



RESUMEN

TITULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN, DEPURACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA FINCAS AGROECOLÓGICAS FAMILIARES EN LA PARROQUIA EL VALLE – CANTÓN CUENCA”

Muchas instituciones vinculadas con los servicios de agua se encuentran preocupadas por el abastecimiento suficiente y de calidad a la población e intensificar los sistemas de alcantarillado para aguas residuales, descuidando la unidad de gestión del agua constituida inicialmente por cada una de las familias. El ahorro de agua es fundamental, pero es aun mejor su optimización y reutilización en necesidades que demanden una menor calidad.

En Ecuador, en el cantón Cuenca, la Parroquia de El Valle, uno de los principales problemas existentes es la carencia casi absoluta de fuentes de agua. Las escasas fuentes hídricas se encuentran en estado deplorable de contaminación y el agua destinada para el consumo humano es abastecida desde otras parroquias.

Las aguas residuales domésticas provenientes de familias rurales en la Parroquia, las clasificamos en aguas negras y aguas grises, que con un tratamiento de mínima inversión pueden convertirse en un aporte de agua para riego de pequeños huertos y parcelas de cultivo.

El presente proyecto diseña un sistema de depuración familiar de aguas grises; captadas y canalizadas a un tratamiento primario constituido por una posa séptica que excluye grasas y compuestos sólidos, complementando con la purificación en un humedal artificial, mediante oxigenación y descomposición de compuestos químicos restantes.

Palabras claves: Aguas grises, aguas negras, depuración.

ÍNDICE

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:1

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



CONTENIDO	PÁG.
Introducción.....	9

CAPITULO I: PROBLEMÁTICA DEL ELEMENTO AGUA

1. Hidrología generalidades.....	12
2. Importancia del Agua.....	13
2.1. Agua en los seres vivos.....	13
3. Agotamiento de las reservas de agua: Causas y Consecuencias.....	14
3.1. Problemática Mundial del Agua.....	14
3.2. Problemática del Agua en Ecuador.....	15
3.3. Problemática del Agua en Azuay.....	17
3.3.1. Conflictos en la cuenca del rio Jubones.....	17
3.3.2. Conflictos en la cuenca del rio Paute.....	18
4. Aprovechamiento y uso actual del Agua.....	20
4.1. Impacto Global.....	20
4.2. Impactos en el Ecuador.....	21
4.2.1. Uso Agrícola.....	21
4.2.2. Uso Doméstico.....	22
4.2.3. Uso Industrial.....	22
4.2.4. Hidroelectricidad.....	23
4.2.5. Otros Usos.....	23
4.3. Impactos en el Azuay.....	23
5. Saneamiento y manejo tradicional de las Aguas Servidas.....	25
5.1. Problemática Global.....	25
5.2. Problemática en Ecuador.....	26
5.3. Problemática en Azuay.....	27

CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES RURALES

1. Generalidades.....	29
Clasificación de las aguas residuales.....	29

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:2

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



1.1. Aguas Blancas.....	30
1.2. Aguas Grises.....	30
1.3. Aguas Negras.....	30
2. Caracterización de las aguas residuales.....	30
2.1. Características Físicas.....	30
2.2. Características Químicas.....	32
2.2.1. Sólidos en suspensión.....	32
2.2.2. Materia Orgánica biodegradable.....	32
2.2.3. Carbono Orgánico Total (COT)	33
2.3. Características Biológicas.....	33

CAPITULO III: MÉTODOS NATURALES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES RURALES

1. Introducción.....	34
2. Sistemas Naturales de Depuración.....	34
2.1. Métodos de aplicación directa al terreno.....	35
2.1.1. Filtro Verde.....	35
2.1.2. Infiltración Rápida.....	36
2.1.3. Escorrentía Superficial.....	36
2.2. Métodos Acuáticos.....	37
2.2.1. Humedales.....	37
2.2.1.1. Superficie Libre de Agua (FWS)	38
2.2.1.2. Flujo Subsuperficial (SFS).....	38
2.2.2. Cultivos Acuáticos.....	39

CAPITULO IV: DISEÑO DE UN SISTEMA NATURAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA UN HUERTO RURAL FAMILIAR

1. Introducción.....	40
2. Generalidades.....	40
2.1. Requisitos previos a la instalación.....	41

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:3

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



2.2. Tratamientos para aguas residuales rurales.....	42
2.2.1. Tratamiento primario.....	42
2.2.1.1. Poso séptico.....	42
2.2.1.2. Tanque Imhoff.....	44
2.2.1.3. Lecho de Secado.....	45
2.2.2. Tratamiento secundario.....	45
2.2.2.1. Humedal artificial.....	46
2.2.3. Tratamiento terciario.....	47
2.2.3.1. Tratamiento del agua.....	47
2.2.3.2. Tratamiento de fangos.....	48
3. Sistema depurador de aguas grises	49
3.1. Zona referencial.....	49
3.2. Diseño del sistema de depuración.....	49
3.2.1. Características y necesidades básicas.....	49
3.2.1.1. Poso séptico.....	50
3.2.1.2. Humedal artificial.....	51
3.2.1.2.1. Instalación de humedal artificial.	52
4. Cuidados y mantenimiento.....	53
4.1. Posa séptica.....	53
4.2. Humedal Artificial.....	53
5. Utilización de las aguas tratadas.....	55
5.1. Proceso de utilización de aguas depuradas.....	55
Conclusiones.....	57
Recomendaciones.....	59
Bibliografía.....	60



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, **EDISON RAFAEL TOALONGO REYES**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **INGENIERO AGRÓNOMO**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

EDISON TOALONGO R.
0105542138

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

Tema: *Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.*



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, **EDISON RAFAEL TOALONGO REYES**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

EDISON TOALONGO R.

0105542138

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

Tema: *Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.*



NOTA DE ACEPTACIÓN

Aprobado por el Tribunal de Monografía de Grado en cumplimiento con los requisitos exigidos por la Universidad de Cuenca para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Ing. Claudio Cevallos Becerra
Presidente del Tribunal de Monografía

Ing. Pedro Cisneros Espinoza
Integrante del Tribunal de Monografía

Ing. Iván Velesaca Morocho
Integrante del Tribunal de Monografía

Cuenca, 12 de Julio del 2012

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:7

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TÍTULO:

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN, DEPURACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA FINCAS AGROECOLÓGICAS FAMILIARES EN LA PARROQUIA EL VALLE – CANTÓN CUENCA”

Monografía previa a la obtención del
Título de Ingeniero Agrónomo

AUTOR: Edison Rafael Toalongo Reyes

CUENCA 2012

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:8

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los compuestos más abundantes de la naturaleza y cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la tierra. Sin embargo, existen diversos factores que limitan la disponibilidad de agua para uso humano. Más del 97% del agua total del planeta, se encuentra en los océanos y otras masas salinas, y no están disponibles para casi ningún propósito. Del 3% restante, por encima del 2%, se encuentra en estado sólido, hielo, resultando prácticamente inaccesible. Para el hombre y sus actividades, sólo resta un 0,62 % que se encuentra en lagos, ríos y agua subterráneas.¹

La crisis del agua en el planeta provocada por la contaminación, el cambio climático y el crecimiento demográfico acelerado es de tal magnitud que, casi dos mil millones de personas viven en regiones que sufren por agua insuficiente. En el año 2025, dos tercios de los habitantes del planeta habrán de enfrentar escasez de agua. Mientras la población mundial se triplicó en el siglo XX, el consumo de agua se multiplicó por siete. En el año 2050, con tres mil millones más de seres humanos, se necesitara un 80% más de agua sólo para alimento. Nadie sabe de dónde se extraerá esa cantidad de agua.²

El Ecuador presenta gran ventaja al disponer de importantes reservas de agua. De hecho, el promedio anual por habitante es de 22.500 m³, lo cual está netamente superior a los 1000 m³/hab./año considerados como **dotación crítica**^{*} de supervivencia por la Organización Mundial de la Salud (OMS), así como a los 1.700 m³/hab/año. calificados como **estrés hídrico**[†] por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

* Es el volumen de agua mínimo que se considera como necesario para el consumo incluyendo el agua para beber, para cocinar, para la higiene personal, el lavado de ropa, e higiene de la vivienda.

† Se produce cuando la demanda de agua excede la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su baja calidad restringe su uso.



La cobertura nacional de los servicios de agua de consumo (potabilizada y entubada) alcanzaba hasta el año 2006 aproximadamente el 67% del total de hogares (82% de cobertura en áreas urbanas; 39% en áreas rurales). El 49% de los cantones tienen servicio racionado de agua potable y el 54% del servicio es regular o malo. Estas cifras colocan al Ecuador entre los países de América Latina con peores políticas en la distribución y servicio de agua potable, ³ ocupando el puesto 56 de 122 países. ⁴

Varias empresas públicas vinculadas con el manejo y distribución del agua, se han diferenciado a las demás en este aspecto. A nivel internacional se considera que entre las buenas empresas de prestación de servicios de agua potable de América Latina, se encuentran varias de Ecuador, que son públicas; ETAPA de Cuenca y EMAAP-Q de Quito.⁵ Si bien, han cumplido un rol importante dentro del manejo responsable de los recursos hídricos, sus limitadas políticas de gestión, no abarcan la preservación de las fuentes hídricas para la sostenibilidad de las mismas. Urge impulsar nuevas metodologías para mejorar la optimización y aprovechamiento del agua. Este elemento reutilizado constituye una fuente idónea para suplir necesidades que demanden una menor calidad.

Cada vez más los países consideran la reutilización de las aguas residuales, un elemento fundamental de sus políticas hídricas. Cabe citar a los Estados Unidos (mas de 1000 sistemas de reutilización de aguas residuales domesticas con humedales artificiales), Japón o Israel, como ejemplos de vanguardia.⁶ En Ecuador se conocen pocos casos, (Sector Santa Cruz en Riobamba, Ciudad de Gonzanamá en Loja, Hostería Cuicocha en la provincia de Imbabura) donde se esta poniendo en práctica la reutilización de aguas residuales como parte de programas de carácter público o privado.

El Valle es la parroquia rural más grande del cantón Cuenca y cuenta con agua únicamente para el consumo humano y más del 95% de las aguas residuales familiares no ingresan al sistema de alcantarillado ni poseen ningún tipo de



tratamiento, contaminando con sus **efluentes**[‡] a las casi extintas fuentes hídricas que desembocan en el Rio Maluay y Yanuncay.

Los compuestos de estas aguas residuales domesticas tienen un nivel reducido de contaminación, por esto se pretende desarrollar un diseño sencillo y practico para la **depuración**[§] natural de estas aguas y su posterior reutilización como riego en huertos y pequeñas parcelas de cultivo.

En una zona carente de agua para riego y con elevados niveles de contaminación hídrica por aguas residuales domesticas, resulta una alternativa viable la reutilización de las mismas en búsqueda de una mayor optimización y aprovechamiento, del agua para uso agrícola en parcelas familiares.

Este trabajo esta organizado en cuatro capítulos. El primer capitulo hace una revisión general de las reservas hídricas existente y sus diferentes conflictos a nivel provincial, nacional y mundial. El segundo capitulo caracteriza las aguas residuales a nivel general de zonas rurales. El tercer capitulo estudia los diferentes métodos de depuración de aguas residuales que mas se ajustan a nuestra realidad. El cuarto capitulo puntualiza sobre la elaboración explicita de sistemas naturales de depuración de aguas residuales domesticas y la identificación de un modelo depurador para familias rurales de la parroquia de El Valle, cantón Cuenca, de acuerdo a sus características especificas predominantes.

[‡] Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento

[§] Es un proceso físico químico o biológico, en el que se disminuye el grado de contaminación existente en el agua residencial.



CAPITULO I PROBLEMÁTICA DEL ELEMENTO AGUA

1. HIDROLOGÍA: GENERALIDADES

Las mayores cantidades de agua están localizadas en América del Norte, principalmente en Canadá, el sudeste de Asia y en la Cuenca Amazónica de América del Sur. ⁷Los ríos, lagos, lagunas y humedales son una fuente importante de agua dulce, sin embargo, son los acuíferos subterráneos los que aportan hasta un 98% de las fuentes de agua dulce accesibles al uso humano, ya que se estima que representan el 50% del total de agua potable en el mundo. ⁸ El agua dulce directamente disponible para el uso humano constituye menos de 0.02% de la hidrósfera. De esa cantidad, el 95% está almacenada en los lagos, quedando solamente 0.001% en todos los ríos y arroyos. ⁹

Dada la abundancia de precipitaciones, el Ecuador dispone de una rica red hidrográfica, salvo en las zonas occidentales y meridionales áridas de la Costa. Las reservas hídricas ecuatorianas se encuentran definidas por 31 Sistemas Hidrográficos, formados por 79 cuencas, que a su vez se integran en 153 subcuencas y 871 microcuencas. La cuenca imbrífera o nacimiento donde se originan los ríos de las vertientes occidental, central y oriental del Ecuador son considerados como sistemas hidrográficos muy importantes para desarrollar el sector agropecuario, en el país. ¹⁰

El Ecuador cuenta con 430,000 millones de m³/ año de agua proveniente de las precipitaciones durante las épocas de invierno y 146.000 millones m³/ año en épocas de verano que escurren por los causes superficiales y subterráneos, pero irregularmente repartidos en el tiempo y en el espacio. El 73 % drena en la vertiente Amazónica en donde vive el 18% de la población ecuatoriana, mientras que en la vertiente del Pacífico escurre 108,390 millones de m³/año y se asienta el 82% de la población del país. Tomando en cuenta el aporte en las Islas Galápagos, Ecuador cuenta con 412,680 millones de m³ de disponibilidad natural. ¹¹

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:12

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



En la provincia del Azuay, la ciudad de Cuenca es famosa por sus cuatro ríos (Tomebamba, Tarqui, Machángara y Yanuncay) los que le atraviesan la ciudad. El río Tomebamba que baña la ciudad de Cuenca, tiene su origen en el nudo del Cajas, a 4.000 mts. de altura, divide en cierta manera la ciudad. ¹¹

De acuerdo con la base de datos de concesiones de la SENAGUA, un 97.3% del agua concesionada para hidroelectricidad, riego y consumo humano para la ciudad de Cuenca proviene de ríos originados en los páramos¹² resaltando la importancia de esta zona como productora de agua y para fines de conservación.

2. IMPORTANCIA DEL AGUA

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. El agua constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos, e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos. Además, desempeña de forma especial, un papel importante en la fotosíntesis de las plantas y hábitat para una gran parte de organismos.¹³

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida¹⁴

2.1. Agua y los seres vivos

Todas las formas de vida conocidas dependen del agua. Constituye un 70% de nuestro peso corporal y en las algas un 98%. El agua interviene en todas las funciones vitales de plantas y animales. Las plantas serían incapaces de producir su alimento y de crecer sin el agua. Las semillas secas, que conservan sólo rastros de humedad, no pueden germinar sin absorber grandes cantidades de agua. Las plantas verdes realizan la fotosíntesis a partir de agua y dióxido de carbono. Sus raíces captan los nutrientes cuando están disueltos en agua.

En los animales, el agua participa en importantes reacciones bioquímicas que se desarrollan dentro de las células. Además, disuelve y transporta las sustancias

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:13

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



necesarias para la alimentación celular y las sustancias tóxicas que el organismo expulsa en forma de sudor y orina.¹⁵

El agua es también fuente de diversidad natural. La sola presencia del agua acumulándose en grandes o pequeñas masas, da origen a ecosistemas únicos con multitud de organismos que viven en ella. El número de especies de organismos que viven en los ecosistemas acuáticos es mucho mayor que el de la biosfera terrestre.¹⁶

Además, en los páramos y demás humedales altoandinos, habitan miles de personas quienes desarrollan sus sistemas de vida en estas regiones altas, modeladas (o estructuradas) principalmente por el agua.¹⁷

3. AGOTAMIENTO DE LAS RESERVAS DE AGUA: CAUSAS y CONSECUENCIAS.

La combinación de la disminución de la precipitación y el aumento de la evapotranspiración a causa del calentamiento global en muchas regiones del mundo está disminuyendo las cantidades de agua en los ríos, lagos, y acuíferos, esta situación, sumada al aumento de la contaminación, está afectando los ecosistemas y la salud de la población, así como la vida y el sustento de quienes no pueden acceder a los servicios de agua para el consumo seguro y el saneamiento básico.

3.1. Problemática mundial del agua

El informe mundial del agua de la UNESCO (2003), indica que en los próximos 20 años, la cantidad de agua disponible para todos decrecerá en un 30%. Ya en la actualidad el 40% de los habitantes del mundo no tiene la cantidad mínima necesaria para aseo. Según estimaciones de Naciones Unidas, si persisten las tendencias actuales, para el año 2025, dos tercios de la población mundial sufrirán serios problemas de escasez de agua o prácticamente vivirá sin agua.

Al menos una quinta parte de la población mundial no tiene acceso a fuentes de agua segura, consecuencia de ello, cada día mueren 6 mil personas, en su mayoría niños debido al agua contaminada.¹⁸

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:14

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



Ya la mitad de los humedales han desaparecido y la mayoría han sido destruidos en los últimos 50 años. Estos datos subrayan la urgencia para resolver los problemas que existen en cuanto al uso y manejo de un recurso agua en el planeta.

La agricultura, es factor clave en el consumo de agua, porque la producción de alimentos y otros productos agrícolas absorbe el 70% de las captaciones de agua dulce de ríos y napas subterráneas.¹⁹ Mientras que el 22% de agua es utilizado por la industria y 8% se utiliza para uso doméstico.²⁰ Probablemente, grandes cantidades de estas aguas están directamente relacionadas con la agricultura de exportación y el monocultivo, ya que la agricultura familiar casi no dispone de agua.

3.2. Problemática del agua en Ecuador

El Ecuador es un país rico en recursos hídricos. Según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2002 - 2006), existe a nivel nacional una **escorrentía** ** media total de 432.000 Hm³ por año, con una escorrentía específica de 1600 mm / año muy superior a la media mundial que es del orden de 300 mm/año, lo que supone 43.500 m³ por habitante al año, igualmente superior a la media mundial de 10.800 m³.

Según la FAO, la extracción total del agua en el Ecuador se estimaba en 16,985 millones de m³/ año, de los cuales se destina al uso agrícola 13,929 millones de m³/año (82.0%), principalmente para agricultura de exportación y monocultivos de arroz, banano, cacao, café, flores, hortalizas y frutas. Para el uso y abastecimiento de agua a poblaciones, se estiman 2,100 millones de m³/ año (12.3%) y uso industrial 956 millones de m³/ año (5.6%).²¹

En un contexto global de creciente escasez de agua, el Ecuador presenta innegables ventajas ya que es uno de los países mejor dotados de agua en el mundo. Sin embargo, la desigualdad de su distribución, así como la contaminación

** Lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida.



debida a actividades productivas y ante todo a la falta de tratamiento de las aguas servidas, ponen en peligro los derechos humanos al agua, a la salud, y naturaleza. ²²

La mayor contaminación es causada tanto por la actividad minera como la petrolera, ocasionando que varios ríos sean considerados como muertos he inservibles para toda actividad. Sin embargo, las actividades agrícolas también han contribuido al aumento de la contaminación de los fluidos naturales hídricos.

El agua utilizada para riego, en la sierra y en la costa, tiene contaminación proveniente de plaguicidas, pero es difícil cuantificarla. Lamentablemente, no se tiene estudios complementarios que permitan correlacionar la contaminación del agua-suelo-productos agrícolas.

A inicios de la década de los 80 se produjo un aumento dramático en la explotación artesanal de oro, generando problemas de contaminación de metales pesados hacia los ríos que drenan de los diferentes distritos mineros. ¹⁰ que se mezclan posteriormente con aguas provenientes de cultivos agrícolas y pecuarios.

De un análisis de 31 cuencas hidrográficas del Ecuador reportado por la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación-COSUDE en el 2000, antes de que estas algunas de estas aguas sean mezcladas, se desprende que el 30% de las cuencas, abarcando el 37% de la superficie del País, presentan altos grados de contaminación por **biocidas**^{††}, ²³ los mismos que generan críticos problemas de salud en habitantes que la utilizan.

Según un estudio de la Organización Panamericana de la Salud, el agua contaminada por diferentes agentes como plomo, monóxido de carbono y ozono afectan seriamente al ser humano causando enfermedades como: problemas cardíacos, enfisema, asma y bronquitis (ozono); afectaciones al sistema circulatorio, reproductivo, renal y nervioso (plomo). Otros como el monóxido de carbono afectan al crecimiento del feto en el vientre materno, y compromete el desarrollo de músculos

^{††} Son plaguicidas de uso no agrícola. Es decir, son las sustancias o mezcla de sustancias (productos) destinados a matar -por medios químicos o biológicos- organismos vivos.



y órganos en los niños. ²⁴La mayoría de estos metales son producidos por las actividades industriales, mineras y agrícolas.

Otro de los graves problemas encontrados es la inequidad. El Foro de los Recursos Hídricos aclara que, la población campesina e indígena que cuenta con sistemas comunales de riego, representa el 86% de los usuarios. Sin embargo, sólo tienen el 22% del área regada y acceden al 13% del caudal de agua, en tanto que el sector privado, que representa el 1% de las unidades productivas concentra el 67% del caudal total". ²⁵

3.3. Problemática del agua en Azuay

La provincia del Azuay tiene 987 Km. de ríos, 6.153 Km. de quebradas perennes, 1.960 Km. de quebradas intermitentes y 1.138 ha. de lagunas y cuerpos de agua. ²⁶ Pese a considerarse una provincia con niveles hidrológicos altos, podemos identificar varios conflictos existentes por el acceso inequitativo, contaminación creciente, etc.

3.3.1. Conflictos en la cuenca del Río Jubones.

En la cuenca del Río Jubones, se está generando un incremento notable de contaminación por minería, desechos domésticos, desechos industriales y residuos de agrotóxicos.

En la Cuenca Alta del Río Jubones, se ha descubierto dos importantes yacimientos auríferos (Quimsacocha, cuenca del Río Jubones y Río Blanco en la parroquia de Molleturo) en las zonas de regulación natural hídrica, lo que provoca una extrema tensión y confrontación entre los pobladores ²⁷ considerando que, para tener 1 gramo de oro se necesita 1000 litros/seg. de agua. En un día, se usa la misma cantidad que necesitan por día una ciudad de 600 mil habitantes, las mismas que son desechadas con altos niveles de metales pesados y lodos.



No solo la minería produce devastaciones biológicas a los cuerpos de agua. También se encuentran las incontrolables descargas de aguas residuales domésticas e industriales no depuradas y que en su mayoría no reciben ninguna atención por parte de ninguna autoridad, sin dejar de lado la contaminación producida por agrotóxicos de las grandes plantaciones agrícolas y ganaderas.

3.3.2. Conflictos en la cuenca del Rio Paute.

El conflicto identificado en una de las zonas de la Cuenca del Paute se enmarca en la dificultad de acceder al agua de consumo, como en la provincia de Cañar. Sin embargo una mayor problemática consiste, en que un alto porcentaje de población rural, aun no cuenta con infraestructuras sanitarias y abastecimiento seguro de agua. ²⁷

Este problema se genera, dado que un gran porcentaje del agua se ha concesionado para la hidroelectricidad. Además, en muchas cuencas con potencial hidroeléctrico, la tensión principal consiste en la pérdida de caudales ecológicos, que afectaría directamente el acceso al agua de consumo humano y sostenibilidad del sistema ecológico. ²⁷

La ciudad de Cuenca se encuentra dentro de la microcuenca del Rio Paute. De acuerdo con la base de datos de concesiones de la SENAGUA, un 97.3% del agua concesionada proviene de ríos originados en los páramos.

Existe un total de 4,093 concesiones en la cuenca del Rio Paute, que derivan un caudal de 181.2 m³/s, de los cuales se estima que son netamente aprovechados unos 6.9 m³/s. Un 91.5% de las concesiones está dedicada a la generación hidroeléctrica debido a la demanda de la central hidroeléctrica Paute. Un 5.2% de las concesiones se destinan a riego. El 1.62 % del caudal concesionado se destina para el consumo humano, especialmente para las ciudades de Cuenca, Azogues y Gualaceo.



En el Azuay, la disponibilidad de agua potable en el cantón Cuenca esta considerada como una de las mejores de Latinoamérica, donde presenta una serie de particularidades que facilitan su accesibilidad.²⁸ El servicio de agua potable dentro del sistema, es continuo y tiene una cobertura del 98% en el área urbana consolidada, con una dotación de 330 lts/hab/día y el 80% en el sector rural.

La ciudad está dividida en 20 zonas de presión, cubriendo un área total de 6.609 ha, con una población servida de 300.000 habitantes. Se cuenta con 27 reservas para la captación de agua con una capacidad total de 67.000 m³.²⁹ La población estimada en el cantón Cuenca es de 487.000 personas, donde el 80% de la población vive en la parte urbana del cantón.³⁰

Según ETAPA 2005, la conexión al servicio de agua proviene principalmente de sistemas comunitarios en el área rural (92%). Además, algunas familias compran el agua en un 45.7%, en tanto que acarrear del río o de alguna vertiente cercana no potable el 20.5%, lo cual supone un gasto adicional principalmente de dinero, aunque también de trabajo que lo realizan generalmente las mujeres.³⁰

Muchos problemas, siempre han existido por el agua. En Victoria del Portete, actualmente existen varios conflictos sociales debido a que en la referida área se han hecho concesiones a 11 mineras ubicadas en zona de páramos, lo cual afectaría las fuentes de agua para la ciudad de Cuenca, y a diversas actividades productivas del cantón.³¹

Por otro lado, en la cuenca del Rio Machángara, ELECAUSTRO tiene la presión de ocupar por períodos el 100% del caudal, incumpliendo el derecho constitucional sobre la preservación de los ecosistemas.²⁵

En la parroquia de El Valle, pocas familias colindantes con los paramos, disponen de alguna vertiente de agua, donde el caudal es reducido. El agua para el consumo casi total de la parroquia, proviene del Sistema Autónomo Comunitario de Agua Potable Proyecto Nero y la Empresa ETAPA. Las pocas quebradas existentes, incrementan notablemente su caudal en invierno arrasando con cultivos y viviendas,

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:19

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



siendo todo lo contrario en verano con un casi nulo caudal y con altos contenidos de aguas residuales.

4. APROVECHAMIENTO Y USO ACTUAL DEL AGUA: IMPACTOS

En general los usos del agua se dividen en **consuntivo** y **no consuntivo**. El uso consuntivo, es aquel en el que el agua no regresa a la corriente superficial o subterránea inmediatamente después de ser usada, es decir que se ha evaporado o transpirado, ha sido incorporada a los productos o cosechas, utilizada para el consumo humano o del ganado, o retirada de otra forma del ambiente acuático inmediato. Mientras que el uso no consuntivo es aquel que utiliza el agua y la regresa al entorno inmediatamente después de ser usada, aunque lo haga a veces con cambios en sus características físicas, químicas o biológicas.³²

De los 6.873 Km³ de agua que usa la humanidad, más de 1/3 de esta, es para uso consuntivo, mientras que el resto es para otros usos. De esta manera vemos que, el ser humano tiene hoy en día un impacto impresionante en el ciclo del agua; una sola especie usa más de 1/3 de toda el agua del ciclo hidrológico mundial.¹⁶

4.1. Impacto global

Desde un contexto global, el sector agrícola agro exportador y el monocultivo constituyen el mayor consumidor de agua, no sólo porque la superficie irrigada en el mundo ha tenido que quintuplicarse, sino porque no se cuenta con un sistema de riego eficiente, razón principal que provoca que las pérdidas se tornen monumentales. Le siguen el sector industrial que requiere del 25% y el consumo doméstico, comercial y de otros servicios urbanos municipales que requieren el 10%.

Para el año 2015 el uso del agua por el sector industrial alcanzará el 34%, reduciendo al 58% los volúmenes destinados para riego y al 8% los destinados para otros usos. El consumo total de agua se ha triplicado desde 1950 sobrepasando los 4,300 km³/año, cifra que equivale al 30% de la dotación renovable del mundo que se puede considerar como estable.³³

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:20

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



Las aguas subterráneas constituyen el 97% del agua dulce terrestre frente a 0.015 % del agua superficial embalsable. El 33% de la población mundial, sobretodo la rural, depende de ella, pero está amenazada tanto por la contaminación de los acuíferos como por la mala utilización de los pozos existentes. La sobreexplotación de éstos provoca el descenso de la capa freática.³²

Otro factor silencioso pero latente es el calentamiento global que para este siglo se predice un incremento de entre 1.4 y 5.8°C. Según el informe de las Naciones Unidas emitido en marzo de 2003, se estima que el 20% de la disminución del caudal de agua utilizable tiene relación directa con el calentamiento de la tierra, y los deshielos producen la subida del mar en al menos 3,1 milímetros por año.⁷

4.2. Impactos en Ecuador

El consumo anual de agua en Ecuador se estima en 9.700 Hm³; en el riego se utiliza el 82% aproximadamente, para uso doméstico se gasta el 12,5% y para el industrial el 5,5%. En todo el país, el 68% de la población dispone de agua potable.⁷

Los principales problemas ambientales del agua en el país están directamente relacionados con los diferentes usos dados ha este elemento, ya sea para actividades productivas o domésticas.

4.2.1. Uso Agrícola

De acuerdo con el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), el riego absorbe el 81,1% del agua para usos consuntivos, y respecto a su importancia económica, el valor de la producción bajo riego se estima en el 70% de la producción agrícola total, lo que indica que la productividad de las tierras bajo riego es aproximadamente cinco veces mayor a la de secano.³⁴ Las actividades de irrigación que demandan en promedio 13.000 m³ de agua por ha al año, obtienen el recurso principalmente de fuentes superficiales, las cuales suministran alrededor del 99% de la superficie bajo riego, misma que según datos del 2006, es de 899.000 has.³⁵



Cabe mencionar que esta superficie regada equivale solamente al 30% del total potencial regable del país, que abarca 3,1 millones de has.³⁴

En efecto, el uso de agroquímicos, tiene impactos negativos en la contaminación de los cursos de agua, provocando afecciones a la salud humana, tales como enfermedades de la piel, gastrointestinales o respiratorias al usarla.³⁶

4.2.2. Uso domestico

El abastecimiento de agua potable y el servicio de saneamiento en todo el país no llegan a ser del 100%. En efecto, alrededor del 67% de todos los hogares del país cuentan con este servicio, de los cuales 82% son hogares urbanos y 38% rurales.³⁵ Encontrándonos con diferencias por regiones. En la Sierra tiene cubierto el servicio en un 68,5%, mientras que la Costa en un 55,2% y el Oriente en 35,2%.³⁷ Además existen racionamientos de agua potable en casi la mitad de los cantones del país y en general el servicio es regular o malo en el 54% de ellos.³⁵ En todos los casos las deficiencias en los servicios se manifiestan con mayores impactos en las zonas marginales urbanas y en las zonas pobres del país.

4.2.3. Uso Industrial

En este ámbito, los usos del agua en el Ecuador corresponden a diferentes tipos de industria, de los cuales, las más contaminantes son: química y petroquímica, refinería de petróleo, explotaciones mineras, metalúrgica, textil, curtiembres, fábricas de alimentos y de alcohol, papel y celulosa.³⁸ Si bien no existen datos concretos de cuánto usa cada tipo de industria, sí hay información acerca de la forma en que este sector productivo afecta la calidad del recurso.

La industria petrolera, que económicamente es la más importante para el Ecuador, contribuye a la contaminación del agua y suelos en las zonas cercanas a los puntos de extracción, tanto por derrames como por manejo ineficiente de las aguas de formación y sus derivados.



La minería por su parte, utiliza grandes cantidades de agua que son devueltas a los cauces sin ningún tipo de tratamiento, pudiéndose encontrar sustancias químicas y metales pesados en sus aguas desechadas. Así mismo, la industria textil y del cuero.²¹ La industria de alimentos, bebidas y tabaco establecida en las ciudades de Quito y Guayaquil, produce la mayor concentración de contaminantes industriales, así como sustancias orgánicas biodegradables y no tóxicas.³⁹ Las fabricas procesadoras de animales contaminan las fuentes de agua en Santo Domingo.

4.2.4. Hidro electricidad

Según datos del CNRH, la hidroelectricidad es la que cuenta con el mayor porcentaje de concesiones de agua, llegando a ser hasta el 2006, del 47%.³⁹ A pesar de esto, el servicio de energía eléctrica a lo largo del país es deficiente, pues de acuerdo a datos estimados, la cobertura para el año 2009 era del 85,7 % en el sector rural, 92,7 % en el sector urbano y una cobertura nacional del 90,4 %.⁴⁰

4.2.5. Otros Usos

Uno de los usos no consuntivos en sus diferentes formas, características y estados del agua es el desarrollo de múltiples actividades recreacionales, culturales, medicinales y deportivas donde es imposible estimar la cantidad utilizada para ello.

4.3. Impactos en Azuay

En el Azuay no se tienen datos generales de la cantidad de agua utilizada por actividad. Pero podemos aproximar que los mayores consumos de agua están destinadas para actividades productivas seguidas por las industrias y mineras que van de la mano con la cantidad de aguas contaminadas que generan.

Varios ríos en el Azuay son inservibles para todo tipo de actividad por las extracciones auríferas. En la arena del Río Tenguel aguas abajo la cantidad de



vanadio^{##} supera 7 veces la permitida, el vanadio puede causar irritaciones en la piel, es tóxico renal y hepático y causa degeneración de los riñones. En los sedimentos del Río Siete se encuentran niveles de arsénico 15 veces más altos que lo tolerable, el arsénico causa daño en la piel, en el sistema nervioso central y puede provocar cáncer. En el agua del Río Chico se encuentra el elemento cobre en concentraciones 108 veces más altas de lo permitido. El cobre puede causar muerte del hígado y lesiones hepáticas en los niños, pero quizás el elemento más alarmante es el mercurio encontrado en cantidades peligrosas en todas las muestras; es en las aguas del río Gala donde la concentración de este metal pesado es de 0.053 miligramos por litro es decir 265 veces más de la cantidad permitida, el mercurio causa cambios en la personalidad, delirios, alucinaciones y puede causar la muerte inmediata.⁴¹

En Azuay, también se evidencia un alto grado de inequidad, como también de estrés y escases de agua. En la provincia, existen 351 juntas de agua reconocidas jurídicamente. El 66,3% del líquido concesionado es sobre vertientes o agua superficial. Por eso, la provincia depende de los ecosistemas reguladores de caudal. Y la deforestación incide de forma directa sobre la disponibilidad del recurso hídrico. En ciertas zonas hay más agua concesionada de la que existe y se privilegia para el uso productivo (56 %).⁴²

En Cuenca, capital del Azuay y tercera ciudad más importante del Ecuador, los principales usos de las agua de las subcuencas de los ríos Machángara, Tarqui, Yanuncay y Tomebamba, según ETAPA corresponden; al consumo humano y uso doméstico, preservación de flora y fauna, Agrícola y Riego, Pecuario, Fines recreativos, Estético, Transporte, Uso industrial.

^{##} Es un metal que se emplean en la industria química, sobre todo en la fabricación de catalizadores de oxidación, y en la industria cerámica como agentes colorantes, y que se encuentra generalmente en forma de cristales. Esta sustancia se ha encontrado en por lo menos 385 de los 1,416 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA_España).



El principal uso en el cantón Cuenca es destinado para agua potable captando 1710.5 l/s, seguido por el agua usada para actividades agrícolas y riego es el segundo en importancia con respecto a la cantidad de agua consumida, siendo un uso típicamente intensivo e extensivo así como consuntivo y cuyo flujo de retorno (drenaje de áreas irrigadas), tiene características ambientales negativas (pesticidas y demás contaminantes utilizados en sistemas de riego).

Otro de los usos importantes es la generación de energía eléctrica que representa un uso intensivo, no es consuntivo y regresa al cauce, con buena calidad utiliza 11,148 m³/s.³⁰

5. SANEAMIENTO Y MANEJO TRADICIONAL DE LAS AGUAS SERVIDAS

5.1. Problemática Global

Las Naciones Unidas estiman que 2.600 millones de personas carecen de acceso a saneamiento mejorado y alrededor de 1.200 millones practican la defecación al aire libre. Aproximadamente 1,6 millones de personas, en su mayoría niños menores de 5 años, mueren cada año debido a enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento. En 2006, únicamente el 62 por ciento de la población mundial tenía acceso a saneamiento mejorado, es decir, utilizaba sistemas de saneamiento que aseguran una higiénica separación de los excrementos y las aguas residuales del contacto humano. Un 8% compartía instalaciones mejoradas con una o más familias y otro 12% utilizaba una instalación de saneamiento no mejorada. La defecación al aire libre esta disminuyendo en todas las regiones de un 25% en 1990 a un 17% en 2008.⁴³

La meta 10 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) pretende reducir a la mitad el número de personas sin acceso a agua potable y a servicios básicos de saneamiento para el año 2015. Si no se modifica el ritmo de progreso actual de contaminación, el mundo incumplirá la meta del ODM en un 13%. A no ser que se hagan grandes esfuerzos, la proporción de personas sin acceso a un sistema básico

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:25

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



de saneamiento no se verá reducida a la mitad para el año 2015 y, aunque se alcanzara la meta, seguiría habiendo 1.700 millones de personas sin acceso a un sistema de saneamiento básico. Además, si se cumplen las expectativas demográficas, 1.000 millones adicionales de personas vendrán a añadirse a las cuentas, con lo que, para 2015, habrá 2.700 millones de personas sin acceso a un saneamiento básico.⁴⁴

En los países en desarrollo, entre el 90% y el 95% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales se vierten sin ningún tratamiento en aguas potables que consecuentemente contaminan el suministro del agua utilizable.

Aproximadamente el 94% por ciento de la población urbana tuvo acceso al agua potable al final del 2000, mientras que el índice para los habitantes en áreas rurales era solamente del 71%. Para el saneamiento, la diferencia era aún mayor ya que el 85% de la población urbana estaba cubierta, mientras que en las áreas rurales, solamente el 36% de la población tuvo saneamiento adecuado.³²

El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos.⁴⁵

5.2. Problemática en Ecuador

Respecto al saneamiento y de acuerdo con el CNRH, en el año 2006, la cobertura municipal del servicio de tratamiento de aguas residuales alcanzaba apenas el 5% del total de todos los municipios. De manera que la gran mayoría de los centros poblados descargan directamente dichas aguas a los cauces naturales. En efecto, la cobertura de infraestructura de saneamiento es menor a la del agua potable, tan sólo el 57% de los hogares del país cuentan con el servicio, de los cuales el 73% son hogares urbanos (10% de los mismos usan letrinas) y 27% son rurales, que en su mayoría (21%) utilizan letrinas.³⁶

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:26

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



La región Costa cuenta con un servicio ineficiente de tratamiento de aguas domésticas y de las industriales, las cuales son descargadas directamente a los ríos y estuarios y que en última instancia todas llegan al mar. En efecto, la contaminación microbiológica del agua en estas zonas es causada por la descarga de aguas domésticas y que en un 95% no tienen ningún tipo de tratamiento, mientras que la contaminación química es ocasionada por las descargas industriales directas de aceites y combustibles, de campos agrícolas que utilizan agroquímicos como fertilizantes y pesticidas, incluyendo zonas mineras.⁴⁵

Además, en las zonas costeras la contaminación por los efluentes de las piscinas camaroneras cargados con nutrientes, antibióticos, materiales orgánicos sólidos y otros productos químicos, ha causado la salinización de las aguas de uso humano en las zonas aledañas a las piscinas, la desaparición de especies nativas y afectación a amplias zonas de manglares y humedales costeros.⁴⁶

Por otra parte, el déficit de cobertura en el saneamiento tiene graves consecuencias sobre la salud humana, según el MIDUVI hasta al año 2000 se registró 1.000 muertes de niños causadas por enfermedades relacionadas con la contaminación del agua. También se registran otras enfermedades como; el cólera, la tifoidea y la hepatitis tipo A, que han sido detectadas como consecuencia de dicha contaminación³⁶.

5.3. Problemática en Azuay

El avance de la contaminación en esta provincia va en aumento. Algunos cantones del Azuay se han calificado como potencialmente mineros. Varios ríos que desembocan en el Golfo de Guayaquil se encuentran seriamente contaminados con metales pesados por el uso indiscriminado del agua y su ineficiente tratamiento por parte de los distritos mineros artesanales del cantón Camilo Ponce Enríquez.

Por otro lado, la contaminación de las vertientes hídricas, ocasionadas por aguas grises y negras que confluye desde las aéreas rurales es continúa, siendo las que menos disponen de accesibilidad a los servicios de alcantarillado y saneamiento.

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:27

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



Según el MIDUVI 2009, en la provincia del Azuay el 66.71 % de la población tiene cobertura de saneamiento y 65.58 % de alcantarillado.⁴⁷

Para el agua potable, encontramos que el indicador de acceso a este servicio en el campo es de apenas el 18.6%, Por un lado esto significa que en el 46.1% de familias sabe que el agua que consume no es potable y respecto de la disposición de aguas servidas, el porcentaje es mucho menor (28.6%), por lo que mayoritariamente la población dispone de letrinas para la evacuación de estas aguas.

Otra de las contaminaciones se genera en las actividades agropecuarias, que aportan una gran cantidad de agrotóxicos de manera directa e indirecta a las fuentes de agua, las mismas que no reciben ningún tratamiento. A nivel latinoamericano el Ecuador, es el país que más agrotóxicos utiliza en los cultivos ⁴⁸ y gran parte de ellos son utilizados en esta provincia como en el incremento de las plantaciones florícolas.



CAPITULO II CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES RURALES

1. GENERALIDADES

Las **aguas residuales**^{§§} generadas en las viviendas, en el sector servicios y en las industrias agroganaderas contienen una serie de sustancias que se incorporan al agua por los diferentes usos, provocando su contaminación. La gestión incorrecta de las aguas residuales en los entornos rurales y en los espacios protegidos puede ocasionar serios problemas ambientales y sanitarios y alterar la fragilidad de los ecosistemas implicados, si no son recogidas y tratadas adecuadamente antes de devolverlas al medio sin riesgo.⁴⁹

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 % y apenas 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Esta pequeña fracción de sólidos es la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición. El agua es apenas el medio de transporte de los sólidos.⁵⁰ Con el paso del tiempo el color cambia gradualmente de gris a negro, desarrollándose un olor desagradable.

Gran parte de la materia residual que se encuentra en las aguas servidas es orgánica y útil para los microorganismos saprofitos, es decir, organismos de la descomposición.⁵¹

2. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La caracterización básica para las aguas residuales, a nivel general esta determinada por el grado de contaminación de las mismas por elementos físicos, químicos y biológicos que han alterado su calidad natural inicial. Para el área rural – familiar, entre la clasificación de las aguas residuales tenemos:

^{§§} Aguas residuales son aquellas aguas sobre las que se han introducido condiciones, de forma directa o indirecta, que implican una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores. El agua residual está compuesta de componentes físicos, químicos y biológicos además una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos



2.1. Aguas Blancas

Son aquellas aguas residuales cuyo contacto con actividades humanas ha sido mínimo, encontrándose poco contaminadas. Proceden principalmente de la lluvia, del deshielo y de la limpieza.⁵² Contiene disueltos distintos gases, además de determinados iones que se encuentran en la atmósfera en forma de polvo y que son el resultado o consecuencia de diversos fenómenos que en ella se producen.⁵³

2.2. Aguas Grises

Las aguas grises son aquellas que salen por los desagües de bañeras, lavabos, pilas de la cocina, lavavajillas o lavadoras. Son aguas levemente contaminadas provenientes del uso domestico y con un tratamiento sencillo pueden ser reutilizadas. Es importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto.⁵⁴

2.3. Aguas Negras

Se define un tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales. Su alta carga, unida a la enorme variabilidad que presenta, hace que el tratamiento de las aguas residuales negras sea complicado.⁵⁶

3. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Existen parámetros comunes de aguas residuales, las cuales son de gran interés y sirven como referencia para el estudio de sus características particulares; pero hay que recordar que cada agua residual es única en sus características y que en lo posible los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio para cada agua residual específica.⁵⁶

3.1. Características Físicas

Los índices y parámetros que miden las características físicas comprenden, primeramente aspectos externos que sirven de indicadores del nivel de



contaminación que existe en el agua residual, como son color, olor, aspecto, nivel de turbiedad. El agua residual doméstica que se transporta a los sistemas de alcantarillado, presenta valores comunes en su composición. ⁵

Tabla I: Composición de Aguas Residuales

DESCRIPCIÓN	INTERVALO DE CONCENTRACIONES			
	Alta	Media	Baja	V. Típico Rural
Contaminantes				
Materia solida, (ml/L)	1200	720	350	910
1. Disuelta total	850	500	250	700
Inorgánica (ml/L)	525	300	145	300
Orgánica (ml/L)	325	200	105	200
2. En Suspensión	350	220	100	210
Inorgánica (ml/L)	75	55	20	55
Orgánica (ml/L)	275	465	80	160
Sólidos sedimentables (ml/L)	20	10	5	10
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) a 20°C (ml/L)	400	220	110	210
Carbono orgánico total (ml/L)	290	160	80	160
Demanda química de oxígeno (DQO) (ml/L)	1000	500	250	500
Nitrógeno total (ml/L)	85	40	20	35
Nitrógeno orgánico	35	15	8	13
Amoniacó libre	50	25	12	22
Nitritos	0	0	0	0
Nitratos	0	0	0	0
Fósforo total (ml/L)	15	8	4	7
Fósforo orgánico	5	3	1	2
Fósforo inorgánico	10	5	3	5
Cloruros (ml/L)	100	50	30	50
Sulfatos (ml/L)	50	35	20	30
Grasas y aceites (ml/L)	150	100	50	90
Compuestos orgánicos volátiles (ml/L)				100 - 400
Coliformes totales				$10^7 - 10^8$
Coliformes fecales				$10^4 - 10^5$

Fuente: Metcalf y Eddy (1991), Cargua M. (2009).

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:31

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



3.2. Características Químicas

Los índices y parámetros que considera las características químicas del agua residual y que miden la presencia de sustancias orgánicas e inorgánicas que afectan directa e indirectamente la salud son los siguientes:

3.2.1. Sólidos en Suspensión.- Pueden originar depósitos de **lodos**^{***} y condiciones **anaerobias**^{†††} cuando se vierte agua residual sin tratar en un entorno acuático.

3.2.2. Materia Orgánica Biodegradable

La materia orgánica biodegradable presente en aguas residuales, se la mide con los análisis DBO₅ y DQO.

El análisis **DBO₅** (demanda biológica o bioquímica de oxígeno) es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C.⁵⁵

En un período de 20 días se completa la oxidación del 95% al 99% de la materia carbonosa y en los cinco días que demora el ensayo de la DBO₅ se llega a oxidar entre el 60% y el 70%. Se asume la temperatura de 20°C como un valor medio representativo de la temperatura que se da en los cursos de agua que circulan a baja velocidad en climas no agresivos.⁵⁶

El análisis **DQO** (demanda química de oxígeno) es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅ porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse química, pero no biológicamente.⁵⁷

*** Producto final del proceso de tratamiento de aguas residuales. Mezcla de materia orgánica, suelo y agua.

††† Condición con oxígeno.



3.2.3. Carbono Orgánico Total

El Carbono orgánico total (COT) es la cantidad de carbono unido a un compuesto orgánico y se usa frecuentemente como un indicador no específico de calidad del agua y las pruebas para la determinación del COT, se basan en la oxidación del Carbono existente en la materia orgánica, la cual da como resultado dióxido de Carbono.⁵¹ Se usa como medida de su polución y se puede relacionar con la DBO y DQO. La relación entre DBO₅/COT para aguas residuales no tratadas varía de 1.2 a 2 mg/l.⁵⁶

3.3. Características biológicas

Las características biológicas son muy importantes en el control de enfermedades causadas por microorganismos patógenos y por la importancia que tienen las bacterias y otros microorganismos que interviene en la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual. El principal grupo de microorganismos presente en aguas residuales son los organismos eucarióticos incluyendo algas, hongos y protozoos, eubacterias y arqueobacterias.⁵⁶

Al mismo tiempo pueden existir organismos patógenos que pueden transmitir enfermedades contagiosas como tifoidea, disentería, fiebre, diarrea y cólera, son excretadas por el hombre, y en este grupo están los virus, bacterias, protozoos y del grupo helmintos.⁵⁶



CAPITULO III

MÉTODOS NATURALES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES RURALES

1. INTRODUCCIÓN

Existen cientos de sistemas para la depuración de aguas residuales, entre los que podemos agrupar en métodos físicos, químicos, y biológicos. Muchos de estos sistemas se encuentran conjugando con diferentes métodos de depuración para lograrlo.

En el área rural se pueden aplicar estos métodos de depuración, sin embargo demandan de muchos insumos y los vuelven inaccesibles a las familias y comunidades. No obstante, si el nivel de contaminación es reducido se puede usar los sistemas naturales o biológicos, los mismos que permiten una reutilización de aguas residuales, aplicando sencillos sistemas de depuración con un menor gasto de energía y demanda mínima de insumos.

Estos métodos engloban aquellos procedimientos o técnicas en los que la eliminación de las sustancias contaminantes presentes en las aguas residuales se produce por componentes del medio natural, no empleándose en el proceso ningún tipo de aditivo químico. Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO_5 en similar medida.⁵⁷

2. SISTEMAS NATURALES DE DEPURACIÓN

Habitualmente se diferencian dos grandes grupos de técnicas de depuración natural: los métodos de tratamiento mediante aplicación del agua sobre el terreno, y los sistemas acuáticos. En todos ellos, el efecto depurador se debe a la acción combinada de la vegetación, del suelo y de los microorganismos presentes en ambos, y en menor medida, a la acción de plantas y animales superiores.⁵⁹ Los sistemas naturales que se pueden adaptar a las condiciones rurales de la Parroquia



El Valle, pueden ser; los métodos a aplicación directa al terreno y los métodos acuáticos como los siguientes.

2.1. Métodos de aplicación directa al terreno

En este tipo de tratamiento el suelo cumple dos funciones: por un lado es el medio receptor de las aguas residuales evitando de esta manera el vertido a otros medios, por otro lado, es el agente activo, pues tanto en su superficie como en su interior se produce el proceso de depuración, eliminando nutrientes, materia orgánica, microorganismos y otros componentes como metales pesados o microcontaminantes orgánicos. Entre los métodos de tratamiento en el terreno se incluyen filtro verde, infiltración rápida, escorrentía, entre otros.⁵⁷

2.1.1. Filtro verde.

Consiste básicamente en la aplicación de un caudal controlado de agua residual sobre la superficie del terreno, donde previamente se ha instalado una masa forestal o un cultivo.

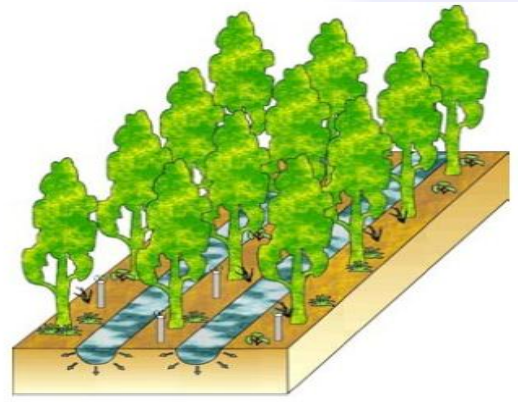


Figura N° 1: Filtro verde
Fuente: De Bustamante *et al.* 2009

La depuración se realiza mediante la acción conjunta del suelo, los microorganismos y las plantas por medio de una triple acción: física (filtración), química (intercambio iónico, precipitación y coprecipitación, fenómenos de óxido-reducción) y biológica (degradación de la materia orgánica); tiene lugar en los horizontes superiores del terreno, donde se encuentra una capa biológica activa.

El filtro verde tiene uno de los mayores potenciales de tratamiento de todos los sistemas de depuración en el terreno, debido a la aplicación de cargas relativamente bajas sobre el suelo vegetado y a la existencia de un ecosistema muy activo en el suelo, a escasa distancia de la superficie. Se recomienda de 1 ha por cada 250

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:35

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



habitantes con un aporte de aguas residuales entre 10 a 90 m³/hab/día dependiendo de la climatología (por ejemplo, en zonas más lluviosas la necesidad de terreno será mayor) y de las características hidrogeológicas de la zona (condiciones de suelo franco-arcillosos y franco-arenosos.)

Para mantener en el terreno condiciones predominantemente aerobias el agua residual se aplica en ciclos intermitentes, generalmente variables, de entre 4 y 10 días. Con este sistema se consiguen reducciones de DBO₅ del orden del 90% y de sólidos en suspensión del 95% destacando, además, el alto rendimiento en eliminación de microorganismos patógenos, fósforo y compuestos nitrogenados (más del 80%). Además, presenta la ventaja de no producir fangos.⁵⁷

2.1.2. Infiltración rápida.

El tratamiento mediante infiltración rápida, se define como la aplicación controlada del agua residual, sobre balsas superficiales construidas en suelos de permeabilidad media a alta (con una capacidad de infiltración que oscila entre 10 y 60 cm/día).

La aplicación se realiza de forma cíclica para permitir la regeneración aerobia de la zona de infiltración y mantener la máxima capacidad de tratamiento. Respecto a la profundidad recomendable a la que debe situarse el nivel piezométrico, existen opiniones muy variadas, aunque entre 18 y 20 metros desde la base de la balsa de infiltración es una cifra frecuentemente aceptada.

Las superficies necesarias oscilan entre 1 y 22 m²/hab., alcanzando reducciones medias de DBO₅ y de sólidos en suspensión alrededor del 90% y una elevada eliminación de patógenos, entre el 70% y el 95%.⁵⁷

2.1.3. Escorrentía superficial.

La técnica consiste en forzar la escorrentía del agua residual, mediante riego por circulación superficial en láminas, sobre un suelo previamente acondicionado (en



pendiente y con vegetación no arbórea), alternando periodos de riego con periodos de secado; dependiendo la duración de cada fase de los objetivos de tratamiento. ⁵⁸

La aplicación del agua residual suele realizarse en ciclos de varias horas, durante 5 a 7 días a la semana, tras un escaso pretratamiento consistente en la separación de las fracciones sólidas de mayor tamaño y grasa.

El grado de tratamiento alcanzable es equivalente a uno secundario, generalmente con buena reducción de nitrógeno y un peor rendimiento en fósforo, estando los rendimientos alcanzados para la DBO₅ y los sólidos en suspensión en torno al 90 y 70 % respectivamente. ⁵⁷

2.2. Métodos acuáticos

Los llamados métodos acuáticos se basan en la creación de un flujo controlado de agua residual, en el que microorganismos y plantas principalmente, transforman los contaminantes, entre estos tenemos a los humedales.

2.2.1. Humedales

Los humedales son terrenos inundados con profundidades de agua normalmente inferiores a 0,6 m con plantas emergentes. La vegetación presente en estos sistemas proporciona superficies adecuadas para la formación de películas bacterianas, facilita la filtración y la adsorción de los constituyentes del agua residual. Además permite la transferencia del oxígeno a la columna de agua, y controla el crecimiento de algas al limitar la penetración de la luz solar.

Para el tratamiento del agua residual, se han empleado terrenos pantanosos naturales y artificiales, aunque el uso de terrenos pantanosos naturales, al formar parte del sistema de escorrentía superficial de la zona, está limitado al tratamiento adicional de efluentes de tratamientos secundarios o avanzados, razón por la cual se recomienda la generación de humedales artificiales.



El humedal artificial tiene un fondo o base impermeable sobre la que se deposita un lecho de gravas, suelo u otro medio para el desarrollo de las plantas, que constituyen el principal agente depurador.⁵⁷

Existen dos tipos de humedales artificiales desarrollados para el tratamiento del agua residual, dependiendo de la situación del nivel de agua:

2.2.1.1. Superficie Libre de Agua (FWS)

El agua está al estar en contacto con la atmósfera, constituye la fuente principal del oxígeno para aireación. Suelen consistir en balsas o canales paralelos con el fondo constituido por suelo relativamente impermeable o con una barrera superficial, vegetación emergente, y niveles de agua poco profundos (0,1 a 0,6 m).⁵⁷

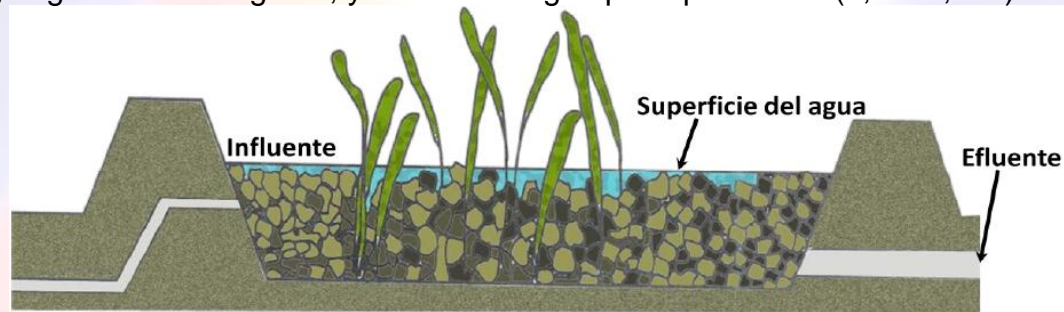


Figura N° 2: Humedal de Superficie Libre de Agua (FWS)

Fuente: Vesilind, P. *et al.* 2004

Normalmente, se aplica agua residual pretratada de forma continua, y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente. Esta clase de sistemas suele incluir combinaciones de espacios abiertos y zonas vegetadas e islotes con la vegetación adecuada para proporcionar hábitats de cría para aves acuáticas.⁵⁷

2.2.1.2. Flujo Subsuperficial (SFS)

La superficie del agua se mantiene a nivel de la superficie del lecho permeable o por debajo de la misma. Se diseñan con el objeto de proporcionar un tratamiento secundario avanzado. Consisten en canales o zanjas con fondos relativamente impermeables rellenos de cantos o arena para el crecimiento de vegetación emergente. En función del tipo de sistema, la carga hidráulica varía en el rango de 3

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:38

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



a 20 m/año, así como las características del agua de alimentación y los límites impuestos al efluente. ⁵⁷

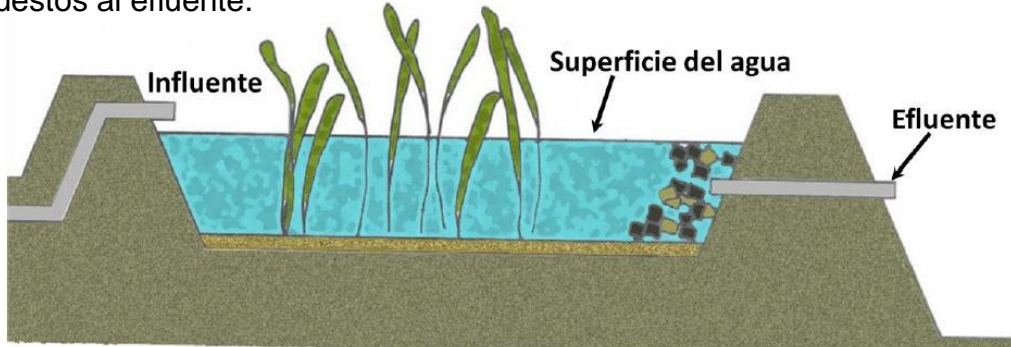


Figura N° 3: Humedal de Flujo Subsuperficial de Agua (SFS)
Fuente: Vesilind, P. *et al.* 2004

2.2.2. Cultivos Acuáticos

Los cultivos acuáticos o sistemas de plantas acuáticas flotantes, son básicamente una variante de los humedales artificiales FWS, en la que se introduce un cultivo de plantas flotantes, como los Jacintos de agua (*Eichornia sp.*) o las lentejas de agua (*Lemna sp.*) que pueden adaptarse en la parroquia El Valle, cuya finalidad principal es la eliminación de determinados componentes de las aguas a través de sus raíces, que constituyen un buen sustrato responsable de una parte importante del tratamiento.

Las profundidades de agua suelen ser mayores que en los sistemas de humedales, y varían entre 0,5 y 1,8 m. Para aumentar la capacidad de tratamiento y asegurar el mantenimiento de las condiciones aerobias necesarias para el control biológico de los mosquitos, en los sistemas de plantas acuáticas flotantes se han empleado sistemas complementarios de aireación.

El uso de Jacintos de agua (*Eichornia sp.*) y lentejas de agua (*Lemna sp.*) evita la entrada de luz solar al estanque. Comúnmente se utilizan para la eliminación de algas de los efluentes de lagunas y estanques de estabilización. Los sistemas de Jacintos de agua además están diseñados también para proporcionar niveles de tratamientos secundarios y avanzados.

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:39

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



En operaciones bien controladas, en las que las plantas se cosechan periódicamente, se pueden alcanzar rendimientos altos en la depuración. La carga orgánica admitida por estos procesos es del orden de 30 a 50 kg/ha/día, lo que para aguas de moderada carga contaminante ($\text{DBO}_5 < 240 \text{ mg/l}$), significa una carga hidráulica del orden de 6 m/año.⁵⁷



CAPITULO IV

SISTEMA NATURAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES RURALES PARA UN HUERTO RURAL FAMILIAR

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, pretende ofrecer una alternativa sencilla para disponer de agua de riego, a partir de la reutilización de las aguas residuales domesticas en la Parroquia El Valle, Cantón Cuenca, permitiendo cubrir una parte de la demanda hídrica de huertos o pequeñas parcelas de cultivo y además contribuir en la reducción de la contaminación de los cuerpos de agua por descargas contaminantes.

En la Parroquia El Valle del Cantón Cuenca, el acceso al alcantarillado beneficia únicamente a las familias aledañas a la cabecera parroquial, que constituye tan solo el 5% de la población, mientras que las demás familias desechan las aguas residuales en hoyadas y las pocas quebradas ocasionales, las mismas que presentan un elevado nivel de contaminación.⁵⁹

Mediante la depuración se eliminan más del 95% de estos contaminantes, liberando agua de características deseables para la producción de cultivos tradicionales de ciclo corto para el autoconsumo.

2. GENERALIDADES

2.1. Requisitos previos a la instalación

Si las iniciativas parten de las comunidades en zonas rurales, la gestión previa para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales requieren de la aprobación del perfil y expediente técnico, debido a que la entidad responsable de formular y ejecutar los proyectos puede provenir de fondos públicos son las municipalidades en coordinación con instituciones, tales como:

- Juntas Parroquiales (GAD)
- Juntas agua.
- Empresas municipales de agua y saneamiento.
- Municipalidad.
- Ministerio del ambiente.
- Otras facultadas por ley.

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:41

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.

Pero si se decide realizar la reutilización de las aguas residuales por cuenta propia y menor dependencia de las ayudas externas, los requisitos mínimos son:

- Estudio de Pre-Inversión viable.
- Expediente técnico.
- Estudio de Impacto Ambiental.

2.2. Tratamientos para aguas residuales rurales.

El tratamiento de aguas residuales (o agua servida, doméstica, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (efluente tratado) o reutilizable al ambiente, y un residuo sólido o lodo, que con un proceso adecuado, sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería. Se debe tener en cuenta que tan solo el 1% son residuos sólidos y 99% agua pura.

2.2.1. Tratamiento primario

Tiene como objetivo la eliminación, por medios físicos, de los sólidos en suspensión. Es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos; es decir el proceso de asentamiento de los sólidos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria o a mano, por esa razón es conocido también como tratamiento mecánico.⁶⁰ Existen diferentes tipos de tratamiento primarios como:

2.2.1.1. Poso Séptico

Este tipo de tratamiento se aconseja para familias y pequeñas poblaciones que generan un volumen diario de aguas residuales menores de 20 m³.

El tanque séptico está constituido por una caja de cemento o concreto y se usa para la disposición final de aguas residuales domésticas en zonas rurales como casas y albergues. Es un depósito impermeable, generalmente subterráneo. A este depósito llegará el agua servida a través de tuberías y será retenido por un periodo de tiempo. Durante este periodo se separa la parte sólida. La materia orgánica



acumulada en el fondo se descompone por acción de las bacterias convirtiéndola en lodo inofensivo.⁵⁹

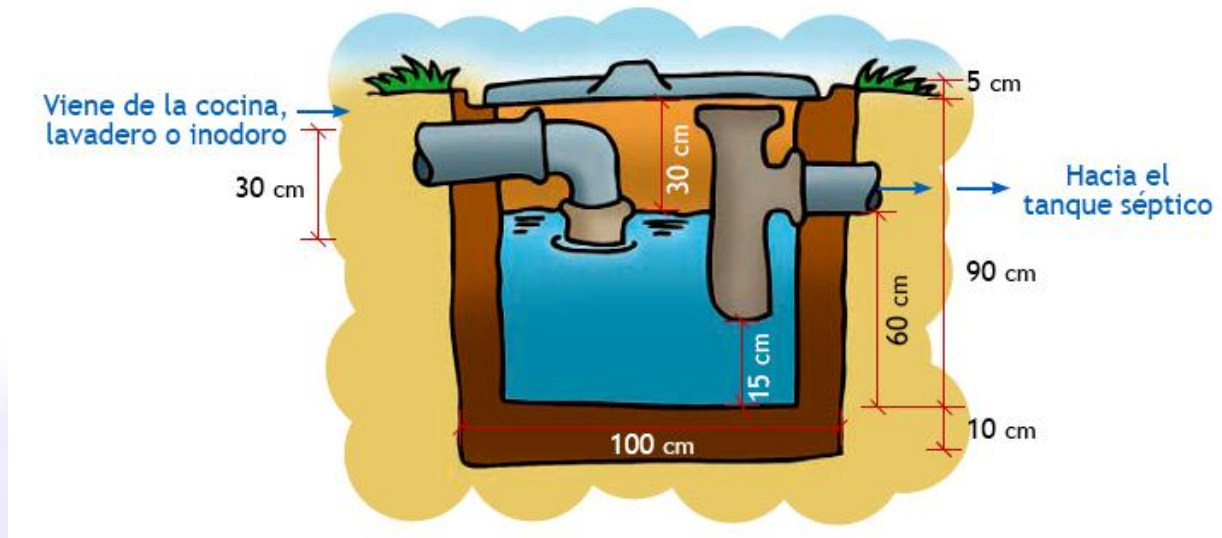


Figura N° 4: Trampa de grasas y sólidos
Fuente: Plan Nacional de Calidad Turística Del Perú – Caltur (2008)

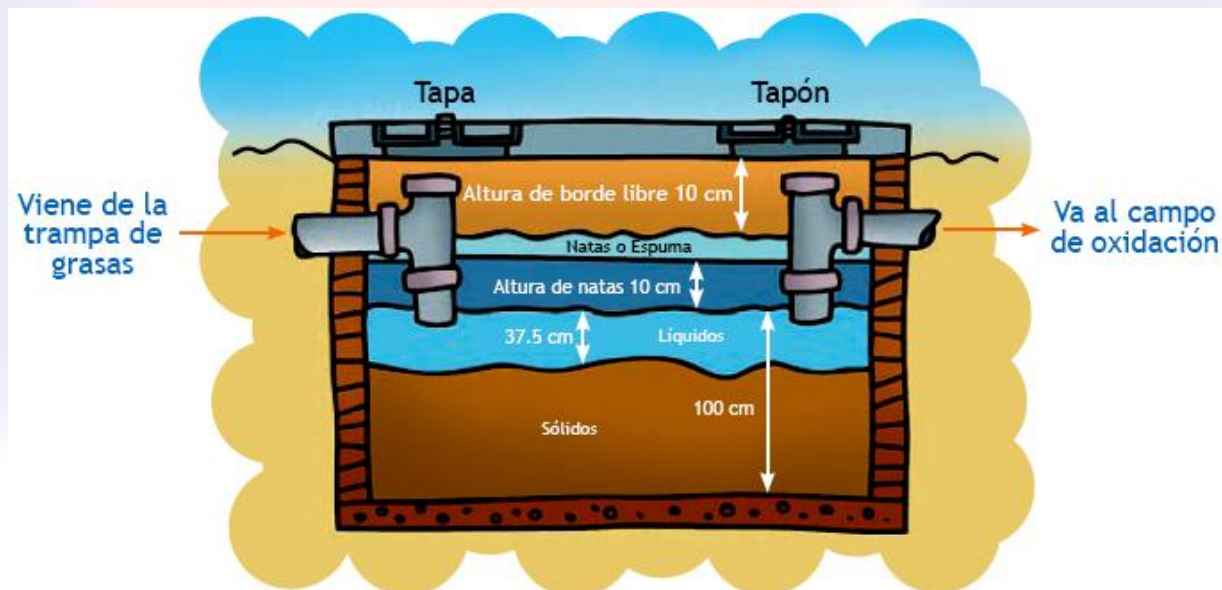


Figura N° 5: Tanque séptico sedimentador
Fuente: Plan Nacional de Calidad Turística Del Perú – Caltur (2008)

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:43

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



2.2.1.2. Tanque Imhoff

Este tratamiento se recomienda cuando hay albergues o poblaciones que generan volúmenes diarios de aguas residuales mayores a 20m^3 . El tanque Imhoff está constituido por dos zonas. La primera zona se denomina cámara superior y la segunda zona cámara inferior.

El agua servida está constituida por parte líquida y sólida, ésta llegará a la cámara superior para su sedimentación, es decir se efectuará la separación de los líquidos y del sólido. En la cámara inferior se produce la **digestión**⁺⁺⁺ de los sólidos, en donde las bacterias descomponen la materia orgánica y la convierten en lodo. El lodo acumulado se extraerá a través de un tubo, llamado también tubo de purga. El tanque Imhoff está constituido por tres compartimientos o cámaras: sedimentación, espuma y digestión.⁵⁹

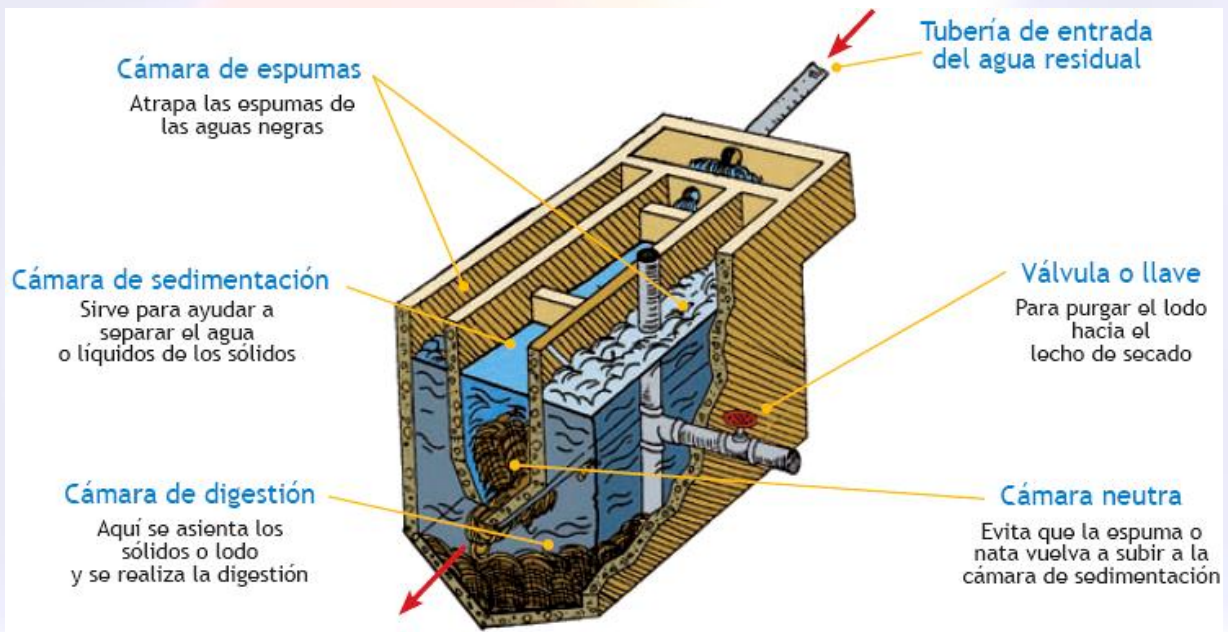


Figura N° 6: Tanque Imhoff

Fuente: Plan Nacional de Calidad Turística Del Perú – Caltur (2008)

⁺⁺⁺ Acción y efecto de degradar materia orgánica mediante el calor, los reactivos químicos o los microorganismos.



2.2.1.3. Lecho de secado.

El lecho de secado es parte del Tanque Séptico e Imhoff. Debido a que en ambos casos se genera lodos en el fondo de su estructura, este fango deberá ser retirado 6 veces al año según sea el caso y conducido al lecho de secado. El lecho de secado consiste en colocar capas de arena y grava, en cuya superficie se almacenan los lodos y los líquidos que se van al fondo a través de una canaleta. Una vez seco el lodo, se retira y se utilizará para acondicionador de suelos.⁵⁹

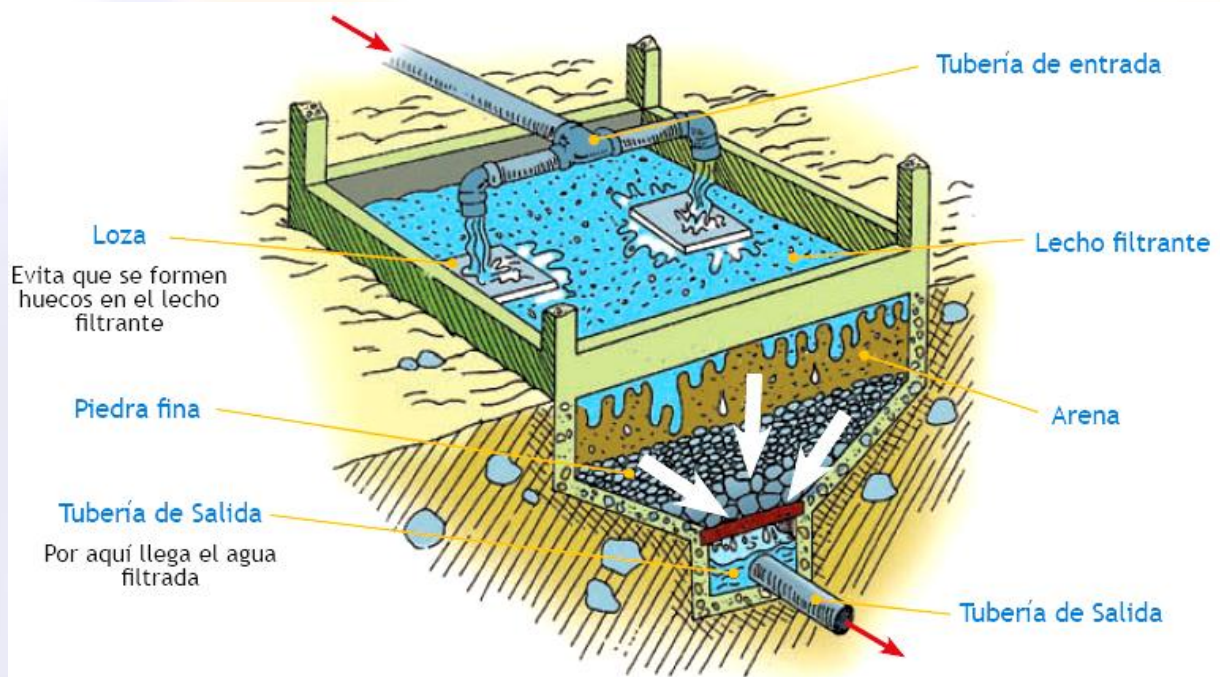


Figura N° 7: Lecho de secado

Fuente: Plan Nacional de Calidad Turística Del Perú – Caltur (2008)

2.2.2. Tratamiento secundario

Una vez eliminados de un 40% a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20% a un 40% la DBO₅ por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica no biodegradable que no se ha conseguido eliminar en el tratamiento anterior; esto se logra mediante el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar dicha materia orgánica.⁵⁹

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:45

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



Es designado para degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan desperdicios generados por el hombre (residuos de comida, jabones y detergentes); es decir el tratamiento biológico de sólidos flotantes y sedimentados. El método más importante para la reutilización de las aguas depuradas es el humedal artificial con trayectoria horizontal.⁵⁹

2.2.2.1. Humedad artificial

Denominado también biofiltro o pantano seco artificial, puede ser usado como el tratamiento secundario de las aguas residuales, instalándose de forma complementaria al tanque séptico o Imhoff. Un biofiltro es un humedal artificial de flujo subterráneo, sembrado con plantas acuáticas en la superficie del lecho filtrante, por donde las aguas residuales pre-tratadas fluyen en forma horizontal o vertical.

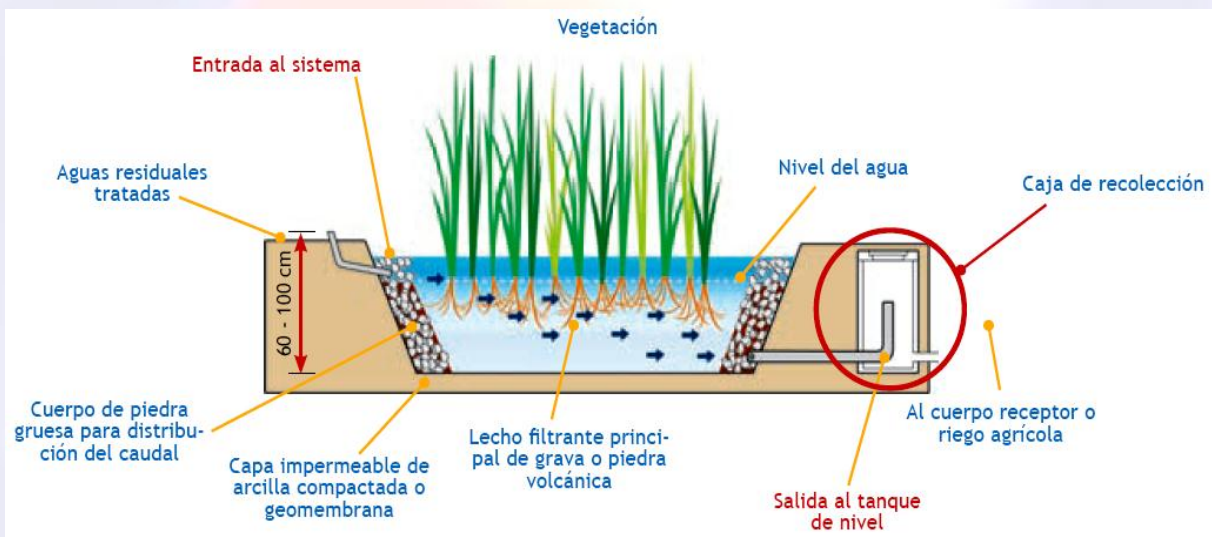


Figura N° 8: Humedal artificial o Biofiltro
Fuente: Banco Mundial (2006)

El humedal artificial esta constituido de:

- Plantas acuáticas: carrizo (*Phragmites australis*) o caña brava, papiro (*Cyperus papyrus*), junco (*Scirpus lacustris*), totora (*Typha latifolia*), achira (*Canna indica*), Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) u otros.



- Material filtrante: grava, **confitillo**^{§§§} y arena.
- Tubos y codos de PVC de 2 pulgadas de diámetro.
- Impermeabilización de la poza con geomembrana.

Un biofiltro de flujo horizontal consta de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm., con un relleno de material grueso (5 a 10 cm. de diámetro) en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). La fracción principal del lecho filtrante, ubicada entre las zonas de material grueso, es homogénea y más fina, normalmente de 0.5 a 15 mm de diámetro.⁵⁹

En este tipo de biofiltro, las aguas residuales pre-tratadas fluyen lentamente desde la zona de distribución en la entrada de la pila, con una trayectoria horizontal a través del lecho filtrante, hasta llegar a la zona de recolección del efluente. Durante este recorrido, que dura de tres a cinco días, el agua residual entra en contacto con zonas aeróbicas y **anaeróbicas**^{****} ubicadas las primeras alrededor de las raíces de las plantas (los rizomas fijan los metales), y las segundas en las áreas lejanas a las raíces (microorganismos remueven los patógenos).

Durante su paso a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, el agua residual es depurada por la acción de microorganismos que se adhieren a la superficie del lecho y por otros procesos físicos tales como la filtración y la sedimentación. Es una de las técnicas de tratamiento sencilla, aplicable a zonas rurales, y que además mejora el paisaje estético de la zona donde se implemente.⁵⁹

2.2.3. Tratamiento Terciario

2.2.3.1. Tratamiento de aguas

Etapa final que permite aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea reutilizado o descargado al ambiente receptor (río, lago, campo, etc.); es decir, son pasos adicionales al tratamiento (micro-filtración o

^{§§§} Es la piedra triturada que se utiliza para la mezcla con cemento.

^{****} Condición sin oxígeno.



desinfección). Se puede utilizar más de un proceso terciario de tratamiento en un sistema de depuración. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, este proceso se denomina “pulir el efluente”.⁵⁹ El agua depurada que será utilizada para riego, no necesita un tratamiento terciario sofisticado más que su captación y distribución.

2.2.3.2. Tratamiento de fangos

En un tratamiento biológico de aguas residuales, se obtienen considerables volúmenes de fangos que requieren un tratamiento específico, estando compuesto, generalmente, por los siguientes procesos:

- **Espesamiento previo:** El objetivo del espesamiento de fangos es el de concentrarlos para hacerlos más densos, reduciendo el volumen para facilitar su manejo y abaratar los costos.
- **Digestión:** Tiene por objeto degradar la materia orgánica presente en los fangos y puede llevarse a cabo por vía aerobia o anaerobia. Cuando la digestión es anaerobia se produce un gas biológico o bio-gas, con un contenido de metano del 65-70%. Este puede ser reutilizado para suministrar parte de la energía que la planta depuradora necesita.
- **Secado:** Una vez digeridos, los fangos deben someterse a un proceso de secado a fin de reducir su volumen y facilitar su manejo, obteniéndose una pasta con un contenido de aproximadamente un 30% de materia sólida.
- **Eliminación:** Existen varias posibilidades de eliminación de fangos: descarga en vertedero, incineración, aplicación en la agricultura u otros usos. Si bien se emplean soluciones de todo tipo, la tendencia más generalizada está en el empleo de estos fangos para usos agrícolas.⁵⁹



3. SISTEMA DEPURADOR DE AGUAS GRISES

3.1. Zona referencial

La parroquia El Valle ubicada en la parte suroriental de la ciudad de Cuenca es una de las más importantes del Cantón con una población de 18692 habitantes; 840 urbano y 17852 rural. ⁶¹

El consumo de agua por familia constituida por 5 miembros en promedio esta entre 15 a 25 m³ por mes (0.5 a 0.8 m³ al día) que proviene de sus domicilios (aguas grises).

Estas aguas residuales serán tratadas para ser reutilizadas como riego de pequeños huertos hortícolas y cultivos de ciclo corto que a nivel Parroquial, no sobrepasan la hectárea por familia, la misma que es básicamente para el autoconsumo.

3.2. Diseño del Sistema de Depuración

Este sistema de depuración, tiene como objetivo principal, la reutilización de las aguas residuales dadas las condiciones y necesidades de la zona.

Este diseño constará de un poso séptico y un humedal artificial diseñado para un caudal máximo de 6m³ de agua al día.

En caso de exceder esta recolección diaria, se debe redimensionar los sistemas de depuración de aguas residuales a tratarse.

3.2.1. Características y necesidades básicas

Para la implementación, de acuerdo al caudal estimado de aguas residuales y el objetivo de reutilización, necesitamos:



Tabla N° 2: Características para el diseño de tratamientos.

Características	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario
	Tanque séptico (Trampa de grasas)	Humedad Artificial
N° de unidades	1 unidad	1 Unidad
Caudal	Max. 6 m ³ /día.	Max 6 m ³ /día
Largo	1 m.	5 m.
Ancho	1 m.	2 m.
Profundidad	1 m.	0.78 m.
Borde Libre	0.15 m.	0.15 m.
Mantenimiento	Cada 2 años	Cada 3 meses
Rehusó del agua tratada	Hacia el Humedal Artificial	Para riego agrícola

Fuente: Plan Nacional de Calidad Turística Del Perú – Caltur (2008)

3.2.1.1. Pozo séptico (Trampa de grasas)

Para la construcción de este diseño es importante contratar un maestro albañil de experiencia, de esta manera aseguramos el éxito del tratamiento. El tanque séptico debe ser construido con material de concreto, el mismo que recepcionará el agua servida. Para la conducción del agua residual dentro del pozo séptico es necesario tubería de PVC Ø 2".⁵⁹

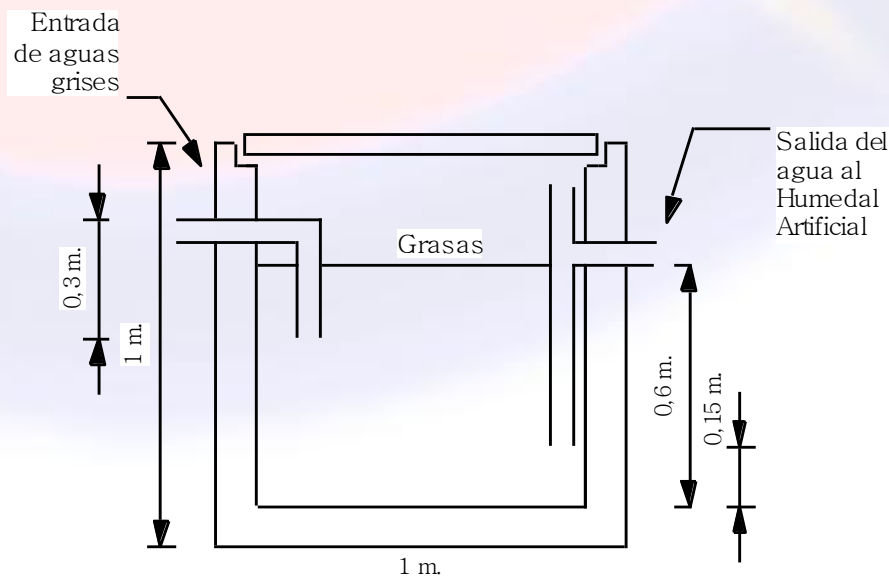


Figura N° 9: Diseño del pozo séptico
Fuente: Elaboración propia

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:50

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



Consideraciones generales

- Deberá haber una distancia mínima entre la casa y el tanque séptico de 3.5 metros.
- La pendiente mínima para las tuberías debe ser de 1%.
- En el caso que en la zona exista un pozo de agua, el tanque séptico debe ubicarse al menos 30 m. de distancia.
- Realizar labores de inspección al menos una vez al año.
- Realizar mantenimiento del tanque séptico cada 2 años.⁵⁹

3.2.1.2. Humedal Artificial

Una vez que el agua servida pase por el tanque séptico, el líquido resultante será conducido hacia el humedal artificial, siendo la distribución mediante una tubería de PVC Ø 2".

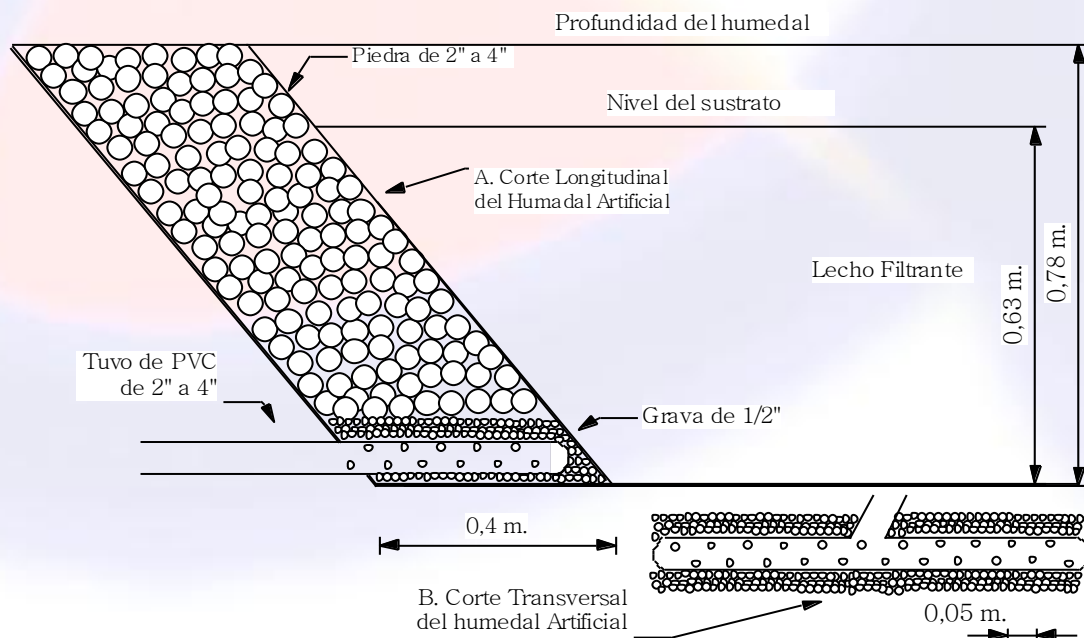


Figura N° 10: Diseño del Humedal Artificial
Fuente: Elaboración Propia



El humedal está constituido por:

Capas de sustratos de piedra chancada, confitillo y arena gruesa, que servirán como filtro y soporte a las plantas acuáticas que serán sembradas. El área total del humedal será de 10 m². El humedal tendrá una forma rectangular con las siguientes dimensiones: 5 m. de largo, 2 m. de ancho, 0.63 m. de profundidad de la capa de sustrato y 0.15 m. de borde libre.

La base y la inclinación de las paredes laterales del humedal (talud) tendrá que ser compactada y luego revestida con material impermeable (**geomembrana**⁺⁺⁺ de PVC de 0.5 mm de espesor) o arcilla de alta impermeabilidad.

La geomembrana se instalará en la zanja de anclaje que se encuentra a una distancia de 0.78 m desde el borde interno del humedal y se asegurará la estabilidad con piedras talladas.

3.2.1.2.1. Instalación de un humedal artificial

Para la instalación de un humedal artificial se deben seguir los siguientes pasos:

➤ **Excavación de la zanja del humedal artificial.**

Se excava una zanja con las siguientes dimensiones: 0.78 m de profundidad, 5 m. de largo y 2 m. de ancho. La superficie del suelo del humedal debe tener una pendiente descendente, con sentido de flujo del 1%; a fin de asegurar una buena circulación del agua.

➤ **Instalación de la geomembrana como impermeable.**

La base de la excavación y los taludes del humedal artificial debe ser revestida con una geomembrana de PVC de 0.5 mm. de espesor.

⁺⁺⁺ Es la lámina impermeable hecha a partir de diferentes resinas plásticas. Cada material sintético tiene cualidades físicas y químicas distintas que hacen la diferencia para cada geomembrana.



➤ **Instalación de las tuberías de entrada y salida de aguas residuales en el humedal artificial.**

Para la distribución y recolección de agua residual del humedal artificial se debe instalar un sistema de ingreso y salida de agua, a través de un codo y una tubería de PVC de 2" de forma transversal, con perforaciones de 1/2" de diámetro. Esta tubería debe cubrirse con una capa de grava de 2" – 4" de diámetro.

➤ **Colocación de las capas de sustratos.**

Se debe colocar los sustratos, teniendo en cuenta los criterios de diseño. El medio poroso debe estar constituido por un sustrato de grava y arena usando 3 tamaños de material. Éstos deben estar dispuestos desde el fondo hacia arriba, con los siguientes sustratos:

- Piedra chancada (1") con una altura de 0.25 m.
- Confitillo (3/8") con una altura de 0.10 m.
- Arena gruesa con una altura de 0.10 m. y
- Confitillo (3/8") con una altura de 0.18 m.

➤ **Siembra de las plantas en el humedal artificial.**

Una vez colocado los sustratos, se debe implantar la cobertura vegetal en los humedales artificiales, mediante el trasplante de rizomas de plantas acuáticas como achira, carrizo, totora, junco, papiro u otras especies, que pueden ser obtenidas con facilidad en la Parroquia. Se debe sembrar por lo menos 5 plantas/m², a fin de que se garantice una buena cobertura a los tres o cuatro meses del sembrado.⁵⁹

4. CUIDADOS Y MANTENIMIENTO

4.1. Posa séptica

Para una adecuada operación del sistema, se recomienda evitar el uso de químicos en la limpieza del tanque séptico.



Debe ser inspeccionado al menos una vez por año, para determinar cuándo se requiere mantenimiento y limpieza. Dicha inspección deberá limitarse a medir la profundidad de los lodos y de la nata. Los lodos se extraerán cuando los sólidos llegan a la mitad o a las dos terceras partes de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo.

La limpieza se debe efectuar de forma manual, de tal manera que se pueda sacar el lodo con baldes. Cuando se extraen los lodos de un tanque séptico, éste no debe lavarse ni desinfectarse completamente, ya que se requiere una pequeña cantidad de lodo para asegurar que el proceso de digestión continúe.

Se debe disponer los lodos en trincheras o montículos al sol, donde se procede al secado. Una vez secos se procede a enterrarlos o usarlos como fertilizante de suelo. Las zonas de enterramiento deben estar alejadas de las viviendas (por lo menos 500 m. de la vivienda más cercana).⁵⁹

4.2. Humedal Artificial

Se debe contar con un plan de operación y mantenimiento que debe formularse durante la etapa del planeamiento, enfocándose en los siguientes factores:

- Planificar los residuos de la vegetación y el sedimento.
- Asegurarse que el flujo alcance todas las partes del humedal.
- Mantener un ambiente saludable para los microbios.
- Mantener un crecimiento vigoroso de la vegetación.
- Se debe construir un cerco alrededor de la planta de tratamiento, para evitar el acceso de personas o animales que puedan provocar daños en las instalaciones.

Se debe supervisar la vegetación periódicamente para evaluar su condición sanitaria y su abundancia. La vegetación del humedal construido está sujeta a cambios graduales de año en año.

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:54

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



Se estima que un sistema con plantas emergentes bien diseñado y manejado puede durar al menos treinta y cinco años sin necesidad de ser renovado. Cuando sea necesario levantar el sistema, el sustrato resultante será un material tipo turba (es el resultado de la descomposición durante largos años de diferentes plantas), que podrá ser utilizado para fines agrícolas como fertilizante de suelo.

Para todos los casos, en las unidades de tratamiento se recomienda la instalación de un cobertor o cinturón verde compuesto por árboles y arbustos de preferencia con abundante cobertura foliar y floral, de esta manera amortigüen los malos olores que se producen en las unidades de tratamiento.⁵⁹

5. UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS TRATADAS

Cuando se ha concluido el proceso del tratamiento del agua servida, queda como resultante el agua tratada. Una de las opciones más viables para contribuir a la sostenibilidad del sistema de tratamiento es el aprovechamiento de las aguas tratadas en el riego de cultivos hortícolas, ornamentales y de ciclo corto.⁵⁹

5.1. Procesos de utilización de las aguas depuradas

Antes de hacer uso de las aguas residuales tratadas deberá contar con la autorización pertinente de la autoridad competente. El agua tratada deberá ser clara, sin sólidos suspendidos apreciables, pudiendo en este caso destinarlo para riego.

En caso de que el agua tratada sea usada para riego de vegetales de consumo crudo (hortalizas) deberán cumplir con las siguientes características mínimas permisibles:

- Coliformes Totales: 5,000 NMP/100 ml (número más probable de organismos coliformes por 100 ml.).
- Coliformes Fecales: 1,000 NMP/100 ml.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): 15mg/l.
- Oxígeno Disuelto (OD): 3 mg/l.



Los sistemas de tratamiento planteados y recomendados tienen una alta eficiencia en la depuración. El humedal artificial tiene un eficiencia de tratamiento promedio de 85% (97% en **coliformes fecales**⁺⁺⁺). Por esta alta eficiencia permite garantizar el uso de las descargas tratadas como **agua tipo IV**^{§§§§} para riego en agricultura.⁶¹

⁺⁺⁺ Los coliformes fecales son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y se transmiten por medio de los excrementos.

^{§§§§} Aguas blancas.



CONCLUSIONES

Luego de desarrollado este trabajo, las conclusiones a las que se ha llegado son las siguientes:

- En el Azuay, los recursos hídricos provienen principalmente de los páramos andinos, donde se encuentra una de las mayores reservas de oro, cobre y molibdeno del país, generando un problema social y ambiental “catastrófico” en un futuro no muy lejano. Otro de los problemas de similar importancia constituye el incremento de las concesiones de agua para la generación hidroeléctrica, ya que se tiene la intención de captar temporalmente el 100% del caudal hídrico, ocasionando un casi irreparable problema ecológico.
- La cobertura del sistema de alcantarillado en la Parroquia del El Valle, es uno de los mas bajos (aproximadamente el 5% de la población), pese ha ser una de las parroquias más pobladas del cantón Cuenca, con la característica de ser prácticamente rural, encontrando graves problemas de contaminación con aguas residuales, a las escasas fuentes hídricas existentes.
- La carencia casi absoluta de fuentes hídricas, la contaminación con aguas residuales y el escaso caudal existente en los mismos, convierte a la Parroquia El Valle, en una de las zonas de más difícil acceso hacia el agua para riego. Según la Misión China en su proyecto “Ayuda a Ecuador a Investigar y Diseñar Obras de Perforación de Pozos y Suministro de Agua”, la parroquia, no cuenta con fuentes de agua subterránea, lo que limita aun mas el acceso a fuentes de agua propia.
- Los sistemas naturales de depuración, se pueden adaptar a todas las condiciones ambientales, resultado aplicable a cualquier lugar. En la parroquia de El Valle, existen humedales naturales (ejemplo la Laguna de Totora), donde



se dispone del material vegetativo para la implementación de humedales artificiales y facilitar la reutilización de las aguas residuales.

- La inversión y implementación del sistema de reuso del agua residual doméstica para la Parroquia El Valle, es de bajo costo (Según EcoSan de 500 a 600 dólares/familia), debido a que el sistema de reutilización puede adaptarse al sistema natural existente y a los materiales disponibles en la zona. Además son de fácil construcción, operación y mantenimiento.
- Cumplida la vida útil (humedal artificial de 30 a 35 años), los sistemas de tratamiento utilizados en la operación y mantenimiento, deberán ser reemplazarlos, evitando de esta forma una deficiente depuración de aguas residuales.



RECOMENDACIONES

- Es importante impulsar tecnologías específicas para una zona determinada y divulgar los trabajos investigativos ya realizados sobre el mejoramiento del medio ambiente y así lograr ponerlo en práctica en comunidades y parroquias cercanas.
- Es necesario comparar la resistencia y costo de los tanques a utilizar que se presentó en esta propuesta (hechos de concreto), contra materiales prefabricados o de plástico encontrados en el mercado actual.
- Hacer una propuesta para la reutilización de agua residual para un conjunto de viviendas, donde se propondrá especificaciones del sistema de aguas residuales para la separación de las aguas negras y grises y con ello efectuar el sistema de reutilización de las mismas con plantas de tratamiento formales.
- Para mayor seguridad, debido a que el agua del depósito o reservorio contener cierta contaminación luego de haber pasado por el humedal artificial; se puede aplicar cloro. (2 – 3 mg/l.)



BIBLIOGRAFÍA

- 1 Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP). 1er Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: [Sitio en Internet]. Disponible en: http://webworld.unesco.org/water/wwap/index_es.shtml. Consultado: 03 de abril del 2012.
- 2 Barlow M. El Agua, Nuestro Bien Común. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.boell-latinoamerica.org/downloads/water_commons-ES-2.pdf. Consultado: 03 de abril del 2012.
- 3 W. Nathalie. Uso y aprovechamiento del agua. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.sindicatosporelagua.org/documentos/Ecuador/leyes/Usos_y_aprovechamientos_del_agua_NWeemaels.pdf. Consultado: 04 de abril del 2012.
- 4 Fundación Ecuador Libre. El agua de calidad en el Ecuador. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.ecuadorlibre.com/images/stories/pdf/CAP190.pdf>. Consultado: 04 de abril del 2012.
- 5 Acosta A, Martínez E. Agua, Un derecho fundamental. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.rosalux.org.ec/index.php?option=comrubberdoc&view=doc&id=34&format=raw>. Consultado: 04 de abril del 2012.
- 6 Instituto Geológico y Minero de España. Reutilización de las aguas residuales. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://aguas.igme.es/igme/publica/libro33/pdf/lib33/cap_2_a.pdf. Consultado: 04 de abril del 2012.
- 7 Neira J. El agua en el mundo. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.cmeal.org/documents/aguaenelmundo_ES.pdf. Consultado: 04 de abril del 2012.
- 8 G. Rodríguez. Agua y Metrópoli: Logrando la sustentabilidad. PUEC. UNAM. México. 2007. p.1
- 9 ANTON, Danilo J. Diversidad, globalización y la sabiduría de la naturaleza. Montevideo. Piriguazú Ediciones / CIID, 1999, 304 p.
- 10 RIZZO P. Protección de los Recursos Naturales en el Ecuador. Editorial Sica. Guayaquil. 2004.
- 11 Galárraga-Sánchez Remigio. Estado y gestión de los recursos hídricos en el Ecuador. 2000

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:60

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



- 12 Ministerio del Ambiente, PACC Ecuador. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/dhermida/estudiovulnerabilidad.pdf>. Consultado: 05 de abril del 2012.
- 13 DSPACE, UPS. El Agua: Generalidades. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/531/3/CAPITULO%20II.pdf>. Consultado: 05 de abril del 2012.
- 14 Universidad de Sevilla. La naturaleza del agua como recurso. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://congreso.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaracomun5segura.pdf. Consultado: 05 de abril del 2012.
- 15 Food and Agriculture Organization. El Agua. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/006/W1309S/w1309s06.htm>. Consultado: 05 de abril del 2012.
- 16 Universidad de Barcelona. El agua en los ecosistemas. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.energiasostenible.net/agua_ecosist_01.htm. Consultado: 06 de abril del 2012.
- 17 Agencia Catalana de Cooperación al Desenvolupament. Agua para la vida. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.territorioscentroamericanos.org/ecoagricultura/Documents/agua_para_la_vida.pdf. Consultado: 07 de abril del 2012.
- 18 Mejía O. El Recurso Hídrico en la jurisdicción de Corantioquia. Corantioquia. Colombia. 2008
- 19 Food and Agriculture Organization. Agua para la alimentación; Agua para la vida. http://www.fao.org/nr/water/docs/CA_SUMMARY_ES.pdf. Consultado: 08 de abril del 2012.
- 20 The World Watch Institute. Annual Report. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.worldwatch.org/system/files/Annual_Report-2004.pdf. Consultado: 08 de abril del 2012.
- 21 Food Agriculture and Administration (FAO). El riego en América Latina y El Caribe en cifras. Roma. 2000
- 22 Informe de rendición de cuentas 2008-2009 (Borrador), Secretaría Nacional del Agua, Quito, 2009.



- 23 Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Cuencas Hidrográficas. Guía Didáctica. Loja. Ecuador. 2008.
- 24 Impacto del ambiente sobre la salud infantil. Chelala, César. OPS. 1999.
- 25 Diario El Telégrafo. 2 de marzo de 2009. Sección. Economía Solidaria. Senagua detectó disputas por concesiones del agua.
- 26 Universidad del Azuay. Informe de Actividades – Atlas de la Provincia del Azuay. Diciembre del 2006
- 27 Universidad Técnica Particular de Loja. Problemática y Conflictos sobre los Recursos Hídricos por efectos del cambio Climático. [Sitio en Internet]. Disponible en:
http://www.utpl.edu.ec/obsa/images/stories/pro_Relacionados/9_ded-senagua_capt-4anexos_eje%20conflictividad.pdf. Consultado: 11 de abril del 2012.
- 28 Ministerio del Ambiente. Proyecto Adaptación al Cambio Climático Ecuador. [Sitio en Internet]. Disponible en:
<http://www.ambiente.gob.ec/sites/default/files/users/dhermida/estudiovulnerabilidad.pdf>. Consultado: 12 de abril del 2012.
- 29 Planes Maestros de Agua Potable Y Saneamiento para Cuenca II Fase. [Sitio en Internet]. Disponible en:
http://www.etapa.net.ec/planesmaestros/uep_bib_doc/OBR_E1_AP_G2/Especificaciones%20Redes%20Yanuncay.pdf. Consultado: 13 de abril del 2012.
- 30 Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Uso de las TICS en los hogares del Ecuador 2011. [Sitio en Internet]. Disponible en:
http://www.inec.gob.ec/sitio_tics/. Consultado: 16 de abril del 2012.
- 31 INTAG. Datos de Intag. [Sitio en Internet]. Disponible en:
<http://www.intagnewspaper.org>. Consultado: 16 de abril del 2012.
- 32 COLMEX (Colegio de México), CNA (Comisión Nacional del Agua) (2003). Agua para las Américas en el siglo XI. México D. F.: Colmex- CNA.
- 33 SoloCiencia.com [Sitio en Internet]. España: Lexur; 2009.
<http://www.solociencia.com/ecologia/problematika-global-agua-sector-agricola-mayor-consumidor-agua.htm>. Consultado: 16 de abril del 2012.
- 34 CNRH(Consejo Nacional de Recursos Hídricos) (2002). Gestión de los recursos hídricos del Ecuador, políticas estrategias: Informe Ejecutivo. Quito: CNRH.

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:62

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



- 35 CNRH (Consejo Nacional de Recursos Hídricos) (2006 b). Gestión integral de los recursos hídricos del Ecuador: información básica. Quito: CNRH.
- 36 CEDA (Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental)(2001). La certificación ambiental: un reto para los productos ecuatorianos de exportación, El caso del banano, camarón y flores. Quito: CEDA.
- 37 MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda) (2002). Política Nacional de Agua y Saneamiento. Quito: MIDUVI/Subsecretaría de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- 38 CNRH (Consejo Nacional de Recursos Hídricos) (2003 b). La contaminación del agua en el Ecuador, CNRH, Secretaría General. Presentación. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.cnrh.gov.ec>. Consultado: 16 de abril del 2012.
- 39 CARRERA DE LA TORRE, L. (2003). “La contaminación y la calidad del agua en el Ecuador”, en: Foro de los recursos hídricos, segundo encuentro nacional. Quito: CAMAREN.
- 40 Unión Europea: Proyecto TECH4CDM. La Electrificación Rural en Ecuador. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.tech4cdm.com/uploads/documentos/documentos_La_Electrificacion_Rural_en_Ecuador_d6701fbe.pdf. Consultado: 21 de mayo del 2012.
- 41 TvEcuador. Minería Artesanal en Ecuador: [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.tvecuador.com/index.php?option=com_reportajes&id=773&view=showcanal. Consultado: 20 de abril del 2012.
- 42 Diario Hoy. La calidad y cantidad de agua bajaron en Azuay. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/la-calidad-y-cantidad-de-agua-bajaron-en-azuay-273750.html>. Consultado: 20 de abril del 2012.
- 43 Organización de las Naciones Unidas. Acceso a Saneamiento. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/sanitation.shtml>. Consultado: 16 de abril del 2012.
- 44 Organización de las Naciones Unidas. El derecho humano al Agua. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml. Consultado: 18 de abril del 2012.



- 45 PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2005). Permanent Commission for the South Pacific (CPPS). Humboldt Current, GIWA Regional assessment 64. Kalmar: University of Kalmar.
- 46 CEDA (Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental) (2001). La certificación ambiental: un reto para los productos ecuatorianos de exportación, El caso del banano, camarón y flores. Quito: CEDA.
- 47 Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Indicadores de Saneamiento y Alcantarrillado.[Sitio en Internet]. Disponible en: http://indicadoresalternativos.com/index.php?option=com_content&view=article&id=240&Itemid=59. Consultado: 20 de abril del 2012.
- 48 Diario El Mercurio. Contaminación por agrotóxicos. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://www.elmercurio.com.ec/hemeroteca-virtual?noticia=17571>. Consultado: 21 de abril del 2012.
- 49 Rincones del Atlántico. Gestión sostenible del agua residual en los entornos rurales. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.rinconesdelatlantico.com/num3/26_depuranat.html. Consultado: 20 de abril del 2012.
- 50 Universidad Tecnológica Nacional. Tratamiento de efluentes: Caracterización. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/tema_9.pdf. Consultado: 22 de abril del 2012.
- 51 Colección de Tesis Digitales. Aguas Residuales. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/vazquez_r_d/capitulo2.pdf. Consultado: 23 de abril del 2012.
- 52 El Rincón del Vago. Aguas Residuales. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://html.rincondelvago.com/aguas-residuales_4.html. Consultado: 22 de abril del 2012.
- 53 Portal UPCommons. El Agua. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/6263/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf. Consultado: 24 de abril del 2012.
- 54 Escuela Politécnica Superior del Chimborazo. Diseño de planta de tratamiento de agua residual para el sector Santa Cruz Riobamba. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/233/1/236T0020.pdf>. Consultado: 25 de abril del 2012.

Autor: Edison Rafael Toalongo Reyes

Pag:64

Tema: Diseño de un sistema de recolección, depuración y aprovechamiento de aguas residuales para fincas agroecológicas familiares en la parroquia El Valle – Cantón Cuenca.



- 55 Cosemar Ozono. Tratamiento avanzado de aguas residuales para riego mediante oxidación con ozono: una alternativa ecológica. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.cosemarozono.es/pdf/noticia_22.pdf. Consultado: 26 de abril del 2012.
- 56 STAFFORD, D. *et. al.* How To Design an Anaerobic Digester. South Wales. s.ed, s.f. pp. 43 - 82.
- 57 L. Moreno. La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno. ed. - Madrid: Instituto Geológico y Minero de España; (Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas N° 4) I.S.B.N.: 84-7840-464-3
- 58 Murillo J, Moreno L. Tratamiento de aguas residuales mediante Geodepuración. Estratos. N° 61. p.p.36-39 Madrid: DL 7 411-1986; 2001
- 59 Información personal mediante encuesta y entrevista descriptiva. (2012).
- 60 Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Perú). Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para Albergues en Zonas Rurales. [Sitio en Internet]. Disponible en: http://www.mincetur.gob.pe/Turismo/Otros/caltur/pdfs_documentos_Caltur/Gestion_Ambiental/Aguas_servidas.pdf. Consultado: 28 de abril del 2012.
- 61 Orígenes del Valle. Parroquia el Valle. [Sitio en Internet]. Disponible en: <http://origenelvalle.blogspot.com/2010/05/ubicacion-de-la-parroquia.html>. Consultado: 27 de abril del 2012.