.	7.13	28.3°C	66.00	115.0	352.0

Estudio realizado el día 5 de agosto 2015. Extraído del Anexo D

Se puede observar que durante el recorrido de las aguas este día, entre la posición de la muestra No.1 y la muestra No. 4, hay una disminución de la DBO5 y la DQO, por lo que en su recorrido el agua presenta una disminución en su grado de contaminación.

Realizando una comparación con la “TABLA 2.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS (CONCENTRACIÓN EN MG / LC)”, según los parámetros estudiados este día, su contaminación se denomina

PARAMETRO	RESULTADOS MUESTRA	
	NO. 4	CLASIFICACION
PH	7.13	Ligera
Temperatura °C	28.3	--
DBO (mg/l)	66.0	Ligera
DQO (mg/l)	115.0	Ligera
Sólidos Sedimentables (mg/l)	352.0	Ligera

Tabla 4.4.1 Comparación de Resultados de la Muestra No.4 y la Tabla 2.9 “Características de las Aguas Residuales Urbanas”.

4.4.5 Análisis Bacteriológico

Tiempo de Incubación:

48 horas a 35.5 °C

a) NMP de Gérmenes Coliformes

PP = 2.4×10^{10} / 100 ml

PC = 2.4×10^{10} / 100 ml

Otros:

- Coliformes fecales

2.4×10^{10} / 100 ml

Pseudomonas ausentes

Resultados obtenidos del Anexo E

CONCLUSIÓN

Conclusión de los análisis de la caracterización de las aguas

Según los estudios realizados a las aguas residuales de la cañada y comparando estos con la Tabla 2.6, estas aguas según la DBO caen dentro del rango de “Agua Potable Negra Municipal”.

De acuerdo a la UNE EN-27888:1993 (Una Norma Española; Estándar Europeo) y la ISO 788-1985 (International Organization for Standardization) los valores permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo:

PH	Temperatura (°C)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	Sólidos Sedimentables (mg/l)	Bacterias Coliformes (Ud./ml)
6-6.5	35	50	160	50	1000/100

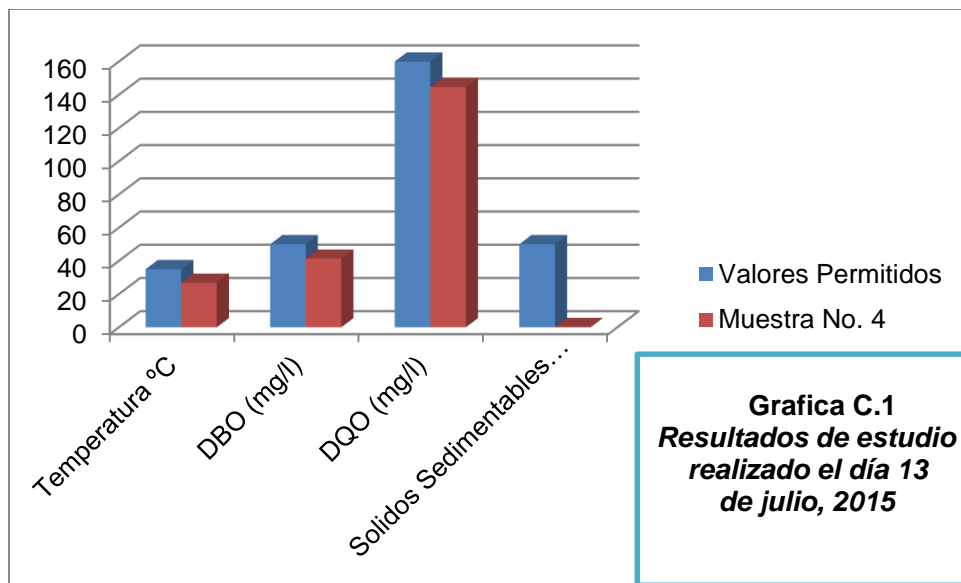
Tabla C.1 “Valores permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo, según la UNE EN-27888: 1993 y la ISO 788-1985”

Comparando los resultados obtenidos durante los días de estudios, y teniendo en cuenta en todos los casos los parámetros en los puntos de muestras anteriores, dígame de las muestras No. 1, No. 2 y No. 3, fueron mayores y la muestra No. 4 siempre represento los valores mínimos de los parámetros en estos días. Esta misma representa el punto más cercano al vertido en la cañada de Arroyo Hondo y el rio Isabela, por lo que serán los escogidos para la comparación con la UNE EN-27888:1993 y la ISO 788-1985 para determinar si estas aguas negras están dentro de los valores permitidos para ser descargadas en las aguas superficiales en su trayectoria.

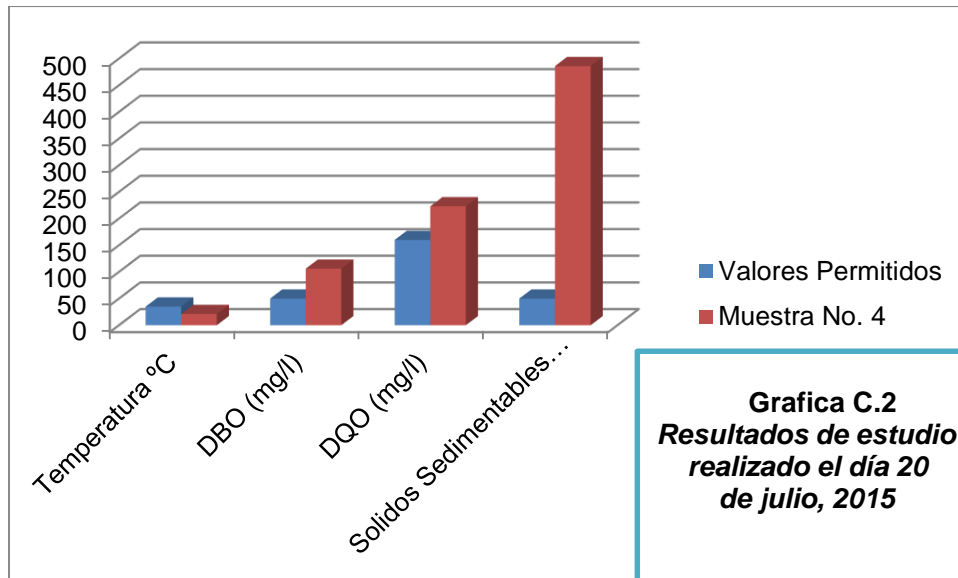
Localización	Fecha	PH (mg/l)	Temperatura (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DQO (mg/l)	Sólidos Sedimentables (mg/l)
(4) Av. Del Zoológico	13/07/2015	6.97	26.80	41.33	144.6	0.2
(4) Av. Del Zoológico	20/07/2015	6.49	21.05	106.00	223.0	486
(4) Av. Del Zoológico	27/07/2015	6.85	30.01	76.49	132.6	303
(4) Av. Del Zoológico	05/08/2015					

Tabla C.2 “Resultados de las Muestras No. 4 en los diferentes días de estudio”

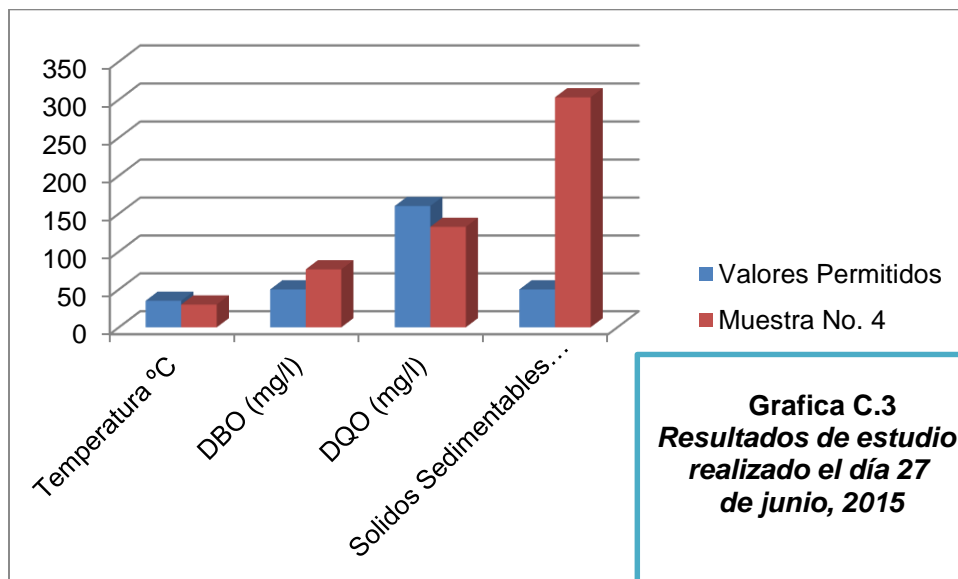
A continuación se presenta y analiza una comparación entre las Tablas C.1 y C.2 de los parámetros Temperatura, DBO, DQO y Sólidos Sedimentables, según el día de estudio.



Análisis C.1: Se observa que los parámetros de Temperatura, DBO, DQO y Sólidos Sedimentables resultados este día, estuvieron dentro de los parámetros permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo.

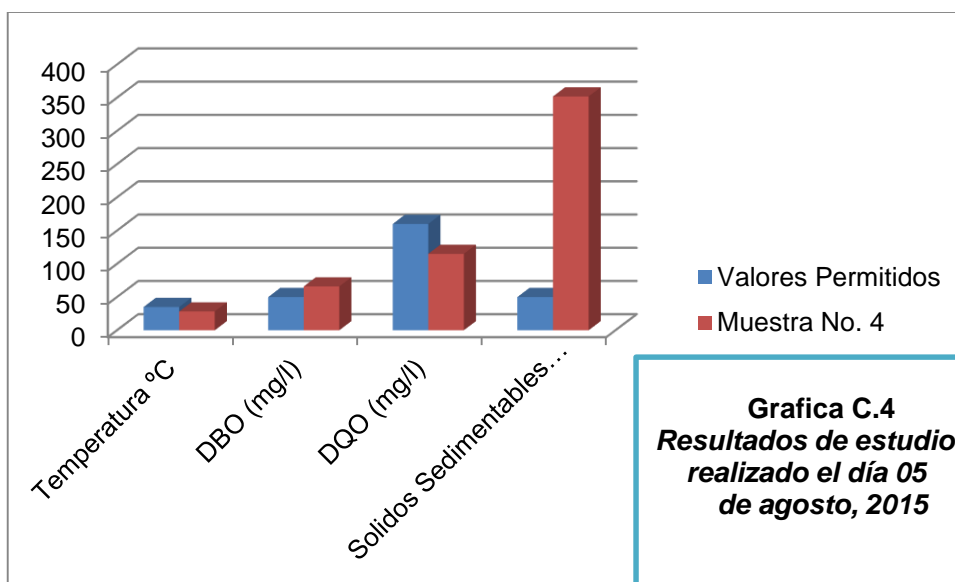


Análisis C.2: Se observa que según los resultados de este día, solo la temperatura estuvo dentro de los valores permitidos, y que los valores de DBO, DQO y Sólidos Sedimentables estuvieron fuera los valores permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo, por lo que el agua este día, no era apta para ser descargada.



Análisis C.3: Se observa que según los resultados de este día, la temperatura y el DQO estuvieron dentro de los valores permitidos, y que los valores de DBO y Sólidos Sedimentables estuvieron fuera los valores permitidos para las descargas

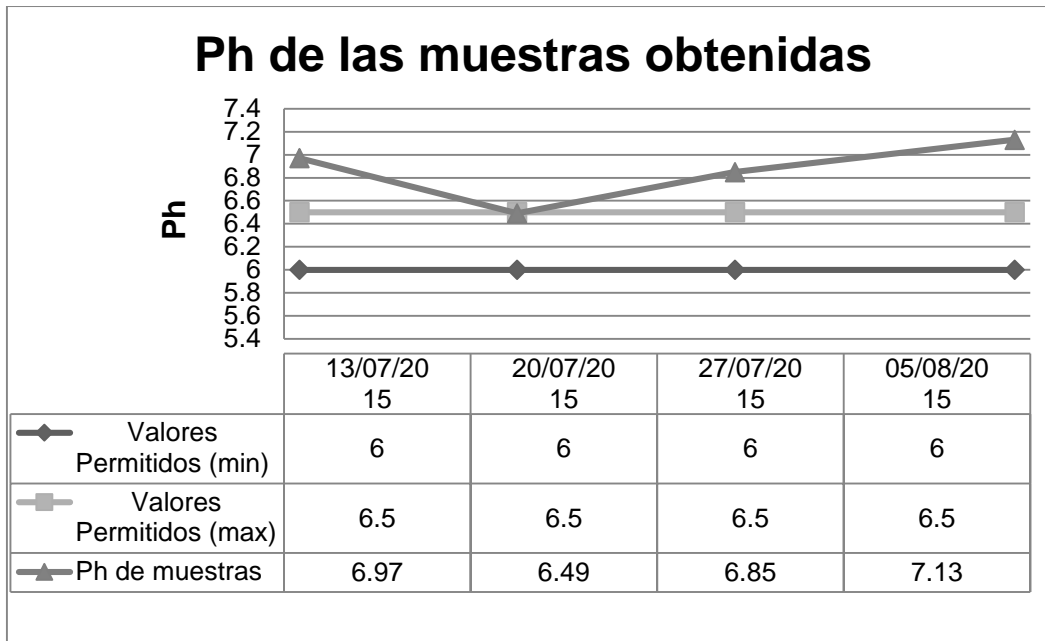
de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo, por lo que el agua este día, no era apta para ser descargada.



Análisis C.4: Se observa que según los resultados de este día, la temperatura y el DQO estuvieron dentro de los valores permitidos, y que los valores de DBO y Sólidos Sedimentables estuvieron fuera los valores permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo, por lo que el agua este día, no era apta para ser descargada.

Según los parámetros de Temperatura, DBO, DQO y Sólidos Sedimentables obtenidos, tienden a estar fuera de los parámetros permitidos por las normas mencionadas, por lo que estas aguas no pueden seguir drenando sin previo tratamiento a los afluentes en su trayectoria.

Se analizara, comparando las Tablas C.1 y C.2, si el PH de las muestras obtenidas estaba dentro de los valores típicos para ser descargadas.



Análisis de PH: Se observa que solo el día 20 de julio del 2015, el PH estuvo dentro de los valores permitido y que los demás días de estudio el PH estuvo fuera de los valores permitidos para las descargas de aguas negras en aguas superficiales (ríos) y el sub-suelo.

El PH obtenido tiende a estar fuera de los parámetros permitidos, por lo que estas aguas no tienden a tener un PH adecuado para seguir siendo descargadas directamente sin previo tratamiento.

Según los resultados del análisis bacteriológico y comparando con la Tabla C.1, es notable el exceso de bacterias encontradas en el resultado, por lo que estas aguas son altamente contaminadas.

Las aguas residuales características de la Cañada Avenida del Zoológico, según los análisis anteriores, se concluye que no están aptas para ser descargadas en aguas superficiales o el sub-suelo, por el grado de contaminación que presentaron durante los estudios.

Por lo que es necesario que la Corporación de Acueductos y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) realice un sistema de drenaje pluvial eficiente para las zonas afectadas para separar las aguas de escorrentía de las aguas residuales, ya que su contaminación es menor, y su reutilización requerirá menores gastos o su vertido realizara menor impacto ambiental.

En el Artículo No. 18 de la Ley 64-00 que crea la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA), las funciones que corresponden a esta secretaría.

En el Artículo No. 133 de la Ley 64-00 estipula “Se prohíbe el vertimiento de escombros o basuras en las zonas cársticas, cauces de ríos y arroyos, cuevas, sumideros, depresiones de terreno y drenes”, por lo que este artículo prohíbe que los habitantes de las zonas colindantes utilicen la zona para arrojar desperdicios contaminantes, ya que esta cañada dispone sus aguas en la Cañada Arroyo Hondo y el rio Isabela.

En el Artículo No. 134 de la Ley 64-00 estipula “Los efluentes de residuos líquidos o aguas, provenientes de actividades humanas o de índole económica, deberán ser tratados de conformidad con las normas vigentes, antes de su descarga final.”, por lo que este artículo, demanda que la zona estudiada y según los resultados obtenidos, este dotada de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Conclusión sobre el Drenaje Pluvial

En el acápite 4.3.2 Sistema de Drenaje Pluvial actual, se pudo evidenciar el gran deterioro y desperdicios sólidos que obstruyen este drenaje, por lo que se propone lo siguiente:

La separación total de las aguas residuales y las aguas de escorrentías propuesto en el acápite 4.3.3

Esto lograra:

- 1) Separar parcial o totalmente las aguas de escorrentías de las aguas residuales drenadas en la cañada. Haciendo que a partir de la intersección entre la Avenida del Zoológico y la Avenida Paseo de los Reyes Católicos todas las aguas sean únicamente pluviales con un efecto contaminante menor.
- 2) Reducir en su parcial o totalmente la contaminación presente dentro de las áreas del Parque Zoológico Nacional

RECOMENDACIONES

Hacer estudios para conocer régimen de precipitaciones en los barrios colindantes a los estudios realizados.

Hacer estudios para conocer el comportamiento hidráulico de las redes de alcantarillado de esta zona.

Diseñar un sistema de rejillas antes de disponer las aguas en la cañada, y durante el recorrido de la cañada, para la separación de sólidos arrastrados debido a la contaminación por la mala disposición de estos.

Realizar un saneamiento total y reconstructivo a todo el recorrido de la cañada para el buen desempeño de esta.

Disponer a estas aguas vertidas en la cañada de un sistema de tratamiento de aguas residuales o un sistema de bombeo hacia una PTAR cercana, para disminuir o eliminar el aporte de contaminación a la cañada Arroyo Hondo y por ende, el Rio Isabela.

Realizar mantenimientos periódicos y adecuados para las redes de alcantarillado y la cañada.

Concientizar mediante programas a los habitantes de la zona sobre el buen manejo de desperdicios contaminantes al medio ambiente y sobre el impacto de estos.

Para el saneamiento de esta cañada se propone una planta con lagunas aerobias, ya que estas reducen los índices de DBO y DQO. La misma tendría el siguiente esquema: Desbaste, Desarenador, Laguna Aerobia, Laguna de maduración y Caseta de Cloración, esta última parte para reducir el alto índice de bacterias coliformes.

BIBLIOGRAFÍA

INTEC (2010) “Estudio de factibilidad de la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales con plantas de micrófitos en el Jardín Botánico” realizada por Agüero Núñez, Andreas; Castro Cruz, Gregory;

Encarta, M. (2010).

Hernandez Muñoz, A. (2001). Depuracion y Desinfeccion de Aguas Residuales (5 ed.).

Hernandez Muñoz, A. (2007). SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO Vertidos de aguas

residuales (7 ed.). Madrid: CANALES Y PUERTOS COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS.

Hernández, A. (2000). Manual de depuración Uralita. España: Thompson Learning.

Nacional, C. Ley 64-00. Ley sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales. Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Romero, J. (1999). Calidad del agua. Mexico: Alfaomega.

Romero, J. (1999). Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización. España.

Sans, R. (1999). Ingeniería ambiental : Contaminación y tratamientos. México: Alfaomega.

http://www.haceclick.com.uy/documentos/OSE_Normativa.pdf.

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

http://www.bibliocad.com/biblioteca/mpa-ciudad-santo--domingo_26642

ANEXOS

ANEXO A



CORPORACION DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO
CAASD

DIRECCION DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA
INFORME DE ANALISIS DIVISION DE RESIDUOS LIQUIDOS

PROCEDENCIA

SANTO DOMINGO, D. N.

FECHA DE RECIBO

13-Jul-15

SOLICITADO P. JORGE SIERIOL GOMEZ

RECOLECTADO P. JORGE S.

FECHA DE ANALISIS

13-07-2015

LOCALIZACION	CODIGO	HORA	Ph (mg/l)	TEMP. (mg/l)	DBOS (mg/l)	DDO (mg/l)	SOLIDOS SEDIMENTABLES (mg/L)
(1) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-7	02:15 P. M.	7.23	27.8 °C	133.76	220.53	1.5
(2) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-8	02:15 P. M.	7.21	27.1 °C	120.43	254.82	0.5
(3) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-9	02:15 P. M.	7.12	27.0 °C	92.89	218.1	< 0.1
(4) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-10	02:15 P. M.	6.97	26.80 °C	41.33	144.6	0.2



Francisco Sauter

INVESTIGADOR

DIRECTORA



ANEXO B



CORPORACION DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO
CAASD

DIRECCION DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA
INFORME DE ANALISIS DIVISION DE RESIDUOS LIQUIDOS

PROCEDENCIA

SANTO DOMINGO, D. N.

FECHA DE RECIBO

21-Jul-15

SOLICITADO P: JORGE SIERRA GOMEZ

RECOLECTADO: JORGE SIERRA GOMEZ

FECHA DE ANALISIS

21-07-2015

LOCALIZACION	CODIGO	HORA	Ph (mg/l)	TEMP (mg/l)	DBOS (mg/l)	DQO (mg/l)	RESIDUOS TOTALES (mg/l)
(1) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-14	04:30 P. M.	6.58	21.8 °C	163.65	445.87	579.0
(2) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-15	04:30 P. M.	6.39	21.6 °C	142.00	357.69	571.0
(3) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-16	04:30 P. M.	6.48	21.3 °C	44.00	142.2	382.0
(4) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-17	04:30 P. M.	6.49	21.05 °C	106.00	223.0	486.0

Francisco Santos
INVESTIGADOR

DIRECTORA



ANEXO C



CORPORACION DEL ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SANTO DOMINGO
CAASD
DIRECCION DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA
INFORME DE ANALISIS DIVISION DE RESIDUOS LIQUIDOS

PROCEDENCIA

SANTO DOMINGO, D. N.

FECHA DE RECIBO

27-Jul-15

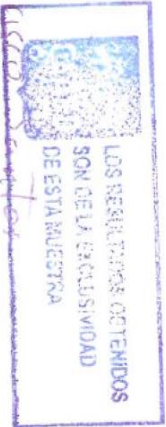
SOLICITADO POR JORGE SIERIOL GOMEZ

RECOLECTADO POR JORGE S.

FECHA DE ANALISIS

27-07-2015

LOCALIZACION	CODIGO	HORA	Ph (mg/l)	TEMP. (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DOO (mg/l)	SOLIDOS TOTALES (mg/L)
(1) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-20	01:50 P. M.	6.94	29.6 °C	118.97	235.55	409.0
(2) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-21	01:50 P. M.	6.75	30.4 °C	184.27	486.69	540.0
(3) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-22	01:50 P. M.	6.91	30.9 °C	76.02	140.1	348.0
(4) CAÑADA AV. DEL ZOOLOGICO	RL-15-7-23	01:50 P. M.	6.85	30.01 °C	76.49	132.6	303.0



INVESTIGADOR

DIRECTORA

Fran

[Signature]



ANEXO D

ANEXO E



Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo
SUB-DIRECCION GENERAL • DIRECCION DE CONTROL CALIDAD DE AGUA
INFORME DE EXAMEN BACTERIOLOGICO

FECHA: 19-08-2015

PROCEDENCIA: SANTO DOMINGO, D. N.

LOCALIZACION: CANADA AV. DEL ZOOLOGICO

CLASIFICACION:

TIPO DE TRATAMIENTO:

COLOR RESIDUAL: _____ PPM

LIBRE _____

COMBINADO _____

RECOLECTADA No	1
POR:	GORGE SALIENT
FECHA:	10-08-2015
HORA:	01:20 P.M.
FECHA DE RECIBO:	11-08-2014
HORA:	11:45 A.M.
SOLICITADA POR:	GORGE Z/ERIODL G.

RECUENTOS DE COLONIAS EN _____ /ml

TIEMPO DE INCUBACION: _____ °C

a) NMP DE GERMINES COLIFORMES: _____

PP = 2.4×10^{10} , PC = 2.4×10^{10}

b) No. DE COLONIAS DE GERMINES COLIFORMES: _____ /100ml

NMP DE E. COLI _____ /100ml

COLIFORMES FECALES = 2.4×10^{10} NMP/100 ML.
PSEUDOMONAS AUSENTES _____

OBSERVACIONES

APTA PARA EL CONSUMO

NO APTA PARA EL CONSUMO

MICROORGANISMOS PRESENTES

TECNICAS

(a) TUBOS MULTIPLES
(b) MEMBRANA FILTRANTE

INVESTIGADOR [Signature]
LABORATORIO DE CONTROL CALIDAD DE AGUA

DIRECTORA [Signature]

