



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Facultad de Ingeniería Ambiental

TÍTULO

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS EN EL SECTOR CENTRO**

AGRÍCOLA

Tesis en Opción al Título de Ingeniero Ambiental

Autor: Mauricio Ledesma

Tutor: Dr.C. Jesús Luis Orozco

Puyo – Pastaza - Ecuador

2009

DECLARACION JURADA.

Yo, Klever Mauricio Ledesma León, portador de la cédula de identidad 160036259-2, declaro ser el autor principal de este trabajo investigativo, cuyo título es "Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el sector Centro Agrícola", trabajo que fue realizado gracias al asesoramiento del Dr. C Jesús Luis Orozco.

Autorizo a la Universidad Estatal Amazónica a hacer uso con fines didácticos y pedagógicos.

Mauricio Ledesma León.

Agradecimientos

Ante todo debo agradecer a Dios, fuente inmensa de inspiración que me ha permitido presentar este proyecto investigativo.

La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la asesoría y el empeño del Dr. Jesús Luis Orozco, que más que un tutor, ha sido un amigo franco que con sus conocimientos me condujo al cumplimiento cabal de cada una de las etapas del trabajo.

De igual modo agradezco a todos mis profesores que en estos 5 años supieron compartir todo su conocimiento con empeño y dedicación, de manera especial a la Dra. Caridad Cruz maestra y amiga.

A todos los coordinadores académicos que transcurrieron en estos 5 años : Dr. Rolando Samaniego, Dr. Arturo Bofill, Dr. Ynocente Betancourt y Dr. Francisco Velásquez que gracias a su entrega y dedicación supieron guiar los destinos de la universidad.

A mis padres por su dedicación y cariño.

Quiero expresar un profundo agradecimiento a mi amiga especial Rita Andy por su ayuda incondicional en estos casi 5 años de carrera universitaria.

Gracias,

Mauricio L.

Dedicatoria

A mis padres, por ser la razón de mi existencia y fuente de inspiración de constancia y perseverancia, dedicando su vida a mis estudios exigiéndome a continuar en pos de lucha y desarrollo personal.

RESUMEN

La presente investigación tiene lugar en el sector Centro Agrícola, localizado en el margen izquierdo del río Puyo, comunidad que tiene serios problemas ambientales, entre los más importantes falta de agua potable, alcantarillado y tratamiento deficiente de residuales domésticos. En la citada comunidad las aguas residuales domésticas son vertidas sin ningún tipo de tratamiento previo hacia la superficie del suelo, estos vertidos sumados a las aguas de lluvias tributan al estero que atraviesa los predios de dicho sector que luego desemboca al río Puyo, contribuyendo en tal sentido a acentuar los niveles de contaminación del mismo.

La investigación estuvo enfocada en realizar búsquedas bibliográficas de la temática de aguas residuales. También se hizo un levantamiento de información socioeconómica y ambiental de la zona con la ayuda del cuestionario y la guía de observación; tal información se procesó en el paquete excel 2003 y se hizo su análisis respectivo, además se desarrolló el diagnóstico ambiental con los principales problemas de la comunidad y se prosiguió a jerarquizarlos en orden de importancia mediante el criterio de expertos. El trabajo de campo estuvo dirigido a la tomas de muestras de agua del estero para su posterior análisis en los laboratorios de la UEA y ESPOCH. Al no existir sistema de alcantarillado en tal comunidad se propuso como alternativa para el tratamiento de los residuales domésticos a los llamados tratamientos en el sitio de origen como lo son el tanque séptico y lechos de infiltración que en el desarrollo del trabajo se lo expone detalladamente.

Palabras clave: Problemas ambientales, aguas residuales domésticas, contaminación, diagnóstico ambiental, tanque séptico, lechos de infiltración.

SUMMARY

The research takes place in the Agricultural Center sector, located in the left margin of the Puyo river , community that has serious environmental problems, among the most important lack of drinkable water, sewer system and faulty treatment of residual domestic. In this community the domestic residual water is poured without any type of previous treatment toward the surface of the floor, these poured added to the rain water pay to the tideland that crosses the properties of this sector that ends to the Puyo river, contributing in such a sense to accentuate the levels of pollution of the same one.

The research was focused in carrying out bibliographical searches of the thematic related to residual waters. A rising of social economic and environmental information was also made in the area with the help of the questionnaire and the observation guide; such an information was processed in the 2003 excel package and its respective analysis was made, the environmental diagnosis was also developed with the main problems of the community and you continued to work in order of importance by means of the approach of experts. The field work was directed to the takings of water samples of the tideland for its later analysis in the laboratories of the UEA and ESPOCH. When not existing sewage system for such a community it can intend as alternative for the domestic treatment of the residual ones to the treatments in the original place like the septic tank and percolate channels that exposes it to the development of the detailed work.

Key Words: Environmental problems, domestic residual water, contamination, diagnosis environment, septic tank, percolate channels.

INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. ANALISIS BIBLIOGRAFICO	4
1. Definición, clasificación y naturaleza de las aguas residuales.....	4
1.1.1. Aguas Residuales Urbanas.....	5
1.1.2 Aguas Residuales Industriales.....	5
1.2 Naturaleza de las aguas residuales.....	6
1.2.1 Origen y cantidad de las aguas residuales.....	6
1.2.2 Clasificación de los contaminantes.....	6
1.2.3 Contaminantes habituales en las aguas residuales.....	7
1.2.4 Principales indicadores para el control de la calidad del agua	8
1.3 Tratamiento de las aguas residuales	10
1.3.1 Tratamiento primario	12
La decantación primaria.....	14
1.3.2 Tratamiento secundario	15
1.3.3 Tratamiento terciario	16
1.4 Tratamiento biológico de las aguas residuales	17
1.5 Influencias en el medio receptor de las aguas residuales.....	21
1.6 Plantas de tratamiento de aguas residuales.....	22
1.7 Metodología de análisis, síntesis y diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales	24
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y METODOS.	28
2.1. Modalidad básica de investigación:	29
2.2. Métodos empleados	29
2.2.1. Métodos Teóricos.....	30
2.2.2. Métodos Empíricos.....	31
2.2.3. Descripción del proceso metodológico	32
2.2.4. Caracterización socio-demográfica de la población	34
2.2.5. Metodología para la realización del diagnóstico.....	37
2.3. Definir el orden de prioridad de los problemas ambientales que se presenta en la zona	38
2.3.1. Selección del panel de expertos	39
2.3.2. Diseño y aplicación de la encuesta	39
2.3.3. Determinación del grado de Concordancia entre los expertos	40
2.3.4. Cálculo del coeficiente de Ponderación.....	41
2.4. Análisis realizados. Técnica de muestreo	41
2.4.1. Procedimiento para la toma de muestras	42
2.4.2. Parámetros a analizar en cada muestra.....	43
2.5. Metodología para la valoración del impacto ambiental sobre el estero.....	45
2.6. Determinación de la capacidad de infiltración del terreno.....	46
CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.1. Diagnóstico ambiental: Problemas encontrados	48
3.1.1. Consumo de agua sin potabilizar.....	48

3.1.2. Carencia de sistema de alcantarillado:	49
3.1.3. Tratamiento deficiente de residuales domésticos:	49
3.1.4. Afectaciones en la salud de la población:.....	50
3.1.5. Falta de educación ambiental:	52
3.1.6. Recolección de residuos sólidos:.....	53
3.1.7. Deforestación:	53
3.2. Jerarquización de los problemas ambientales que se presentan en la zona objeto de estudio	54
3.3. Valoración de los análisis y del impacto ambiental producido sobre el estero.....	56
3.4. Propuesta del sistema de tratamiento para residuales domésticos a implementar	58
3.5. Selección de la alternativa a aplicar para el tratamiento de los residuales de esta comunidad	62
3.5.1. Propuesta de diseño preliminar a implementar	63
3.5.2. Precauciones a tener en cuenta al construir un tanque séptico	65
3.5.3. Requisitos de construcción para un tanque séptico	66
3.5.4. Requisitos de construcción para lechos de infiltración.....	67
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFIA	70
ANEXO 1. ENCUESTA SOCIO ECONOMICA AMBIENTAL EN EL SECTOR CENTRO AGRICOLA.	74
ANEXO 2. Croquis del sector Centro Agrícola.	76
ANEXO 3. Composición de las viviendas desocupadas o en proceso de construcción.	77
ANEXO 4 (<i>Guía y ficha de observación</i>)	78
ANEXO 5. Caracterización del panel de expertos.	79
ANEXO 6. Parámetros indicadores de calidad ambiental en agua.....	80
ANEXO 7: Gráfica de la determinación de CA a partir del ICA. Función de transformación.	82
ANEXO 8. Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración.	83
ANEXO 9. Formas de almacenamiento del agua de consumo por parte de la población de la zona objeto de estudio.	84
ANEXO 10. Límites máximos permisibles para la descarga de Efluentes a corrientes de agua dulce superficiales en el Ecuador	85
ANEXO 11. Tasas de percolación en cada uno de los tiempos de medición.	87
ANEXO 12. Área del lecho de infiltración por sistema de tratamiento.....	88
ANEXO 13. Lechos de infiltración	89
ANEXO 14. Cantidad de agua consumida por vivienda y sistema de tratamiento.....	90

INTRODUCCION

La contaminación de los cuerpos de agua es uno de los principales problemas medioambientales del mundo actual, Ecuador y en particular Puyo no se escapa de esta realidad. En el Ecuador, existe una gran diversidad de ríos, los mismos que hasta el momento han sido aprovechados por el hombre para la satisfacción de sus necesidades, tales como agricultura, turismo, recreación, pesca, entre otras; la situación es que, no han sido utilizados de una manera sustentable ni sostenida, es así que estos recursos naturales han sido paulatinamente deteriorados en lo que a calidad ambiental de sus aguas se refiere, disminuyendo progresivamente los elementos bióticos que en ellos se desarrollan.

Pastaza una de las provincias más grandes del país, cuenta con una gran variedad de ríos, los mismos que nacen en la Cordillera Oriental, pero lamentablemente desde algunos años estos recursos hídricos en sus diferentes recorridos, se han visto sujetos a un proceso constante y cada vez más grave de contaminación. Una gran cantidad de residuos domésticos e industriales es arrojada a éstos, afectando directamente a una gran cantidad de especies animales y sobre todo al hombre que se abastece del líquido vital en su diario vivir.

El agua de estos ríos posee una cantidad de sustancias contaminantes que pueden ser autopurificadas por procesos naturales que forman parte del equilibrio dinámico en que se encuentran los ecosistemas acuáticos. El hombre aumenta considerablemente la concentración de estas sustancias de modo que la calidad del agua cambia drásticamente, es así que aparecen los primeros indicios de contaminación como son el color, olor, sabor, cuyas consecuencias son nefastas para los seres vivos que de esas aguas se sirven (Fundación NATURA, 1991).

Una parte considerable del cantón Pastaza es atravesado por el río Puyo, el cual es tributario perenne del Pastaza, por ende constituye una subcuenca. Se origina en la parroquia Fátima, tiene una longitud aproximada de 37 Km. y el área de la subcuenca es de 370 Km². Su topografía es irregular, predominando las pendientes sobre el 30%; los suelos son generalmente ácidos, con textura arcillo-rocosa y bajo contenido de materia orgánica (ECORAE, 2003).

El río Puyo recorre la ciudad homónima, la misma que ha experimentado un aumento acelerado de su población (24 432 personas) (INEC 2001) y a consecuencia de ello su expansión urbanística, motivo por el cual se presenta cada vez una mayor producción de residuales que por la planificación urbanística deficiente han determinado que éstos se viertan indiscriminadamente y sin tratamiento previo a los ríos y esteros de la ciudad, entre ellos al río Puyo, importante subcuenca por el gran interés social y recreativo para propios y extraños.

El río Puyo es contaminado por diversos tipos de fuentes contaminantes, entre otros por los vertidos de aguas residuales domésticas de variada concentración y caracterización. En particular el presente trabajo investigativo se enfoca en la comunidad “Centro Agrícola”. La misma es una fuente importante de contaminación de un estero que se encuentra en sus predios donde vierten sus residuales domésticos sin tratamiento alguno. Este estero a pocos metros después de ser contaminado desemboca sus aguas en el río Puyo.

Lo anteriormente señalado conduce a formular el siguiente problema científico.

PROBLEMA CIENTÍFICO:

Contaminación del sector Paico del río Puyo provocado por el estero que transporta las aguas residuales domésticas de la comunidad “Centro Agrícola”.

Por todo lo antes expuesto, el presente trabajo se propone demostrar la siguiente **HIPOTESIS:**

Un estudio de las características y condiciones de esta comunidad permitirá proponer sistemas de tratamientos más idóneos para las aguas residuales domésticas del sector Centro Agrícola.

El **OBJETIVO GENERAL** de esta Investigación es:

Proponer un sistema de tratamiento para las aguas residuales domésticas provenientes del sector Centro Agrícola para disminuir la carga de contaminantes en las aguas del río Puyo.

Se trazaron los siguientes **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**:

1. Obtener información tanto nacional como internacionalmente del estado de la temática que se trata.
2. Diagnosticar los principales problemas de la zona objeto de estudio y jerarquizarlos.
3. Caracterizar los indicadores de contaminación de las aguas residuales que transporta el estero ubicado en el sector Centro Agrícola.
4. Proponer sistemas de tratamiento para las diferentes viviendas del sector.

El **OBJETO** de la investigación son:

Residuales que son descargados al estero que desemboca sus aguas al río Puyo.

CAPITULO 1. ANALISIS BIBLIOGRAFICO

En este capítulo se abordarán aspectos relacionados con la definición, clasificación y naturaleza de las aguas residuales, los tipos de tratamiento de aguas residuales, los procesos biológicos, plantas de tratamiento, metodología de análisis, síntesis y diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales, considerados de suma importancia para la realización del presente proyecto.

1. Definición, clasificación y naturaleza de las aguas residuales

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas, de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

Marsilli (2005), denomina a las aguas servidas como aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales. Son residuales, pues habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

En ocasiones se hace una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales, en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Romero (2008), define aguas residuales a aquellas aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado.

Glosario.net (2006), la define como el agua que lleva desperdicios de casas, comercios e industrias y que es una mezcla de agua y sólidos disueltos o suspendidos.

Cubillas (2000), menciona que de la misma manera que en las aguas naturales, en las aguas residuales se miden las características físicas, químicas y biológicas de éstas para establecer principalmente, las cargas orgánicas y de sólidos que transportan a fin de determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resulten más eficaces y económicos.

En resumen, se puede decir que las aguas residuales o servidas son todas aquellas aguas procedentes de la actividad humana sea a nivel domiciliario, industrial, agrario, etc., que han sufrido algún proceso de degradación alterando su calidad original y que si no reciben algún tratamiento afectará al cuerpo de agua más cercano, afectando a los organismos que en ella habitan.

1.1 Clasificación de las aguas residuales

Según Rigola (2008), la clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este es el que va a determinar su composición.

1.1.1. Aguas Residuales Urbanas

Las Aguas Residuales Urbanas, son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos.

Romero, (2008), define las aguas residuales domésticas como los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales.

Los aportes que generan estas aguas son: aguas negras o fecales, aguas de lavado doméstico, aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas y 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

1.1.2 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.

En fin, se plantea que la clasificación del agua residual viene dada por el origen de las mismas es decir de su procedencia doméstica, industrial, agraria, etc.

1.2 Naturaleza de las aguas residuales

Según Rigola (2008), 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.

1.2.1 Origen y cantidad de las aguas residuales

Domenech (1995), afirma que 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.

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.

1.2.2 Clasificación de los contaminantes

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas. Así se tiene a los contaminantes orgánicos, 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.

El componente orgánico a criterio de López (2007), se refiere a la introducción de materias de procedencia orgánica, normalmente biodegradables, cuya presencia en el agua residual conduce a la aparición y crecimiento de microorganismos, que utilizan el desecho orgánico como fuente de alimentación, y como consecuencia de su crecimiento, ponen en riesgo la salud pública debido a su potencial patógeno.

Según Catalán (1990), los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

Proteínas: Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios.

Carbohidratos: Se incluye en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.

Aceites y Grasas: Son 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 incluye varios tipos de compuestos, como los tensioactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc.

También se tiene a los contaminantes inorgánicos, aquellos de origen mineral y de naturaleza variada tales como: 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.

1.2.3 Contaminantes habituales en las aguas residuales

Los contaminantes que habitualmente se encuentran en las aguas residuales, son:

Arenas: Se entiende como tales, a una serie de partículas de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica.

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.

Residuos con requerimiento de oxígeno: Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, para ello van a necesitar consumir oxígeno del medio.

Nitrógeno y fósforo: Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales principalmente es debida a los detergentes y fertilizantes.

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

1.2.4 Principales indicadores para el control de la calidad del agua

Los indicadores para el control de la calidad de agua son:

Color, Olor y Sabor: A criterio de Guevara (1996), los olores y sabores están asociados con materia orgánica en descomposición; algas y otros organismos microscópicos vivos que tienen aceites esenciales y otros compuestos olorosos, sales inorgánicas y productos metálicos de corrosión, residuos industriales, principalmente sustancias fenólicas; cloro y sus compuestos de sustitución, que actúan como desinfectantes; compuestos orgánicos sintéticos no biodegradables. Por lo general, el color es debido a la materia orgánica que proviene de vegetales muertos, sin embargo el agua puede ser coloreada por sustancias inorgánicas, desechos industriales, hierro y manganeso en estado natural y por los productos de la corrosión, ocasionalmente, un exceso de algas puede provocar color.

Turbidez: La turbidez de un agua se debe a la presencia de materias en suspensión finamente divididas; arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas.

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.

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.

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.

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, además de la presencia de bicarbonatos y carbonatos de hidróxidos.

Temperatura: El aumento de temperatura acelera la descomposición de la materia orgánica, aumenta el consumo de oxígeno para la oxidación y disminuye la solubilidad del oxígeno y otros gases. (Cubillas, 2000)

DBO: La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Laboratorio de Química Ambiental, 1997)

DQO: A criterio de la Comisión Nacional del Agua de México Conagua (2008), mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de este parámetro junto con la DBO, inciden en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación a los ecosistemas acuáticos. El aumento de la DQO indica presencia de sustancias provenientes de descargas no municipales.

Coliformes fecales: Se definen como el grupo de organismos coliforme que pueden fermentar la lactosa a 40-45°C. (Marchand, 2002)

Oxígeno Disuelto: es una prueba clave en la determinación de la contaminación del agua. Los desperdicios orgánicos que se encuentran en el agua son descompuestos por microorganismos que usan el oxígeno para su respiración, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica mayor es el número de microorganismos y por tanto mayor el consumo de oxígeno. En muchas ocasiones esta falta de oxígeno es la causa de la muerte de peces y otros animales acuáticos más que la existencia de compuestos tóxicos. (Chirinos, *et al.*, 2005)

1.3 Tratamiento de las aguas residuales

Sette, Jiménez y de la Lora, (1996), aseveran que el grado de tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente.

Para Reynolds (2002), el tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública. La meta del tratamiento de aguas residuales nunca ha sido producir un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de microorganismos dañinos a niveles más seguros de exposición, donde el agua es comúnmente reciclada para el riego o usos industriales.

Rojas (2005), por su parte afirma que la eliminación de agentes patógenos es el principal objetivo del tratamiento de aguas residuales para aprovechamiento.

La prevención de la polución del agua sólo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. Sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuenta con los recursos financieros para su implantación, operación y mantenimiento permanente.

El objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad.

Autores como Marsilli (2005) y Reynolds (2002), plantean que el tratamiento de aguas residuales incluye:

- Tratamiento preliminar, destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.
- Tratamiento primario que comprende procesos de sedimentación y tamizado. Frers, (2004), señala que utiliza metodologías físico-químicas para sacarle la parte más gruesa de sus contaminantes.
- Tratamiento secundario que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO.
- Tratamiento terciario o avanzado que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de

patógenos y parásitos. Además, Sette, Jiménez y de la Lora, (1996), señalan que el objetivo fundamental del tratamiento terciario es la eliminación de contaminantes que no se eliminan con los tratamientos biológicos convencionales.

Además de los anteriores, IDEAM (2005), clasifica el tratamiento terciario en:

- Con remoción de Nutrientes
- Con remoción de patógenos

Rodríguez, *et al.*, (2006), clasifica las operaciones de tratamiento en:

- Procesos físicos:
 - Sedimentación
 - Flotación
 - Filtración
- Procesos químicos:
 - Coagulación-floculación
- Procesos biológicos:
 - Procesos aerobios
 - Procesos anaerobios

Gutiérrez (s.a) manifiesta que el tratamiento puede ser según la naturaleza del mismo, pudiendo ser físicos, químicos, térmicos y biológicos.

Físicos: Se basan en provocar un cambio físico en las propiedades de los contaminantes más simples y buscan generalmente la disminución de contaminantes como sólidos pero pueden ser líquidos o gaseosos.

Químicos: Modificar las propiedades químicas de los contaminantes. Se persigue la destrucción del contaminante o la conversión del mismo en otro producto que sea más fácilmente separable.

Térmicos: Utilizan elevadas temperaturas para descomponer los contaminantes.

Las especies metálicas pasan a formas más elementales generando cenizas y gases puros, mientras que los compuestos orgánicos se descomponen en CO₂ y H₂O y gases halógenos.

Biológicos: Estos tratamientos utilizan mecanismos biológicos y bioquímicos para llevar a cabo un cambio químico en las propiedades de los contaminantes.

Se basa en la presencia de microorganismos. Se persigue la doble función de degradación de los contaminantes orgánicos y formación de flóculos biológicos fácilmente separables.

Se considera más adecuada o general la clasificación que presenta Metcalf –Eddy (1985), donde los tratamientos de aguas residuales, se clasifican fundamentalmente atendiendo a las operaciones unitarias básicas y si el proceso se lleva a cabo atendiendo a las fuerzas físicas químicas o biológicas y se habla entonces de procesos unitarios físicos, químicos o biológicos respectivamente.

Las operaciones físicas unitarias conforman la base de la mayoría de los diagramas de flujo de los procesos de tratamiento.

1.3.1 Tratamiento primario

Según Seoanez (1995), se entiende por tratamiento primario a aquel proceso o conjunto de procesos que tienen como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento.

El proceso principal del tratamiento primario es la decantación, fenómeno provocado por la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen sedimentándose. Normalmente, en decantadores denominados dinámicos, los fangos son arrastrados periódicamente hasta unas purgas mediante unos puentes móviles con unas rasquetas que recorren el fondo. En los denominados decantadores circulares, inmensos, el agua entra por el centro y sale por la periferia, mientras que los fangos son arrastrados hacia un pozo de bombeo de donde son eliminados por purgas periódicas.

Otros procesos de tratamiento primario incluyen el mecanismo de **flotación con aire**, en donde se eliminan sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua, así como aceites y grasas, produciendo unas burbujas de aire muy finas que arrastran las partículas a la superficie para su posterior eliminación.

El tratamiento primario permite eliminar en un agua residual urbana aproximadamente el 90% de las materias decantables y el 65% de las materias en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO de alrededor del 35%.

Para Mujeriego (1990), los objetivos de este tratamiento son:

- 1) Eliminar la materia decantable orgánica e inorgánica, mediante decantación.
- 2) Eliminar la materia flotante y las espumas mediante barrido superficial.

Principalmente se pretende la reducción de los sólidos en suspensión del agua residual. Dentro de estos sólidos suspendidos pueden distinguirse:

- Los sólidos sedimentables: son los que sedimentan al dejar el A.R. en condiciones de reposo durante una hora, este tiempo también depende del tamaño del sedimentador
- Los sólidos flotantes: definibles por contraposición a los sedimentables.
- Los sólidos coloidales.

Barros (2004), enumera las operaciones que se utilizan en los tratamientos primarios de aguas servidas, estas son: la filtración, la sedimentación, la flotación, la separación de aceites y la neutralización; igualmente menciona que el tratamiento primario de las aguas servidas es un proceso mecánico que utiliza cribas para separar los desechos de mayor tamaño como palos, piedras y trapos.

Ecoamérica (2007), señala que el tratamiento primario es un proceso mecánico que consiste en la remoción de sólidos insolubles como arena, y materiales como grasas y espuma. El primer paso es la sedimentación y filtración de sólidos a través de rejillas.

La sedimentación separa tanto los sólidos decantables como aquellos que flotan. Durante esta decantación primaria existe la tendencia a que las partículas floculables formen agregados, hecho que puede favorecerse con la adición de compuestos químicos. El

material que flota consiste en aceites, ceras, ácidos grasos y jabones insolubles que se conocen genéricamente como grasa.

Bueno y Gutiérrez, (2001), afirman que la sedimentación es un fenómeno natural que sustenta una de las operaciones básicas de más antigüedad en ingeniería de procesos, cuyas aplicaciones más eficientes y económicas, y cuyos más estimulantes requerimientos, tienen lugar con frecuencia en el ámbito del tratamiento de efluentes residuales.

Tipos de procesos en el tratamiento primario

La revista Ingeniería de Aguas Residuales (2009), afirma que aunque existen múltiples procesos que se pueden considerar incluidos dentro del tratamiento primario (filtración, tamizado, ciertos lagunajes, fosas sépticas, tanques Imhoff...), los principales procesos se pueden clasificar según:

- Procesos de separación sólido-líquido:
 - Sedimentación, también llamada decantación primaria
 - Flotación
 - Proceso mixto (decantación-flotación)
- Procesos complementarios de mejora:
 - Floculación
 - Coagulación (proceso físico-químico)

La decantación primaria

El objetivo de la decantación primaria es la reducción de los sólidos suspendidos de las aguas residuales bajo la exclusiva acción de la gravedad. Por tanto sólo se puede pretender la eliminación de los sólidos sedimentables y las materias flotantes.

En la decantación primaria, las partículas tienen ciertas características que producen su floculación durante la sedimentación. Así, al chocar una partícula que está sedimentando

con otra partícula, ambas se agregan formando una nueva partícula de mayor tamaño y aumentando, por tanto, su velocidad de sedimentación. En este caso, la trayectoria de la partícula en un depósito de sedimentación será una línea curva de pendiente creciente.

1.3.2 Tratamiento secundario

Para Seoanez (1995), la finalidad de este tratamiento es la reducción de la materia orgánica presente en las aguas residuales una vez superadas las fases de pretratamiento y tratamiento primario. El tratamiento secundario más comúnmente empleado para las aguas residuales urbanas consiste en un proceso biológico aerobio seguido por una decantación denominada secundaria. El proceso biológico puede llevarse a cabo por distintos procedimientos. Los más usuales son el proceso denominado fangos activos y el denominado de lechos bacterianos o percoladores. Existen otros procesos de depuración aerobia de aguas residuales empleados principalmente en pequeñas poblaciones: sistema de lagunaje, filtros verdes, lechos de turba o contractores biológicos rotativos. Son las llamadas tecnologías blandas, pero se citará a las dos primeras.

Los **fangos (lodos) activos** consiste en un proceso continuo en el que el agua residual se estabiliza biológicamente en tanques o balsas de activación, en las que se mantienen condiciones aerobias.

Los **lechos bacterianos** son tanques circulares rellenos de piedras o materiales sintéticos formando un filtro con un gran volumen de huecos, destinado a degradar biológicamente la materia orgánica del agua residual.

Según Rigola (2008) en el tratamiento secundario existen diversos procesos alternativos para el tratamiento, incluyendo el filtro de goteo, el cieno activado y las lagunas.

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.

Fango activado: Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de cieno quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de cieno activado, llamadas *floc*, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa.

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.

1.3.3 Tratamiento terciario

A cualquier tratamiento de las aguas que se realiza después de la etapa secundaria se le llama tratamiento terciario y en éste, se busca eliminar los contaminantes orgánicos, los nutrientes como los iones fosfato y nitrato o cualquier exceso de sales minerales. En el tratamiento terciario de aguas servias de desecho se pretende que sea lo más pura posible antes de ser descargadas al medio ambiente. (Barros, 2004)

Para Seoanez (1995) el tratamiento terciario es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales, pero no ha sido ampliamente adoptado por ser muy caro. Este tratamiento consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y/o la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente los fosfatos y nitratos del efluente final. El agua residual que recibe un tratamiento terciario adecuado no permite un desarrollo microbiano considerable. Algunos de estos tratamientos son los siguientes:

Adsorción: Propiedad de algunos materiales de fijar en su superficie moléculas orgánicas extraídas de la fase líquida en la que se encuentran.

Cambio iónico: Consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua a tratar por otros que forman parte de una fase sólida finamente dividida (cambiador), sin

alterar su estructura física. Suelen utilizarse resinas y existen cambiadores de cationes y de aniones. Debido a su alto precio, el proceso de intercambio iónico se utiliza únicamente en aquellos casos en los que la eliminación del contaminante venga impuesta por su toxicidad o que se recupere un producto de alto valor (eliminación de isótopos radiactivos, descontaminación de aguas con mercurio, eliminación de cromatos y cianuros, recuperación de oro, etc.).

Procesos de separación por membranas: Puede realizarse mediante membranas semipermeables (procesos de ultrafiltración y ósmosis inversa) o por membranas de electrodiálisis.

De todas formas, en la mayoría de los casos el tratamiento terciario de aguas residuales urbanas queda limitado a una desinfección para eliminar patógenos, normalmente mediante la adición de cloro gas, en las grandes instalaciones, e hipoclorito, en las de menor tamaño. La cloración sólo se utiliza si hay peligro de infección. Cada vez más se está utilizando la desinfección con **ozono** que evita la formación de organoclorados que pueden ser cancerígenos.

El tratamiento terciario es garantía de que no existe materia orgánica residual que pueda ser detectable, por lo que esta agua cumple con la norma de calidad de agua potable en lo referente a Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que es el parámetro de medición de calidad del agua, equivalente al contenido de material orgánico. (Gómez, 2004)

1.4 Tratamiento biológico de las aguas residuales

Romero (2008) señala que el tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante actividad biológica. La actividad biológica se aprovecha para remover principalmente sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas, del agua residual, mediante su conversión en gases que escapan a la atmósfera y en biomasa extraíble mediante sedimentación. La actividad biológica también se usa para remover nitrógeno y fósforo del agua residual.

Existen cuatro grupos principales de procesos biológicos: procesos aeróbicos, procesos anóxicos, procesos anaerobios y procesos combinados, aeróbicos con anóxicos o con

anaerobios. Dentro de cada grupo hay, además diferentes tipos, dependiendo de si el proceso es de crecimiento biológico suspendido, crecimiento biológico adherido o una combinación de ellos. Así mismo, dependiendo del régimen de flujo predominante, los procesos biológicos se consideran de flujo continuo o intermitente y del tipo de mezcla completa, flujo en pistón o flujo arbitrario.

En los procesos de tratamiento aerobio el tratamiento se efectúa en presencia de oxígeno. Los procesos anaerobios son aquellos en los cuales el tratamiento biológico ocurre en ausencia de oxígeno. En el proceso anóxico se remueve nitrógeno, mediante conversión de nitrato en nitrógeno gaseoso, en ausencia de oxígeno. El proceso anóxico se conoce como desnitrificación anaerobia, pero como las vías principales de conversión bioquímica no son anaerobias, sino una modificación de las vías aerobias, se considera más apropiado denominarlo proceso anóxico en vez de anaerobio.

Rodríguez, *et al.*, (2006), los denomina a los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de NO_3^- hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose, entre otros, en N_2 , elemento completamente inerte. Por tanto es posible, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación biológica de nitratos (desnitrificación)

A criterio de Raisman y Gonzales (1998), el tratamiento biológico consiste en el consumo de materia orgánica contenida en las aguas de desecho y de una parte de las materias nutritivas (nitrógeno y fósforo), por parte de los microorganismos, ya presentes en dichas aguas. Se tiene los siguientes procesos:

- a. Lodos activados: Las aguas de desecho decantadas, son sometidas a un proceso de oxidación mediante la aportación de aire atmosférico o bien enriquecido con oxígeno. A mayor aireación mayor coste y mayor mineralización de los lodos.
- b. Lechos bacterianos: Este proceso consiste en hacer circular la masa de agua de la forma más laminar posible, de modo que se desarrolla una película bacteriana denominada zooglea, que transforma las materias orgánicas del agua en presencia de oxígeno en biomasa. La película crece a medida que se consume materia orgánica y se exfolia bajo la influencia del agua que cae sobre la misma.

- c. Laguna de lodos: Cuando la topografía y el coste de los terrenos lo permita, se envía el agua a estanques poco profundos, en los que se consume la materia orgánica por algas gracias al proceso de fotosíntesis.
- d. Tratamiento anaeróbico del agua: Se utiliza frecuentemente una variante de la fosa Imhoff, o fosa de doble etapa. En ella se produce una fermentación metánica y un elevado consumo de materia orgánica por microorganismos presentes en el agua y en ausencia de aire.
- e. Fosas sépticas: La fosa séptica permite la disgregación de todas las materias sólidas biodegradables y la fermentación anaeróbica de las aguas de desecho.

La fosa séptica, a criterio de Ramírez (2000), son tanques prefabricados que permiten la sedimentación y la eliminación de flotantes, actuando también como digestores anaerobios. Su aplicación está muy extendida por todo el mundo y hoy en día se fabrica principalmente con Resinas de Poliéster Reforzados de Fibra de Vidrio. Se diseñan fosas sépticas para eliminar las aguas negras.

Los elementos básicos de una fosa séptica son: el tanque séptico y el campo de Oxidación; en el primero se sedimentan los lodos y se estabiliza la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias, en el segundo las aguas se oxidan y se eliminan por infiltración en el suelo. (Ramírez, 2000)

Para autores como Raisman y Gonzales (1998), los procesos biológicos se clasifican en:

Aerobios: Son realizados por microorganismos vivos, cuyo metabolismo tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto. Los productos finales son principalmente CO_2 y H_2O , con desprendimiento de energía, en parte empleada en la formación de nuevos microorganismos, de gran importancia en este proceso para las reacciones de síntesis.

Anaerobios: Son realizados por microorganismos cuyo metabolismo se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, pudiendo verse gravemente afectados por la presencia de este elemento. Los productos finales mayoritariamente son CH_4 y CO_2 . Las reacciones de síntesis se realizan con poca extensión lo que obliga a utilizar sistemas de retención de microorganismos.

Facultativos: Los microorganismos responsables de estos procesos (organismos facultativos) son indiferentes a la presencia de oxígeno disuelto.

Consideraciones ambientales

Romero (2008) menciona que en todo proceso biológico, los organismos se desarrollarán de manera apropiada si se les provee, básicamente lo siguiente: nutrientes suficientes, ausencia de compuestos tóxicos y condiciones ambientales apropiadas.

En general las bacterias requieren, principalmente, carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno, en menor proporción fósforo, azufre, potasio, calcio, hierro y magnesio, y como suplemento nutricional cantidades mínimas zinc y molibdeno. Comúnmente, las aguas residuales domésticas contienen los nutrientes requeridos para el crecimiento bacterial, pero algunos residuales industriales puede que no.

Muchas aguas residuales industriales contienen compuestos difíciles o imposibles de descomponer microbially, casos en los cuales hay que utilizar procesos físico-químicos para removerlos. Algunos materiales, como la lignina, solo pueden ser descompuestos por bacterias especializadas y son resistentes a la utilización biológica.

La tolerancia del crecimiento biológico bacterial y demás microorganismos a los compuestos tóxicos, como los metales pesados, es variable según la biomasa, el tipo de proceso, el grado de aclimatación, el tipo de residuos y otros factores.

En los procesos aerobios se considera de gran importancia mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto, generalmente mayor de 1mg/L. En los procesos anaerobios estrictos debe haber ausencia total de oxígeno. En todo proceso, la temperatura y el grado de mezcla son factores de gran influencia, además, para asegurar que los microorganismos crezcan se les debe permitir una permanencia en el sistema o proceso de tratamiento suficiente para su reproducción, dicho período depende de su tasa de crecimiento, la cual es función directa de la tasa a la cual utilizan o metabolizan el residuo.

La actividad metabólica depende de muchos factores ambientales, es decir de las condiciones de vida. Según la especie y tipo de organismo, los factores ambientales

aceleran, retardan o inhiben su crecimiento. Para cada factor -por ejemplo: intensidad solar, temperatura, pH, contenido de sólidos disueltos- existen límites dentro de los cuales los organismos se desarrollan apropiadamente.

En el tratamiento biológico, las enzimas o catalizadores bioquímicos son necesarios para la descomposición, y su acción es afectada por la temperatura y por el pH. En general, la mayoría de las enzimas requieren pH entre 3,5 y 9,5.

La temperatura del agua residual por tratar afecta los requerimientos de oxígeno en el proceso aerobio, la producción de lodos y el volumen que necesita el reactor biológico. La temperatura es un factor muy importante en la evaluación del rendimiento global de un proceso de tratamiento biológico, pues altera la actividad metabólica de los microorganismos, las tasas de transferencia de oxígeno y las características de sedimentación de los lodos. La temperatura máxima para una actividad biológica aerobia eficiente es del orden de 38 °C. Para el proceso anaerobio, en general, la temperatura óptima es de 32-38 °C.

Si se provee un medio ambiental adecuadamente controlado se puede asegurar una estabilización efectiva del residuo mediante el control de la tasa de crecimiento de los microorganismos.

1.5 Influencias en el medio receptor de las aguas residuales

Según Rigola (2008) las consecuencias que acarrearán los vertidos son:

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.

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 de 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.

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.

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.

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 afecta directamente a los seres vivos, etc.

En la concepción clásica del problema de la polución del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella.

El retorno de las aguas tratadas a los ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

1.6 Plantas de tratamiento de aguas residuales

Rigola (2008) plantea que 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.

Funcionamiento de una depuradora

El agua sucia se vierte al alcantarillado por industrias y zonas urbanas. El agua llega a la estación depuradora a través de un sistema de colectores. El tratamiento se inicia en el bombeo de entrada, donde el agua es impulsada a una cota que le permitirá circular por diferentes elementos de la planta.

Unas rejas de desbaste retienen la suciedad sólida más gruesa, es así que la operación se repite con tamices más espesos, que forman el desbaste de finos. El pretratamiento continúa y acaba en el desarenador-desengrasador, donde, por procesos mecánicos, se hunden las arenas y flotan las grasas. En casos de fuertes contaminaciones industriales, se añaden coagulantes químicos y se produce la floculación: ello favorece la decantabilidad de la materia en suspensión. Rodríguez, *et al.*, (2006) afirma que la coagulación-floculación es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.)

El siguiente paso consiste en separar por medios físicos las partículas procedentes de la descomposición de la masa sólida (detrito) en el decantador primario, en cuyo fondo se pretende depositen los fangos primarios. La carga contaminante restante se elimina por medio biológicos, ya que determinadas bacterias se alimentan de la materia orgánica, tanto disuelta como en suspensión. Para ello, se necesita un depósito llamado reactor biológico y una aportación de oxígeno. Por su peso, los biosólidos formados en el reactor se depositan en el fondo del decantador secundario y así se separan del agua. El agua ya limpia retorna a la naturaleza y continúa su ciclo.

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, para Romero (2008), depende principalmente de:

- Las características del agua cruda
- La calidad requerida del efluente
- La disponibilidad del terreno
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento.

- La confiabilidad del sistema de tratamiento
- La factibilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

La mejor alternativa de tratamiento se selecciona con base en el estudio individual de cada caso, de acuerdo con las eficiencias de remoción requeridas y con los costos de cada una de las posibles soluciones técnicas.

Según el grado de complejidad y tecnología empleada, las Estaciones regeneradoras de aguas residuales se clasifican como:

- a) **Convencionales.** Se emplean en núcleos de población importantes y utilizan tecnologías que consumen energía eléctrica de forma considerable y precisan mano de obra especializada.
- b) **Tratamientos blandos.** Se emplean en algunas poblaciones pequeñas y alejadas de redes de saneamiento. Su principal premisa es la de tener unos costos de mantenimiento bajos y precisar de mano de obra no cualificada. Su grado de tecnificación es muy bajo, necesitando poca o nula energía eléctrica.

1.7 Metodología de análisis, síntesis y diseño de procesos de tratamiento de aguas residuales

Según Romero (2008) el tratamiento de aguas residuales abarca un escenario muy amplio de problemas porque incluye una gran variedad de afluentes y unos requisitos de efluentes y de métodos de disposición muy diferentes.

El tratamiento de aguas residuales incluye tratamiento de agua de una sola residencia, de aguas residuales de condominios y urbanizaciones, de aguas residuales de alcantarillados municipales combinados, así como de aguas grises, negras e industriales de procesos de manufactura con calidades muy específicas y variables según el proceso del cual provienen.

El determinante más importante en la selección del sistema de tratamiento lo constituyen la naturaleza del agua residual cruda y los requerimientos de uso o disposición del efluente.

La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, cinco etapas principales:

- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento.
- Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos, incluyendo la selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño y la comparación de costos de las alternativas propuestas.
- Diseño detallado de la alternativa de costo mínimo.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento del sistema construido.

Las condiciones óptimas de operación y mantenimiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales dependen de las características físicas, sociales y económicas prevalentes en el sitio de localización de la planta, las cuales deben tenerse en cuenta al definir el diseño del sistema, porque ellas establecen la confiabilidad, flexibilidad, requerimientos de personal técnico, grado de automatización y control de proceso, y costos de la operación y mantenimiento.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales de diseño y eficiencia excelente, pero con costos de operación y mantenimiento tan altos que su propietario no tiene capacidad de sufragar, es mejor no construirlo. La experiencia indica que el costo inicial y los costos de operación y mantenimiento constituyen el factor primordial al adoptar una solución de control de contaminación hídrica exitosa. Por otra parte, un sistema de tratamiento de baja confiabilidad no garantiza la producción de un efluente de la calidad requerida y convierte la operación del sistema en un problema que obliga a poner atención y destinar recursos excesivos a esta actividad. La disponibilidad de personal técnico altamente calificado y de suficientes recursos económicos es prerequisite para la adopción de diseños con equipos

mecánicos complejos, consumos permanentes de energía y niveles de control y automatización altos. Finalmente, la flexibilidad de los procesos para aceptar modificaciones futuras, que aseguren una optimización factible, mediante la adición de equipos o tecnología innovadora, es un factor de gran influencia sobre el diseño. En resumen, los principales factores de importancia en la selección de procesos y operaciones de tratamiento son los siguientes:

- Factibilidad: El proceso debe ser factible y por consiguiente compatible con las condiciones existentes de dinero disponible, terreno existente y aceptabilidad del cliente o de la comunidad propietaria del mismo.
- Aplicabilidad: El proceso debe ser capaz de proveer el rendimiento solicitado, es decir, estar en capacidad de producir un efluente con la calidad requerida para el rango de caudales previsto.
- Confiabilidad: El proceso debe ser lo más confiable posible, esto es, que sus condiciones óptimas de trabajo sean difíciles de alterar, que tenga capacidad de soporte de cargas y caudales extremos y mínima dependencia de tecnología u operación compleja.
- Costos: El proceso ha de ser de costo mínimo. La comunidad o el propietario debe estar en capacidad de costear todos los compuestos del sistema de tratamiento, así como su operación y mantenimiento.
- Características del influente: Estas determinan la necesidad de pretratamiento primario o tratamiento secundario, tipo de tratamiento (físico, químico, biológico o combinado), necesidad de neutralización o de igualamiento, así como el tamaño, cinética y tipo de reactor.
- Procesamiento y producción de lodos: La cantidad y calidad del lodo producido determina la complejidad del tratamiento requerido para su disposición adecuada. Procesos sin problemas de tratamiento y disposición de lodos son los ideales. Para Mahamud, *et al.*, (1996), la producción de lodos por parte de una instalación de

depuración de aguas residuales es una consecuencia inherente al funcionamiento de la misma.

- Requerimientos de personal: Procesos sencillos requieren menos personal, menor adiestramiento profesional y por tanto son más ventajosos.

Para proveer la ejecución de dichas etapas, se requiere el aporte de profesionales de la ingeniería química, microbiología, geología, arquitectura, ingeniería ambiental y sanitaria y por supuesto de la economía. Sin embargo, el papel principal lo desempeñan el ingeniero ambiental y de saneamiento ambiental, responsables de la propuesta del sistema y del diseño del sistema de tratamiento respectivamente, y de quienes depende el éxito del proyecto propuesto.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y METODOS.

El presente capítulo trata a cerca de la descripción de los materiales y métodos que se emplearon para la realización del proyecto de investigación, también se explica cada uno de los métodos para la elaboración del marco teórico y de la investigación misma para dar cumplimiento a los objetivos planteados. Además en este capítulo se reflejan los métodos y las técnicas que se emplearon para el análisis y el procesamiento de la información.

El proceso metodológico seguido para llevar a cabo la recopilación y el procesamiento de la información que se realizan en este trabajo aparecen reflejados de forma resumida en la Figura 2.1.



Figura 2.1 Proceso metodológico de la investigación

2.1. Modalidad básica de investigación:

Investigación de campo: Por cuanto la investigación se realiza en el lugar de los hechos. Se considera a la población del sector denominado Centro Agrícola quienes indirectamente contaminan al río Puyo ya que no existe un tratamiento adecuado para los residuales domésticos que se generan.

En esta investigación se ponen de manifiesto los siguientes niveles de investigación.

Exploratoria: La investigación es exploratoria puesto que se realiza un proceso investigativo enfocado en diagnosticar la situación actual en la que viven los pobladores del sector Centro Agrícola.

Descriptiva: La investigación es de tipo descriptiva ya que se va a realizar un estudio que consiste en describir el sistema de tratamiento más idóneo a implementar para las aguas residuales domésticas del sector Centro Agrícola, es decir permite observar y describir la situación real del problema a investigar.

2.2. Métodos empleados

En el presente proyecto investigativo se utilizan tanto métodos teóricos como empíricos.

Métodos Teóricos: Son aquellos que permiten conocer las relaciones más importantes del objeto estudio de la investigación en este caso de la urbanización Centro Agrícola. Son de suma importancia porque a partir de ellos se logra la comprensión de los hechos y para formular la hipótesis de investigación.

Métodos Empíricos: Se los llama de esta manera porque su fundamentación viene dada en la percepción directa del objeto de investigación o percepción sensorial del problema permitiendo efectuar el análisis preliminar de la información, así como verificar y comprobar las concepciones teóricas. Se emplean como punto de partida para todo tipo de investigación en la cual el investigador recaba información que le ayuden en el desarrollo de su proyecto investigativo.

2.2.1. Métodos Teóricos

A continuación se especifican los diferentes métodos teóricos que se utilizaron para la elaboración del proyecto investigativo

Histórico: A través de este método se llega al conocimiento científico de los hechos, fenómenos o sucesos actuales analizándolos desde su origen o desde las fases previas de su desarrollo en comparación con las características que se suscitan en la actualidad de tales hechos. Sirve para la evaluación de los problemas existentes, los que se van sucediendo y el comportamiento de las distintas etapas de la investigación.

Dialéctico: Se usa para mostrar o señalar las contradicciones existentes en el campo investigado, utilizándose para impulsar la investigación, es decir, identificación de los problemas ambientales en la zona objeto de estudio y dentro de estos problemas el más relevante o importante es el de la falta de un sistema de tratamiento de los residuales domésticos. Para enfrentar a este problema surgen acciones como por ejemplo el tratamiento in situ como es el de los tanques sépticos y pozos de infiltración.

Genético: Este método sirve para determinar las partes del problema y ayuda a definir con exactitud la situación ambiental actual del área objeto de estudio y promueve las bases para implementar acciones que ayuden a mitigar los problemas de contaminación en este caso de las aguas, como lo es un sistema de tratamiento de residuales domésticos ajustados al área de terreno disponible.

Sistémico estructural: Se utiliza para caracterizar el problema, determinar todos los elementos que contribuyan a la ocurrencia del problema, siendo la inadecuada disposición de las aguas residuales domésticas que son transportadas por un afluente que desemboca al río Puyo, el principal problema del área objeto de estudio.

Inductivos – Deductivos: Se lleva a cabo una minuciosa revisión bibliográfica sobre el tema, sea en internet, libros y revistas que contengan información relevante y que tributen a la realización del proyecto investigativo.

2.2.2. Métodos Empíricos

Para la realización del diagnóstico de la situación actual del sector Centro Agrícola de la ciudad de Puyo, en el proyecto investigativo, se aplicó el método descriptivo o de observación, el experimental, la encuesta y el estadístico, así como la toma de fotografías para ilustrar los problemas encontrados.

Método Descriptivo o de Observación: El tipo de observación en el caso del presente proyecto investigativo es directa puesto que consiste en interrelaciones de manera directa con el medio y con la gente que lo forman para realizar los estudios de campo.

Método Experimental: Se emplea para medir el comportamiento de los niveles de contaminación que se aportan al estero que descarga sus aguas al río Puyo para lo que se establece un punto de muestreo (punto 1) 10 m. aguas arriba de la descarga y el punto de muestreo 2 (punto 2) 10 m aguas abajo del punto de descarga al estero.

Método Estadístico: Este método particular, se utiliza para recopilar, elaborar e interpretar los datos numéricos por medio de la búsqueda de los mismos y de su posterior organización, análisis e interpretación. Los resultados obtenidos en la encuesta en la cual se recaba información socioeconómica y ambiental aplicada a los pobladores del sector fueron analizados en el programa Excell (2003).

También se realizará el método de Kendall o de los expertos, para ello se realizará un listado de los principales problemas ambientales y se consultará a 10 personas conocedoras de la zona objeto de estudio quienes deben asignar valores de acuerdo a su criterio en orden de importancia de los problemas ambientales que se presentan en la zona

Método de Encuesta: Se emplea el método de cuestionario a los habitantes de la zona. El tipo de encuesta es de hechos porque este tipo de encuestas está formado por preguntas que requieren respuestas de hechos concretos, previamente determinados.

Al existir 16 viviendas ocupadas permanentemente en el sector la encuesta se dirige al total de esta población sin ningún tipo de muestreo. El cuestionario se muestra en el anexo 1.

2.2.3. Descripción del proceso metodológico

2.2.3.1. Caracterización de la zona

La urbanización Centro Agrícola en el sector Paico es parte del barrio La Unión de la ciudad de Puyo perteneciente al cantón Pastaza y a su vez a la provincia del mismo nombre. Se encuentra ubicada al sureste de la ciudad, a 2 km. del centro de la ciudad en la vía Puyo Macas.

Límites:

- Norte -----Lotización de los militares en servicio pasivo
- Sur -----Carretera vía Puyo-Macas
- Este -----Predios de la Sra. María Guangana
- Oeste -----Lotización de los militares en servicio pasivo y río Puyo.

Antecedentes

En la década del 90 estos terrenos pertenecían al Ministerio de agricultura y ganadería (MAG) en el cual se desarrollaban actividades agroproductivas a nivel de huertos e invernaderos en los cuales se producían productos de la zona y otros de la serranía como col, cebolla, tomate, rábano, etc.

Los campesinos de la provincia de Pastaza a través de reuniones del gremio gestionan mediante sus altos dirigentes la compra o adjudicación de estos terrenos para tener un predio donde asentarse temporalmente con sus familias, pues la mayor parte del tiempo se dedican a sus trabajos en sus respectivas fincas localizadas en las vías de la provincia de Pastaza.

Su lucha por varios años les permitió contar con un terreno donde vivir y en el año 2003 se les otorga una extensión considerable de terreno para cubrir sus aspiraciones.

Extensión superficial: 10 ha.

Hidrología: Pertenece a la subcuenca del río Puyo.

Hidrografía: Existe un pequeño drenaje en la urbanización que recorre en dirección este-oeste y va a desembocar sus aguas al río Puyo.

Suelo: Arcillo limoso.

Vegetación: Predominan los pastos en la zona norte. En la zona sur de la urbanización se encuentran aislados bosques naturales además de maleza compacta.

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 de mariposas, aves, insectos.

Existe la presencia de un estero del que se puede manifestar lo siguiente:

- **Régimen:** laminar.
- **Color:** El agua en los días de la observación se presenta cristalina.
- **Presencia de algas:** Existe
- **Presencia de peces:** No se pudo observar en el momento de la observación

Condiciones climáticas (Ciudad de Puyo): clima cálido y húmedo

Además aparecen otras características climáticas citadas en Ledesma (2004) que a continuación se detallan:

Precipitaciones: 4 247 mm.

Temperatura máxima: 27 ° C.

Temperatura mínima: 17 ° C.

Temperatura media: 22 ° C.

Promedio anual de nubosidad: 7/8.

Horas de sol: 23 % del día = 1 017 horas al año promedio.

Humedad estimada: 89 %.

Vientos: leves y moderados.

2.2.4. Caracterización socio-demográfica de la población

La urbanización cuenta con 25 viviendas, de las cuales 16 están habitadas, mientras que las 9 restantes están desocupadas o en proceso de construcción. En su mayoría las viviendas son de madera, solo existen 2 viviendas de cemento. Recientemente se le está dotando del servicio de electrificación y se puede notar la pobreza en la que viven algunos de sus moradores, además es preocupante el hecho que las aguas residuales de las viviendas fluyan por el suelo, siendo un foco infeccioso para la diseminación de vectores transmisores de enfermedades.

Los terrenos tienen dimensión de 10 x 20 metros cuadrados. Existe una calle principal de superficie lastrada y cinco calles secundarias en las que se asientan las viviendas. Existe un riachuelo el cual transporta los vertidos de residuales provenientes de las viviendas del sector, residuales que son conducidos por pequeñas cunetas ya que no se cuenta con alcantarillado.

Una caracterización de la composición de la población aparece reflejadas en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3.

Tabla 2.1 Caracterización de la población según el tipo de propiedad, número de habitantes por vivienda, tiempo de residencia e ingresos mensuales por vivienda.

Vivienda	Tipo de propiedad			No. Habitantes	Tiempo de residencia (años)	Ingresos percapitas (\$/mes.persona)
	Propia	Alquilada	Prestada			
1			X	7	1	42,86
2	x			4	3	75,00
3	x			6	3	50,00
5	x			7	1	57,14
7	x			4	2	125,00
8	x			3	3	100,00
9	x			4	1	150,00
10	x			3	2	100,00
11	x			4	1	75,00
13	x			3	3	200,00
14	x			2	2	200,00
15	x			5	3	120,00
16	x			2	3	200,00
17	x			2	3	200,00
22	x			3	3	100,00
25	x			4	3	100,00
Total				63		

Fuente: Encuestas realizadas por el autor.

La numeración de las viviendas se presenta de esta manera considerando que en el sector objeto de estudio existen un total de 25 viviendas de las cuales 16 están ocupadas. (Ver anexo 2). El resto de viviendas se encuentran en proceso de construcción o desocupadas, sin embargo se pudo recoger información de éstas que aparece reflejada en el anexo 3.

Se puede apreciar en la Tabla 2.1 que del total de familias que residen en el sector solo tres de ellas logran cubrir el costo de la canasta básica familiar ecuatoriana que se ubica por los 520 dólares al mes, tal es el caso de las familias de las viviendas 9, 13 y 15. También se pudo notar que existen familias en las que los miembros viven con menos de dos dólares al día como es el caso de las viviendas 1, 3 y 5 estando cerca de vivir bajo el

umbral de la pobreza que son aquellas personas que subsisten con menos de un dólar al día (Vázquez y Saltos, 2005).

El PNUD, (2005) al hablar de calidad de vida, manifiesta que está se alcanza con la satisfacción de necesidades tangibles como ingresos per cápitas, obras físicas, servicios básicos, y otras intangibles como calidad ambiental y salud.

De acuerdo a la observación detallada de la zona objeto de estudio se puede afirmar que los pobladores no tienen una buena calidad de vida, debido a la falta de servicios básicos como agua potable, alcantarillado y por contar con un estero que se encuentra contaminado producto de las aguas residuales de las viviendas.

Al referirse al Índice de Desarrollo Humano (IDH) como indicador que cubre tres dimensiones del bienestar humano: el ingreso, la educación y la salud el país se ubica en el puesto 100, con un IDH de 0,735, dentro de aquellos países con IDH medio (PNUD, 2004).

Tabla 2.2. Composición de la población según rango de edad y sexo.

Rango de edad (años)	No. de habitantes	% del total	Sexo	
			M	F
Niños (0 – 12)	25	39,68	16	9
Adolescentes (13 -18)	5	7,94	4	1
Adultos (19 – 65)	31	49,20	16	15
Adultos mayores (>65)	2	3,18	1	1

Fuente: Encuestas realizadas por el autor.

En su mayoría la población del sector está constituida por personas adultas con un 49,20 % del total, seguida por la población infantil, con un 39,68 % y en menor escala por adultos mayores con el 3,18 %.

Tabla 2.3. Composición de la población según el nivel de instrucción.

Nivel escolar	No. de habitantes	% del total
Ninguna	4	12,12
Primaria	2	6,06
Secundaria	27	81,81
Superior	0	0

Fuente: Encuestas realizadas por el autor.

Nota: Para la confección de la tabla anterior se trabaja con la población adulta, es decir con los mayores a 18 años. Cabe recalcar que el total de los niños y adolescentes en edad escolar se encuentran estudiando actualmente.

En su mayoría la población del sector cuenta con instrucción secundaria con un 82 %, seguida por aquellos que no tienen ninguna instrucción con un 12 %. Le sigue aquellos que han recibido instrucción primaria con un 6 %. En este sector no existen al momento personas con instrucción superior.

2.2.5. Metodología para la realización del diagnóstico

El diagnóstico ambiental del sector Centro Agrícola inicia con un estudio de tipo exploratorio ya que no existe mucha información respecto a este lo que hizo necesario conformar primeramente una guía y ficha de observación (ver anexo 4) en la cual se detallan los aspectos más relevantes de lo encontrado en el sector.

El diagnóstico se realiza mediante una descripción completa en la zona en estudio y del estero que conduce las aguas residuales del sector. El mismo se estructura a partir de una lista de control de parámetros de los medios físico-químico, biótico, cultural y socioeconómico.

En el medio físico-químico se incluyen aspectos principales como son los suelos, la geología, la topografía, los recursos hídricos superficiales, la calidad del agua, la calidad del aire y la climatología.

En el medio biótico se refiere a la flora y fauna del área.

En el medio cultural se incluye los recursos estéticos tales como la calidad visual.

En el medio socioeconómico se refiere a una variedad de aspectos relacionados con el ser humano y el medio, en el que se incluyen el crecimiento demográfico, niveles de escolaridad, la distribución de la población en la zona en estudio, indicadores económicos del bienestar humano, el abastecimiento de agua y demás servicios básicos tales como alumbrado público, alcantarillado, recolección de residuos sólidos, instalaciones médicas.

Cabe recalcar que los medios físico-químico y biótico son los denominados medio natural o medio biofísico, mientras que los medios cultural y socioeconómico representa el medio humano.

Otro paso en el diagnóstico es seleccionar los diferentes puntos de muestreo para la toma de muestras de agua y su posterior análisis en los laboratorios seleccionados, en lo referente a parámetros como DBO, coliformes totales, oxígeno disuelto, ph, sólidos totales disueltos y absorbancia.

Para la realización del diagnóstico ambiental se efectúan encuestas entre los habitantes de la localidad con el fin de detectar los problemas ambientales a partir de las apreciaciones de lo encuestados quienes son los que viven en carne propia los defectos y/o virtudes de sus hábitats. En el presente proyecto se trabaja con la totalidad de la población y se considera como unidad muestral a la vivienda. 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.

Como parte importante del diagnóstico se presenta un testimonio gráfico de la zona con el fin de compilar la información necesaria del lugar.

2.3. Definir el orden de prioridad de los problemas ambientales que se presenta en la zona

Para definir el orden de prioridad de los problemas presentes en la zona se utiliza el criterio de expertos o método de Kendall (Orozco, 2007) método que a continuación se expone:

Este método consiste en unificar los criterios con el uso de herramientas estadísticas de un grupo de especialistas con conocimiento del tema sometido a estudio, de manera que cada integrante del panel pondere según el orden de importancia las características que cada cual entiende a criterio propio.

Para cumplimentar esta tarea se siguen los siguientes pasos:

- Selección del panel de expertos.
- Diseño y aplicación de las encuestas a valorar por el panel.
- Determinación del grado de concordancia de los expertos.
- Cálculo del coeficiente de ponderación.
- Análisis de los resultados obtenidos.

2.3.1. Selección del panel de expertos

El panel de expertos utilizado se caracteriza por ser todos especialistas de reconocido prestigio y conocedores del tema, con 15 o más años de experiencias, en su totalidad son: investigadores, docentes y técnicos de la producción, una caracterización de los mismos aparece en el anexo 5.

2.3.2. Diseño y aplicación de la encuesta

El objetivo fundamental de la misma es determinar el grado de importancia que cada miembro del panel da a cada uno de los problemas bajo estudio, que fueron detectados durante el proceso de diagnóstico y centrar la atención para la futura investigación en aquellos que son más importantes. La encuesta aplicada al panel de expertos, como su texto de encabezamiento aparece a continuación.

La presente encuesta tiene como fin recabar información necesaria para la realización del trabajo investigativo, a fin de conocer el criterio de expertos que emitirán el orden de importancia según consideren a los problemas encontrados en la zona en estudio.

Llenar la siguiente encuesta considerando que al problema más importante encontrado en el sector se le asigne el valor 7, disminuyendo el mismo de forma tal que el que usted considere que tenga la menor importancia tomará el valor 1.

Tabla 2.5 Encuesta enviada al panel de expertos.

K	Principales problemas que se presentan	Valor Asignado
1	Consumo de agua sin potabilizar	
2	Carencia de sistema de alcantarillado	
3	Tratamiento deficiente de residuales domésticos	
4	Afectaciones en la salud de la población	
5	Falta de educación ambiental en la población	
6	Falta de recolección de residuos sólidos	
7	Deforestación en la zona.	

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Determinación del grado de Concordancia entre los expertos

A partir de los resultados de la encuesta, se hace necesario determinar el grado de concordancia entre los expertos, para lo cual se utiliza el coeficiente de Kendall (W) que responde a la siguiente expresión:

$$W = \frac{12 S}{m^2 (K^3 - K)} \quad Ec \ 2.1$$

Donde:

$$S = \sum_{i=1}^K \left[R_i - \frac{\sum R_i}{K} \right]^2 = \sum_{i=1}^K \Delta^2 \quad Ec \ 2.2$$

S – Suma de cuadrados de las desviaciones observadas de la media.

R_i – Suma de criterio de los expertos con relación al factor i.

K – Número de factores investigados.

m – número de expertos

El coeficiente W toma valores entre 0 y 1. Si toma valor 0 indica que existe una total discrepancia entre los miembros del panel, contrariamente si alcanza valor 1 se establece

una concordancia perfecta entre éstos. En la práctica esto apenas ocurre, obteniéndose valores intermedios por lo que se hace necesario utilizar una prueba de hipótesis que permita predecir si es significativa o no la concordancia entre los expertos. Se debe señalar que cuando $W > 0,5$ no es necesario realizar la prueba de hipótesis y se puede plantear que existe concordancia entre los expertos.

2.3.4. Cálculo del coeficiente de Ponderación

Una vez aprobada la significación de la concordancia, se calcula el coeficiente de ponderación para cada variable.

$$K_i = \frac{R_i}{\sum R_i} \quad Ec2.3$$

La sumatoria de las K_i debe ser igual a uno.

2.4. Análisis realizados. Técnica de muestreo

Para determinar el nivel de contaminación que aporta la comunidad al estero, se consideran los siguientes puntos de muestreo:

1. Punto 1: Ubicado en el estero a 10 m. aguas arriba del punto de descarga de los residuales.

2. Punto 2: Ubicado en el estero a 10 m. aguas abajo del punto de descarga de los residuales.

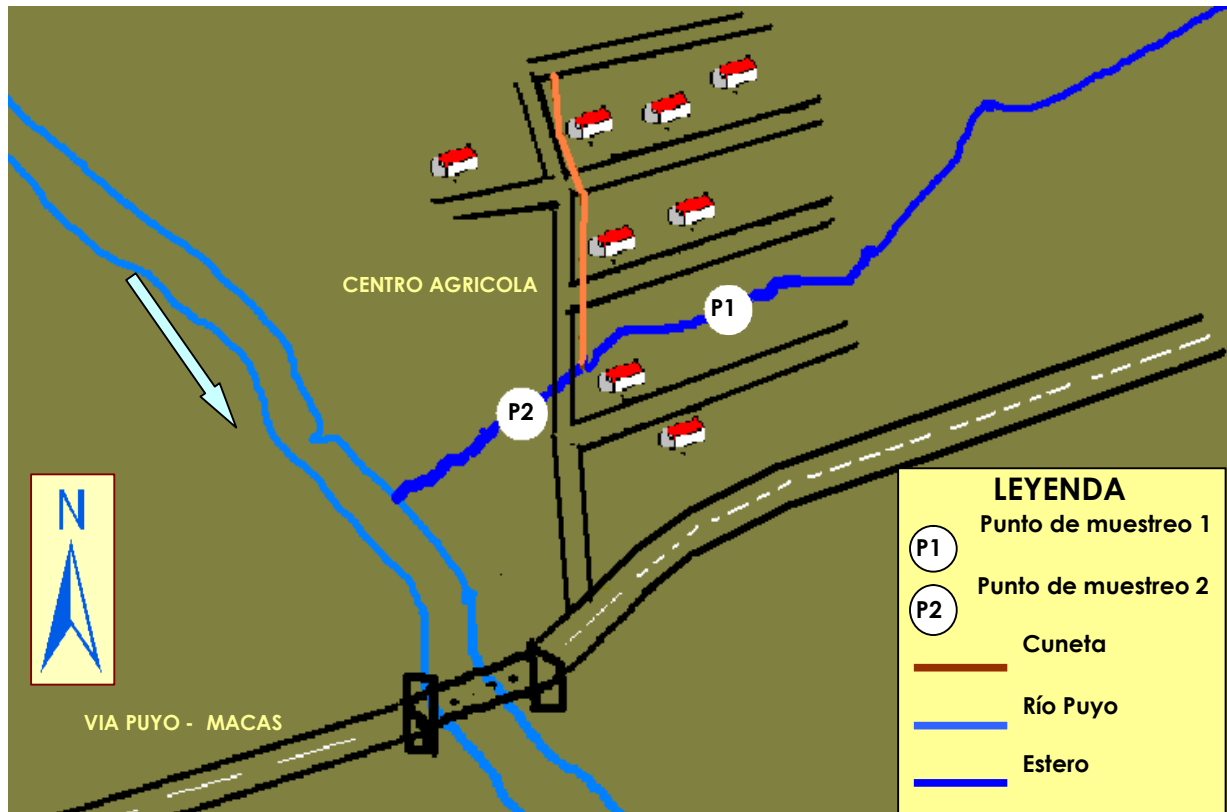


Figura 2.1. Localización de los puntos de muestreo

2.4.1. Procedimiento para la toma de muestras

Ya definidos los puntos de muestreo, y con todos los materiales para tomar las muestras se procede de la siguiente forma para todos y cada uno de los puntos de muestreo:

1. Con la ayuda de un recipiente totalmente estéril se toman las muestras (1000 ml) las mismas se conforman a partir de submuestras de 200 ml tomadas con intervalo de 15 minutos cada una, para ello se sumerge el frasco colector en el estero cuidando que la boca del mismo siempre se encuentre en sentido contrario a la corriente de este y sin manipularlo por ese lugar en ningún momento. A su vez la submuestras fueron conformadas de cuatro lugares diferentes del estero, en línea recta de orilla a orilla, prefiriendo los lugares de mayor turbulencia.

2. Una vez conformadas las muestras se guardan en un cooler para ser llevados lo más pronto posible al laboratorio para realizar los análisis respectivos.
3. Este procedimiento se repitió durante nueve días de muestreo.

2.4.2. Parámetros a analizar en cada muestra

Las muestras tomadas se enviaron a los Laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), localizada en la ciudad de Riobamba y a los de la Universidad Estatal Amazónica, para su respectivo análisis, los cuales se enumeran a continuación:

Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO₅)*: Es un parámetro que sirve para medir la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. El método se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. Normalmente se mide transcurridos 5 días (DBO₅) y se expresa en mg O₂/l.

Es un método aplicable en aguas superficiales continentales (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica.

Coliformes totales*: No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo y los *coliformes fecales*, aquellos de origen intestinal.

Oxígeno disuelto*: El Oxígeno disuelto sirve para indicar el grado de frescura o ranciedad de las aguas. Este depende de factores como la presión y la temperatura, estos actúan sobre el oxígeno disuelto en función de una menor temperatura y a mayor presión se aumenta la solubilidad.

El Oxígeno disuelto es un parámetro indicador del estado del agua en cualquier momento y como variables de gran peso al momento de realizar análisis de grado de solución de aguas residuales Se expresa en mg/l (ppm).

pH: Es un indicador de la acidez de una sustancia, en este caso del agua. Está determinado por el número de iones libres de hidrógeno (H^+) en el agua. Además sirve como indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua.

Temperatura: Este parámetro afecta un número importante de procesos que definen la calidad del agua:

- a) La velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas se incrementa considerablemente con el aumento de la temperatura.
- b) La solubilidad de gases decrece y la solubilidad mineral aumenta con la temperatura.
- c) Las tasas de crecimiento y respiración de organismos acuáticos aumentan o disminuyen con la temperatura.
- d) Las descargas de agua caliente aumentan la temperatura de las aguas residuales de las corrientes donde se vierten

Absorbancia: En espectroscopía, la absorbancia o absorbencia () es definida como, donde es la intensidad de la luz con una longitud de onda específica y que es pasada por una muestra (intensidad de la luz transmitida) y es la intensidad de la luz antes que entre a la muestra (intensidad de la luz incidente). En otras palabras es la capacidad que posee una sustancia en este caso el agua de dejar pasar o absorber los rayos solares.

Conductividad eléctrica: Se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), microSiemens/cm (μ S/cm), o miliSiemens/cm (mS/cm).

*Estos análisis solo se realizaron en una ocasión y en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). El resto se analizó durante nueve días tomados de forma aleatoria y fueron realizados en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica.

2.5. Metodología para la valoración del impacto ambiental sobre el estero

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:

$$ICA = K \sum (C_i P_i) / \sum P_i \quad \text{Ec 2.4}$$

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 6.a y 6.b del anexo 6.

Los valores del ICA estarán comprendidos entre 0 y 100 % y los de CA entre 0 y 1 donde uno representa un medio de óptima calidad sin afectaciones y 0 un medio totalmente afectado.

Los valores de CA pueden ser obtenidos a partir de los valores del ICA en el gráfico que aparece en el anexo 7.

2.6. Determinación de la capacidad de infiltración del terreno

Mediante el ensayo de infiltración se define si el terreno es adecuado para un sistema de percolación o no.

1. Se realizan en el área propuesta tres ensayos, con los huecos espaciados uniformemente.
2. Los huecos deben ser de 150 mm (100 a 300 mm de dimensión horizontal) excavados hasta la profundidad propuesta para el sistema de absorción (profundidad mínima de 600 mm). En el fondo se colocan 50 mm de grava de 12 a 19 mm de diámetro, como capa de protección, y se remueve todo el material suelto del hueco para proveer así una superficie de contacto de suelo natural a través de la cual se infiltre el agua.
3. Se llena el hueco con 300 mm de agua como mínimo. Esta profundidad se mantiene por lo menos durante cuatro horas y preferiblemente durante una noche para empapar el suelo y obtener resultados satisfactorios de percolación.
4. Se ajusta el nivel del agua a 150 mm sobre la grava y se mide la caída del nivel, a intervalos de 30 minutos, con una aproximación de dos milímetros. Se hacen mínimo tres lecturas, y después de la lectura se reajusta el nivel del agua a 150 mm sobre la grava. Si la tasa de percolación es muy rápida se hacen lecturas cada diez minutos durante una hora. Para el cálculo se usa la última lectura.
5. Cálculo. Por ejemplo si la última lectura es de 16 mm en 30 minutos, la tasa de percolación será:

Tasa de percolación = $30/16 = 1,9$ min/mm.

El área necesaria de infiltración se calcula con base en los resultados de la prueba de infiltración y la tasa de aplicación correspondiente, de acuerdo con los valores de la tabla 8.a del anexo 8.

Los comentarios concernientes al análisis de sistemas de tratamiento para residuales domésticos, así como la propuesta del sistema de tratamiento más adecuado para la zona en estudio se abordan en el capítulo 3.

CAPITULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se ofrecen los diferentes resultados obtenidos del proceso investigativo y su correspondiente discusión. Entre ellos se encuentran los referentes a: el diagnóstico ambiental, jerarquización de los problemas ambientales que presenta la comunidad, así como los resultados de las encuestas aplicadas a la población residente en la zona objeto de estudio. Además en este capítulo se analizan los posibles tratamientos para residuales domésticos considerando aquellos que son propicios a implementar dadas las características del lugar.

3.1. Diagnóstico ambiental: Problemas encontrados

Para la realización del diagnóstico se usan como herramientas fundamentales, la observación, la encuesta, consulta con pobladores y uso de testimonios gráficos.

Del diagnostico realizado se pudo detectar que los principales problemas ambientales en la zona objeto de estudio se pueden resumir en los siguientes:

3.1.1. Consumo de agua sin potabilizar: Mediante dialogo directo con los moradores se pudo conocer que existen serios problemas de parasitismo, pues no se cuenta con el servicio de agua potable por parte del Municipio de Pastaza. La única forma de abastecerse del líquido vital es por la lluvia y por la compra de botellones de agua. Se manifiesta que el 75 % de los habitantes consume para beber agua tratada (embotellada) y el resto usa agua de lluvia para este fin. A pesar de ello al ser encuestados las personas que no consumen agua tratada sobre que tratamiento le dan al agua de consumo, el 100 % de ellos manifiesta que la trata, tal como se muestra en la Figura 3.1

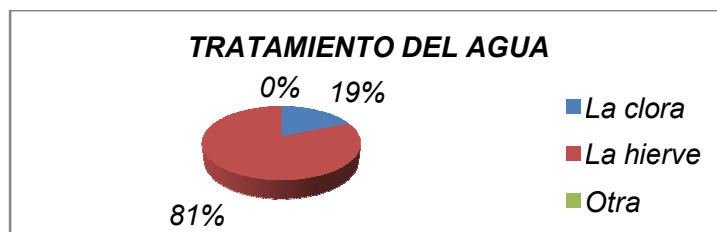


Figura 3.1 Porcentaje de habitantes que trata el agua de consumo de acuerdo al tipo de tratamiento.

Para otras actividades como son: tareas domésticas, lavado de ropa, aseo personal, elaboración de alimentos, se usa agua de lluvia recolectada en embases de diferentes características (Ver anexo 9).

3.1.2. Carencia de sistema de alcantarillado: Este problema se traduce directamente en un impacto sobre la salud de la población pues al no disponer de un sistema de alcantarillado para el traslado de las aguas servidas, estas recorren a la intemperie toda la comunidad, siendo un foco infeccioso para la diseminación de enfermedades por la presencia de vectores transmisores sobre todo a los niños que son más propensos por el contacto directo con el fluido. A su vez la falta de sistema de alcantarillado produce enorme impacto al agua del río Puyo por el vertimiento de aguas residuales domésticas a cunetas que fluyen sin ningún sistema de conducción o alcantarillado y que van a dar a un estero el cual desemboca al río Puyo, alterando la composición del agua del río y acentuando su contaminación. En la Figura 3.2 se puede apreciar como las aguas residuales fluyen por la superficie del suelo.



Figura 3.2. Aguas residuales sobre la superficie del suelo.

3.1.3. Tratamiento deficiente de residuales domésticos: Si bien es cierto que en algunas viviendas se cuenta con sistemas de tratamiento para residuales domésticos mediante la utilización de pozos sépticos, debe señalarse que estos están contruídos

artesanalmente y sin ningún criterio que justifique su diseño. Además no se cuenta con un tratamiento final para el efluente de estos pozos.

El 40 % de las viviendas cuenta con pozos sépticos como sistema para el tratamiento de residuales domésticos y el resto solo usa letrinas. En las figuras 3.3 y 3.4 se aprecia tanto una letrina como un pozo séptico en la zona objeto de estudio.



Figura 3.3 Vista exterior e interior de una letrina sin sistema de tratamiento alguno.



Fig. 3.4 Combinación de servicio sanitario con pozo séptico con sistema de tratamiento.

3.1.4. Afectaciones en la salud de la población: Al ser esta una zona con excesiva humedad ambiental los pobladores manifestaron haber presentado una serie de enfermedades de tipo respiratorias especialmente gripe y tos. Además por no contar con el servicio de agua potable la población manifiesta problemas gastrointestinales, diarreas y parasitismo. También se presentan problemas dérmicos en algunos pobladores,

fundamentalmente por picaduras de insectos que se reproducen con facilidad en las aguas servidas que fluyen por la superficie del suelo convirtiéndose en el hábitat ideal para estos. En las figuras 3.5 y 3.6 se ilustra que miembros de la familia son los que con mayor frecuencia presentan algún tipo de enfermedad y las enfermedades más frecuentes que se presentan respectivamente.

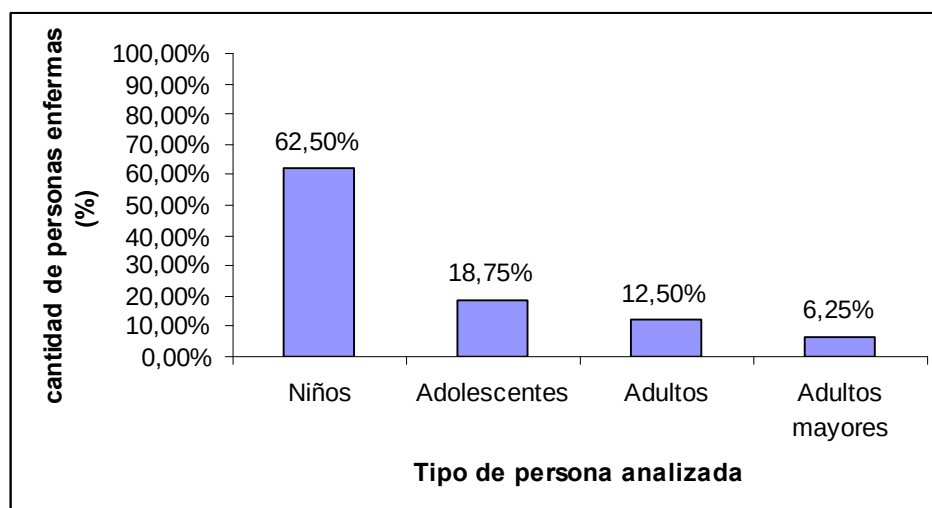


Figura 3.5 Miembros de la familia que con mayor frecuencia presentan algún tipo de enfermedad.

Como se puede observar los niños representan el grupo más vulnerable de la población a las enfermedades, con un 62,50 %, seguido de los adolescentes con un 18,75 % y en menor escala (6,25) los adultos mayores.

En la figura que a continuación se muestra aparecen las enfermedades que con mayor frecuencia se manifiestan en la población de este territorio.

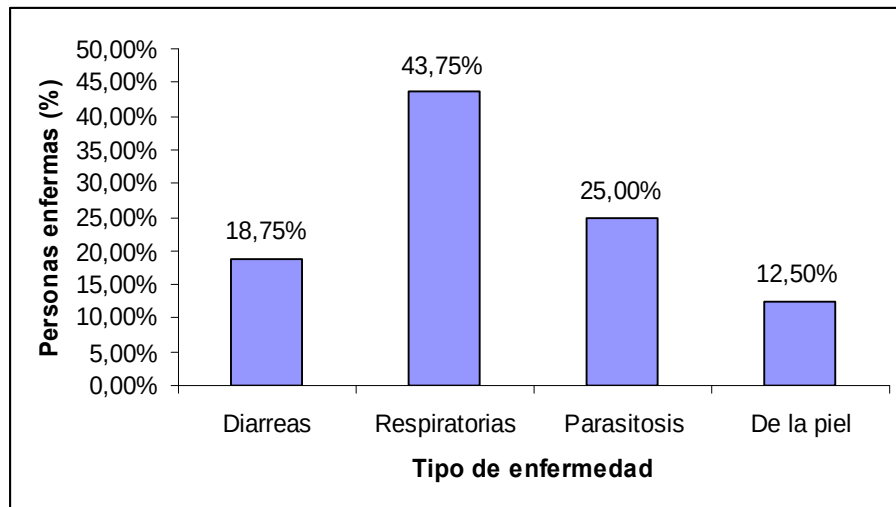


Figura 3.6 Enfermedades más frecuentes que se presentan.

Aunque no se puede demostrar con certeza las causas que producen las enfermedades si se puede manifestar que el tratamiento deficiente de residuales domésticos y el consumo de agua sin potabilizar inciden de forma muy desfavorable sobre todo en las enfermedades diarreicas y la parasitosis fundamentalmente, aunque también pueden ser atribuibles a estas causas los problemas de enfermedades de la piel que se manifiestan en esta población. Nótese bajo esta óptica de análisis que el 56,25 % de las enfermedades que padecen estos pobladores tienen relación con el deficiente tratamiento de las aguas residuales que generan y la usada para el consumo.

3.1.5. Falta de educación ambiental: La población no cuenta con una actividad sostenida de educación ambiental. Criterio obtenido de las encuestas aplicadas a la población objeto de estudio, pues el 81.25 % de los encuestados manifiesta que no han recibido capacitación en educación ambiental en los últimos 10 años, sin embargo el 68,75 % de ellos reconoce los beneficios que brinda la cuenca del río Puyo para sus vidas y la de las demás personas que de el dependen y el resto de las personas no le confiere ninguna utilidad o beneficios.

Otro aspecto que denota la falta de educación ambiental de una buena parte de los pobladores de este lugar es que un 13 % de los pobladores le es indiferente si se

contamina o no el río Puyo cuando se vierten en él residuales domésticos o de otra índole.

3.1.6. Recolección de residuos sólidos: La comunidad no cuenta con el servicio básico de recolección de basura por ende tienen que caminar aproximadamente unos 200 metros para sacar la basura a la vía principal. En ocasiones según los pobladores se acumulan residuos sólidos en las afueras de las viviendas motivo para la presencia de moscas y roedores. La población no tiene el hábito de clasificar los residuos en orgánicos e inorgánicos, muestra de ello es que el 69 % de ellos manifiesta que no lo hace.

En la figura 3.7 aparecen las acciones que realizan los habitantes de esta comunidad con los residuales sólidos.

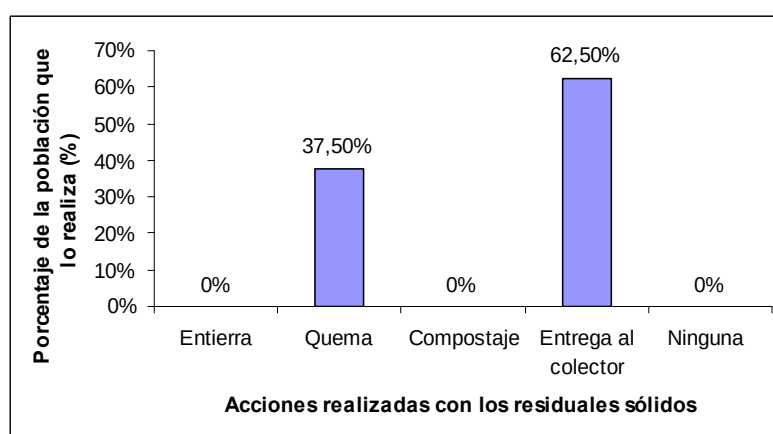


Figura 3.7 Acciones realizadas por los miembros de la comunidad con los residuales sólidos.

El 62,50% de la población manifiesta que entrega los RSU al carro recolector, para lo cual tienen que caminar una distancia considerable para llegar a la vía principal por donde pasa el recolector. El 37,50% de la población quema los RSU con lo que se contamina al ambiente.

3.1.7. Deforestación: La deforestación que consiste en la tala del bosque trae a su vez impactos a la flora, fauna y al suelo.

- **Impacto a la fauna:** Por la deforestación de especies vegetales, los animales tienen que huir en busca de mejores condiciones que garanticen su supervivencia, es decir se pierde los pocos recursos faunísticos que se posee.
- **Impacto a la flora:** Por la tala del bosque para el asentamiento de las viviendas se pierden los recursos de flora y vegetación que existían en el sector.
- **Impacto al suelo:** La destrucción de los bosques tiene repercusión directa sobre los suelos, a consecuencia de ello el suelo se erosiona, degrada y por ende pierde sus propiedades y características necesarias para ser un suelo productivo.



Fig. 3.8 Deforestación en la zona objeto de estudio.

3.2. Jerarquización de los problemas ambientales que se presentan en la zona objeto de estudio

Con los resultados obtenidos del diagnóstico ambiental se procede a jerarquizar de acuerdo al orden de importancia a los problemas encontrados en la zona objeto de estudio siguiendo el criterio de expertos que a continuación se presenta los resultados en la siguiente tabla.

Tabla. 3.1 Resultados de la aplicación del método de los expertos.

K	Características (problemas)	EXPERTOS										Ri	Δ	Δ^2	Ki
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1	Consumo de agua sin potabilizar	6	6	6	7	6	7	6	6	6	5	61	21	441	0,217
2	Carencia de sistema de alcantarillado	5	7	5	5	7	6	7	5	7	4	58	18	324	0,207
3	Tratamiento deficiente de residuales domésticos	7	5	7	6	5	5	4	7	5	7	58	18	324	0,207
4	Afectaciones en la salud de la población	3	3	3	3	4	3	5	3	4	3	34	-6	36	0,121
5	Falta de educación ambiental en la población	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	24	-16	256	0,085
6	Falta de recolección de residuos sólidos	4	4	4	4	3	4	3	4	3	1	34	-6	36	0,121
7	Deforestación en la zona	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	11	-29	841	0.039
											Σ	280		2258	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Con el uso de la ecuación 2.1 se determina el coeficiente de Kendall o grado de concordancia de los expertos.

$$W = (12 \times 2258) / (10^2 \times (7^3 - 7))$$

$$W = 0,80$$

Como puede observarse al tomar el coeficiente de Kendall un valor de 0.80 se puede afirmar que existe un alto grado de concordancia entre los expertos consultados, lo que permite verificar el orden de importancia de los problemas encontrados en la zona objeto de estudio, quedando de la siguiente manera en orden jerárquico:

1. Consumo de agua sin potabilizar.
2. Carencia de sistema de alcantarillado y
3. Tratamiento deficiente de residuales domésticos.
4. Afectaciones en la salud de la población y
5. Falta de recolección de residuos sólidos.

6. Falta de educación ambiental en la población

7. Deforestación en la zona.

Resultaría difícil pretender abordar todos los problemas que se presentan en la zona objeto de estudio por limitaciones económicas y por el tiempo de realización de la investigación, es por eso que en este proceso investigativo se dedicará principal atención al problema del tratamiento deficiente de residuales domésticos como una alternativa ante la carencia de sistema de alcantarillado en la zona.

Aunque el problema de mayor importancia de acuerdo a los expertos es el consumo de agua sin potabilizar, en estos momentos no es posible su solución por la razón de ser la zona objeto de estudio una comunidad recién creada y que todavía no cuenta con urbanización lo que impide que la Municipalidad del cantón Pastaza implemente por el momento este servicio, no obstante esta situación se puede afrontar o paliar en algo con una adecuada política de educación ambiental en los pobladores.

Los problemas dos y tres en orden de importancia son la carencia de sistema de alcantarillado y tratamiento deficiente de residuales domésticos y hacia su estudio y solución esta encaminado fundamentalmente este trabajo investigativo.

3.3. Valoración de los análisis y del impacto ambiental producido sobre el estero

En la tabla 3.2 se ofrece un resumen de los resultados obtenidos de los diferentes análisis realizados en dos puntos diferentes del estero, así como una valoración de la calidad ambiental con el uso de Índice de Calidad del Agua (ICA).

Tabla 3.2 Resultados de los análisis realizados en los dos puntos de muestreo del estero, valor porcentual asignado a los parámetros (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 2			
	Valor medio	Pi	Ci	Pi x Ci	Valor medio	Pi	Ci	Pi x Ci
OD (mg/l)	6,2	4	75	300	5,8	4	66	264
Coli Total (UCF/100ml)	500	3	90	270	760	3	84,8	254,4
DBO5 (mg/l)	4,6	3	55	165	6,8	3	35	105
pH	7,8	1	90	90	6,96	1	100	100
Temperatura (°C)	23,29	1	83,55	83,55	23,89	1	80,55	80,55
Conductividad (µmhos/cm)	0,0176	4	100	400	0,0058	4	100	400
Aspecto	Normal	1	50	50	Normal	1	50	50
Total		17		1358,55		17		1253,95
I.C.A.	80				73,76			
C.A.	0,80				0,73			

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior puede observarse que a pesar de que el estero ya presenta niveles de contaminación que se pueden considerar como inadecuados, aún antes de ser contaminado por los residuales domésticos de la comunidad (Punto 1), esta situación se agrava considerablemente después de ser muestreada el agua en el Punto 2.

El valor de los coliformes totales y de la demanda biológica de oxígeno sufren incrementos de 34 % y 32 % respectivamente. Como se puede apreciar a partir de estos resultados ésta comunidad está aportando a las aguas del estero un elevado contenido de materia orgánica y de patógenos altamente nocivos para la salud del hombre. Para el caso de la demanda biológica de oxígeno las normas de calidad ambiental y de descarga de efluentes en cuerpos de agua superficiales manejan como límite máximo permisible 100 mg/L. Ver anexo 10.

En correspondencia con estos resultados anteriormente analizados el oxígeno disuelto sufre una reducción de aproximadamente un 7 %, aspecto éste que tiende a limitar el desarrollo de la vida acuática. Conesa, (2000) plantea que con valores de oxígeno disuelto en medios acuáticos inferiores a un 5 % es prácticamente imposible el desarrollo

de vida. Durante el proceso de observación realizado por el autor se tuvo constancia de la veracidad de estos planteamientos, pues no se pudo constatar en ningún momento la presencia de vida animal en las aguas del estero.

En cuanto el pH, conductividad y temperatura a pesar de que sufren ligeros cambios de un punto a otro sus valores se mantienen dentro de los recomendados por las normas Ecuatorianas, que para temperatura indican valores menores a 35 ° C como límite máximo permisible, mientras que para pH manejan intervalos de 5 a 9. Ver anexo 10.

Los resultados hasta aquí analizados muestran como han sido afectados diferentes parámetros de calidad del agua de forma independiente. Es por ello que con el objetivo de contar con un valor integrado de la afectación que provocan a la calidad ambiental de las aguas del estero todos los parámetros analizados independientemente se determinó el Índice de Calidad del Agua (ICA) y con él la afectación de la calidad ambiental (CA)

Del cálculo del Índice de Contaminación Ambiental (I.C.A.) se concluye que antes de la descarga, en el punto P1 que corresponde a 10 m aguas arriba, el agua del estero presenta un ICA de 80 %, disminuyendo a 73,76 % después de la descarga, 10 m aguas abajo. De este resultado se aprecia que como consecuencia del vertimiento de residuales sin tratar al estero el medio ambiente (aguas del estero) sufre un deterioro de su calidad ambiental de 0,07 unidades de calidad ambiental.

3.4. Propuesta del sistema de tratamiento para residuales domésticos a implementar

A partir de todos los resultados obtenidos en este trabajo se puede observar la necesidad de implementar sistemas de tratamientos para los residuales domésticos que se generan por los habitantes de esta comunidad y que como quedo demostrado afectan la calidad ambiental del estero al cual son vertidos y este a su vez contamina al río Puyo, como el principal medio acuático del territorio.

Para la implementación del sistema de tratamiento propuesto, se lleva a cabo un proceso de análisis síntesis y diseño, basado en el criterio de autores como Bernan, (2005);

Turton, (2000); Peters, *et al.*, (2001) y Jiménez, (2003), 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.

Para el caso en concreto que se analiza las alternativas que se proponen responden a las necesidades y posibilidades del territorio donde serán implantadas, a continuación se ofrecen las diferentes alternativas de sistemas de tratamiento a emplear:

Alternativa 1: Tanque séptico y zanja de infiltración.

Alternativa 2: Tanque séptico y pozo de infiltración.

Alternativa 3: Tanque séptico y lechos de infiltración.

Alternativa 4: Tanque séptico y montículo.

Alternativa 5: Tanque séptico y laguna de infiltración percolación.

En la Figura 3.9 se ofrece la combinación gráfica de las posibles alternativas a aplicar para tratar los residuales domésticos de esta comunidad.

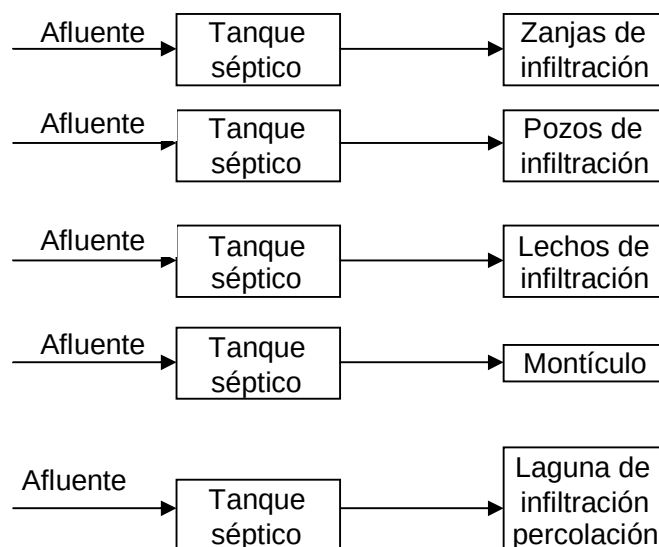


Figura 3.9 Posibles alternativas de tratamiento de residuales domésticos a implementar en la comunidad.

Se decide incluir como primer tratamiento para todas las alternativas posibles un tanque séptico dado que en esta comunidad no existe sistema de alcantarillado y para estos casos es el sistema más recomendable (Romero, 2008). Además 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.

Es importante aclarar que la situación económica de esta comunidad no facilita la implementación de otros sistemas de tratamiento más complejos y de mayor eficiencia si es que la construcción de los mismos tuviera que ser acometida por sus habitantes.

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.

El segundo tratamiento para todas las alternativas se basa en las posibilidades de infiltración que posee el terreno, éste planteamiento se fundamenta en los resultados obtenidos del experimento realizado para determinar la tasa de percolación, en el anexo 11 aparecen los resultados para los tres huecos experimentales confeccionados al efecto. Para los cálculos de la tasa de percolación se toma la última lectura realizada y de ellas el peor de los resultados (este valor se corresponde con los resultados obtenidos del hueco 2), los mismos garantizan la posibilidad de implementar este tipo de tratamiento.

Se realizará a continuación un análisis crítico de cada una de las alternativas que se proponen como segundo tratamiento.

Zanjas de infiltración: Este sistema consiste en un conjunto de líneas de tubería de 10 cm de diámetro tendidas en tal forma que el efluente del tanque séptico se distribuya con una uniformidad razonable en el suelo natural. Su limitante principal estriba en que su implementación implica disponer de terreno suficiente pues su construcción y funcionamiento demanda longitudes considerables.

Pozos de infiltración: Los pozos de infiltración son excavaciones profundas usadas para disposición subsuperficial de aguas residuales pretratadas. Las paredes del pozo se construyen con ladrillo, bloques, anillos o materiales prefabricados colocados a junta abierta, rodeados de grava o piedra triturada. Constituyen un método aceptable de disposición de aguas residuales cuando la disponibilidad del terreno es muy limitada y no existe suficiente área para un lecho de zanjas.

Lechos de infiltración: Los lechos de infiltración son zanjas de anchos mayores de 90 cm, que pueden contener más de una línea de tuberías de distribución. Los lechos de percolación requieren generalmente menos terreno que las zanjas y su construcción tiene un costo menor. Son aceptables en terrenos planos, con pendiente menor del 10 %, de suelos arenosos, de arenas margosas o de suelos granulares.

Montículo: El sistema de montículo es un sistema de absorción, elevado sobre la superficie natural del suelo mediante un relleno de material apropiado. Son recomendados para suelos de permeabilidad baja y donde no exista inclinación de terreno. Su

construcción para garantizar un funcionamiento adecuado debe ser realizado por especialistas.

Laguna de infiltración percolación: Este sistema se ha utilizado en áreas rurales, donde no es posible hacer disposición por campos de infiltración, existe suficiente área disponible y los factores climáticos como luz solar, circulación del viento, humedad y potencial neto de evaporación son favorables.

El diseño se hace con base en el caudal afluente, precipitación evaporación e infiltración local, y verificación de la existencia de capacidad suficiente para almacenar el agua que excede la tasa de evaporación e infiltración durante períodos húmedos.

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

Para el adecuado desarrollo de este aspecto se utilizan las heurísticas de diseño ofrecidas por Stanley, (2002).

De las alternativas propuestas con anterioridad ya se había decidido como la primera etapa del tratamiento de los residuales un tanque séptico, solo falta entonces por decidir cual será la segunda etapa a implementar. Este análisis se realizara a partir de las cinco alternativas propuestas y discutidas con anterioridad.

Se rechaza la posibilidad del uso de los pozos de infiltración por la cercanía del manto freático que limitaría en alta medida su operación eficiente, además su uso es menos recomendado que el de las zanjas de percolación y presentan mayor costo de construcción que el resto de las alternativas (Romero, 2008).

De igual modo se descarta la posibilidad de la implementación de la laguna de infiltración percolación pues esta es propicia en lugares con suficiente área disponible y factores climáticos (precipitación) favorables, que en la zona objeto de estudio no se encuentran por su elevada precipitación.

También se descarta el sistema de montículos a pesar de reunir los requisitos para ser aplicado en la zona analizada porque para su uso es necesario emplear sistema de

bombeo.

Por último entre los lechos de percolación también conocidos como lechos de infiltración y las zanjas de infiltración se escoge al primero por su menor costo de construcción y por ocupar menos área.

De todo este análisis se resume que se propone como sistema de tratamiento para los residuales domésticos de esta comunidad una combinación de pozo séptico con lechos de percolación.

3.5.1. Propuesta de diseño preliminar a implementar

Como primer paso para acometer el diseño del sistema propuesto y con el objetivo de abaratar lo más posible el costo de construcción de los mismos se tienen en cuenta los siguientes elementos:

- Implementar, de ser posible, sistemas que satisfagan las necesidades de tratamiento de más de una vivienda.
- La disponibilidad y características del terreno.
- La cantidad de habitantes por vivienda y la cercanía de las mismas

Al realizar un análisis de todas las viviendas que ocupan el territorio teniendo en cuenta los elementos antes mencionados se decide realizar un agrupamiento de las mismas para diseñar el correspondiente sistema de tratamiento.

Tabla 3.3 Agrupamiento de las viviendas para tratar sus residuales domésticos.

Sistema de tratamiento	Viviendas que tributan	Población servida
Sistema No 1	Vivienda 1	7 personas
Sistema No 2	Vivienda 2	4 personas
Sistema No 3	Vivienda 3 y 4	8 personas
Sistema No 4	Vivienda 17	2 personas
Sistema No 5	Vivienda 18	2 personas
Sistema No 6	Vivienda 19	3 personas
Sistema No 7	Vivienda 20	3 personas
Sistema No 8	Vivienda 21	2 personas
Sistema No 9	Vivienda 22	3 personas
Sistema No 10	Vivienda 23 y 24	5 personas
Sistema No 11	Vivienda 25	4 personas

Fuente: Elaboración propia

A continuación se mostrará a modo ilustrativo los cálculos realizados para el sistema No 1, para el resto de las combinaciones los resultados aparecen tabulados en el anexo 12.

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 (ecuación 3.1) ofrecidos por Romero, (2008), donde se calcula la capacidad en función de la población servida. Debe aclararse que esta es la forma seleccionada para realizar el cálculo, pues no se dispone de datos de flujos de residuales generados por la imposibilidad de medirlos.

$$C = 0.18 P + 2 \quad \text{Ec 3.1}$$

Donde

C – Capacidad del tanque séptico (m³)

P – Población servida.

Aplicando la Ec 3.1 se obtiene para el sistema No 1

$$C = 3.26 \text{ m}^3$$

Para el cálculo del periodo 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 puede calcular suponiendo una capacidad para lodos de un tercio del volumen del tanque y una tasa de acumulación de 0,04 m³ por persona servida por año (Romero, 2008).

Así se obtiene para el sistema No 1 un período de limpieza o desenlode de 3 años y 10 meses. Para el cálculo del área del lecho de infiltración se toma los resultados obtenidos del experimento para determinar la tasa de precolación en el área objeto de estudio. La tabla 3.4 muestra el valor de la última lectura para cada uno de los huecos estudiados.

Tabla 3.4 Valores de la última lectura para determinar la tasa de percolación.

Hueco	Tiempo de med (min.)	Caida de nivel (cm)	Permeabilidad (cm/h)	Tasa de percolación (min./cm)
1	120	7,3	3,65	16,44
2	120	5,2	2,60	23,08
3	120	6	3,00	20,00

Fuente: Elaboración propia.

Se toma para los cálculos la tasa de percolación obtenida para el hueco 2 que se corresponde con el peor de los resultados. Con este valor se determina en la tabla 8.a anexo 8 la tasa de aplicación.

El área del lecho de infiltración entonces se obtendrá de la relación existente entre el flujo a procesar y la tasa de aplicación. Obteniéndose de esa forma para el sistema No 1 un área de lecho igual a 60,37 m². El resto de los resultados aparece en el anexo 12.

En el anexo 12 aparecen las dimensiones recomendadas para un lecho típico de infiltración y las dimensiones que se recomienda para el caso específico que se propone. En base a las mismas y al área calculada se determinó la longitud y el ancho para cada uno de los casos específicos.

3.5.2. 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.

3.5.3. 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.
5. 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.
6. 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.

7. 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.

3.5.4. Requisitos de construcción para lechos de infiltración

1. El lecho debe tener una profundidad mínima de 60 cm por debajo del nivel natural del terreno, para permitir un recubrimiento mínimo de tierra de 30 cm.

2. El lecho debe tener una profundidad mínima de 30 cm de grava, que se extienda por lo menos 5 cm sobre la tubería de distribución y 15 cm por debajo de la tubería de distribución.

3. El fondo del lecho y la tubería perforada de distribución deben colocarse a nivel.

4. Las tuberías para distribución del efluente deben separarse una distancia máxima de 1,8 m y colocarse a una distancia de máximo 1 m desde las paredes laterales del lecho.

5. Si existe más de un lecho debe dejarse un mínimo de terreno inalterado de 1,8 m entre lechos adyacentes.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el estudio realizado se arriban a las siguientes conclusiones en el trabajo.

1. El estudio de las características y condiciones de la comunidad Centro Agrícola permitió proponer el sistema de tratamiento más idóneo para las aguas residuales domésticas del sector, lo cual corrobora la hipótesis planteada.
2. El proceso de diagnóstico y jerarquización de riesgos llevados a cabo, permitió estimar que los principales problemas que presenta esta comunidad son: el consuno de agua sin potabilizar y la Carencia de sistema de alcantarillado y tratamiento deficiente de residuales domésticos.
3. Se obtuvo que el vertimiento indiscriminado de los residuales domésticos de esta comunidad sin ser tratados provocan una afectación de la calidad ambiental del estero de un 7 % referido a sus valores originales.
4. Se propone como sistema de tratamiento más idóneo para los residuales domésticos de esta comunidad una combinación de pozo séptico y lecho de infiltración.

RECOMENDACIONES

Para dar continuidad al estudio realizado en esta comunidad y complementar los resultados que hasta aquí se han obtenido se recomienda:

Acometer estudios que permitan implementar acciones para solucionar o minimizar el resto de los problemas ambientales que se detectaron en esta comunidad.

BIBLIOGRAFIA

1. Barros, M. (2004). Etapas del Tratamiento de Aguas Servidas. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://www.hannachile.com/noticias-articulos-y-consejos/articulos/199-etapas-tratamiento-aguas-servidas>
2. Branam, C. (2005). Rules of Thumb for Chemical Engineers, Gulf Publishing Company. Huston. TX. USA. ISBN 0-88415-788-1.
3. Bueno, J. Gutiérrez, A. (2001). Los sedimentadores lamelares en el tratamiento de aguas residuales. [En línea]. [junio 2009]. Disponible en: http://www.itp-depuracion.com/documentacion/magazine/IQ_Lamelas.pdf
4. Catalán, J. (1990). Química del agua. Obra Técnica sobre el agua. Editorial Bellisco, 2ª ed. Madrid.
5. Conagua. (2008). Indicadores de Calidad de Agua. [En línea]. [junio 2009]. Disponible en: www.conagua.gob.mx
6. Conesa, V. (2000). Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Tercera Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
7. Cubillas, A. (2000). Parámetros y Características de las Aguas Residuales. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan2/011643/011643-09.pdf>
8. Chirinos, A.; Guareñas, A. y Sánchez, M. (2005). Calidad de Agua. [En línea]. [junio 2009]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos40/calidad-agua-miranda/calidad-agua-miranda.shtml>
9. Domenech, X. (1995). Química de la hidrosfera. Origen y destino de los contaminantes. Madrid: Ediciones Miraguano. Libro sobre la química del agua y distintos aspectos de su contaminación.
10. Ecoamérica. (2007). Tratamiento Biológico de Aguas Residuales. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: http://www.ecoamerica.cl/pdf_notas/66/eco66_pag18-22.pdf
11. ECORAE. (2003). Plan de Manejo de la cuenca alta del río Puyo. Fátima. Ecuador.
12. Frers Cristian. (2004). La contaminación de las aguas: Aguas que lloran por los humanos. [En línea]. [junio 2009]. Disponible en: <http://www.ecojoven.com/tres/05/aguas.html>
13. Fundación NATURA. (1991). Principales problemas ambientales, de salud pública y saneamiento del Ecuador. Segunda Edición. Ecuador.

14. Glosario. Net. (2006). Aguas Residuales. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/aguas-residuales-6299.html>
15. Gómez, C. (2004). Tratamiento terciario de aguas residuales. México. [En línea]. [diciembre 2008]. Disponible en: http://www.seed.slb.com/en/things_to_do/workshops/hdl/mexico2/static/html/115.html.
16. Guevara, A. (1996). Control de Calidad del Agua. [En línea]. [junio 2008]. Disponible en: <http://www.cepis.org.pe/bvsacd/scan2/031275/031275.pdf>. Lima. Perú.
17. Gutiérrez, L. (s a). Tipos de tratamiento de aguas residuales.
18. IDEAM. (2005). Esquemas Tecnológicos para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas y Manejo de Lodos considerados en el modelo conceptual. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/publica/aguasresiduales/Esquemas.pdf>
19. INEC. (2001). Censo de Población y Vivienda. Pastaza. Ecuador.
20. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento Primario. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: http://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Tratamiento_primario.
21. Jiménez, A. (2003). Diseño de Procesos en Ingeniería Química. Editorial Reverté. 257p.
22. Laboratorio de Química Ambiental. (1997). En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Aguas/Determinacion_de_DBO5.htm
23. Ledesma, O. (2004). Pastaza, una provincia que apasiona. Pastaza. Ecuador.
24. Libro VI. Anexo I de la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua del Texto unificado de la Legislación Ambiental.
25. López, M. (2007). Tratamiento biológico de aguas residuales aplicable a la industria avícola. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: http://www.engormix.com/tratamiento_biologico_aguas_residuales_s_articulos_1481_AVG.htm

26. Mahamud, M. Gutiérrez, A. Sastre, H. (1996). Bio sólidos generados en la depuración de aguas (I): Planteamiento del problema. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/3115/1/32article4.pdf>
27. Marchand, E. (2002). Microorganismos indicadores de la calidad de agua de consumo humano en Lima Metropolitano. [En línea]. [junio 2009]. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Basic/Marchand_P_E/tesis_completo.pdf
28. Marsilli, A. (2005). Tratamiento de aguas residuales. [En línea]. [diciembre 2008]. Disponible en: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm>.
29. Metcalf-Eddy (1985). "Ingeniería Sanitaria. Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales". Barcelona. (2ª edición) Labor.
30. Mujeriego. (1990). Objetivos del tratamiento primario. [En línea]. [diciembre 2008]. Disponible en: <http://mie.esab.upc.es/arr/T19E.htm>
31. Orozco, J., Almeida, M. & Rodríguez, T. 2007, 'Análisis de riesgos en una Planta de Tratamiento de Agua de una Central Térmica', vol. 450, pp. 7-11.
32. Peters, M. *et al.* (2001). Plant Design and Economics for Chemical Engineers. Fourth Edition. International Edition. Mc Graw Hill Book. P 341.
33. PNUD. (2004). Informe sobre Desarrollo Humano. Ecuador.
34. PNUD. (2005). Informe sobre Desarrollo Humano. Ecuador.
35. Raisman, J y Gonzales, A. (1998). Depuración de aguas residuales. Argentina. [En línea]. [diciembre 2008]. Disponible en: http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/depuraci%C3%B3n_de_aguas_residuales.htm
36. Ramírez, J. (2000). Tratamiento de aguas. Tratamiento primario y parámetros hidráulicos I. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos10/tratami/tratami.shtml>
37. Reynolds, K. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/PDF/DeLaLaveSepOct02.pdf>
38. Rigola, M. (2008). Clasificación de aguas residuales. [En línea]. [diciembre 2008]. Disponible en: http://html.rincondelvago.com/aguas-residuales_3.html

39. Rodríguez, A. Letón, P. Rosal, R. *et al.* (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. Madrid. España.
40. Rojas, R. (2005). Control de calidad del agua en la red de distribución. [En línea]. [mayo 2009]. Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsair/e/hdt/hdt99/hdt99.pdf>
41. Romero, J. (2008). Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá. Colombia. 1200 pp.
42. Seoanez Calvo, M. (1995). Tratamiento primario. [En línea]. [diciembre 2008]. Disponible en: <http://www2.cbm.uam.es/jalopez/personal/SeminariosVarios/ERARtexto.htm>
43. Sette, R. Jiménez, D. de la Lora, F. (1996). Tratamiento de aguas residuales. Editorial Reverte. ISBN 8429179755.
44. Stanley, M. (2002). Chemical Process Equipment. Heuristics in Chemical Engineering. On - Line Use by G. J. Suppes.
45. Turton, R. *et al.* (2000). Shaeiwitz. Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes. Section 4: Synthesis and Optimization of a Process Flow Diagram. Prentice-Hall Upper Saddle River. NJ. P 141.
46. Vásquez, L y Saltos, N. (2005). Ecuador: su realidad. Fundación de Investigación y Promoción Social "José Peralta". Décima tercera Edición. Quito. Ecuador. ISBN: 9978-43-788-6.

ANEXO 1. ENCUESTA SOCIO ECONOMICA AMBIENTAL EN EL SECTOR CENTRO AGRICOLA.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA AMBIENTAL EN EL SECTOR CENTRO AGRICOLA

Esta encuesta vinculada a un trabajo de investigación tiene como fin recaudar información de este sector. Ud. ha sido considerado(a) teniendo en cuenta que nos puede ofrecer una valiosa información respecto al tema.

LA FAMILIA

1. ¿Cuántos años reside en este sector?:

1 año () 2 años () Más de 2 años ()

2. ¿Cuántas personas residen en su vivienda? ()

3. Responda acerca de la constitución de su familia

Nº	Edades	Sexo		Alfabetismo, instrucción o último año cursado	Perciben becas o bonos	Ingreso aproximado
		M	F			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

NIVEL DE VIDA

4. Su vivienda es:

Propia () Alquilada () Otra (Especifique) () _____

5. ¿Qué tipo de sistema sanitario posee?:

Servicio higiénico () Letrina () Pozo séptico ()

6. ¿Realiza en su casa la clasificación de la basura?

Si () No ()

7. ¿Qué actividad realiza con los desechos sólidos (basura) generados en su casa?

Entierra () Quema () Compostaje () Entrega al recolector () Ninguna ()

8. ¿A dónde se descargan las aguas servidas de su vivienda?

Cuneta () Estero () Pozo séptico ()

SALUD

9. ¿Tiene problemas de salud su familia?
Siempre () Ocasionalmente () Nunca ()
10. Indique las causas por las que se enferman sus familiares
Clima () Falta de agua potable () Presencia de mosquitos ()
11. ¿Cuáles de los miembros de la familia presenta con más frecuencia algún tipo de enfermedad?
Niños () Adolescentes () Adultos () Adultos mayores ()
12. ¿Cuáles son las enfermedades más frecuentes que se producen en su hogar?
Diarreas () Respiratorias () Parasitosis () De la piel ()
13. ¿Qué tipo de agua consumen para beber?
De lluvia () Tratada () De río () Otra ()
14. Si el agua de bebida no es tratada, ¿Qué tratamiento realiza antes de consumirla?
La clora () La hierve () Otro ()
15. ¿De qué forma almacenan el agua de consumo?
Tanque de plástico () Tanque metálico () Tanque de cemento ()
16. ¿Qué usos le da a esa agua?

17. ¿Cuál es la cantidad aproximada de agua que se consume en su vivienda diariamente
100 L () 200 L () 300 L () 400 L () 500 L () 600 L ()

ASPECTOS AMBIENTALES

18. ¿Qué beneficios le brinda a Ud. y a su familia la cuenca del río Puyo?
Recreación, juego, esparcimiento ()
Varios servicios como baño, lavado de ropa ()
Permite actividades económicas ()
Desagüe ()
Ninguno ()
19. ¿Ha recibido alguna capacitación o información en los últimos 10 años, en temáticas socioeconómicas y ambientales? ¿De qué se trató?
Sí () No () _____
20. ¿Cree Ud. que perjudica en algo la calidad del agua del río Puyo cuando vierte en ella sus residuales domésticos?
Sí () No () Indiferente ()

ANEXO 2. Croquis del sector Centro Agrícola.

LEYENDA



Vivienda ocupada



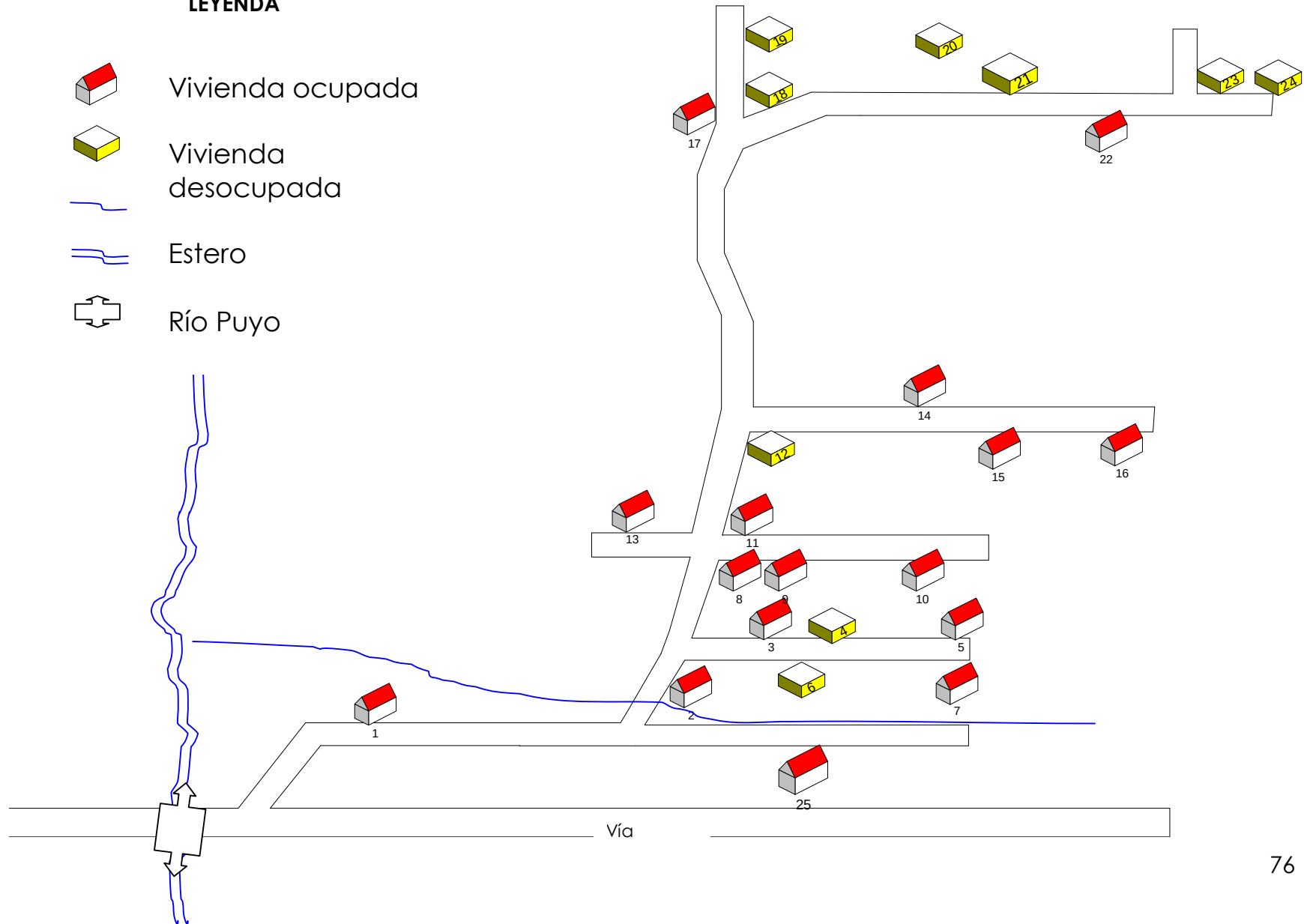
Vivienda desocupada



Estero



Río Puyo



ANEXO 3. Composición de las viviendas desocupadas o en proceso de construcción.

Tabla 3.a. Cantidad de personas que habitarán en las viviendas desocupadas o en proceso de construcción.

Vivienda	Cantidad de personas que habitarán
4	2
6	2
12	2
18	2
19	3
20	3
21	2
23	3
24	2

Fuente: Encuestas realizadas por el autor.

ANEXO 4 (Guía y ficha de observación)

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Título: Levantamiento de información Ambiental y socioeconómica del sector Centro Agrícola.

Objetivo: Determinar las características y aspectos más relevantes que presenta la zona objeto de estudio.

Observador: Mauricio Ledesma

Fecha: 10 de Abril del 2009.

Aspectos a observarse:

- Tipo de viviendas.
- Estado de vías.
- Flora y Fauna predominante.
- Actividades económicas.
- Impactos al ecosistema.
- Riesgos del sector.

FICHA DE OBSERVACIÓN

Localidad: Sector "Centro Agrícola". Cantón Pastaza: Ciudad de Puyo	
Título: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICA DEL SECTOR CENTRO AGRICOLA.	Investigador: Mauricio Ledesma
Comunidad: Población del sector.	Fecha: 10 de Abril del 2009
➤ Predomina la construcción de viviendas de madera. ➤ Vía en mal estado, sin mantenimiento. ➤ La mayor parte es de vegetación secundaria ➤ Actividades agroproductivas de los pobladores. ➤ Falta de recolección de residuos sólidos Descarga de aguas residuales al estero.	

ANEXO 5. Caracterización del panel de expertos.

Experto	Años de experiencia	Actividad que realiza
Dr.C. Raúl Ricardo Fernández	31	Profesor Universitario
Dr.C Jesús Luis Orozco	23	Profesor Universitario
Ing. Alvaro Sosa	5	Contratista
Ing. Ricardo Abril	5	Docente Universitario
Julio Tánguila	10	Funcionario Acción Ecológica
Franco Viteri	10	Ecologista
Ing. Geovany Ledesma	5	Funcionario Petroecuador
Ing. Samuel Lozada	5	Fiscalizador Consejo Provincial
María Punina		Moradora del sector
Jorge Flores		Morador del sector

ANEXO 6. Parámetros indicadores de calidad ambiental en agua.

Tablas 6.a y 6.b. Diferentes parámetros indicadores de calidad ambiental en agua con sus respectivos Ci y Pi.

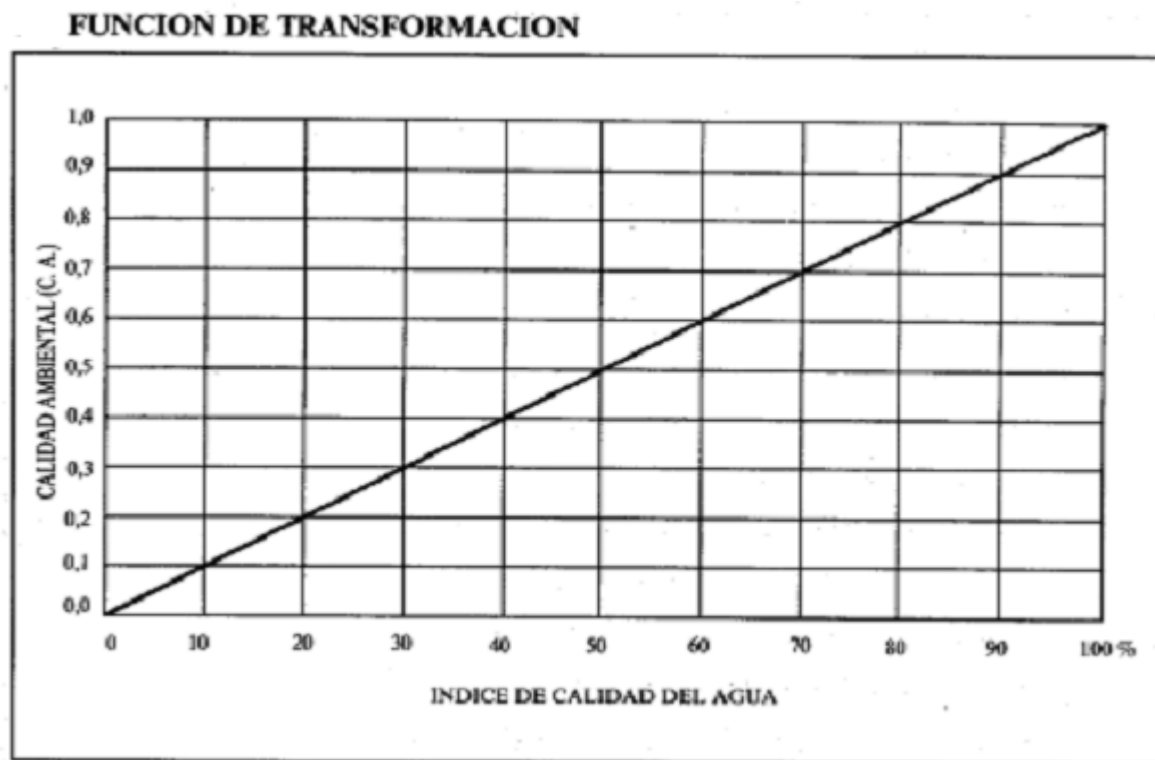
Tabla 6.a

Parámetro	pH	Conductividad	Oxígeno disuelto	Reducción del permanganato	Coliformes	Nitrógeno amoniacal	Cloruros	Temperatura	Detergentes	Aspecto	Valoración porcentual
V A L O R A N A L I T I C O	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	n°/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 6.b

Parámetro	Dureza	Sólidos disueltos	Plaguicidas	Grasas y aceites (percloroformo)	Sulfatos	Nitratos	Cianuros	Sodio	Calcio	Magnesio	Fosfatos	Nitritos	DBO ₅	Valor porcentual
V A L O R A N A L I T I C O	> 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 7: Gráfica de la determinación de CA a partir del ICA. Función de transformación.



ANEXO 8. Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración.

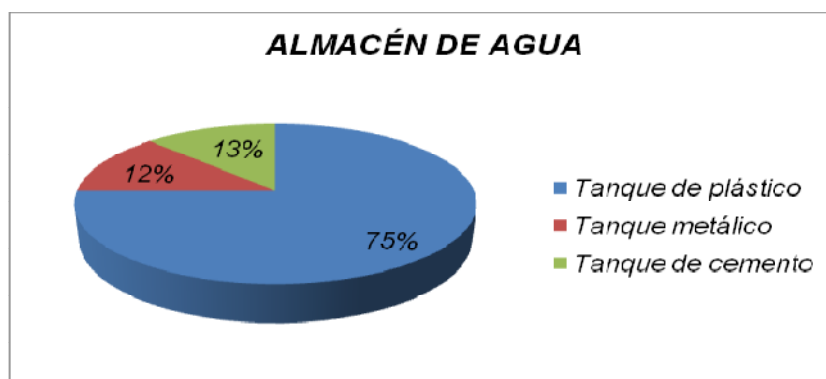
Tabla 8.a. Tasas de aplicación de aguas residuales para sistemas de infiltración.

Textura del suelo	Tasa de percolación, min/cm	Tasa de aplicación, L/m²d
Grava, arena gruesa	< 0,40	No recomendado
Arena media a gruesa	0,4 – 2,0	48
Arena fina, arena margosa	2,1 – 6,0	32
Marga, marga arenosa	6,1 – 12,0	24
Marga, marga limosa porosa	12,1 – 24,0	18
Marga arcillolimosa, marga arcillosa	24,1 – 48,0	8
Arcillas, arcillas coloidales	> 48	No recomendado

Fuente: Romero,2008

ANEXO 9. Formas de almacenamiento del agua de consumo por parte de la población de la zona objeto de estudio.

Alternativa	N°	%
Tanque de plástico	12	75%
Tanque metálico	2	12,50%
Tanque de cemento	2	12,50%



ANEXO 10. Límites máximos permisibles para la descarga de Efluentes a corrientes de agua dulce superficiales en el Ecuador

Tabla 10.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
Cromo hexavalente	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	250
Dicloroetileno	mg/l	1
Estaño	mg/l	5
Fluoruros	mg/l	5
Fósforo Total	mg/l	10
Hierro total	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/l	20
Manganeso total	mg/l	2
Materia flotante		Ausencia
Mercurio total	mg/l	0,005
Níquel	mg/l	2
Nitratos + Nitritos	mg/l	10
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	15

Tabla 10.a. Cuadro de límites de descargas a cuerpos de agua dulce. (Continuación).

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible
Organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	mg/l	0,1
Plomo	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno		5-9
Selenio	mg/l	0,1
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
Tensoactivos	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	mg/l	1
Vanadio	mg/l	5
Zinc	mg/l	5

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

ANEXO 11. Tasas de percolación en cada uno de los tiempos de medición.

Hueco 1			
Tiempo de med (min.)	C de nivel (cm)	Permeabilidad (cm/h)	Tasa de percolación (min./cm)
30	1,9	3,80	15,79
60	3,8	3,80	15,79
90	5,4	3,60	16,67
120	7,3	3,65	16,44

Hueco 2			
Tiempo de med (min.)	C de nivel (cm)	Permeabilidad (cm/h)	Tasa de percolación (min./cm)
30	1,5	3,00	20,00
60	2,9	2,90	20,69
90	4,2	2,80	21,43
120	5,2	2,60	23,08

Hueco 3			
Tiempo de med (min.)	C de nivel (cm)	Permeabilidad (cm/h)	Tasa de percolación (min./cm)
30	1,6	3,20	18,75
60	3,1	3,10	19,35
90	4,5	3,00	20,00
120	6	3,00	20,00

Hueco	Tiempo de med (min.)	C de nivel (cm)	Permeabilidad (cm/h)	Tasa de percolación (min./cm)
1	120	7,3	3,65	16,44
2	120	5,2	2,60	23,08
3	120	6	3,00	20,00

ANEXO 12. Área del lecho de infiltración por sistema de tratamiento.

Sistema de tratamiento	Población servida	Capacidad del tanque séptico (m3)	Tiempo de limpieza (años)	Area del lecho de infiltración (m2)	Ancho del lecho (m)	Longitud del lecho (m)
Sistema No 1	7	3,26	3,88	60,37037037	4	15,0925926
Sistema No 2	4	2,72	5,67	50,37037037	4	12,5925926
Sistema No 3	6	3,08	4,28	57,03703704	4	14,2592593
Sistema No 4	2	2,36	9,83	43,7037037	4	10,9259259
Sistema No 5	2	2,36	9,83	43,7037037	4	10,9259259
Sistema No 6	3	2,54	7,06	47,03703704	4	11,7592593
Sistema No 7	3	2,54	7,06	47,03703704	4	11,7592593
Sistema No 8	2	2,36	9,83	43,7037037	4	10,9259259
Sistema No 9	3	2,54	7,06	47,03703704	4	11,7592593
Sistema No 10	5	2,9	4,83	53,7037037	4	13,4259259
Sistema No 11	4	2,72	5,67	50,37037037	4	12,5925926

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 13. Lechos de infiltración

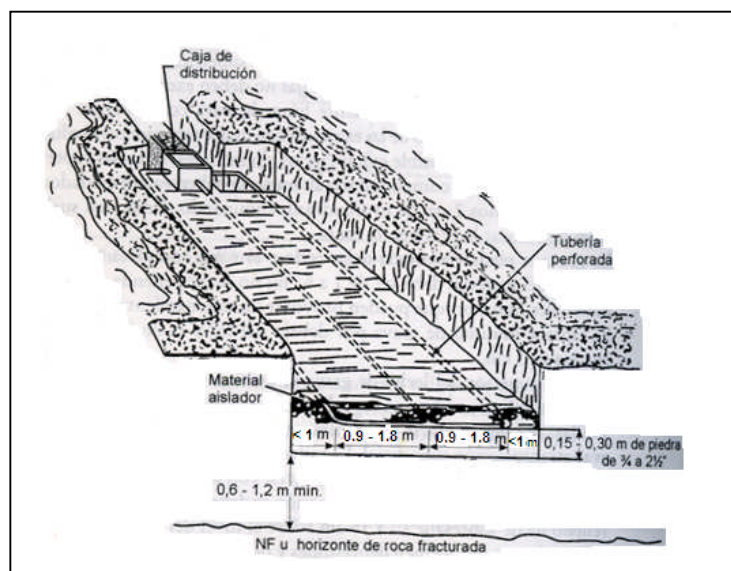


Figura 12.a. Lecho típico de infiltración

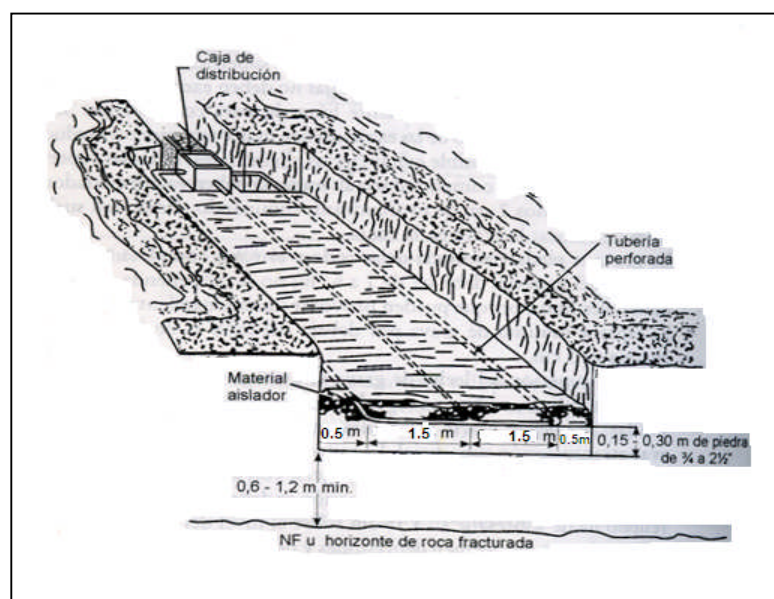


Figura 12.b. Lecho propuesto de infiltración

ANEXO 14. Cantidad de agua consumida por vivienda y sistema de tratamiento.

No. de vivienda	Cantidad de personas que habitan	Consumo de agua (L)	Sistema de tratamiento de residuales
1	7	300	ninguno
2	4	200	ninguno
3	6	300	ninguno
4	Desocupada (2)		ninguna
5	7	300	Pozo séptico
6	Desocupada (2)		ninguno
7	4	200	ninguno
8	3	100	Pozo séptico
9	4	200	Pozo séptico
10	3	100	Pozo séptico
11	4	200	Pozo séptico
12	Desocupada (2)		ninguna
13	3	100	Pozo séptico
14	2	100	Pozo séptico
15	5	200	Pozo séptico
16	2	100	Pozo séptico
17	2	100	Ninguno
18	Desocupada (2)		Ninguno
19	Desocupada (3)		Ninguno
20	Desocupada (3)		Ninguno
21	Desocupada (2)		Ninguno
22	3	100	Ninguno
23	Desocupada (3)		Ninguno
24	Desocupada (2)		Ninguno
25	4	200	Ninguno