

REPÚBLICA DEL ECUADOR
UNIVERSIDAD ESTATAL “AMAZÓNICA”

Carrera de Ingeniería Ambiental

TÍTULO:

Propuesta de un Sistema de Tratamiento para las Aguas Residuales Domésticas que contaminan el estero Citayacu en el barrio Amazonas.

Tesis de grado previo a la obtención del título en Ingeniería Ambiental

AUTOR:

Ingrid X. Haro Flores.

TUTOR:

Drc. Jesús Luís Orozco

Puyo, Junio 2009.

PUYO - ECUADOR

Agradecimiento

Mi agradecimiento principal a Dios quien me ha dado el valor y a sabiduría para culminar una meta mas en mi vida, ya que sin el nada soy. A mis padres Williams y Ximena, mis hermanas Slendy, Karen y Kendra ya que son un pilar fundamental de mi vida, especialmente mi padre quien siempre estuvo a mi lado alentándome y brindándome su ayuda. Gracias a Dios por haberme enviado a dos grandes personas mi tutor y mi gran amiga Araceli quienes siempre creyeron en mí y me apoyaron incondicionalmente. De una manera especial a mi razón de ser mi hija Valerie, quien con sus besos y abrazos me daba fuerzas para seguir luchando día a día. Y a todas las personas que de una u otra manera me ayudaron a culminar esta investigación.

Declaración de Derechos

Yo, Ingrid Ximena Haro Flores declaro que soy la única autora de esta tesis y que autorizo a la Universidad Estatal Amazónica y a mi tutor a hacer el uso que de ella estimen pertinente.

Atentamente;

Ingrid Ximena Haro Flores.

Dedicatoria

A con mucho amor a Dios, mi familia y mi hija, demostrando en este trabajo todo el esfuerzo y sacrificio realizado para obtener una meta más en mi vida. Y a todas las personas que de una u otra manera ayudaron a cumplir este sueño.

INDICE

Introducción	1
Capítulo I: Análisis Bibliográfico	4
1.1 Definición, características, origen de las Aguas Residuales	4
1.1.1 Naturaleza de las aguas residuales.....	4
1.1.2. Origen y cantidad.....	5
1.1.3. Composición.....	5
1.1.4. Tipos de contaminación.....	6
1.2 Tipos de aguas residuales.....	7
1.2.1 Aguas residuales urbanas	7
1.2.2 Aguas residuales industriales.....	8
1.3 Tipos de contaminantes.....	8
1.3.1 Clasificación de los contaminantes.....	8
1.3.2. Clasificación de las aguas residuales.....	10
1.3.3. Características Físico-Químicas	11
1.3.4. Características Biológicas.	12
1.4 Consecuencias que acarrear los vertidos.....	12
1.5 Tratamiento de las Aguas Residuales.....	13
1.5.1 Tratamiento Primario	14
1.5.2 Tratamiento Secundario	16
1.5.3 Tratamiento Terciario.....	19
1.6 Tratamiento biológico de las Aguas Residuales.....	22
1.6.1 Procesos Anaeróbicos.....	23
1.6.2 Procesos Aeróbicos.....	23
1.7 Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales.....	25
1.7.1 Sistema Anaeróbico:.....	25
1.7.2 Sistema Aeróbico.....	26
1.7.3 Floculación iónica	26
1.8 Disposición de las aguas tratadas. Influencias en el medio receptor	27
1.9 Métodos analíticos para el control de la calidad del agua	27
1.9.1 Color, Olor y Sabor	27
1.9.2 Turbidez.....	28
1.9.3 Materia Sólida.....	28
1.9.4 pH	29
1.9.5 Dureza	29
1.9.6 Acidez y Alcalinidad.....	29
CAPITULO 2: MATERIALES Y METODOS	31

2.1 Caracterización de la zona de objeto de estudio.....	31
2.1.1 Descripción de los Moradores del barrio Amazonas	31
2.2.- Metodología seguida para el diagnostico de la zona de estudio.....	34
2.3.- Determinación de los flujos de las aguas residuales.....	35
2.4.- Metodología de muestreo para los análisis de las aguas.....	36
2.4.1 Muestreo de las aguas del estero.....	36
2.4.2 Muestreo de las aguas residuales	36
2.5 Análisis realizados a las muestras.....	37
2.6 Metodología empleada para determinar el impacto ambiental producido sobre las aguas del estero Citayácu.	37
CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSION	39
3.1 Resultado de las encuestas realizadas a la población del sector objeto de estudio.	39
3.2 Resultados del diagnóstico ambiental	40
3.2.1. Se vierten al estero residuales domésticos sin tratamiento alguno.....	41
3.2.2. No existe conexión de alcantarillado para las viviendas que se encuentran ubicadas en las laderas del estero	42
3.2.3 Mal manejo de los desechos sólidos para el sector.	43
3.2.4 Alteración del cauce del estero.....	43
3.3 Valoración de los análisis realizados en los diferentes puntos de muestreo.....	43
3.4 Valoración del impacto ambiental producido por los vertimientos de residuales domésticos sobre las aguas del estero Citayácu	45
3.5 Propuesta de tratamiento para las aguas residuales que contaminan al estero Citayácu.....	46
3.5.1 Propuestas de alternativas de tratamiento.	48
3.5.2 Selección de la alternativa a aplicar para el tratamiento de los residuales de esta comunidad.	49
3.5.3 Propuesta de diseño preliminar a implementar	50
3.5.4. Precauciones a tener en cuenta al construir un tanque séptico	52
3.5.6 Requisitos de construcción para un tanque séptico.	52
Recomendaciones.....	55
Bibliografía:.....	56

Resumen

La presente investigación aborda un estudio de la contaminación de las aguas del estero Citayacu que vierte sus aguas al río Puyo. El estero es contaminado por las aguas residuales domésticas originadas por los habitantes del lugar que son vertidas a él sin tratamiento alguno. Se realiza en primer lugar una caracterización de la zona y un diagnóstico que permitieron detectar la problemática existente, se realizó un estudio y caracterización físico química tanto de las aguas residuales como las del estero de la zona objeto de estudio para establecer el nivel de contaminación que presenta el mismo, a partir de los cuales se pudo determinar la afectación a la calidad ambiental que se produce como consecuencia de los vertimientos. Se monitoreó el comportamiento de los flujos de las aguas residuales y con los resultados obtenidos se procede a establecer cuál es el sistema de tratamiento más idóneo para tratar éstas aguas, llegándose a la propuesta de una combinación de tanque séptico y filtro anaerobio.

Palabras claves: Residuales domésticos, plantas de tratamiento, contaminación.

Abstract

The present investigation approaches a study of the contamination of the waters of the tideland Citayacu that pours its waters to the river Puyo. The tideland is contaminated by the waters residual maidservants originated by the inhabitants of the place that are poured him without treatment some. He/she is carried out a characterization of the area and a diagnosis that allowed to detect the existent problem, in the first place he/she was carried out a study and characterization physique chemistry so much of the residual waters as those of the tideland of the area study object to establish the level of contamination that presents the same one, starting from which you could determine the affectation to the environmental quality that takes place as consequence of those poured. The behavior of the flow of the residual waters was controlled and with the obtained results you proceeds to settle down which the system of more suitable treatment is to treat these waters, being arrived to the proposal of a combination of septic tank and filter.

Key words: Residual domestic, treatment plants, contamination.

Introducción

En todo el mundo, más de mil millones de personas no tienen acceso al agua. Para el fin del siglo se estima que un 80% de los habitantes urbanos de la Tierra puede que no dispongan de suministros adecuados de agua potable. Sólo una pequeña cantidad del agua dulce del planeta está actualmente disponible para el consumo humano. Un 70% de la misma se destina a la agricultura, un 23% a la industria y sólo un 7 a un 8% al consumo doméstico.

Al mismo tiempo, la demanda de agua está aumentando rápidamente. Se espera que el consumo agrícola de agua aumente un 17% y el industrial un 60% en los próximos años. A medida que el agua es más escasa, hay mayores posibilidades de que se convierta en una fuente de conflictos regionales.

El suministro de agua a nivel mundial está disminuyendo debido a las fuertes sequías que la mitad de las naciones del mundo experimentan regularmente y a la contaminación que presentan en algunos lugares. Como consecuencia, la población, en constante aumento, extrae agua de los acuíferos a un ritmo mayor del tiempo que tarda en reponerse por medios naturales, incluso en países templados como Estados Unidos. En algunas ciudades costeras, el agua del mar se introduce en el interior de los acuíferos para llenar el vacío, contaminando el agua potable restante. Muchos acuíferos subterráneos sufren contaminación procedente de productos químicos agrícolas y los procedimientos de limpieza son costosos.

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

Otra causa importante de la contaminación del agua es el vertido de aguas residuales. En los países en vías de desarrollo, el 95% de las aguas residuales se descargan sin ser tratadas en ríos cercanos, que a su vez suelen ser una fuente de agua potable. Las personas que consumen esta agua son más propensas a contraer enfermedades infecciosas que se propagan a través de aguas contaminadas, el principal problema de salud en países en vías de desarrollo. Además, la contaminación producida por las

aguas residuales destruye los peces de agua dulce, una importante fuente de alimentos, y favorece la proliferación de algas nocivas en zonas costeras.

Ecuador como país no queda ajeno a esta situación y sus ríos son contaminados indiscriminadamente por todo tipo de residuales, tanto domésticos como industriales. En muchos casos estos ríos constituyen fuentes importantes de desarrollo turístico o abastecen de agua potable a importantes comunidades.

La provincia de Pastaza con una población de 35.000 habitantes cuenta con la Microcuenca del Río Puyo, que comprende la parte alta del nacimiento de este importante río para la provincia, con un recorrido aproximado de unos 35 Km. desde su nacimiento a su desembocadura en el río Pastaza. El río Puyo recorre comunidades como: Fátima, Las Ameritas, La Ciudad de Puyo y 22 comunidades de la Comuna San Jacinto (Centro Indígena Kichwa de terrenos comunitarios con 60 mil hectáreas y 31 comunidades).

En la actualidad el río Puyo se encuentra degradado por la contaminación de sus aguas, como sucede en el sector del barrio Amazonas, que se está vertiendo en éste las aguas residuales de las casas de sus alrededores y todas las casas por las cuales atraviesa el estero Citayacu, que desemboca en éste sector de la Microcuenca aumentando el grado de contaminación, debido a que a la microcuenca del río Puyo le tributan una serie de esteros que abastecen su corriente, la problemática radica en que el caudal del estero va disminuyendo mientras que va en aumento la contaminación de sus aguas debido fundamentalmente a los vertimientos de los residuales domésticos del barrio Amazonas que carecen de un sistema de tratamiento para los mismos. Esta situación ha originado el planteamiento del siguiente problema científico.

Problema de la investigación:

Las aguas residuales que son vertidas en el estero Citayacu, inciden en la contaminación del mismo.

Para dar respuesta al problema planteado se propone la siguiente hipótesis.

Hipótesis:

Un estudio de las características y condiciones de las aguas residuales domésticas que contaminan el estero Citayacu permitirá proponer el sistema de tratamiento más idóneo para tratarlas.

Objeto de la investigación:

El objeto de la Investigación será la carga contaminante del estero Citayacu que desemboca y contamina al río Puyo.

Objetivo general:

Proponer un sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas que contaminan el estero Citayacu.

Objetivos específicos:

- Caracterizar las aguas residuales que contaminan el estero Citayacu.
- Evaluar la afectación a la calidad ambiental que provocan sobre las aguas del estero el vertimiento de los residuales domésticos sin tratar.
- Proponer un sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas que contaminan el estero Citayacu.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico

El agua es uno de los recursos naturales más fundamentales, y junto con el aire, la tierra y la energía constituyen los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo.

Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas. Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

La cantidad de agua disponible es ciertamente escasa, aunque mayor problema es aún su distribución irregular en el planeta, siendo que el 95% del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas salinas, y no están disponibles para casi ningún propósito. Del 3% restante, por encima del 2% se encuentra en estado sólido, hielo, resultando prácticamente inaccesible. Por tanto, se puede terminar diciendo que para el hombre y sus actividades industriales y agrícolas, sólo resta un 0,62 % que se encuentra en lagos, ríos y aguas subterráneas. (Domenech, 1995)

1.1 Definición, características, origen de las Aguas Residuales.

Seoanez (1998), considera que las aguas residuales son la incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, las cuales deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

Las aguas residuales contaminadas, son las que han perdido su calidad como resultado de su uso en diversas actividades. También se denominan vertidos. Se trata de aguas con un alto contenido en elementos contaminantes, que a su vez contaminan aquellos sistemas en los que son evacuadas. (López, 2000)

1.1.1 Naturaleza de las aguas residuales

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual. (Seoanez, 1998)

1.1.2. Origen y cantidad

Las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales. (Domenech, 1999)

Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas.

La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga.

La infiltración se produce cuando se sitúan conductos de alcantarillado por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Esto no es deseable, ya que impone una mayor carga de trabajo al tendido general y a la planta depuradora. La cantidad de agua de lluvia que habrá que drenar dependerá de la pluviosidad así como de las escorrentías o rendimiento de la cuenca de drenaje.

1.1.3. Composición

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO), y el pH. (López, 2000)

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

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO5 y DQO. La DBO5 es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una

temperatura de 20 °C. De modo similar, el DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. La DBO5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales. No es fácil caracterizar la composición de los residuos industriales. La concentración de un residuo industrial se pone de manifiesto enunciando el número de personas, o equivalente de población (PE), necesario para producir la misma cantidad de residuos.

La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos.

1.1.4. Tipos de contaminación

Las aguas residuales se clasifican según el factor ecológico que altere, aunque suelen afectar a más de un factor. (Seoanez, 1998)

❖ Contaminación física

Las sustancias que modifican factores físicos, pueden no ser tóxicas en sí mismas, pero modifican las características físicas del agua y afectan al hábitat acuático.

- Sólidos en suspensión, turbidez y color
- Agentes tensoactivos
- Temperatura
- Contaminación química

Algunos efluentes cambian la concentración de los componentes químicos naturales del agua causando niveles anormales de los mismos. Otros, generalmente de tipo industrial, introducen sustancias extrañas al medio ambiente acuático, muchos de los cuales pueden actuar en deterioro de los organismos acuáticos y de la calidad del

agua en general. En este sentido García, (1999) dice que en él puede hablarse propiamente de contaminación.

- ▲ Salinidad
- ▲ pH
- ▲ Sustancias altamente tóxicas
- ▲ Desoxigenación
- ▲ Contaminación por agentes bióticos.

Son los efectos de la descarga de material biogénico, que cambia la disponibilidad de nutrientes del agua, y por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. El aumento de materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provoca cambios en las cadenas alimentarias.

Un aumento en la concentración de nutrientes provoca el desarrollo de organismos productores, lo que también modifica el equilibrio del ecosistema.

1.2 Tipos de aguas residuales

La clasificación de las aguas residuales se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que va a determinar su composición. (Geyer, et. Al. 1999)

1.2.1 Aguas residuales urbanas

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. (Geyer, et. Al. 1999)

Los aportes que generan esta agua son:

- ✓ aguas negras o fecales
- ✓ aguas de lavado doméstico
- ✓ aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas
- ✓ aguas de lluvia y lixiviados

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere,

influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc. (Álvarez, 1995)

1.2.2 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, estas llevan un tipo de tratamiento diferente y más complejo que las aguas residuales domesticas debido a los diferentes contaminantes que estas presentan. (Barraque, 1979) (Arjomil, 2003)

A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas del año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Estas son más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

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.

1.3 Tipos de contaminantes

Según Geyer, etal (1999) la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- × vertidos urbanos
- × vertidos industriales
- × contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.)
- × Materia Orgánica (principalmente) en suspensión y disuelta
- × Nitrógeno (N), Fósforo (P), Cloruro de Sodio (NaCl) y otras sales minerales.
- × Microcontaminantes procedentes de nuevos productos

- × Las aguas residuales de lavado de calles arrastran principalmente materia sólida inorgánica en suspensión, además de otros productos (fenoles, plomo del escape de vehículos a motor, insecticidas en los jardines)

1.3.1 Clasificación de los contaminantes

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas. (Catalán, 2005).

Contaminantes orgánicos

Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria.

Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

- ✂ **Proteínas:** proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.
- ✂ **Carbohidratos:** incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.
- ✂ **Aceites y grasas:** altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.
- ✂ **Otros:** Se incluyen varios tipos de compuestos, como los tensoactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc. Su origen es muy variable y presentan elevada toxicidad.

Componentes inorgánicos

Son de origen mineral y de naturaleza variada: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicas, metales, etc. Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria.

Están en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante. Según (Catalán, 2005) y Crugeiras, (2002) existen otros

contaminantes habituales en las aguas residuales entre los cuales se pueden citar a continuación los siguientes:

♣ **Arenas**

Las arenas son de un tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Estas enturbian las masas de agua cuando se encuentran en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

♣ **Grasas y aceites**

Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

♣ **Nitrógeno y fósforo**

Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

♣ **Agentes patógenos**

Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

♣ Otros contaminantes específicos

Incluyen sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

1.3.2. Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales arrastran compuestos con los que han estado en contacto, por lo que según Seoanez, (1998) y Crugeiras, (2002) su clasificación puede ser:

a) Según su Naturaleza:

i) Conservativos: Su concentración en el río depende exactamente de la ley de la dilución del caudal del vertido al del río.

Generalmente: Compuestos Inorgánicos y estables (Cl, SO₄)

ii.) No Conservativos: Su concentración en el río no está ligada directamente a la del vertido. Son todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden alterarse en el río por vía Física, Química o Biológica (NH₄, Fenoles, Materia Orgánica)

b) Desde el punto de vista Físico:

i) Sólidos disueltos: Se encuentran mezclados íntimamente con el agua, siendo únicas las propiedades de la mezcla y distintas de las de los componentes por separado. No son separables por decantación.

ii) Sólidos en suspensión: No existe mezcla íntima sólidos – agua, conservando tanto unos como otros sus propias características.

Fácilmente separables por decantación.

iii) Sólidos coloidales: Se encuentran en una situación intermedia entre los dos anteriores, su pequeño tamaño unido al hecho de estar dotados de carga eléctrica del mismo signo impide su decantación y su posibilidad de unión en forma de flóculos, sin embargo no forman mezcla íntima con el agua.

c) Desde el punto de vista Químico:

i) Compuestos orgánicos

ii) Compuestos inorgánicos

d) Desde el punto de vista microbiológico:

- i) Vírus
- ii) Bacterias
- iii) Protozoos

1.3.3. Características Físico-Químicas.

La Temperatura de las aguas residuales según Antelo, (2000) oscila entre 10-20 oC (15 oC) . Además de las cargas contaminantes en Materias en suspensión y Materias Orgánicas, las A.R. contienen otros muchos compuestos como nutrientes (N y P), Cloruros, detergentes... cuyos valores orientativos de la carga por habitante y día son:

- N amoniacal: 3-10 gr/hab/d
- N total: 6.5-13 gr/hab/d
- P (PO_4^{3-}) ; 4-8 gr/hab/d
- Detergentes : 7-12 gr/hab/d

En lugares donde existen trituradoras de residuos sólidos las aguas residuales Urbanas están mucho más cargadas (100 % más)

1.3.4. Características Biológicas.

En las Aguas Residuales según Domenech, (1999) van numerosos microorganismos, unos patógenos y otros no. Entre los primeros cabe destacar los virus de la Hepatitis. Por ejemplo; En 1 gr. de heces de un enfermo existen entre 10 a 10^6 dosis infecciosas del virus de la hepatitis.

El tracto intestinal del hombre contiene numerosas bacterias conocidas como Organismos **Coliformes**. Cada individuo evacua alrededor de 105 millones de coliformes por día, que aunque no son dañinos, se utilizan como indicadores de contaminación debido a que su presencia indica la posibilidad de que existan gérmenes patógenos de más difícil detección.

1.4 Consecuencias que acarrear los vertidos

Aparición de fangos y flotantes.

Existen en las aguas residuales sólidos en suspensión de gran tamaño que cuando llegan a los cauces naturales pueden dar lugar a la aparición de sedimentos de fango

en el fondo de dichos cauces, alterando seriamente la vida acuática a este nivel, ya que dificultará la transmisión de gases y nutrientes hacia los organismos que viven en el fondo. (Pardos, 2001).

Por otra parte, ciertos sólidos, dadas sus características, pueden acumularse en las orillas formando capas de flotantes que resultan desagradables a la vista y además, pueden acumular otro tipo de contaminantes que pueden llevar a efectos más graves.

Agotamiento del contenido en oxígeno

Los organismos acuáticos precisan del oxígeno disuelto en el agua para poder vivir. Cuando se vierten en las masas de agua, residuos que se oxidan fácilmente, bien por vía química o por vía biológica, se producirá la oxidación con el consiguiente consumo de oxígeno en el medio.

Si el consumo de oxígeno es excesivo, se alcanzarán niveles por debajo del necesario para que se desarrolle la vida acuática, dándose una muerte masiva de seres vivos. Además, se desprenden malos olores como consecuencia de la aparición de procesos bioquímicos anaerobios, que dan lugar a la formación de compuestos volátiles y gases. (Grover, 2003).

Daño a la salud pública.

Los vertidos de efluentes residuales a cauces públicos, pueden fomentar la propagación de virus y bacterias patógenos para el hombre. (Pardos, 2001).

Eutrofización

Un aporte elevado de nitrógeno y fósforo en los sistemas acuáticos propicia un desarrollo masivo de los consumidores primarios de estos nutrientes; zoo y fitoplancton y plantas superiores. Estas poblaciones acaban superando la capacidad del ecosistema acuático, pudiendo llegar a desaparecer la masa de agua. (Pardos, 2001).

Otros efectos.

Pueden ser muy variados y van a ser consecuencia de contaminantes muy específicos, como valores de pH por encima o por debajo de los límites tolerables, presencia de tóxicos que afectan directamente a los seres vivos, etc. (Pardos, 2001).

1.5 Tratamiento de las Aguas Residuales

Para Seoanez (1998) el tratamiento de aguas residuales es un proceso de tratamiento de aguas que a su vez incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano.

Mientras que para Hernández (1990) el tratamiento de aguas residuales es producir agua ya limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango también convenientes para los futuros propósitos o recursos, mediante la implementación de procesos físicos, químicos y biológicos.

A criterio de la autora el tratamiento de aguas residuales es la disminución o a su vez la eliminación de materias orgánicas, patógenos o elementos indeseables mediante procesos físicos, químicos y biológicos según sea el uso que se pretenda dar al agua tratada.

Para Ramalho, (1993) y Stenco, (2004), los procesos de tratamiento de aguas residuales son típicamente referidos a un:

- ▲ Tratamiento primario (asentamiento de sólidos)
- ▲ Tratamiento secundario (tratamiento biológico de sólidos flotantes y sedimentados)
- ▲ Tratamiento terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección)

1.5.1 Tratamiento Primario.

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico, a continuación Ramalho, 1993 describe los pasos de este proceso:

Remoción de sólidos

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, condones, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

Remoción de arena

Esta etapa típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que sus partículas se adhieran a la arena y las piedras aunque todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

Sedimentación

Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO5 y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

Cámara de arena

En el pasado, se usaban tanques de deposición, largos y estrechos, en forma de canales, para eliminar materia inorgánica o mineral como arena, sedimentos y grava. Estas cámaras estaban diseñadas de modo que permitieran que las partículas inorgánicas de 0,2 mm o más se depositaran en el fondo, mientras que las partículas más pequeñas y la mayoría de los sólidos orgánicos que permanecen en suspensión

continuaban su recorrido. Hoy en día las más usadas son las cámaras aireadas de flujo en espiral con fondo en tolva, o clarificadores, provistos de brazos mecánicos encargados de raspar. Se elimina el residuo mineral y se vierte en vertederos sanitarios. La acumulación de estos residuos puede ir de los 0,08 a los 0,23 m³ por cada 3,8 millones de litros de aguas residuales.

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 presiones de entre 1,75 y 3,5 kg / cm². El agua residual, súper saturada 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.

Desecación

El cieno digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación. El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena. El cieno desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo.

1.5.2 Tratamiento Secundario.

Según Catalán, (1997) y (2005) transcurrido el proceso de eliminación de los sólidos de suspensión entre un 40 a un 60% y reducida entre un 20 a un 40% de los DBO5 por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto. El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. La

producción de materia orgánica nueva es un resultado indirecto de los procesos de tratamiento biológico, y debe eliminarse antes de descargar el agua en el cauce receptor.

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo el filtro de goteo, el cieno activado y las lagunas entre otros.

Típicamente, los sistemas fijos de película requieren superficies más pequeñas que para un sistema suspendido equivalente del crecimiento, sin embargo, los sistemas de crecimiento suspendido son más capaces ante choques en el cargamento biológico y provee cantidades más altas del retiro para el DBO y los sólidos suspendidos que sistemas fijados de película. Los procesos se describen a continuación:

Filtros de desbaste

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario. El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire. En instalaciones más grandes, el aire es forzado a través del medio usando sopladores. El líquido resultante está usualmente con el rango normal para los procesos convencionales de tratamiento.

Fangos activos

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven substancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

Camas filtrantes (camas de oxidación)

Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos). Tales medios

deben tener altas superficies para soportar los biofilms que se forman. El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central.

El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacteria, protozoarios y hongos se forman en la superficie media y reducen los contenidos orgánicos. Este biofilm es alimentado a menudo por insectos y gusanos, los cuales atraen pájaros, los cuales atraen ornitólogos.

Placas rotativas y espirales

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un flóculo biótico que proporciona el sustrato requerido.

Reactor biológico de cama móvil

Para Catalán, (1997) el reactor biológico de cama móvil asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento.

Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- ◆ Mantener una alta densidad de población de biomasa
- ◆ Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos (MLSS)
- ◆ Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de fangos activos.

Filtros aireados biológicos

Filtros aireados biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. Los filtros aireados biológicos incluyen usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del

filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurre en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un sólo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una manera anóxica. El filtro aireado biológico es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

Reactores biológicos de la membrana

Según Catalán, (1997) los reactores biológicos de membrana son sistemas con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos. La limitación de los sistemas de reactores biológicos de la membrana es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos. El coste de construcción y operación de los reactores biológicos de membrana son usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

Sedimentación secundaria

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida.

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 alrededor de un 85% la DBO5.

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 un 85 por ciento.

1.5.3 Tratamiento Terciario

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente. (Hernández, 1990)

Filtración

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.

Lagunaje

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrophytes nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como Daphnia y especies de Rotífera asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas.

Tierras húmedas construidas

Las tierras húmedas construidas incluyen camas de caña y un rango similar de metodologías similares que proporcionan un alto grado de mejora biológica aerobia y pueden ser utilizados a menudo en lugar del tratamiento secundario para las comunidades pequeñas, también para la fitoremediación.

Remoción de nutrientes

Las aguas residuales nutrientes pueden también contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas). Las malas hierbas y las algas pueden parecer ser una edición estética, pero las algas pueden producir las toxinas, y su muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y sofocar los pescados y la otra vida acuática. Cuando se recibe una descarga de los ríos a los lagos o a los mares bajos, los nutrientes agregados pueden causar pérdidas entrópicas severas perdiendo muchos peces sensibles a la limpieza del agua. El retiro del nitrógeno o del fósforo de las aguas residuales se puede alcanzar mediante la precipitación química o biológica.

La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco al nitrato (nitrificación que implica nitrificar bacterias tales como **Nitrobacter** y **Nitrosomonus**), y entonces mediante la reducción el nitrato es convertido al gas del nitrógeno (desnitrificación), que se lanza a la atmósfera. Estas conversiones requieren condiciones cuidadosamente controladas para permitir la formación adecuada de comunidades biológicas. Los filtros de arena, las lagunas y las camas de lámina se pueden utilizar para reducir el nitrógeno. Algunas veces, la conversión del amoníaco tóxico al nitrato solamente se refiere a veces como tratamiento terciario.

El retiro del fósforo se puede efectuar biológicamente en un proceso llamado retiro biológico realzado del fósforo. En este proceso específicamente bacteriano, llamadas **Polyphosphate** que acumula organismos, se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células. Cuando la biomasa enriquecida en estas bacterias se separa del agua tratada, los biosólidos bacterianos tienen un alto valor del fertilizante. El retiro del fósforo se puede alcanzar también, generalmente por la precipitación química con las sales del hierro (por ejemplo: cloruro férrico) o del aluminio (por ejemplo: alumbre). El fango químico que resulta, sin embargo, es difícil de operar, y el uso de productos químicos en el proceso del tratamiento es costoso. Aunque esto hace la operación difícil y a menudo sucia, el retiro químico del fósforo requiere una huella significativamente más pequeña del equipo que la de retiro biológico y es más fácil de operar.

Desinfección

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la clorina, o la luz UV. La Cloramina, que se utiliza para el agua potable, no se utiliza en el tratamiento de aguas residuales debido a su persistencia.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en Norteamérica debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. La clorina o las "cloraminas" residuales pueden también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural. Además, porque la clorina residual es tóxica para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándose complejidad y costo del tratamiento.

La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

El ozono O_3 es generado pasando el O_2 del oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma O_3 . El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. El ozono se considera ser más seguro que la clorina porque, mientras que la clorina que tiene que ser almacenada en el sitio (altamente venenoso en caso de un lanzamiento accidental), el ozono es colocado según lo necesitado. La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección que la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono y que las habilidades de los operadores deben ser demasiadas.

1.6 Tratamiento biológico.

Ronzano (2002) plantea que en el tratamiento biológico constan los siguientes procesos:

1.6.1 Procesos Anaeróbicos

El proceso anaeróbico depende de reacciones de transferencia de H_2 Inter-especies como:

- ♥ Digestión inicial de las sustancias macromoleculares por Proteasas, polisacaridasas y lipasas extracelulares hasta sustancias solubles.
- ♥ Fermentación de los materiales solubles a ácidos grasos.
- ♥ Fermentación de los ácidos grasos a acetato, CO_2 e H_2 .
- ♥ Conversión de H_2 mas CO_2 y acetato en CH_4 (metano) por las bacterias metanogénicas.

Las bacterias celulolíticas rompen las células en celulosa, celobiosa y glucosa libre; la glucosa es fermentada por anaerobios en varios productos de fermentación: acetato, propionato, butirato, H_2 y CO_2 .

Las bacterias metanogénicas, homoacetogénicas o reductoras de sulfatos, consumen inmediatamente cualquier H_2 producido en procesos fermentativos primarios. Los organismos claves en la conversión de sustancias orgánicas complejas en metano, son bacterias productoras de H_2 y oxidantes de ácidos grasos, por ejemplo **Syntrophomonas** y **Syntrophobacter**, las primeras oxidan los ácidos grasos

produciendo acetato y CO₂ y las últimas se especializan en la oxidación de propionato y genera CO₂ y H₂. En muchos ambientes anaeróbicos los precursores inmediatos del metano son el H₂ y CO₂ por parte de las bacterias metanogénicas: **Metanosphaera, Stadtmanae, Metanopinillum, Metanogenium, Metanosarcina, Metanosaeta y Metanococcus.**

Polímeros Complejos (Celulosa, Otros polisacáridos: Proteínas, Bacterias celulolíticas Hidrólisis y otras hidrolíticas), Monómeros (Azúcares, Aminoácidos y Bacterias de Fermentación).

1.6.2 Procesos Aeróbicos

En el tratamiento aeróbico de las aguas residuales se incrementa fuertemente el aporte de oxígeno por riego de superficies sólidas, por agitación o agitación y aireación sumergida simultáneas. El crecimiento de los microorganismos y su actividad degradativa crecen proporcionalmente a la tasa de aireación. Las sustancias orgánicas e inorgánicas acompañantes productoras de enturbiamiento son el punto de partida para el desarrollo de colonias mixtas de bacterias y hongos de las aguas residuales, los flóculos que, con una intensidad de agitación decreciente, pueden alcanzar un diámetro de unos mm dividiéndose o hundiéndose después. La formación de flóculos se ve posibilitada por sustancias mucilaginosas extracelulares y también por las microfibrillas de la pared bacteriana que unen las bacterias unas con otras. El 40 % de las sustancias orgánicas disueltas se incorporan a la biomasa bacteriana y el 60% de las mismas se degrada.

La acción degradativa o depuradora de los microorganismos en un proceso se mide por el porcentaje de disminución de la DBO en las aguas residuales tratadas. Dicha disminución depende de la capacidad de aireación del proceso, del tipo de residuos y de la carga de contaminantes de las aguas residuales y se expresa así mismo en unidades de DBO.

El número de bacterias de los fangos activados asciende a muchos miles de millones por mililitros, entre ellas aparece regularmente la bacteria mucilaginosa **Zooglea ramigera**, que forma grandes colonias con numerosas células encerradas en una gruesa cubierta mucilaginosa común, las células individuales libres se mueven con ayuda de flagelos polares. Entre las bacterias de los flóculos predominan las representantes de géneros con metabolismo aerobio-oxidativo como **Zooglea**,

Pseudomonas, Alcaligenes, Arthrobacter, Corynebacterium, Acinetobacter, Micrococcus y Flavobacterium. Pero también se presentan bacterias anaerobias facultativas, que son fermentativas en ausencia de sustratos oxigenados, de los géneros **Aeromonas, Enterobacter, Escherichia, Streptococcus** y distintas especies de **Bacillus**. Todas las bacterias contribuyen con las cápsulas de mucílago y con las microfibrillas al crecimiento colonial y a la formación de los flóculos. En las aguas residuales con una composición heterogénea, la microflora se reparte equitativamente entre muchos grupos bacterianos. En la selección de bacterias y en la circulación y formación de flóculos juegan un importante papel los numerosos protozoos existentes, la mayoría de ellos ciliados coloniales y pedunculados de los géneros **Vorticela, Epystilis y Carchesium**, aunque también puedan nadar libremente como los **Colpidium** que aparecen a la par de ellos, alimentándose de las bacterias de vida libre que se encuentran tanto sobre la superficie como fuera de las colonias. Su función es esencial en la consecución de unas aguas claras y bien depuradas.

La salida de los fangos activados sintéticos libres de ciliados se ve contaminada y enturbada por la presencia de bacterias aisladas. Se realiza una inoculación de ciliados que crecen rápidamente, favoreciendo con su actividad depredadora el crecimiento y la circulación de las bacterias de los fangos, con lo que posibilitan un efluente más limpio.

Además en los fangos activados aparecen regularmente hongos y levaduras, siendo las más frecuentes las especies de **Geotrichum, Trichosporum, Penicillium, Cladosporium, Alternaria, Candida y Cephalosporium.**

Tras la depuración biológica, las aguas residuales contienen compuestos orgánicos, fosfatos y nitratos disueltos que solo se degradaran ya lentamente. Los nitratos se forman por oxidación del amonio desprendido en la degradación de compuestos orgánicos nitrogenados.

Otros microorganismos que también intervienen en el tratamiento aerobio de aguas residuales son: **Citrobacter, Serratia, mohos y levaduras** que actúan mas de componentes acompañantes que de degradantes y algunas algas como **Anabaena** que convierte los poliuretanos en H_2 ; **Chrorella** los alginatos los convierte en glicolato; **Dulaniella** los alginatos en glicerol; **Nostoc** el agar el H_2 ; Algas como el **Volvox, Tabellaria, Anacistis y Anabaena**; las algas que obstruyen los filtros son **Anacistis, Chrorella, Anabaena y Tabellaria.**

1.7 Plantas de Tratamientos.

Para Ramalho, (1993) existen diferentes tipos de plantas de tratamiento de agua de las cuales se podría escoger para descontaminar las aguas que se vierten en los ríos:

1.7.1 Sistema Anaeróbico:

Las ventajas de este sistema son la economía de operación ya que no requiere de químicos o ingreso de energía y además la producción de biogás el cual se puede utilizar para calentar espacios, disecar los lodos para la producción de abono o la producción de electricidad por medio de un generador de gas.

La digestión anaerobia es un proceso bacteriano que se realiza en ausencia del oxígeno. El lodo se fermenta en tanques a una temperatura de aproximadamente 36°C. A mayor temperatura requiere un tiempo de retención más corto (y así tanques más pequeños).

Una característica importante de digestión anaerobia es la producción de biogás, que se puede utilizar en los generadores para la producción de la electricidad y/o en las calderas para los propósitos de la calefacción.

1.7.2 Sistema Aeróbico

El sistema aeróbico que se da en estanques, pero tiene la desventaja de que despiden olores al medio ambiente, si este tipo de planta se construye cerca de una población, esta resulta afectada por estos olores. Otra desventaja de este sistema es que requiere de la utilización de químicos para la sedimentación y del ingreso de energía para la etapa de oxidación, resultando más cara la operación.

Típicamente, el tratamiento aeróbico implica tres etapas, llamadas tratamiento primario, secundario y terciario. Primero, los sólidos se separan de la corriente de las aguas residuales. La materia biológica entonces disuelta es convertida progresivamente en una masa sólida usando bacterias naturales, flotantes. Finalmente, los sólidos biológicos se neutralizan y el agua tratada se puede desinfectar químicamente o físicamente (por ejemplo por las lagunas y la micro filtración). El efluente final se puede descargar en una corriente, un río, una bahía, una laguna o un pantano, o puede ser utilizado para la irrigación de un campo de golf, en

un área verde o en un parque. Si está suficientemente limpio, puede también ser utilizado para la recarga del agua subterránea.

1.7.3 Floculación iónica

En la Floculación Iónica da a conocer algunas ventajas de la misma:

- * No requiere ningún insumo químico ni orgánico.
- * El tiempo de proceso de potabilización es muy rápido.
- * El agua puede ser reciclada y reutilizada en forma ilimitada, únicamente reponer la que por evaporación o por derrame no se recupere, ahorrando grandes cantidades de agua.
- * Puede cumplir con la norma de calidad de agua que se requiera
- * Trabaja a cualquier temperatura, grado de saturación, acidez o alcalinidad.
- * Únicamente utiliza energía eléctrica de bajo voltaje.
- * Las plantas de tratamiento son modulares de las dimensiones que se requieran, ocupando menos del 50 % de la superficie de terreno que las otras tecnologías.
- * Los lodos resultantes son inactivos, por lo que pueden ser industrializados.

1.8 Disposición de las aguas tratadas. Influencias en el medio receptor.

Según Proyecto Norma para la disposición final de residuales líquidos, (1997), el vertido final del agua tratada se realiza de varias formas. La más habitual es el vertido directo a un río o lago receptor. En aquellas partes del mundo que se enfrentan a una creciente escasez de agua, tanto de uso doméstico como industrial, las autoridades empiezan a recurrir a la reutilización de las aguas tratadas para rellenar los acuíferos, regar cultivos no comestibles, procesos industriales, recreo y otros usos.

Al ser descargados los efluentes líquidos residuales en cuerpos de aguas naturales como ríos, lagos y océanos, deterioran la calidad físico-química del agua, evitando así su uso potencial como fuente de agua potable, provocando además la muerte masiva de la flora y la fauna acuática preexistente y propiciando la generación de focos de infección dañinos para asentamientos humanos aledaños. Por otra parte, al descargarse sobre suelos, debido no sólo al incremento de su salinidad, sino de la potencialidad en la presencia de microorganismos patógenos. (Seoáñez, 1999)

1.9 Métodos analíticos para el control de la calidad del agua

Para Weber (1979) el control de la calidad del agua se basa en los principales aspectos:

1.9.1 Color, Olor y Sabor

La coloración de un agua puede clasificarse en verdadera o real cuando se debe sólo a las sustancias que tiene en solución, y aparente cuando su color es debido a las sustancias que tiene en suspensión. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez.

La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados calibrados según los patrones mencionados.

El olor puede ser definido como el conjunto de sensaciones percibidas por el olfato al captar ciertas sustancias volátiles. El procedimiento normalmente utilizado es el de ir diluyendo el agua e examinar hasta que o presente ningún olor perceptible. El resultado se da como un número que expresa el límite de percepción del olor, y corresponde a la dilución que da olor perceptible. Debido al carácter subjetivo de la medida, es recomendable que la medida la realicen al menos dos personas distintas, comparando la percepción con la de un agua desodorizada. Debe evitarse, como es lógico, en todo lo posible, la presencia de otros olores en el ambiente.

Por último, la evaluación del sabor, se realiza por degustación del agua a examinar, comenzando por grandes diluciones, que se van disminuyendo hasta la aparición del sabor. Este ensayo no se realiza más que en aguas potables.

1.9.2 Turbidez

La turbidez de un agua se debe a la presencia de materias en suspensión. Finamente divididas; arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas. La determinación de la turbidez tiene un gran interés como parámetro de control en aguas contaminadas y residuales. Se puede evaluar en el campo o en el laboratorio.

1.9.3 Materia Sólida

La materia sólida presente en un agua suele agruparse en tres categorías; materias decantables, materias en suspensión y residuos.

La materia decantable se determina dejando en reposo un litro de agua en un cono o probeta graduada. El resultado se expresa como mililitros de materia decantada por litro de agua.

La determinación de las materias en suspensión en el agua puede realizarse por filtración o por centrifugación. La filtración se realiza a vacío sobre un filtro. El filtro con el residuo es nuevamente secado y pesado. La diferencia entre este peso y el que teníamos antes del filtro solo, proporciona el valor de los sólidos.

1.9.4 pH

Las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina.

Este método se utiliza si se quiere obtener medidas muy precisas y puede aplicarse a cualquier caso particular.

1.9.5 Dureza

También llamada grado hidrotimétrico, la dureza corresponde a la suma de las concentraciones de cationes metálicos excepto los metales alcalinos y el ion hidrógeno.

En la mayoría de los casos se debe principalmente a la presencia de iones calcio y magnesio, y algunas veces también se unen hierro, aluminio, manganeso y estroncio.

1.9.6 Acidez y Alcalinidad.

La acidez de un agua corresponde a la presencia de anhídrido carbónico libre, ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles.

La alcalinidad de un agua corresponde a la presencia de los bicarbonatos, carbonatos de hidróxidos.

La depuración de las aguas residuales es un proceso que persigue eliminar en la mayor cantidad posible la contaminación que lleva un vertido antes de que éste incida sobre un cauce receptor, de forma que los niveles de contaminación que queden en el efluente ya tratado puedan ser asimilados de forma natural.

CAPITULO 2: MATERIALES Y METODOS

En el presente capítulo se aborda toda la metodología empleada en la realización de la presente investigación, tanto la descripción de los materiales y métodos que se emplearon, a continuación de forma simplificada en la figura 2.1 se refleja el proceder metodológico llevado a cabo en esta tesis.

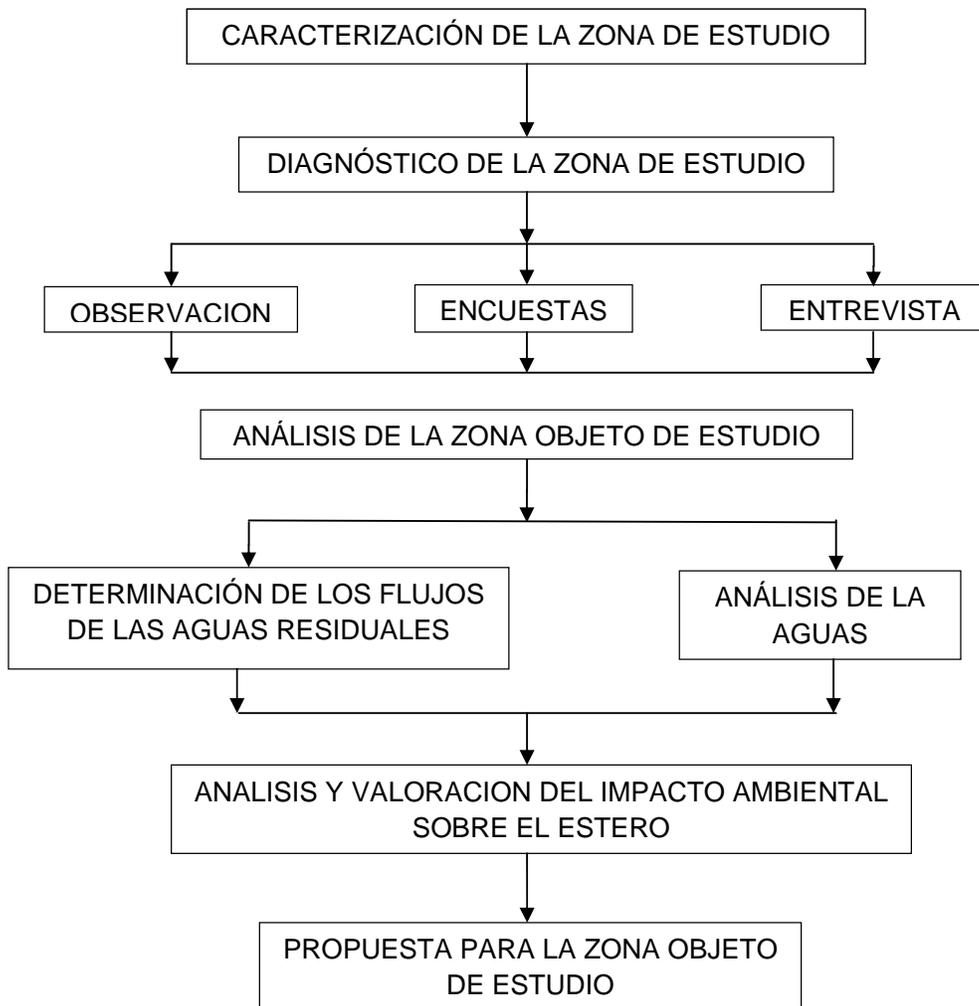


Figura: 2.1 Proceder metodológico desarrollado en la tesis.

2.1 Caracterización de la zona de objeto de estudio

La caracterización de la zona objeto de estudio se inició con el recorrido del estero Citayacu para su reconocimiento, con el cual se determinó la ubicación del tramo que servirá para el desarrollo de la presente investigación, de esta manera se escogió la parte del estero ubicado en el barrio Amazonas, debido a los problemas que éste presenta, así como las principales dificultades que enfrentan los moradores del sector relacionadas con la temática.

2.1.1 Descripción del barrio Amazonas

Creación:

El Barrio Amazonas, fue creado el 15 de Octubre de 1984, bajo el registro oficial N° 37. Su nombre fue a petición del señor Abelardo Medrano en honor a la Amazonia, porque antes solo les llamaban Amazónicos.

Ubicación:

El Barrio Amazonas se encuentra ubicado en el cantón Pastaza, en la ciudad de Puyo capital de la provincia de Pastaza.

Límites:

Actualmente el Barrio Amazonas se encuentra delimitado según ordenanza promulgada por el Concejo Municipal del Cantón Pastaza y resolución N° 152 del 2002, de la siguiente manera:

AL Norte: El Estero Citayacu, entre la Av. Manabí y el Río Puyo.

Al Sur: La calle Césloa Marín, entre Manabí y Atahualpa, continúa por la calle Atahualpa entre Césloa Marín y 27 de Febrero.

Al Este: La calle 27 de Febrero, entre Atahualpa y 4 de Enero, continuando la proyección de la primera hasta el Río Puyo.

Al Oeste: La Av. Manabí Entre Césloa Marín y puente del estero Citayacu, en el cruce de las Avenidas Galápagos, El Oro, Calle Cytayacu.

Población:

El barrio Amazonas cuenta con una población aproximadamente de 4687 habitantes. Mientras que el estero Citayacu aloja en sus laderas.

Descripción social:

En cuanto al aspecto social de los moradores del barrio, se puede destacar lo siguiente: su idioma, sus creencias, forma de vida, y ocupaciones.

En lo concerniente al idioma se conoce que el 95% de los moradores utilizan el español como idioma oficial conformado por habitantes propios del sector, mientras que el 5% restante conformado por turistas utilizan el inglés y alemán.

El Catolicismo es la religión predominante en el barrio con un 45% de los moradores mientras que el 35% son Cristiano Evangélicos, el 7% pertenecen a la iglesia de los santos de los últimos días, más conocidos como mormones, 8% son testigos de Jehová y el 5% restante no practica ninguna religión, en síntesis se considera atea, por decirlo de otra manera.

Su forma de vida no se compara con el ajetreo de las grandes ciudades, debido a que Puyo es una ciudad en vías de desarrollo, y los moradores del sector están acostumbrados a la tranquilidad y quietud del lugar, sus ocupaciones son sus negocios y empleos en diferentes instituciones públicas y privadas.

Educación:

En este aspecto el barrio si cuenta en su 85% con moradores que han culminado con estudios secundarios, el 15% cuenta con estudios superiores dentro y fuera de la provincia.

Vivienda:

El barrio cuenta con construcciones en su gran mayoría por decirlo así el 75% son viviendas de cemento, aunque varia en su tipo la mayoría tiene dos pisos de construcción, otras hasta tres pero son dedicadas al arriendo. En algunas viviendas podemos ver que existen adecuaciones para negocios como es el caso de tiendas, talleres de pintura y cerámica, bares y aserraderos. El 15% son viviendas mixtas con

materiales como madera y cemento, y el 10% restante son viviendas de madera y con un solo piso de construcción.

Clima: El clima es ecuatorial, al igual que en toda la ciudad.

Presión: 1013 mb.

Viento: Viento flojo con dirección al este.

Velocidad del Viento: 6 Km/h

Cota de Nieve: 4500 m

Humedad Relativa: 81%

Aspecto Físico:

El barrio Amazonas cuenta actualmente con las siguientes instituciones: El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el Banco Nacional de Fomento, la Escuela Superior Politécnica Ecológica Amazónica, el Jardín Libertad y el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Servicios Básicos:

El Barrio Amazonas cuenta aparentemente con todos los servicios básicos como: agua potable, luz eléctrica, teléfono, alcantarillado y recolección de desechos sólidos.

Hidrología:

El estero Citayacu pertenece a la subcuenca del río Puyo.

Vegetación:

Se puede encontrar una vegetación muy escasa debido a la intervención de hombre, el cauce del estero ha sido modificado por motivo de las construcciones de los moradores del sector, existen especies introducidas por el hombre en algunas partes del territorio.

Usos del suelo:

El principal uso es para vivienda.

Topografía:

Se presenta una elevación moderada al norte de la urbanización

Fauna:

Baja densidad. Existen pocas especies debido a la elevada urbanización del lugar.

2.2.- Metodología seguida para el diagnóstico de la zona de estudio

Para la realización del diagnóstico del estero Citayacu, se tomó en cuenta tres métodos básicos como son la observación, las encuestas y las entrevistas. Con cada método se logró obtener la información necesaria para el desarrollo de la presente investigación que a continuación se detallan:

Observación

Este método permite un diagnóstico sobre los principales problemas que la zona objeto de estudio enfrenta. Se llevo a cabo primeramente un recorrido por el territorio desde el inicio hasta el final, tomando en cuenta cada uno de los aspectos más relevantes de la zona.

Durante el recorrido se pudieron determinar los diferentes puntos de vertido que existen, que se consideran como los principales focos contaminantes del estero. Además se pudo constatar otros problemas medio ambientales que la zona presenta.

Encuestas

Este método permitió recopilar información para el análisis de los problemas que se presentan, a partir de las apreciaciones de los encuestados. Para este caso los encuestados son las personas moradores del sector, pues son los que tienen mayor conocimiento sobre las afectaciones que se presentan en su territorio.

La estructura de la encuesta se hace destacando categorías como: constitución familiar, tiempo de residencia, salud, nivel de vida, aspectos ambientales. Una vez

obtenidas las respuestas se realiza la tabulación utilizando el programa Excel (2003), así también se realiza el análisis de los resultados.

Entrevistas

Para este caso el tipo de entrevista que se utilizó fue la investigativa, debido a que el objetivo es recoger información sobre el objeto de estudio, para lo cual se entrevistó a los pobladores más antiguos de la zona como son la Sra. Mercedes Riofrío, Sra. Judith Quinteros y la Sra. Aurelia Arcos Villamil.

2.3.- Determinación de los flujos de las aguas residuales

Un paso importante tanto para el muestreo y análisis de los residuales que se vierten al estero, como para la posible propuesta de un sistema de tratamiento es la determinación de los flujos de residuales de cada uno de los puntos de vertido.

La estimación de los diferentes flujos se realizó por aforo y para garantizar un valor de estos lo más representativo posible se procedió de la siguiente forma:

1. Se tomaron un total de veinte días, seleccionados de forma totalmente aleatoria (a estos días se les dará la denominación de muestra).
2. Cada muestra estuvo conformada por tres replicas, las cuales se tomaron con intervalo de 20 minutos. Esto garantizó un total de 60 mediciones de cada flujo.
3. Este procedimiento se repitió en tres momentos diferentes del día, para poder estimar de forma más exacta los flujos de residuales que se generan. Los horarios analizados fueron de 6:00 am a 8:00 am, 11:00 am a 1:00 pm y de 6:00 pm a 8:00 pm.
4. Con los valores obtenidos se procedió a determinar los flujos de cada uno de los puntos de vertido.

2.4.- Metodología de muestreo para los análisis de las aguas

Se establece seis puntos de muestreo, distribuidos de la siguiente manera los puntos 1 y 6 corresponden al inicio y al final del estero. Los puntos 2, 3, 4 y 5 representan los vertimientos que se hacen de aguas residuales domésticas.

En esta investigación se toman dos tipos de muestras diferentes para ser analizadas una de las muestras está constituida por las aguas del estero Citayacu y la otra por las aguas residuales provenientes de las viviendas de la zona objeto de estudio, debido a esto se siguen dos metodologías de muestreo diferentes en dependencia de la muestra que se esté tomando. Ambas se describen a continuación:

2.4.1 Muestreo de las aguas del estero

1. Para el análisis de estas aguas se conforman un total de dos muestras compuestas y se sigue el proceder siguiente:
2. Esta muestra se toma en dos puntos diferentes del estero que se denominan punto 1 y punto 6. El punto 1 representa una zona antes de ser contaminado por los residuales domésticos del estero y el punto 6 una zona posterior a esa contaminación. El proceder seguido para tomar la muestra en ambos puntos es exactamente el mismo.
3. Se selecciona para tomar la muestra el lugar del estero que mayor turbulencia presenta.
4. Con un frasco de 200 ml se toman submuestras con un intervalo de 20 minutos entre cada una.
5. Se toma un frasco estéril de un litro y en él se van depositando las submuestras de 200 ml que fueron tomadas hasta completar su capacidad total.

2.4.2 Muestreo de las aguas residuales

1. Debido a que en el estero existen cuatro descargas diferentes de aguas residuales domesticas que no deben diferir mucho en sus características se decidió conformar igualmente una muestra compuesta con todas las descargas y para ello se procedió como se indica:
2. Se conforma de cada punto de muestreo una muestra de un litro, la cual queda conformada tomando submuestras de 200 ml cada 20 minutos. Quedando así conformadas 4 muestras de un litro cada una correspondiente a los puntos de vertido.
3. Se aforan los flujos de cada uno de los puntos de vertido y se determina la parte que representa cada uno de ellos de un flujo total que representaría la suma de los flujos de los cuatro puntos de descarga.
4. Conocida esa parte se conforma una muestra única de un litro a partir de las fracciones que corresponden de los cuatro puntos de muestreo.

2.5 Análisis realizados a las muestras

Las muestras tomadas fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica y en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ellos son:

- ✍ Coliformes fecales*
- ✍ Demanda Bioquímica de Oxígeno*
- ✍ Sólidos disueltos totales*
- ✍ Aceites y grasas*
- ✍ Oxígeno disuelto*
- ✍ pH**
- ✍ Absorbancia**
- ✍ Temperatura**

*Análisis realizados en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**Análisis realizados en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

2.6 Metodología empleada para determinar el impacto ambiental producido sobre las aguas del estero Citayácu.

La manera más sencilla y práctica de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices o ratios de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación operacional, referenciados con otra situación que se considera admisible o deseable y que viene definida por ciertos estándares o criterios.

Esta metodología se basa en determinar el índice de calidad del agua y a través de ello valorar el impacto ambiental producido sobre un cuerpo de agua. Para este caso en particular su utilización tiene como objetivo determinar la variación de calidad ambiental que se produce en el estero por concepto del vertimiento de las aguas residuales domésticas sin previo tratamiento en el estero. La metodología usada es la propuesta por Conesa, (2000), para evaluar calidad ambiental en cuerpos de agua y utiliza para su operación los parámetros más comúnmente usados para evaluar calidad de agua, como son: DBO; oxígeno disuelto, coliformes

totales, sólidos disueltos y en suspensión; compuestos de nitrógeno, fósforo, azufre y cloro; pH; dureza; turbidez; conductividad; elementos tóxicos; y elementos patógenos.

Para su cálculo utiliza la ecuación siguiente:

$$ICA = K \sum (C_i P_i) / \sum P_i \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

C_i = Valor porcentual asignado a los parámetros

P_i = Peso asignado a cada parámetro.

K = Constante que toma los siguientes valores:

- 1,00 para aguas claras sin aparente contaminación.
- 0,75 para aguas con ligero color, espumas, ligera turbidez aparente no natural.
- 0,50 para aguas con apariencia de estar contaminada y fuerte olor.
- 0,25 para aguas negras que presente fermentaciones y olores.

La estimación de C_i y P_i se realiza a partir de los valores que aparecen en las tablas 5.a y 5.b del anexo 5.

Los anexos del ICA estarán comprendidos entre 0 y 100 % y los de CA entre 0 y 1 donde 1 representa un medio de óptima calidad sin afectaciones y 0 un medio totalmente afectado. Los valores de Calidad Ambiental (CA) pueden ser obtenidos a partir de los valores del ICA en el gráfico que aparece en el anexo 6.

CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente capítulo se reflejan los resultados de los estudios realizados para evaluar la calidad de agua del estero Citayacu y a su vez formular una propuesta para un futuro de plan de acciones, que contemple la disminución de la contaminación del mismo en la zona objeto de estudio.

3.1 Resultado de las encuestas realizadas a la población del sector objeto de estudio.

Con el objetivo de investigar un grupo de aspectos relacionados con la vida y las condiciones ambientales en que viven las personas residentes en este sector se realizó una encuesta cuyos resultados serán debatidos a continuación.

Todas las viviendas del sector reciben agua entubada, aunque no se puede decir que esta reúna las características necesarias para ser considerada como potable. Este planteamiento se hace por la simple observación de la misma y no porque se hayan realizado análisis que lo demuestren.

Por la razón antes descrita es que todos los encuestados manifiestan que para beber consumen agua embotellada. No obstante a ello un 40 % de las personas usa indistintamente para esta función agua embotellada o del grifo, aunque declaran que cuando el agua que beben no es embotellada la tratan. Solo un 7 % manifiesta no realizarle tratamiento alguno cuando consumen agua del grifo. Este aspecto pone de manifiesto que aunque no es mayoría la población que practica este hábito incorrecto se hace necesario implementar acciones en un futuro en el ámbito educativo con la finalidad de evitar el brote de enfermedades de origen hídrico en estas personas.

En cuanto a las aguas servidas todas las viviendas sin excepción depositan sus residuales en el estero, unas por la vía del alcantarillado u otras que lo hacen directamente. Es significativo el hecho, que para ellos verter sus residuales a un sistema de alcantarillado aunque estos vaya en definitiva a ser descargados en el estero no significa que estén contaminando el medio ambiente.

Las enfermedades que con mayor frecuencia se manifiestan en esta población aparecen en la figura 3.1. Como puede observarse el mayor número de casos lo ocupan las enfermedades respiratorias, que se justifican a partir de las condiciones

climáticas en las que viven. No obstante a ello también se reportan un número de casos considerable de enfermedades vaginales y dérmicas que aunque no se pueden achacar enteramente al uso de un agua sin tratamiento, no cabe la menor duda de que esta tiene incidencia en las mismas.

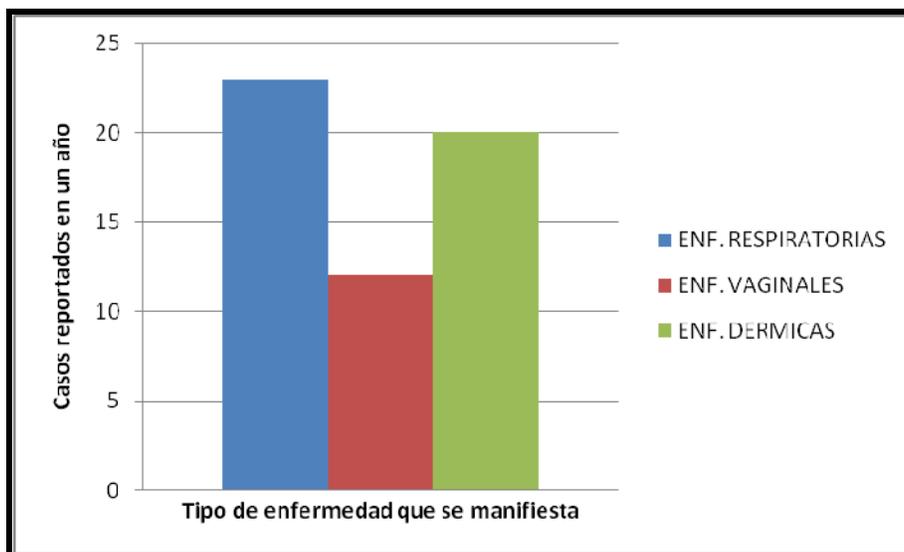


Figura 3.1 Enfermedades que con mayor frecuencia se manifiestan en el sector objeto de estudio.

Referente al manejo de los residuales sólidos se pudo detectar que no existe una política adecuada con los mismos. Este aspecto se desarrolla con más amplitud en el acápite 3.1.3 del presente capítulo.

Por último en el proceso de encuestado se indagó sobre la concientización que presentan los habitantes del sector con respecto a los problemas ambientales con que conviven. Al preguntárseles si estaban consientes de la importancia que representa la contaminación del Estero el 33 % manifiesta que no les importa o le es indiferente. Esta actitud se puede explicar teniendo en cuenta que el 87 % de los encuestados declaran que nunca han recibido instrucción o educación sobre este aspecto y el 13% restante la ha obtenido pero fuera de la comunidad.

3.2 Resultados del diagnóstico ambiental

El Diagnóstico ambiental de la zona objeto de estudio, se fundamenta principalmente en varias visitas realizadas al estero Citayacu ubicado en el barrio Amazonas, junto a todo el trabajo de campo desarrollado.

Como resultado del diagnóstico realizado a continuación se describen los principales problemas ambientales que tiene el estero Citayacu y sus efectos sobre los moradores del sector.

1. Se vierten al estero residuales domésticos sin tratamiento alguno.
2. No existe conexión de alcantarillado para las viviendas que se encuentran ubicadas en las laderas del estero.
3. Mal manejo de los desechos sólidos para el sector.
4. Alteración del cauce del estero.

3.2.1. Se vierten al estero residuales domésticos sin tratamiento alguno

Con el objetivo de controlar el destino que tienen los residuales domésticos que se generan en el área que se analiza se realizó una encuesta a la totalidad de las viviendas que existen.

El sector objeto de estudio cuenta con un total de 30 viviendas. Las encuestas realizadas permitieron constatar que en ningún caso estas cuentan con sistemas de tratamiento para los residuales domésticos que se generan, el destino final de estos es ser vertidos sin tratamiento alguno, bien directamente al estero o a un sistema de alcantarillado que en definitiva también va a parar directamente al estero.

En la tabla que a continuación se ofrece aparece un resumen de la forma en que se colectan los residuales y a qué punto de vertido tributan en cada caso.

Tabla 3.1 Cantidad de casas que aportan sus residuales a cada punto de vertido.

Punto de vertido	Cantidad de casas que tributan	Población servida	Forma de colección
Punto 2	16	80	Sistema de alcantarillado
Punto 3	10	56	Sistema de alcantarillado
Punto 4	3	10	Directo al estero
Punto 5	1	7	Directo al estero

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar de la tabla anterior las 30 viviendas que se encuentran en el sector objeto de estudio vierten sus residuales directamente al estero sin tratamiento alguno, aunque debe destacarse que la existencia en la inmensa mayoría de un sistema de colección común puede facilitar la aplicación de un sistema de tratamiento único que beneficie a los residuales vertidos.

Las consecuencias de los efectos contaminantes que generan sobre el medio ambiente el vertimiento de estos residuales sin tratamiento alguno así como la valoración de la carga contaminante que aportan cada uno de ellos son aspectos que aparecen desarrollados en los acápites 3.2 y 3.3 de este capítulo.

3.2.2. No existe conexión de alcantarillado para las viviendas que se encuentran ubicadas en las laderas del estero.

Al no contar con un sistema de alcantarillado y la despreocupación de las autoridades durante tantos años, los moradores del sector optaron por la solución más rápida, que fue vertir las aguas residuales de sus viviendas en el estero, lo que a futuro viene generando una contaminación del mismo y a su vez del río Puyo.

La contaminación del estero por los vertidos de aguas residuales, puede traer como consecuencia las alteraciones en el ecosistema del estero así como posibles complicaciones para la salud de los pobladores.

3.2.3 Mal manejo de los desechos sólidos para el sector.

Normalmente por el sector debe pasar un carro colector de desechos sólidos de lunes a sábado, pero no presenta un horario fijo, esto provoca que desde horas muy tempranas las personas coloquen en bolsas los desechos que debían ser colectados, la demora en ocasiones en producirse el proceso de recolección provoca que los perros que deambulan por el lugar las rompan y dispersen el contenido de las mismas. Debido a este fenómeno gran cantidad de esos desechos van a parar al estero (ver figura 3.2).

Otro problema importante que se detectó a través de las encuestas es que no existe clasificación de los mismos y se encuentran mezclados tanto restos de alimentos como otros desechos de hogar.

Solamente un 10 % de la población clasifica los residuos sólidos y el resto los deposita de forma mezclada. Referente a la forma de deposición solo un pequeño por ciento de la población (23 %) se ocupa de proteger adecuadamente sus residuales para que no sean dañados o dispersados, el resto los deposita sin protección alguna a orillas del estero o en el mejor de los casos lo entregan directamente al carro recolector.



Figura 3.2 Restos de desechos sólidos acumulados en el estero.

3.2.4 Alteración del cauce del estero

Este problema se ha generado debido a que los moradores del lugar han modificado su curso natural del estero para facilitar las construcciones realizadas. Esta situación representa un serio problema de contaminación, puesto que cuando existen abundantes lluvias el estero crece y tiende a tomar su curso natural, esto provoca que cuando este fenómeno ocurre sean arrastrados una cantidad considerable de elementos contaminantes que fueron depositados en las zonas ocupadas.

3.3 Valoración de los análisis realizados en los diferentes puntos de muestreo

La valoración de los análisis realizados se hará teniendo en cuenta la forma en que se tomo la muestra para ser analizada. Un primer punto correspondiente a la zona anterior a que ocurra los vertimientos de residuales. Un segundo punto que contempla una muestra compuesta de los cuatro puntos de vertido y un tercer punto posterior a la contaminación del estero.

En la tabla 3.2 aparecen los resultados de los análisis realizados a las muestras tomadas en los puntos antes descritos.

Tabla 3.2 Resultados de los análisis realizados a los diferentes puntos de muestreo. Donde el punto 1 representa las aguas del estero antes de los vertimientos, la muestra compuesta son los vertimientos de residuales domésticos de los puntos 2, 3, 4 y 5 y el punto 6 representa las aguas del estero después de los puntos de vertimiento.

Parámetro	Punto 1	Muestra compuesta (Puntos 2, 3, 4 y 5)	Punto 6
OD (mg/L)	7	3,5	4
Coli Fecal (NMP/100ml)	1500	2800	1733
DBO5 (mg/L)	1	3	1,3
Sólidos disueltos totales (mg/L)	23	28	25
Aceites y grasas (mg/L)	0,5	1	0,6
Nitritos (mg/L)	0,005	0.025	0,01
Temperatura (C)	22,1	22	22.1
Absorvancia	0.068	0.136	0.071
pH	7	6	6

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar se analizará los valores que toman los parámetros analizados para los residuales vertidos al estero. Si en la tabla anterior se analiza la columna correspondiente a la muestra compuesta se podrá observar que el valor de oxígeno disuelto (OD) es inferior al recomendado por INEN, (2003), que plantea que valores de OD inferiores a 5 mg/L impiden el desarrollo de vida acuática. Durante todo el período en que se mantuvo la observación sobre las aguas del estero fue imposible apreciar la existencia de peces en el mismo, esto corrobora lo planteado anteriormente.

Los coliformes fecales en los residuales vertidos superan extraordinariamente los valores normados para este tipo de descarga. La OMS, (2006) establece que el límite permisible para residuales que se vierten en cuerpos de agua dulce no debe superar el valor de 1000 NMP/100 ml y para el caso concreto que se analiza este valor es 2800 NMP/100 ml.

El contenido de aceites y grasas también supera el límite permisible establecido por las normas INEN, (2003) que establecen un valor de 0,3 mg/L.

El resto de los parámetros analizados para la descarga de estos residuales a pesar de que contribuyen a la contaminación del medio acuático sus valores no superan los límites permisibles establecidos.

Cuando se analiza la variación que existe de todos los parámetros analizados del punto 1 al 6 se puede apreciar que existe una degradación significativa de todos y cada uno. Si bien es cierto que ya las aguas del estero vienen contaminadas producto de vertimientos que se han hecho con anterioridad es importante resaltar que debido a los cuatro puntos de descarga de residuales domésticos que se vierten sin tratar los niveles de contaminación del mismo se incrementan de forma considerable. Un análisis más completo de esta situación se ofrece en el acápite 3.3.

3.4 Valoración del impacto ambiental producido por los vertimientos de residuales domésticos sobre las aguas del estero Citayácu

Para valorar el impacto ambiental que produce el vertimiento de los residuales domésticos sobre el estero se usa el Índice de Calidad del Agua (ICA). Para ello se usaron los resultados de los análisis realizados al agua del estero en los puntos 1 y 6, puntos que corresponden a un antes y un después de ocurrida la contaminación.

La tabla 3.3 muestra los valores estimados del valor porcentual asignado a los parámetros (C_i) y el peso asignado a cada parámetro (P_i) para los puntos de muestreo 1 y 6 correspondientes al estero.

Tabla 3.3 Resultados de la estimación del valor porcentual asignado a cada parámetro (Ci) y el peso asignado a cada parámetro (Pi), así como los valores del Índice de Calidad del Agua (ICA) y de la Calidad Ambiental (CA)

Parámetro	PUNTO 1				PUNTO 6			
	Valor medio	Pi	Ci	Pi x Ci	Valor medio	Pi	Ci	Pi x Ci
OD (mg/l)	7	4	90	360	4	4	50	200
Coli Fecal (NMP/100ml)	1500	3	70	210	1733	3	65	195
DBO5 (mg/l)	1	3	90	270	1,3	3	87	261
Sólidos disueltos totales	23	2	100	200	25	2	100	200
Aceites y grasas	0,5	2	32	64	0,6	2	20	40
Nitritos	0,005	2	90	180	0,01	2	80	160
pH	7	1	100	100	6	1	50	50
Temperatura (C)	22,1	1	90	90	22,1	1	90	90
Aspecto	impropio	1	40	40	malo	1	20	20
Total		19		1514		19		1216
	I.C.A. (%)	79,68		I.C.A. (%)	64,00			
	C.A.	0,8		C.A.	0,64			

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del ICA permite estimar el impacto que de forma conjunta tienen todos los parámetros analizados sobre la calidad medio ambiental del estero. En la tabla 3.3 puede observarse que en el punto 1 el ICA toma un valor de 79,68 % y una vez que ha ocurrido el proceso de contaminación el valor del índice baja hasta 64 %, lo que provoca un deterioro considerable de la Calidad Ambiental de 0.16 unidades, en una escala de 0 a 1.

3.5 Propuesta de tratamiento para las aguas residuales que contaminan al estero Citayácu

A partir de todas las valoraciones y los análisis realizados en este trabajo se impone la necesidad de valorar sistemas de tratamiento para residuales domésticos que minimicen la carga contaminante que estos imponen al estero.

Antes de pasar directamente a proponer el sistema que se recomienda se hará un análisis de comportamiento de los flujos de residuales que deben ser tratados, pues de ellos dependerá la capacidad que tendrán los sistemas propuestos.

Como es de trascendental importancia diseñar sistemas que sean capaces de tratar eficientemente todo el residual generado, se estableció un sistema de muestreo en tres horarios diferentes (6:00 a 8:00 am, 11:00 a 1:00 pm y de 6:00 a 8:00 pm) para asegurar una mayor representatividad de las mediciones realizadas y poder detectar en qué momento del día se generan los mayores volúmenes de residual. En el punto 2.3 del capítulo 2 se explica detalladamente cómo se realizó el muestreo.

En la tabla 3.4 que a continuación se ofrece aparece un resumen de los valores medios de los flujos para cada punto de vertido, así como su coeficiente de variación. En el anexo 4 aparece de forma ampliada los valores de las mediciones realizadas.

Tabla 3.4 Valores medios del los flujos para cada punto de vertido.

Puntos de Vertido	Muestra 1 (6.00 a 8.00 am)		Muestra 2 (11:00 am a 1:00 pm)		Muestra 3 (6:00 a 8:00 pm)	
	Valor medio flujo de residual (L/min.)	Coef. Var.(%)	Valor medio flujo de residual (L/min.)	Coef. Var.(%)	Valor medio flujo de residual (L/min.)	Coef. Var.(%)
Punto 2	4,74	38,32	6,34	17,08	6,12	21,31
Punto 3	3,76	16,14	4,52	8,12	4,06	20
Punto 4	1,13	42,21	1,7	51,1	1,73	35,69
Punto 5	0,42	67,27	0,61	45,95	0,647	42,43

Fuente: Elaboración Propia

Para la implementación del sistema de tratamiento propuesto, se lleva a cabo un proceso de análisis, síntesis y diseño que está conformado de los siguientes pasos:

- Propuestas de alternativas de tratamiento.
- Selección de la alternativa a aplicar para el tratamiento de los residuales de esta comunidad.
- Propuesta de diseño preliminar a implementar.

3.5.1 Propuestas de alternativas de tratamiento.

Para la propuesta de las diferentes alternativas de tratamiento se tienen en cuenta las características y posibilidades del territorio objeto de estudio. Entre los aspectos considerados para las propuestas se toman los siguientes:

- Espacio disponible en el territorio para el sistema de tratamiento.
- Caudales de residuales a tratar.
- Posibilidades de implementación.

Dadas estas características el tratamiento en el mismo sitio es una de las alternativas más viable a aplicar en el caso objeto de estudio. El tratamiento de residuales en el mismo sitio tiene como objetivo básico ofrecer tratamientos con calidad, sencillos, confiables, fáciles de operar y de costo mínimo. En general se considera que estos sistemas pueden ser adecuados para poblaciones equivalentes menores de 300 personas (Romero, 2008).

En base a ello es que se proponen las siguientes alternativas de tratamiento.

- Alternativa N° 1: Tanque séptico y filtro intermitente de arena.
- Alternativa N° 2: Tanque séptico y filtro anaerobio.

Se excluyen de las alternativas propuestas todas las variantes que conducen a emplear zanjas de infiltración, lechos de infiltración, lagunas de infiltración-percolación o montículos por la poca disponibilidad de terreno que existe en el lugar para implementar sistemas de tratamiento de este tipo. Tampoco se tienen en cuenta como una de las posibilidades la utilización de pozos de infiltración debido a la poca profundidad del manto freático en la zona.

Se incluye como primer tratamiento para todas las alternativas posibles un tanque séptico ya que se ha demostrado su eficiencia en el tratamiento de residuales domésticos, los mismos son capaces de remover entre un 30 y un 50 % de la DBO, grasas y aceites de un 70 a 80 % y hasta un 70 % de los sólidos suspendidos, también entre sus ventajas se pueden mencionar la facilidad en su operación, sencillez en el mantenimiento y limpieza y fáciles de construir.

El tanque séptico se caracteriza porque en él la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo tanque; con lo anterior, se evitan los problemas de complejidad de construcción y excavación profunda del tanque Imhoff.

Se pasará a realizar a continuación un análisis crítico de cada uno de los tratamientos que se proponen como complementarios para llevar a vías de hecho el proceso de depuración de residuales.

Filtro intermitente de arena: La infiltración intermitente sobre arena puede definirse como la aplicación intermitente de aguas residuales a un lecho del material granular el cual es drenado para recoger y descargar el efluente final. El filtro intermitente de arena constituye uno de los sistemas de tratamiento de aguas residuales más antiguo, usado muy frecuentemente para producir efluente de buena calidad en el tratamiento de aguas residuales de un número no muy grande de viviendas.

Los filtros intermitentes de arena son lechos de material granular de 60 a 90 cm de profundidad soportados por un lecho de grava y una tubería de recolección. Para su buen funcionamiento se requiere que las dosificaciones sean adecuadas y uniformes, por lo que para lograr este objetivo se necesita de un operador de forma permanente en el sistema de tratamiento.

Filtro anaerobio: Una de las alternativas para dar un tratamiento complementario al efluente de un tanque séptico es la del filtro anaerobio. En este caso el filtro se coloca después del tanque séptico, su construcción y operación es sencilla y con él se garantiza un rendimiento del 70 % en remoción del DBO y una operación satisfactoria sin mantenimiento durante 18 a 24 meses

3.5.2 Selección de la alternativa a aplicar para el tratamiento de los residuales de esta comunidad.

Como se había planteado con anterioridad se selecciona como primera etapa de tratamiento a implementar para los residuales que se analizan un tanque séptico y como segunda etapa se selecciona el filtro anaerobio. Por lo tanto se elige como alternativa de tratamiento el número 2, integrada por tanque séptico – filtro anaerobio. Se rechaza la alternativa número 1 por la complejidad operacional que los filtros de arena presentan, además de que son de construcción más compleja.

Si bien es cierto que existen otras alternativas que pudieran utilizarse en una segunda etapa de tratamiento como sería el caso de filtro de lodos activados, biodiscos o lagunas de estabilización, también es cierto que son procesos que requieren de un costo más elevado de implementación y de operación o inclusive mayor espacio para su construcción.

Debe señalarse además que como un pre tratamiento antes de la entrada del tanque séptico se deben colocar rejillas separadoras que permitan eliminar sólidos que no son degradables en el tanque séptico y que simplemente impedirían su buen funcionamiento.

3.5.3 Propuesta de diseño preliminar a implementar

Se realiza en primer lugar un análisis previo de la disponibilidad de terreno donde poder construir el sistema de tratamiento y la posibilidad de agrupar los puntos de vertido 3, 4 y 5 en un solo sistema ya que la cercanía entre los mismos y los pequeños flujos que generan los puntos 4 y 5 así lo permiten. De este análisis se define implementar dos sistemas de tratamiento agrupados de la siguiente manera:

Tabla 3.5 Datos correspondientes a los dos sistemas de tratamiento propuesto.

Sistemas	Puntos de vertido	Viviendas que tributan	Flujo de diseño (m³/día)
Sistema 1	2	16	9,84
Sistema 2	3, 4 y 5	14	10,77

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de los flujos de diseño en primer lugar se ubicó en cuál de los tres horarios estudiados para monitorear los flujos se obtenía la mayor generación de residuales, con esta información se analizó la variabilidad con que se comportaban estos durante el muestreo realizado y como para todos los casos los coeficientes de variación presentaba valores elevados (superiores a un 12 %) se decide tomar como flujo de diseño el valor máximo de la media para un intervalo de confianza de 95 %.

Con esta medida se garantiza que se diseña un sistema de tratamiento que sea capaz de asimilar las variaciones del flujo que se puedan producir. Los resultados obtenidos de este análisis son los que aparecen en la cuarta columna de la tabla 3.5.

A continuación se describirá de forma breve los pasos seguidos en el diseño preliminar del sistema de tratamiento propuesto:

La capacidad total de un tanque séptico se determina de diferentes maneras: con base a la población servida o con base al caudal del afluente y el tiempo de retención. Entre los criterios usados se tiene los del código británico ofrecidos por Romero, (2008), donde se calcula la capacidad en función de la población servida, o los dados por el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos (USPHS) para el caso donde se conocen los flujos del residual generado. Para el caso en concreto que se analiza se selecciona la segunda opción pues se dispone de los flujos de residuales generados. Según Romero, (2008) la USPSH ofrece para determinar la capacidad de un tanque séptico en función del flujo de residual generado las ecuaciones 3.1 y 3.2.

$$C = 1,5 Q \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$C = 4,26 + 0,75 Q_1 \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

C = Capacidad total del tanque en m^3

Q = Caudal de aguas residuales en m^3/d , $Q < 5,7 m^3/d$

Q_1 = Caudal de aguas residuales en m^3/d , para $Q_1 = 5,7$ a $380 m^3/d$

Como los flujos de diseño son superiores a $5,7 m^3/d$ se escoge para el cálculo de la capacidad del tanque séptico la ecuación 3.2. Así se obtiene para el sistema 1 una capacidad de $11,64 m^3$ y para el sistema 2 una capacidad de $12,33 m^3$.

Una vez obtenida la capacidad del tanque séptico es necesario determinar el período de desenlode. La experiencia ha demostrado que para obtener una sedimentación efectiva y un período de desenlode apropiado, el tiempo de retención del tanque debe ser de uno a tres días. La frecuencia de limpieza se calcula suponiendo una capacidad para lodos de un tercio del volumen del tanque y una tasa de acumulación de $0,04 m^3$ por persona servida por año (Romero, 2008). Los datos de la población servida se obtienen del proceso de encuestado y aparecen en la tabla 3.1.

Se obtiene así un periodo de limpieza de 1 año y 2 meses para el sistema 1 y para el sistema 2 un tiempo de 1 año y 4 meses.

Para el dimensionamiento del filtro anaerobio se recomienda por Romero, (2008) un volumen unitario de 0,05 por habitantes servido, un lecho filtrante de 40 cm de gravas pequeñas de 12 a 18 mm en el fondo y una capa superior de 10 cm de espesor, de arenas gruesas y gravas finas de 3 a 6 mm. Sin embargo, se considera que la altura óptima de medio es de 120 cm. A partir de estas consideraciones el volumen del filtro anaerobio será: sistema 1 = 4 m³ y sistema 2 = 3.65 m³.

En la tabla 3.6 se ofrece un resumen del diseño preliminar para los dos sistemas propuestos.

Tabla 3.6 Resumen del diseño preliminar.

Sistemas	Población servida	Flujo de diseño (m ³ /día)	Tanque Séptico		Filtro Anaerobio
			Capacidad (m ³)	Periodo de limpieza (año)	Volumen de trabajo (m ³)
Sistema 1	80	9,84	11,64	1,21	4
Sistema 2	73	10,77	12,3375	1,4	3,65

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Precauciones a tener en cuenta al construir un tanque séptico.

1. Para proteger las fuentes de agua, el tanque debe localizarse a más de 15 m de cualquier fuente de abastecimiento.
2. El tanque no debe estar expuesto a inundación y debe disponer de espacio suficiente para la construcción del sistema de disposición o tratamiento posterior a que haya lugar.
3. El tanque debe tener acceso apropiado para que su limpieza y mantenimiento sean fáciles.

3.5.6 Requisitos de construcción para un tanque séptico.

1. El tanque debe ser completamente hermético, de material no corrosivo (concreto, metal recubierto, arcilla vitrificada, ladrillo duro cocido).
2. El relleno alrededor del tanque debe hacerse en capas delgadas bien apisonadas.
3. El tanque debe tener acceso adecuado para mantenimiento y limpieza, y las unidades de entrada y de salida deben ser fácilmente accesibles. Se recomiendan bocas de inspección de tamaño mayor a los 50 cm.
4. Para concreto impermeable se sugiere el uso de los materiales siguientes:

- a) Cemento Pórtland libre de humedad por almacenamiento.
- b) Arena limpia, de la usada para un buen concreto, de tamaño variable entre muy fina y 0,64 cm.
- c) Grava, de la usada para un buen concreto, de tamaño entre 0,64 y 3,8 cm.
- d) Agua limpia, no más de 20 litros por saco de cemento.
- e) Todos los materiales deben mezclarse hasta lograr un color uniforme del concreto. Este se coloca en la formaleta, bien vibrado, para obtener una pared densa y el tanque debe, preferiblemente, fundirse en una sola operación para evitar juntas de construcción.
- f) Para un buen curado, el concreto debe mantenerse húmedo durante siete días.
- g) La batea del tubo de entrada debe estar por lo menos 7,5 cm por encima del nivel del agua en el tanque, con el propósito de permitir los levantamientos transitorios del nivel del agua durante las descargas al tanque. Para dirigir el afluente hacia abajo se puede usar una tee ventilada, la cual debe penetrar por lo menos 15 cm por debajo del nivel del agua, sin exceder la penetración permisible por el nivel de la unidad de salida.
- h) La unidad de salida debe penetrar lo suficiente dentro del líquido en el tanque séptico para equilibrar el volumen de almacenamiento de lodo y no perder capacidad del tanque. La experiencia indica que la unidad de salida debe extenderse hasta una distancia, por debajo del nivel del agua, igual al 40 % de la profundidad del agua, y por encima hasta aproximadamente 2,5 cm desde la tapa del tanque. La separación entre la unidad de salida y el muro del tanque es de 15 a 20 cm.
- i) El tanque séptico debe limpiarse cuando la capa de natas se extienda a menos de 7,5 cm desde el borde inferior de la pantalla o unidad de salida, o cuando el manto de lodos tiene un espesor mayor del 40 % de la profundidad del líquido en el tanque.

Conclusiones

Una vez finalizado este trabajo investigativo se arriban a las siguientes conclusiones:

1. El estudio de las características y condiciones de las aguas residuales domésticas que contaminan el estero Citayacu, permitió proponer un sistema de tratamiento más idóneo para tratarlas lo cual corrobora la hipótesis planteada.
2. La caracterización de las aguas residuales que contaminan el estero Citayacu, demostró que las mismas aportan una elevada carga contaminante a dicho estero fundamentalmente en: oxígeno disuelto 3,5 mg/L que limita el desarrollo de vida acuática, coliformes fecales 2800 NMP/100 ml y aceites y grasas 1 mg/L.
3. Los residuales vertidos sin previo tratamiento provocan una afectación de la calidad ambiental de las aguas del estero de 0,16 unidades en una escala de 0 a 1 de calidad ambiental.
4. Teniendo en cuenta las características de los residuales y de la zona objeto de estudio se propone como sistema de tratamiento para los residuales domésticos vertidos al estero Citayacu, una combinación de pozo séptico y filtro anaerobio.

Recomendaciones

1. Implementar el sistema de tratamiento que se recomienda en esta tesis para tratar los residuales domésticos que se vierten en el estero Citayacu.
2. Continuar los estudios en este sector que permitan establecer otras acciones que den continuidad y solución al resto de los problemas que ahí se presentan.

Bibliografía:

- Álvarez, M (1995). La calidad de las aguas continentales. Estado actual e investigación. Logroño: Ediciones Geoforma, 1995.
- Barraque. Ch. (1979). Manual técnico del agua. En colectivo de autores. París. Editorial Degremont.
- BM. Trabajos Técnicos del Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental. (2001). (Volumen I; II y III).
- Catalán, J. (1997). Depuradoras. Bases científicas. Madrid. Editorial Bellisco.
- Catalán, J. (2005). Ingeniería de Aguas Residuales. Madrid. Editorial Bellisco.
- Domenech, Xavier (1995). Química de la hidrosfera. Origen y destino de los contaminantes. Libro sobre la química del agua y distintos aspectos de su contaminación. Madrid. Ediciones Miraguano.
- Domenech, Xavier (1999). Química ambiental. El impacto ambiental de los residuos. Obra divulgativa sobre los residuos en el agua, suelo y atmósfera. Madrid. Ediciones Miraguano.
- Feachem, R (1999). Sanitation and Disease: Health Effects of Excreta and Wastewater Management. Chishester, Reino Unido. Editorial John Wiley and Sons.
- García, R. (1999). La contaminación del mar: fuentes, toxicidad, degradación y eliminación de contaminantes. Oviedo. Universidad de Oviedo.
- Grover, B (1983a). Water Supply and Sanitation Project Preparation Handbook. En colectivo de autores. Washington, D.C.
- Grover, B (1983b). Water Supply and Sanitation Project Preparation Handbook. En colectivo de autores. Washington, D.C.
- Grover, B (1983c). Water Supply and Sanitation Project Preparation Handbook. En colectivo de autores. Washington, D.C.
- Hernández, A (1990). "Depuración de aguas residuales" Colección Señor. España. Escuela de Caminos de Madrid.
- INEN, (2003). Límites máximos permisibles por el INEN. Parámetros de la importancia en la calidad de las aguas crudas. Quito.
- INEN, (2003). Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes. Recurso Agua. Libro IV. Quito.

- J. M. Antelo, F. Arce, D. Cores, M. C. Fernández. (2000). Revista Científica AMBIENTUM. *Riegos y Drenajes XXI*. Aplicación de los índices de calidad para aguas de riego a los ríos de Galicia-Costa. Pág. 81, 17-20.
- H. Arjomil, C. de Paz, J. A. Díaz-Pazos, E. Sosa. (2003). Revista Científica AMBIENTUM. Calidad de las aguas. I. Parámetros fisicoquímicos. *Tecnología del Agua*. España. Pág. 77, 35-48, 1991
- Crugeiras, J. y Fernández, C. (2002). *Tecnología del Agua*. Calidad de las aguas del río Xallas. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Índice de Calidad de Agua. Madrid. Pág. 75, 25-32.
- López, Fernando (Ed.) (2000). Contaminación de las aguas subterráneas. Madrid. Editorial MOPU.
- Mason, C (1986). Biología de la contaminación del agua dulce. Madrid. Editorial Alhambra
- Misch, A. (1994). Riesgos ambientales para la salud. Toxicología relacionada con el agua. Bilbao. Ediciones Bakeaz.
- Microsoft Office Excel 2003. Copyright. Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.
- OMS. (2006). Documentos Técnicos No. 778. Límites permisibles para los contaminantes de Aguas Residuales. Ginebra, Suiza.
- Pardos, J. (2001). Los vertidos radiactivos. Madrid: Editorial Tecnos.
- Peavy, H (1986). "Environmental Engineering". En colectivo de autores. New York. Editorial McGraw-Hill.
- Pérez, A (1995). Estudio sanitario del agua. En colectivo de autores. Granada. Universidad de Granada.
- Pesson, P (Ed.) (1998). La contaminación de las aguas continentales. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa
- Pettygrove, G (Ed.) (1999) Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater A Guidance Manual. Chelsea, Reino Unido. Lewis Publishers, Inc.
- Ramalho, R (1993). "Tratamiento de Aguas Residuales". Barcelona. Editorial Reverté.
- Reynolds, R (1996). Unit Operations and Processes in Environmental Engineering. Boston. Editorial PWS (2nd Ed.).
- Rodríguez, F (2003). Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización. Editorial Díaz de Santos.
- Romero, J (2008). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Ed Escuela colombiana de ingeniería.

- Ronzano, E. (2001). Tratamiento biológico de las aguas residuales.
- Seoanez, M. (1998). Aguas residuales urbanas. Obra técnica sobre degradación del agua y depuración. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Stenco, (2004). Tratamientos de aguas (3ª edición). Editorial Stenco.
- SPSS Statistics, (2008). SPSS Plus 17.0.0 Versión 17.0
- Statgraphic, (2004). Statics Graphic Corporation. Versión 5.0
- Weber, W Jr (1979). "Control de la Calidad del Agua. Procesos Físicoquímicos". Barcelona. Editorial Reverté.

Anexo 1: Formato de la encuesta realizada en el sector objeto de estudio

UNIVERSIDAD ESTATAL "AMAZONICA"

TEMA: CONTAMINACION DEL RIO PUYO POR LA CARGA ORGANICA DEL ESTERO CITAYACU

ENCUESTA:

CASA #:

Punto de vertido al que tributa:

1.- ¿Cuántas personas habitan en esta residencia?

.....

2.- ¿De dónde obtiene el agua para su consumo?

Del rio

Agua Potable

Agua Entubada

Otros

3. ¿En dónde deposita las aguas servidas?

Alcantarillado

Estero

Pozo Séptico

Otros (¿Cual?)

4.- ¿Qué tipos de residuales se generan en su Hogar?

Residuos Domésticos

Residuos de Crías de animales

5.- ¿Qué tipos de enfermedades se manifiestan con mayor frecuencia?

Enf. Respiratorias
.....

Enf. Vaginales
.....

Enf. Dérmicas
.....

Enf. Diarreicas
.....

Otros:
.....

6.- ¿Qué tipo de Agua usa para beber?

Botellón

.....

Grifo

.....

Otras

.....

7.- Si la que usan para beber es de grifo

La tratan Si No

Si la respuesta es sí, ¿cual tratamiento es?

.....
.....
.....

8.- Con respecto a los Residuos Sólidos ¿los clasifica?

Si no

9.- ¿En donde deposita los desechos sólidos?

.....
.....
.....

10.- ¿Conoce de la importancia que representa la contaminación del Estero?

.....
.....
.....

11.- Ha recibido charlas o alguna información sobre la importancia que tiene la contaminación del estero?

.....
.....
.....

Anexo 2: Límites máximos permisibles por el INEN

Tabla 2.a. Parámetros de importancia en la calidad de las aguas servidas crudas

PARAMETROS	mgs/lt o ppm
Sólidos Disueltos	500
Sólidos Suspendidos	220
Sólidos Totales	720
Demanda Química de Oxígeno DQO	500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	
DBO5	220
Total	720
Carbono Orgánico Total	160
Carbono Inorgánico o Alcalinidad	100
Nitrógeno Total	40
Nitrógeno Orgánico	15
Nitrógeno Amoniacal	25

Tabla 2.b. Niveles de DBO5 y DQO.

Valores Relativos de la OPS	Bajo	Mediano	Alto
DBO5	100.00	200.00	300.00
DQO0	250.00	500.00	750.00
Total	350.00	700.00	1050.00

Tabla 2.c. Límites máximos permisibles por las Ordenanzas Municipales

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES
Sólidos Suspendidos ppm	350
DBO5 ppm	350
Temperatura	35°C
pH	9,5
Material Flotante ppm	Ausencia
Aceites y Grasas ppm	Ausencia

Anexo 3: Límites máximos permisibles para la descarga de Efluentes a corrientes de agua dulce superficiales en el Ecuador.

Tabla 3.a: Cuadro de límites de descargas a cuerpos de agua dulce.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	mg/l	0,3
Alkil mercurio	mg/l	No detectable
Aldehídos	mg/l	2
Aluminio	mg/l	5
Arsénico total	mg/l	0,1
Bario	mg/l	2
Boro total	mg/l	2
Cadmio	mg/l	0,02
Cianuro total	mg/l	0,1
Cloro Activo	mg/l	0,5
Cloroformo	mg/l	0,1
Cloruros	mg/l	1 000
Cobre	mg/l	1
Cobalto	mg/l	0,5
Coliformes Fecales		Remoción > al 99,9 %
Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	mg/l	0,2

*Fuente: Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes:
Recurso Agua*

Anexo 3: Continuación.

Tabla 3.b: Cuadro de límites de descargas a cuerpos de agua dulce.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	250
Dicloroetileno	mg/l	1
Fluoruros	mg/l	5
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	20
Manganeso total	mg/l	2
Materia flotante		Ausencia
Mercurio total	mg/l	0,005
Nitratos + Nitritos	mg/l	10
Plata	mg/l	0,1
Plomo	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno		05-sep
Sólidos Sedimentables	ml/l	1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	100
Sólidos totales	mg/l	1 600
Sulfatos	mg/l	1000
Sulfitos	mg/l	2
Sulfuros	mg/l	0,5
Temperatura		< 35

Fuente: Libro VI. Anexo I. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes:

Recurso Agua

Anexo 4: Mediciones de flujo de los cuatro puntos de vertido.

Tabla 4.a. Mediciones de flujo para el punto 2 de vertido. Donde la réplica 1 representa el horario de 6:00 a 8:00 am, la réplica 2 representa el horario de 11:00 a 13:00 pm y la réplica 3 es el horario de 6:00 a 8:00 pm

PUNTO # 2			
MUESTRA	REPLICAS (L/min)		
DIA	1	2	3
1	6,36	7,40	7,91
2	1,56	7,37	5,61
3	5,94	6,33	5,91
4	5,60	3,73	2,65
5	0,00	5,20	4,69
6	6,33	6,30	3,98
7	4,91	7,00	6,32
8	6,35	6,54	8,00
9	4,90	7,40	5,87
10	3,56	5,98	6,27
11	4,25	6,21	5,75
12	6,23	5,23	8,01
13	6,00	4,26	7,01
14	6,30	6,14	6,27
15	5,61	7,39	7,00
16	5,00	5,69	6,70
17	6,36	6,78	6,35
18	4,25	7,56	6,77
19	3,22	7,39	5,46
20	2,20	6,92	6,00
Valor Medio	4,75	6,34	6,13
Coef. Var. (%)	38,32	17,08	21,31
Máximo	6,36	7,56	8,01
Mínimo	0,00	3,73	2,65

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Continuación.

Tabla 4.b. Mediciones de flujo para el punto 3 de vertido. Donde la réplica 1 representa el horario de 6:00 a 8:00 am, la réplica 2 representa el horario de 11:00 a 13:00 pm y la réplica 3 es el horario de 6:00 a 8:00 pm

PUNTO # 3			
MUESTRA	REPLICAS L/min)		
DIA	1	2	3
1	4,16	4,80	3,44
2	3,80	5,01	2,00
3	4,00	4,50	2,90
4	2,36	4,11	4,00
5	4,15	4,60	4,30
6	2,90	4,90	5,00
7	3,89	4,10	4,34
8	4,16	4,75	3,99
9	4,10	4,11	2,98
10	3,95	5,00	4,29
11	4,19	3,89	5,02
12	2,87	4,10	3,85
13	2,58	4,60	6,00
14	4,50	5,00	4,03
15	3,68	4,70	3,99
16	4,00	4,80	4,29
17	4,16	4,10	4,30
18	3,42	4,53	4,30
19	4,16	4,11	3,96
20	4,20	4,70	4,30
Valor Medio	3,76	4,52	4,06
Coef. Var. (%)	16,14	8,12	20,00
Máximo	4,50	5,01	6,00
Mínimo	2,36	3,89	2,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Continuación.

Tabla 4.c. Mediciones de flujo para el punto 4 de vertido. Donde la réplica 1 representa el horario de 6:00 a 8:00 am, la réplica 2 representa el horario de 11:00 a 13:00 pm y la réplica 3 es el horario de 6:00 a 8:00 pm

PUNTO # 4			
MUESTRA	REPLICAS (L/min)		
DIA	1	2	3
1	1,57	0,36	1,45
2	0,00	1,25	1,25
3	1,58	2,14	2,14
4	0,95	3,01	2,31
5	2,01	3,20	3,15
6	1,03	1,39	2,13
7	1,95	1,69	1,45
8	1,04	1,38	1,62
9	0,88	1,37	0,95
10	0,96	2,06	1,32
11	0,54	4,05	2,06
12	1,23	0,95	1,43
13	1,51	0,62	1,45
14	1,06	1,51	2,03
15	0,97	1,37	0,65
16	1,23	1,39	1,62
17	0,60	2,02	1,58
18	1,58	1,38	3,05
19	1,05	1,58	1,67
20	0,91	1,37	1,39
Valor Medio	1,13	1,70	1,74
Coef. Var. (%)	42,21	51,10	35,69
Máximo	2,01	4,05	3,15
Mínimo	0,00	0,36	0,65

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Continuación.

Tabla 4.d. Mediciones de flujo para el punto 5 de vertido. Donde la réplica 1 representa el horario de 6:00 a 8:00 am, la réplica 2 representa el horario de 11:00 a 13:00 pm y la réplica 3 es el horario de 6:00 a 8:00 pm

PUNTO # 5			
MUESTRA	REPLICAS (L/min)		
DIA	1	2	3
1	0,56	0,00	0,35
2	0,42	0,61	0,56
3	0,68	0,65	0,65
4	0,35	0,84	0,45
5	0,59	1,02	0,25
6	0,48	0,91	0,58
7	0,92	0,56	0,84
8	0,39	0,97	0,86
9	0,00	0,84	0,95
10	0,57	0,54	0,89
11	0,41	0,25	0,39
12	0,61	0,00	0,94
13	0,00	0,68	0,57
14	0,00	0,73	0,67
15	0,23	0,68	0,66
16	0,89	1,00	1,06
17	0,00	0,59	0,95
18	0,47	0,12	0,93
19	0,38	0,34	0,00
20	0,43	0,96	0,39
Valor Medio	0,42	0,61	0,65
Coef. Var. (%)	67,27	45,95	42,43
Máximo	0,92	1,02	1,06
Mínimo	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Tablas para la estimación de valor porcentual asignado a los parámetros (Ci)
Y el peso asignado a cada parámetro (Pi).

Tabla 5.a. Valor porcentual de diez parámetros de calidad del agua

Parámetro	pH	Conductividad	Oxígeno disuelto	Reducción del permanganato	Coliformes	Nitrógeno amoniacal	Cloruros	Temperatura	Detergentes	Aspecto	Valoración porcentual
VALOR ANÁLITICO	1/14	> 16.000	0	> 15	> 14.000	> 1,25	> 1.500	> 50 / > -8	> 3,00	Pésimo	0
	2/13	12.000	1	12	10.000	1,00	1.000	45 / -6	2,00	Muy malo	10
	3/12	8.000	2	10	7.000	0,75	700	40 / -4	1,50	Malo	20
	4/11	5.000	3	8	5.000	0,50	500	36 / -2	1,00	Desagradable	30
	5/10	3.000	3,5	6	4.000	0,40	300	32 / 0	0,75	Impropio	40
	6/9,5	2.500	4	5	3.000	0,30	200	30 / 5	0,50	Normal	50
	6,5	2.000	5	4	2.000	0,20	150	28 / 10	0,25	Aceptable	60
	9	1.500	6	3	1.500	0,10	100	26 / 12	0,10	Agradable	70
	8,5	1.250	6,5	2	1.000	0,05	50	24 / 14	0,06	Bueno	80
	8	1.000	7	1	500	0,03	25	22 / 15	0,02	Muy bueno	90
7	< 750	7,5	< 0,5	< 50	0	0	21 a 16	0	Excelente	100	
Unidad de medida	Udad.	µmhos/cm	mg/l	mg/l	nr/100 ml	p.p.m.	p.p.m.	°C	mg/l	Subjetiva	%
Peso	1	4	4	3	3	3	1	1	4	1	—

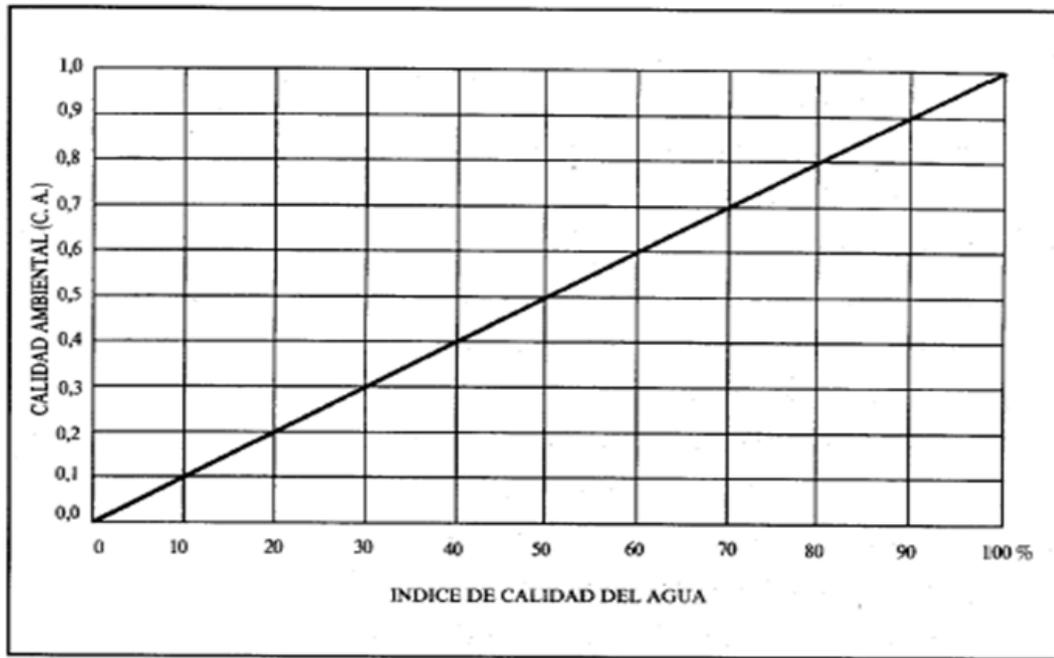
Los valores analíticos que corresponden a un valor porcentual menor que 50, se entienden como no permisibles. Se precisarán medidas correctoras.

Tabla 5.b. Valor porcentual de otros parámetros de calidad del agua

Parámetro	Dureza	Sólidos disueltos	Plaguicidas	Grasas y aceites (percloroformo)	Sulfatos	Nitratos	Cianuros	Sodio	Calcio	Magnesio	Fosfatos	Nitratos	DBO ₅	Valor porcentual
VALOR ANÁLITICO	> 1.500	> 20.000	> 2	> 3	> 1.500	> 100	> 1	> 500	> 1.000	> 500	> 500	> 1	> 15	0
	1.000	10.000	1	2	1.000	50	0,6	300	600	300	300	0,50	12	10
	800	5.000	0,4	1	600	20	0,5	250	500	250	200	0,25	10	20
	600	3.000	0,2	0,60	400	15	0,4	200	400	200	100	0,20	8	30
	500	2.000	0,1	0,30	250	10	0,3	150	300	150	50	0,15	6	40
	400	1.500	0,05	0,15	150	8	0,2	100	200	100	30	0,10	5	50
	300	1.000	0,025	0,08	100	6	0,1	75	150	75	20	0,05	4	60
	200	750	0,01	0,04	75	4	0,05	50	100	50	10	0,025	3	70
	100	500	0,005	0,02	50	2	0,02	25	50	25	5	0,010	2	80
	50	250	0,001	0,01	25	1	0,01	15	25	15	1	0,005	1	90
< 25	< 100	0	0	0	0	0	< 10	< 10	< 10	0	0	< 0,5	100	
Unidad de medida	mg CO ₃ Ca/l	mg/l	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	p.p.m.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
Peso	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	—

Anexo 6: Función de transformación para estimar los valores de Calidad Ambiental (CA)

Tabla 6.a. Grafico del Índice de Calidad Ambiental



Anexo 7: Análisis estadístico para el horario en que se producen mayor generación de residuales para los diferentes puntos de vertido

Tabla 7.a. Resultados para el punto 2 de vertido

Descriptivos				
			Estadístico	Error típ.
VAR00001	Media		6,3410	,24218
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	5,8341	
		Límite superior	6,8479	
	Media recortada al 5%		6,4183	
	Mediana		6,4350	
	Varianza		1,173	
	Desv. típ.		1,08308	
	Mínimo		3,73	
	Máximo		7,56	
	Rango		3,83	
	Amplitud intercuartil		1,62	
	Asimetría		-1,005	,512
	Curtosis		,516	,992

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Continuación

Tabla 7.b. Resultados para el punto 3 de vertido

Descriptivos				
			Estadístico	Error típ.
VAR00011	Media		4,5205	,08213
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	4,3486	
		Límite superior	4,6924	
	Media recortada al 5%		4,5283	
	Mediana		4,6000	
	Varianza		,135	
	Desv. típ.		,36732	
	Mínimo		3,89	
	Máximo		5,01	
	Rango		1,12	
	Amplitud intercuartil		,69	
	Asimetría		-,260	,512
	Curtosis		-1,404	,992

Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 7: Continuación

Tabla 7.c. Resultados para el punto 4 de vertimiento

Descriptivos				
			Estadístico	Error típ.
VAR00003	Media		1,7350	,13847
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	1,4452	
		Límite superior	2,0248	
	Media recortada al 5%		1,7167	
	Mediana		1,6000	
	Varianza		,383	
	Desv. típ.		,61926	
	Mínimo		,65	
	Máximo		3,15	
	Rango		2,50	
	Amplitud intercuartil		,71	
	Asimetría		,835	,512
	Curtosis		,918	,992

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Continuación

Tabla 7.d. Resultados para el punto 5 de vertimiento

Descriptivos				
			Estadístico	Error típ.
VAR00004	Media		,6470	,06316
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,5148	
		Límite superior	,7792	
	Media recortada al 5%		,6600	
	Mediana		,6550	
	Varianza		,080	
	Desv. típ.		,28245	
	Mínimo		,00	
	Máximo		1,06	
	Rango		1,06	
	Amplitud intercuartil		,52	
	Asimetría		-,513	,512
	Curtosis		-,306	,992

Fuente: Elaboración propia