

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS
SERVIDAS A PARTIR DE UN BIODIGESTOR CON PLANTAS ACUÁTICAS EN
LA RESERVA NATURAL NUKANCHI DE LA MINGA ASORQUIDEA DE LA
ASOCIACIÓN PARA EL DESARROLLO CAMPESINO - ADC**

**OMAR EDWIN CORTES CASTILLO
GABRIEL EDUARDO MEZA GARCÍA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DIPLOMADO EN AGROECOLOGÍA
FACULTAD DE CIECIAS PECURIAS
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION Y PROCESAMIENTO ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO
2015**

**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS
SERVIDAS A PARTIR DE UN BIODIGESTOR CON PLANTAS ACUÁTICAS EN
LA RESERVA NATURAL NUKANCHI DE LA MINGA ASORQUIDEA DE LA
ASOCIACIÓN PARA EL DESARROLLO CAMPESINO - ADC**

**OMAR EDWIN CORTES CASTILLO
GABRIEL EDUARDO MEZA GARCÍA**

**Trabajo de grado modalidad diplomado, presentado como requisito parcial
para optar al título de Zootecnista**

**Asesor:
JOSÉ VICENTE REVELO SALAZAR
Zoot, M.Sc.**

**Director:
ARTURO LEONEL GÁLVEZ CERÓN
Zoot, M.Sc., Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DIPLOMADO EN AGROECOLOGÍA
FACULTAD DE CIECIAS PECURIAS
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION Y PROCESAMIENTO ANIMAL
SAN JUAN DE PASTO
2015**

"Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado modalidad diplomado son responsabilidad exclusiva de sus autores"

Artículo 1° del Acuerdo N° 324 de octubre de 1966, emanado de Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Vicente Revelo Salazar
Asesor

Marly Zambrano
Jurado

Marco Luis Gómez
Jurado

San Juan de Pasto, Marzo 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a nuestros padres, a nuestros hermanos, a nuestras parejas y a todo el resto de nuestra familia quienes con su optimismo y fe nos dan el valor para asumir con responsabilidad y fortaleza los retos de nuestra vida.

A todos los docentes de la Universidad de Nariño y del diplomado por el tiempo dedicado a nuestro aprendizaje, por su esfuerzo y enseñanza.

A nuestro tutor de la evaluación José Vicente Revelo Salazar y coordinador del diplomado Arturo Gálvez Cerón ya que su colaboración fue de vital importancia para la realización de esta evaluación.

A la Asociación para el Desarrollo Campesino y la Minga ASORQUIDEA quienes nos apoyaron en la realización de esta evaluación.

A nuestros compañeros amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera con su apoyo contribuyeron para cumplir nuestra meta de estudios.

RESUMEN

La contaminación del agua es un grave problema ambiental que se ha originado debido al creciente número de población mundial y las diferentes actividades del ser humano, la actividad agrícola y pecuaria son las que más demanda de agua tienen en Colombia y por ende son las que causan mayor riesgo de contaminación a las fuentes hídricas.

La producción porcina genera residuos en el lavado de los corrales y arrastra excremento (heces y orina), resto de alimentos (jugos de caña, forraje, plantas acuáticas, concentrado etc.) esto genera una gran contaminación, la cual afecta la calidad del agua y el suelo. En la producción porcina de la reserva natural Nukanchi de la minga ASORQUIDEA, han adoptado una tecnología sostenible de la cual se ha logrado incorporar sistemas integrados de tratamiento de aguas residuales, donde se obtienen subproductos como biogás, bioabono y plantas acuáticas. La finca cuenta con un biodigestor plástico de flujo continuo y doce estanques, destinados a la producción de plantas acuáticas. Este sistema representa una opción tecnológica en equilibrio con el medio ambiente, así como una vía de autosostenimiento para pequeños y medianos productores.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el sistema de tratamiento anteriormente mencionado, debido a que se desconocen los resultados del sistema de descontaminación de aguas residuales mediante el uso del biodigestor y plantas acuáticas como complemento del sistema.

Al realizar el análisis de laboratorio por parte de la Universidad de Nariño se obtuvo resultados de los parámetros DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno) mostrando una remoción del afluente y efluente del biodigestor para DBO con un 41% y DQO con el 79%. Esta remoción del biodigestor no cumple con la normativa para vertidos a cuerpos de agua según la norma (decreto 3930 de 2010) que establece que la remoción del sistema de tratamiento debe ser mínimo del 80% en carga DBO. Es por ello que los estanques que complementan el sistema de tratamiento son necesarios no solo para alimentar a los animales mediante la producción de plantas acuáticas, si no para mejorar la calidad del agua. En el análisis de agua con plantas acuáticas se obtuvo un valor de remoción del DBO con un 95% y DQO con el 76%. Como se aprecia en los resultados antes mencionados, se evidencia una disminución significativa de los parámetros analizados en los sistemas de tratamiento del biodigestor y los estanques.

Palabras clave: Contaminación, Producción, porcina, sostenible, agua, residual, biodigestor, plantas acuáticas, remoción, DBO, DQO.

ABSTRACT

Water pollution is a major environmental problem which has caused due to the growing number of world population and the various human activities, agriculture and livestock activities are most water demand have in Colombia and for this reason cause increased risk of contamination to water sources.

The porcine production generates waste, at washing the barnyard pig pulling out (Feces and Urine) Food Waste (Cane Juice, Forage, aquatic plants and Pig feed) generating a big contamination, which affects quality water and soil. In the natural reserve NUKANCHI of ASORQUIDEA`S Minga, they adopted a sustainable technology integrated systems for wastewater treatment, Getting sub-Products as biogas, biofertilizer and aquatic plants. The Farm has an plastic biodigester and twelve ponds destined to production of aquatic plants, This system represents a technological option in equilibrium with the environment, as a means of self-support for small and medium producers.

Our objective is to evaluate, the mentioned treatment system, because until now the results of the decontamination with the Biodigester and the aquatic plants as supplement of the system are unknown.

The Laboratory analysis by Universidad de Nariño has obtained results of the parameters BOD (Biochemical Oxygen Demand) and COD (Chemical Oxygen Demand) showing a removal of influent and effluent from the digester with 41% in BOD and 79% in COD This removal of the digester does not comply with the regulations for discharges to water bodies according to standard (Act 3930 de 2010) Says that removal treatment system must be at least 80% in BOD. That is why the ponds that complement the treatment system are necessary not only to feed the animals by producing aquatic plants, if not, to improve the water quality. Within the analysis of water with aquatic plants was obtained a Value of removal of 95% for BOD and 76% for COD, with the results, there are a significant decrease of the analyzed parameters in treatment system with the digester and ponds.

Keywords: pollution, production, porcine, sustainable, water, residual, biodigester, aquatic plants, removal, BOD, COD

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. JUSTIFICACIÓN.....	18
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. LOCALIZACIÓN.....	21
5. MARCO TEÓRICO	22
5.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	22
5.2 PANORAMA DE LA CONTAMINACIÓN RURAL.....	23
5.3 SISTEMAS DE DESCONTAMINACIÓN PRODUCTIVA.....	24
5.4 SISTEMAS TRADICIONALES DE DESCONTAMINACIÓN	24
5.5 EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN PORCINA DE LOS DESECHOS PRODUCIDOS.....	24
5.5.1 Tasas de excreción porcina	25
5.6 BIODIGESTOR	26
5.6.1 Condiciones para la biodigestión	27
5.6.2 Biodigestor de plástico tipo chorizo.....	28
5.6.3 Mantenimiento del biodigestor.	29
5.6.4 Estructura de un biodigestor tipo convencional.....	29
5.6.5 Ventajas y desventajas de los biodigestores.	30
5.7 CANALES DE PLANTAS ACUÁTICAS	31
5.8 CULTIVOS AGRÍCOLAS ASOCIADOS.....	32
5.9 PLANTAS ACUÁTICAS	32
5.9.1 Clases de plantas acuáticas	33
5.9.2 Taxonomía.....	34
5.9.3 Características morfológicas de las plantas acuáticas:.....	34

5.9.4 Hábitat de cultivo:	35
5.10 PROPIEDADES DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS.....	37
5.10.1 Propiedades para utilizar Azolla anabaena en el tratamiento de aguas residuales.	37
5.10.2 Propiedades para utilizar Lemna minor en el tratamiento de aguas residuales	37
5.10.3 Propiedades para utilizar Pistia stratiotes en el tratamiento de aguas residuales	38
5.10.4 Propiedades para utilizar Eichornia crassipes en el tratamiento de aguas residuales.	39
5.11 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS..	40
5.11.1 Propiedades de las plantas acuáticas en sistemas de tratamiento.	41
5.11.2 Transferencia de oxígeno del macrófito al agua.	41
5.12 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO) Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).....	41
5.12.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, mg/l).	42
5.12.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/l).	43
5.13 PARÁMETROS QUE SE ANALIZAN EN LAS AGUAS RESIDUALES	43
6. MATERIALES Y METODOS.....	45
6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESCONTAMINACIÓN EN LA FINCA...	45
6.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	45
6.3 TOMA DE MUESTRAS.....	46
6.3.1 Entrada al biodigestor (lavado del corral de cerdos).	46
6.3.2 Salida del biodigestor.	46
6.3.3 Estanque con plantas acuáticas.	47
6.4 ANÁLISIS DE AGUA.....	47
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
7.1 AFLUENTE O ENTRADA AL BIODIGESTOR (LAVADO DEL CORRAL DE CERDOS)	48
7.2 EFLUENTE O SALIDA DEL BIODIGESTOR	49

7.3 ESTANQUES CON PLANTAS ACUÁTICAS	51
8. CONCLUSIONES	55
9. RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58
ANEXOS	61

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Tasa diaria de excreción (Kg estiércol/ 100 Kg PV).....	25
Tabla 2. Taxonomía.....	34
Tabla 3: Parámetro Afluyente o entrada al biodigestor (Lavado del corral)	48
Tabla 4: Efluente o salida del biodigestor	49
Tabla 5: Eficiencia del biodigestor	50
Tabla 6: Estanques de plantas acuáticas	51
Tabla 7:Eficiencia con plantas acuáticas (residuos de entrada biodigestor y estanques).....	52
Tabla 8: Eficiencia con plantas acuáticas (residuos de salida biodigestor y estanques).....	52

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Tasas de excreción diaria por cada tipo de cerdo	26
Figura 2: Biodigestor	45
Figura 3: Estanques.....	45
Figura 4: Muestras de laboratorio	46
Figura 5: Toma de muestra del afluente.	46
Figura 6: Toma de muestra del efluente	47
Figura 7: Toma de muestra en el último estanque.....	47
Figura 8: DQO/DBO.....	54

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Resultados de análisis de agua residual en el laboratorio..... 62

GLOSARIO

BIODIGESTOR: es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía. El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado (bioabono).

BIOGÁS: es el gas que se genera naturalmente o por medio de dispositivos específicos como el biodigestor, y que se produce a partir de la fermentación o biodegradación de la materia orgánica. En el ámbito de energía renovable, esta materia orgánica es conocida como biomasa. La fermentación y biodegradación de la biomasa produce biogás mediante la acción de microorganismos anaerobios.

CONTAMINACIÓN HÍDRICA: Es una modificación de esta, generalmente provocada por el ser humano, que la vuelve impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural y cotidiana.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO): es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO): es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación.

DIGESTIÓN ANAERÓBICA: es el proceso en el cual microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno. Este proceso genera diversos gases, entre los cuales el dióxido de carbono y el metano son los más abundantes.

PLANTAS ACUÁTICAS: son plantas adaptadas a los medios muy húmedos o acuáticos tales como lagos, estanques, charcos, estuarios, pantanos, orillas de los ríos, deltas o laguna marinas. Estas plantas pueden encontrarse tanto entre las algas como entre los vegetales vasculares.

INTRODUCCIÓN

La evaluación se realizó en la reserva natural Nukanchi de la minga ASORQUIDEA, perteneciente a la Asociación para el Desarrollo Campesino (ADC), ubicada en la vereda Tacuaya del Municipio de Yacuanquer, con el fin de analizar el aporte en descontaminación de aguas servidas en la producción de cerdos mediante un biodigestor plástico de flujo continuo y la incidencia en el proceso de la vegetación acuática presente en las canaletas complementarias del sistema.

Hoy en día se presta más atención a la contaminación que está sufriendo el medio ambiente, ya que se ha incrementado la población mundial y las diferentes actividades como la agricultura, la ganadería, el comercio, la industria entre otros, estos han traído como consecuencia el aumento de la contaminación del entorno natural, principalmente de los recursos hídricos que existen en el planeta.

Muchas de las actividades del ser humano, como las actividades agropecuarias, urbanas e industriales producen material orgánico como excrementos humanos o de animal, desechos alimenticios, residuos de cosecha, procesamiento de productos agrícolas, pesticidas, residuos de industrias y de minas, esto genera una gran contaminación del agua, el destino final de estos materiales son los ríos, lagunas y quebradas que se perjudican con las sustancias adicionadas.

Uno de los problemas más importantes de la contaminación de los recursos hídricos, es su incidencia en la salud de las personas que tienen contacto con las aguas contaminadas o con los alimentos contaminados por las mismas. La reutilización de las aguas servidas en diferentes actividades como el riego de cultivos agrícolas, tiene implicaciones en la salud de las personas que ingieren estos productos, lo que hace necesario emplear sistemas de tratamiento de aguas servidas como lo es el biodigestor de plástico de flujo continuo y el uso natural de plantas acuáticas como mecanismo complementario al proceso de descontaminación.

El biodigestor de flujo continuo es una parte importante en la estrategia para disminuir la contaminación en la granja, puesto que este remueve los gases producidos por las excretas, convirtiéndolos en sub productos para el aprovechamiento de la misma, además evita el vertimiento de los residuos orgánicos que se producen en la porqueriza u otro tipo de producción.

Los sistemas de plantas acuáticas que por su elevada producción, valor nutritivo y capacidad de extracción de nutriente las convierten en un gran potencial de descontaminación y de producción de biomasa, estas plantas se pueden usar

como parte del suplemento proteico de la ración de animales de granja o como bioabono.

Mediante este sistema de tratamiento de aguas servidas o residuales basado en plantas acuáticas se consigue el reciclaje y rescate de recursos renovables, siendo estas plantas una buena opción para el productor que quiere empezar de una forma sostenible con un proceso de remediación en aguas servidas.

1. JUSTIFICACIÓN

El agua es esencial para los seres vivos y la actividad económica. En los últimos tiempos el recurso hídrico ha disminuido su disponibilidad y calidad, esto debido al gran consumo y uso de agua para las distintas labores del ser humano.

Para satisfacer las necesidades diarias, se genera un uso indiscriminado del agua y a veces con cierto grado de toxicidad, como ejemplo tenemos las aguas servidas e industriales, por ello es necesario realizar el presente trabajo, con el fin de evaluar un sistema de tratamiento de descontaminación natural de las aguas servidas producidas en la reserva natural "Nukanchi" de la Asociación ASORQUIDEA a partir de un biodigestor y plantas acuáticas, buscando conservar o mejorar la calidad de la misma y cómo el complemento de plantas acuáticas mejora el sistema de descontaminación.

Este trabajo permite conocer los elementos que ayudarán a la descontaminación, además se adquirirá conocimientos que se podrán emplear en el campo profesional como un sistema alternativo de descontaminación de aguas servidas o residuales. Esta alternativa de solución se podrá extender a una mayor población dadas las facilidades de réplica, posibilidades y metodologías, con el propósito de difundir y servirle a la comunidad.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La reserva natural Nukanchi de la minga ASORQUIDEA de la Asociación para el Desarrollo Campesino (ADC), cuenta con una producción de cerdos la cual genera efluentes que podrían contaminar las aguas y suelos significativamente si no existiese un método de tratamiento de los residuos orgánicos, como el biodigestor de flujo continuo y las canaletas de plantas acuáticas.

Gracias a las adaptaciones en la finca de una tecnología sostenible se ha logrado adoptar sistemas integrados de tratamiento de aguas servidas donde se obtienen subproductos como biogás, bioabono y plantas acuáticas. Estos sistemas representan una opción tecnológica en equilibrio con el medio ambiente, así como una vía de autosostenimiento para pequeños y medianos productores.

Considerando la alternativa antes mencionada, la reserva natural Nukanchi de la minga ASORQUIDEA, cuenta con una producción de cerdos, un biodigestor plástico de flujo continuo y doce estanques, de los cuales, seis de ellos se encuentran en producción de plantas acuáticas. Sin embargo, no se dispone en la actualidad de datos físico-químicos que demuestren los resultados de este sistema, por lo que surgió la necesidad de realizar una evaluación del sistema de tratamiento de descontaminación de aguas servidas mediante el uso de un biodigestor y plantas acuáticas. Por esta razón, el presente trabajo busca solucionar el problema planteado con los objetivos propuestos.

De lo dicho anteriormente, surge el interrogante:

¿Qué tan eficiente es el sistema de descontaminación de aguas servidas que se producen en la porqueriza de la reserva natural Nukanchi, si se utiliza un biodigestor de flujo continuo y estanques con plantas acuáticas como complemento a la descontaminación?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de descontaminación de aguas servidas que se producen en la reserva natural Nukanchi de la minga ASORQUIDEA perteneciente a la Asociación para el Desarrollo Campesino, mediante la utilización de un biodigestor y plantas acuáticas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la eficiencia del sistema de descontaminación del biodigestor y las canaletas con plantas acuáticas como complemento.
- Identificar las especies de plantas acuáticas en el lugar.
- Analizar la capacidad de depuración del biodigestor y las plantas acuáticas.
- Analizar las ventajas y desventajas del sistema.
- Mostrar una alternativa diferente de descontaminación y purificación de las fuentes.

4. LOCALIZACIÓN

La finca de la Asociación ASORQUIDEA de la reserva natural Nukanchi, está ubicada en la vereda Tacuaya del municipio de Yacuanquer, esta vereda se localiza entre 1.930 y 2.260 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 17°C., el municipio de Yacuanquer se encuentra a 45 Kilómetros del municipio de Pasto, por la vía Panamericana que de Pasto conduce a Ipiales, a una altitud de 2.670 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 13°C.

La minga Asociativa ASORQUÍDEA construye colectivamente una propuesta de desarrollo local desde 1992, fundamentada en la producción y conservación de la biodiversidad, las familias campesinas producen con principios agroecológicos en sus predios plantas aromáticas y condimentarias y de manera consensuada se define la línea productiva de transformados de cremas y deshidratados de estos productos, colectivamente se produce de manera artesanal productos basados en protocolos de cultivo, manejo, cosecha, post cosecha, transformados y empacados en la propia planta de procesamiento ubicada en la sede de la reserva natural. En la Reserva Natural Nukanchi, localizada en la vereda Tacuaya del municipio de Yacuanquer, se comercializan productos a nivel local a través de alianzas con comerciantes.¹

¹ COLOMBIA, ASORQUIDEA. Localización y reseña histórica. 2009. [En línea]. [Citado 22-Dic-2014]. Disponible en Internet: http://www.adc.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=102&Itemid=134

5. MARCO TEÓRICO

5.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La finca de la reserva natural Nukanchi, cuenta con varias fuentes de agua que podrían correr el riesgo de contaminarse si no hubiese un método idóneo de descontaminación de las aguas residuales provenientes de la producción de cerdos, de lo anterior, Martínez *et al* mencionan que:

Las fuentes de agua existentes en Yacuanquer provienen de arroyos y lagunas que se forman en la parte alta del volcán Galeras que pertenecen a la vertiente del Océano Pacífico, Cuenca del río Patía y a las Subcuencas del río Bobo bajo y río Guáitara medio y las Veredas La Cocha, Tasnaque, Tacuaya y Minda pertenecen a la Cuenca del Río Guáitara, subcuenca Guáitara medio y microcuenca Telpis - Tasnaque, la cual se encuentra dentro de la zona de reserva del Santuario de Flora y Fauna Galeras. Su nacimiento se encuentra en la Laguna de Telpis ubicado a 3.600 m.s.n.m., su recorrido es de 17 Km. y desemboca en la Vereda de Tasnaque directamente al Río Güaitara².

Díaz José explica que: "La contaminación del agua es una modificación que por lo general es causada directa o indirectamente por las acciones del ser humano. La contaminación del agua provoca que la misma se vuelva peligrosa tanto para su consumo como para uso en general, ya sea a nivel personal o industrial. El agua contaminada también resulta peligrosa para el resto de las especies de animales y para las plantas y prácticamente todas las formas de vida que dependan de ella"³.

El mismo autor explica que: "La contaminación del agua puede ser originada de forma natural o artificial. El agua puede ser contaminada naturalmente cuando un volcán entra en erupción y deposita sus cenizas en un cuerpo de agua, mientras que la contaminación artificial es la más común de todas y es la causada por la mano del hombre"⁴.

Debido al desarrollo y a la industrialización del hombre, una cantidad mayor de agua tiende a ser utilizada en distintas actividades industriales, además las actividades agropecuarias son las que hoy en día causan más contaminación en

² MARTÍNEZ, *et al*. acceso a las fuentes hídricas en el municipio de Yacuanquer y veredas aledañas. 2014. [En línea] [Citado 26-Ene-2014]. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/doc/62908842/IV-Acceso-a-Fuentes-Hidricas-Del-Municipio-de-Yacuanquer>

³ DÍAZ, José. Ecología de hoy; contaminación del agua. 2014. [En línea] [Citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.ecologiahoy.com/contaminacion-del-agua>.

⁴ *Ibíd.*

los cuerpos de agua, por eso se hace necesario realizar ciertos métodos para minimizar esta clase de contaminación.

Díaz José refiere que: "Las aguas subterráneas no son tan vulnerables a la contaminación como las aguas superficiales, ya que estas últimas se encuentran en exposición directa con las actividades humanas. Las aguas superficiales tienen la particularidad de que son capaces de "limpiarse" a sí mismas (arrastrar el agente contaminante) con mayor facilidad debido a la corriente, lo cual no ocurre con las aguas que se encuentran por debajo del suelo" ⁵.

5.2 PANORAMA DE LA CONTAMINACIÓN RURAL

Pedraza *et al* refieren que: "En América tropical, las comunidades de las zonas rurales han basado sus procesos de desarrollo socioeconómico en el uso indiscriminado de los recursos naturales, lo que ha causado deterioro en las fuentes de agua por la deforestación, la ganadería extensiva, la construcción de obras de infraestructura y los procesos desordenados de urbanización e industrialización" ⁶.

Además los mismos autores expresan que:

Tradicionalmente las ciudades, industrias y sistemas de producción agropecuaria han vertido sus aguas servidas a los ríos y quebradas aledaños causándoles gran deterioro.

Los problemas de contaminación que se han diagnosticado en las fincas campesinas son:

- Contaminación por materia orgánica proveniente de las porquerizas, establos de bovinos, procesamiento de cosechas o sacrificio de animales
- Contaminación por agroquímicos usados en cultivos y sembradíos, que afectan las aguas superficiales y subterráneas.
- Contaminación por materia orgánica contenida en el estiércol que se deposita en los potreros y que va a las fuentes de agua por escorrentía.

⁵ DÍAZ, Op. Cit.

⁶ PEDRAZA, *et al*. Descontaminación de aguas servidas en la actividad agropecuaria. 1998. [En línea]. [Citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.agronet.gov.co/www/docs/descontaminacion.pdf>

- Las aguas servidas que resultan de las actividades domésticas y agropecuarias han sido consideradas como contaminantes debido a que no son aprovechadas para la generación de productos útiles⁷.

5.3 SISTEMAS DE DESCONTAMINACIÓN PRODUCTIVA

Pedraza *et al.*, mencionan que:

Un proceso de descontaminación productiva es el que aprovecha la actividad de los organismos (bacterias, algas, hongos, plantas y animales superiores) para disminuir los contaminantes mediante la generación de productos útiles. Estos procesos biológicos generan subproductos como compost, fertilizante, biogás (gas metano producido por la digestión de materia orgánica realizada por las bacterias) y material verde con alto contenido de proteína. La producción agrícola se integra a la descontaminación como una forma de usar los abonos y producir beneficios económicos⁸.

5.4 SISTEMAS TRADICIONALES DE DESCONTAMINACIÓN

Los mismos autores exponen que:

Los pozos sépticos y las lagunas de oxidación están entre los sistemas tradicionales para descontaminar el agua en las zonas rurales, además acumulan principalmente las aguas de uso doméstico y sanitario e infiltran a través del suelo todos los contaminantes. Las lagunas de oxidación son sitios donde se deposita el agua para exponerla a la luz solar y al crecimiento de algas. Las lagunas de oxidación requieren áreas grandes para almacenar las aguas contaminadas y por esta razón su operación y mantenimiento son difíciles, especialmente en las zonas de ladera. Una desventaja de estos sistemas es que los materiales disueltos en las aguas contaminadas se pierden y no pueden ser empleados. Por lo tanto no intervienen en ninguna actividad productiva que aporte beneficios económicos al productor⁹.

5.5 EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN PORCINA DE LOS DESECHOS PRODUCIDOS

Quintero y Velasco refieren que: "La contaminación producida por una producción porcina puede variar de acuerdo al estado fisiológico de los animales

⁷ *Ibíd.*

⁸ *Ibíd.*

⁹ *Ibíd.*

y al tipo de alimento utilizado. El grado en que esta contaminación afecta las fuentes de agua depende de la cantidad de agua usada, la separación de sólidos y el manejo dado a los residuos" ¹⁰.

5.5.1 Tasas de excreción porcina. Los mismos autores citan a Taiganides quien manifiesta que:

Parte del alimento sólido y del agua se transforma en ganancia de peso y parte en formas de energía liberada al medio. Normalmente, un cerdo en crecimiento excreta entre 50 y 60% de los sólidos fijos y entre 10 y 20% de la materia orgánica de alimento. Los principales componentes de la materia sólida en las excretas son los sólidos orgánicos e inorgánicos. Las tasas de excreción de heces y orina están relacionadas con la edad del animal, su madurez fisiológica, la cantidad y calidad de alimento ingerido, el volumen de agua consumida, el clima etc. La siguiente tabla muestra las tasas de excreción ¹¹.

Tabla 1: Tasa diaria de excreción (Kg estiércol/ 100 Kg PV)

Cerdo	Lechón	Destete	Hembra lactante	Crecimiento	Finalización	Hembra gestante
Mín.	6,8	6,6	6,0	5,9	5,8	2,7
Prom.	9,0	8,6	8,1	7,1	7,0	3,4
Máx.	12,3	11,7	11	9,7	9,5	4,6

Fuente: TAIGANIDES. Manual para el Manejo y Control de Aguas Residuales y Excretas Porcinas en México. México: s.n. 1996.

Los mismos autores citan nuevamente a Taiganides quien explica que:

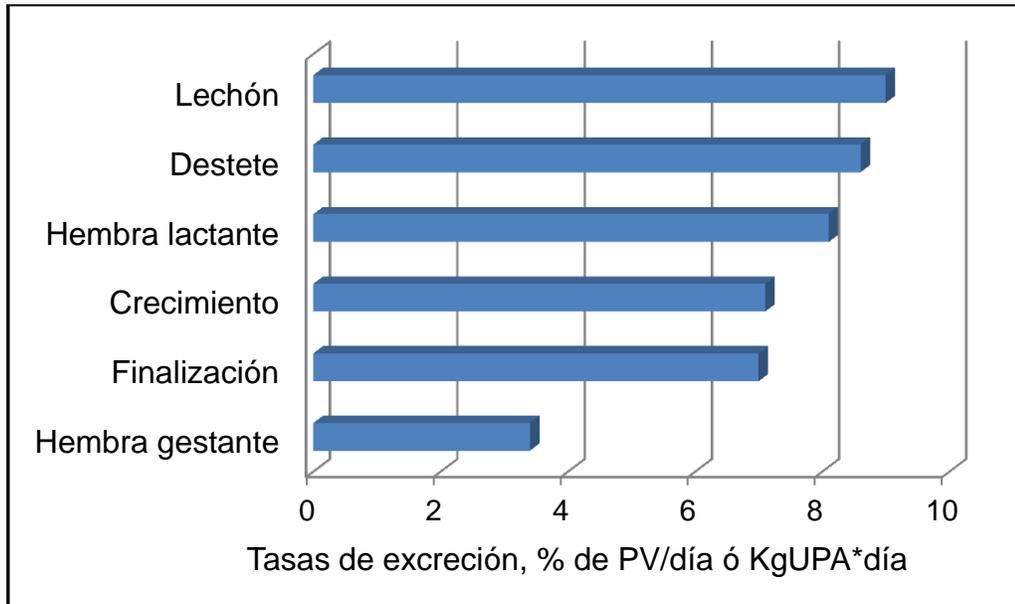
En la siguiente figura se observa las tasas de excreción diaria por cada tipo de cerdo, expresado en porcentaje de peso vivo (PV) por día o Kg de excremento por un cerdo de 100 Kg de peso vivo o Unidad de Producción animal (UPA) por día. Los lechones, destetos y hembras lactantes excretan entre el 8 – 9% de su PV por día; los cerdos en crecimiento y finalización excretan cerca del 7% de su PV, mientras que los sementales y las hembras gestantes y secas, animales que se les limita el acceso al alimento, excretan cerca del 3% de su PV por día ¹².

¹⁰ QUINTERO y VELASCO. Evaluación de una alternativa tecnológica para un sistema de producción de cerdos bajo el enfoque de tratamiento y aprovechamiento de los efluentes generados. Caracas: 2002. Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Central de Venezuela. Disponible en internet: <http://saber.ucv.ve/xmlui/bitstream/123456789/214/1/TEISIS%20FUNDACI%C3%93N20POLAR.pdf>

¹¹ TAIGANIDES. Manual para el Manejo y Control de Aguas Residuales y Excretas Porcinas en México: 1996. Citado por QUINTERO y VELASCO, Op. Cit.

¹² *Ibíd.*

Figura 1: Tasas de excreción diaria por cada tipo de cerdo



Fuente: TAIGANIDES. Manual para el Manejo y Control de Aguas Residuales y Excretas Porcinas en México. México: s.n. 1996.

Para determinar el contenido de materia orgánica en agua residual los métodos comúnmente más utilizados son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

5.6 BIODIGESTOR

Según Castillos:

El biodigestor es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía. La importancia del biodigestor radica en la descontaminación que se logra al evitar que las sustancias orgánicas sean vertidas al medio ambiente como también la remoción del dióxido de carbono o el sulfuro de hidrógeno o ambos. Por otro lado el biodigestor logra una disminución de la materia orgánica de desecho de alrededor de 70% o más, lo que mejora la calidad del material obtenido para usarlo como abono y contamina menos el ambiente ¹³.

¹³ CASTILLOS, Biogás. Funcionamiento de biodigestores de flujo continuo. 2007. [En línea]. [Citado 22 - Dic - 2014]. Disponible en internet: https://sgp.undp.org/index.php?option=com_docman&task=doc_dic=188

El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado (bioabono).

Castillos afirma que "el biodigestor de flujo continuo es un contenedor formado por una bolsa doble de plástico donde se introduce y se fermenta estiércol de diferentes animales" ¹⁴.

5.6.1 Condiciones para la biodigestión. Guerrero refiere que:

La temperatura es muy importante para la producción de biogás, ya que los microorganismos que realizan la biodigestión disminuyen su actividad fuera de estas temperaturas. La temperatura en la cámara digestiva debe ser entre los 20°C y 60° C; para optimizar el tiempo de producción es deseable mantener una temperatura entre los 30° C y 35° C.

El nivel de acidez determina como se desenvuelve la fermentación del material orgánico. El pH del material debe tener un valor entre 6.5 y 7.5. Al estar fuera de este rango neutro, la materia orgánica corre el riesgo de pudrirse, ya que se aumenta la actividad relativa de los microorganismos equivocados; esto normalmente produce un olor muy desagradable.

El contenedor debe estar perfectamente sellado para evitar que entre el oxígeno y de esta manera tener un procedimiento anaeróbico adecuado; también evita fugas del biogás, debe de contener entre el 80% y 90% de humedad.

Los materiales más comúnmente utilizados para producir biogás son el estiércol de vaca, caballo, cerdo y las heces humanas, sin embargo también se pueden emplear otros materiales orgánicos. Para lograr una descomposición eficiente, la materia orgánica debe ser en tamaños digeribles pues entre más pequeña, más rápida es la producción del biogás ¹⁵.

El efluente resultante del proceso de digestión no pierde sus propiedades como fertilizante, pues los nutrientes no disminuyen su disponibilidad. Por esta razón, puede ser empleado como abono en cultivos o pasturas o si no existe el área para irrigar, se debe tratar mediante el cultivo de plantas acuáticas. Tienen como principales ventajas su bajo costo, su facilidad de instalación, su fácil manejo y su mínimo mantenimiento.

Hernández Jonathan manifiesta que: "De forma general, el biogás se ha definido como la mezcla de gases cuya composición varía de acuerdo a los detalles de

¹⁴ CASTILLOS, Op. Cit.

¹⁵ GUERRERO. Vida Verde; Biodigestor. 2013. [En línea]. [Citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://vidaverde.about.com/od/Energias-renovables/a/Que-Es-Un-Biodigestor.htm>

su producción. La composición del biogás procedente de la digestión anaerobia de los excrementos de animales es la siguiente: 50-70% CH₄ (Metano), 30-50% CO₂ (dióxido de carbono), 1% H₂S (Sulfuro de hidrógeno) y 2% H₂ (Hidrógeno)"¹⁶.

La purificación del biogás radica en la remoción del dióxido de carbono o el sulfuro de hidrógeno o los dos, el dióxido de carbono es eliminado para aumentar el valor como combustible de biogás y el sulfuro de hidrógeno se elimina para disminuir el efecto de corrosión sobre los metales que están en contacto con el biogás.

5.6.2 Biodigestor de plástico tipo chorizo. La implementación del biodigestor de plástico de flujo continuo tipo chorizo es una alternativa viable para las familias del sector agropecuario ya que es la planta de biogás más sencilla y económica que se instala en la actualidad, de fácil mantenimiento e instalación en diferentes condiciones de topografía y clima, esta tecnología se ha puesto al alcance de un mayor número de familias campesinas.

Según la ADC: "La experiencia que se ha adquirido en los montajes a través del tiempo y en diferentes lugares, ha comprobado que para el funcionamiento normal se necesita un cerdo adulto por cada metro lineal de biodigestor.

Es por esto que es necesario realizar una visita técnica previa a la instalación para determinar el tamaño del biodigestor y sobre todo cual va a ser la fuente y la cantidad de carga de materia orgánica"¹⁷.

Según el SENA: "Antes de instalar la planta de biogás se debe hacer un análisis del sitio donde se va a construir de tal forma que sea fácil su alimentación diaria, cerca a corrales o establos, que pueda conducir fácil el biogás al sitio donde se utilizará y que el efluente o bioabono pueda usarse para fertilizar cultivos o para abonar los potreros"¹⁸.

¹⁶ HERNÁNDEZ, Jonathan. Propuesta para el manejo sustentable de residuos sólidos de origen pecuario mediante un digestor anaeróbico. Caracas: 2010. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Veracruzana. Disponible en Internet: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29341/1/HdzMtz.pdf>

¹⁷ ADC, Asociación para el Desarrollo Campesino. Pasto, Colombia: s.n. 2014

¹⁸ COLOMBIA, SENA. Biodigestor de plástico tipo chorizo. Cap. 2. 2001. [En línea]. [Citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://repositorio.sena.edu.co/sitios/biodigestor/pdf/el-biodigestor-capitulo2.pdf>

5.6.3 Mantenimiento del biodigestor. El SENA propone que:

- Las plantas de biogás tipo chorizo deben protegerse del daño de los animales construyéndolos una cerca que puede ser de alambre, malla, guadua etc., para protegerlo de la entrada directa de los rayos solares se debe construir un techo que puede ser de zinc, guadua, plástico entre otros, debido a que los rayos ultravioleta deterioran rápidamente el polietileno.
- Realizar revisiones periódicas de los conductos y sus uniones con el fin de detectar fugas de biogás y así proceder a repararlas.
- Efectuar movimientos o masajes con el fin de romper la nata que se forma sobre la fase líquida y así permitir la salida libre del biogás. Este movimiento se debe realizar cuando se ha gastado el biogás y la cámara de este se encuentra sin presión del mismo, es decir, que esté desinflado.
- Drenar periódicamente las tramas de condensado para evitar la obstrucción del paso de metano por el conducto.
- Hacer mantenimiento periódico a la válvula de seguridad con el fin de retirar la lama (lodo blando) que se va formando en el frasco de la misma.
- Evitar la entrada de piedras, arena, cemento, y trozos de madera al biodigestor, estos elementos pueden mermar la vida útil del digestor.
- En caso que se presente acumulación de sedimentos en el fondo de la bolsa del biodigestor, estos sólidos pueden expulsarse mediante la introducción de una manguera conectada a una motobomba con abundante agua a presión durante dos o tres horas dejando salir el efluente.
- Proteger los tanques de entrada y salida con una tapa para evitar accidentes y la excesiva entrada de agua lluvia, teniendo la precaución de quitarlas cuando se esté alimentado el biodigestor.
- Por ningún motivo se debe permitir la entrada de insecticidas, detergentes o desinfectantes al biodigestor, ya que evitan el desarrollo de las bacterias anaeróbicas que son las productoras de metano¹⁹.

5.6.4 Estructura de un biodigestor tipo convencional. Guerrero manifiesta que:

Existen muchas variaciones en el diseño del biodigestor. Algunos elementos que comúnmente se incorporan son:

¹⁹ Ibíd.

- **Cámara de fermentación:** El espacio donde se almacena la biomasa durante el proceso de descomposición.
- **Cámara de almacén de gas:** El espacio donde se acumula el biogás antes de ser extraído.
- **Tanque de entrada:** Donde entran los residuos de materia orgánica.
- **Tanque de salida:** En este tanque ya salen los residuos con un proceso de digestión anaeróbica, disminuyendo sus contaminantes para el posterior uso a pastizales, sembradíos o plantas acuáticas.
- **Tubería de gas:** La salida del biogás. Se puede conectar directamente a una estufa o se puede transportar por medio de la misma tubería a su lugar de aprovechamiento²⁰.

5.6.5 Ventajas y desventajas de los biodigestores. El mismo autor expresa que:

Existen ventajas, desventajas y consideraciones especiales sobre el biodigestor, de lo anterior se dice que:

Ventajas:

- Es una energía renovable y sustentable.
- Aprovecha la producción natural del biogás.
- Es posible utilizar los productos secundarios como abono o fertilizante.
- Evita el uso de leña local, así reduciendo la presión sobre los recursos forestales.
- Fomenta el desarrollo sustentable.
- Redirige y aprovecha los gases de efecto invernadero producidos por los vertederos y granjas industriales, lo cual reduce la huella de carbono de estos establecimientos y disminuye su contribución al cambio climático.
- Impide la contaminación de mantos acuíferos.
- Crea empleos especializados.
- Crea la posibilidad de incursionar un proyecto de vanguardia²¹.

²⁰ GUERRERO, Op. Cit.

Desventajas, riesgos y consideraciones especiales. Guerrero afirma que:

- Idealmente, la ubicación debe de estar cerca de donde se recolecta la biomasa.
- La temperatura de la cámara de digestión debe mantenerse entre 20° C y 60° C; puede ser limitante en lugares extremos.
- El biogás contiene un subproducto llamado sulfato de hidrógeno, el cual es un gas corrosivo y toxico para los seres humanos.
- Al igual que cualquier otro gas combustible, existe el riesgo de explosión o incendios por un mal funcionamiento, mantenimiento o seguridad²².

5.7 CANALES DE PLANTAS ACUÁTICAS

Según Pedraza *et al*: "Los canales de plantas acuáticas son un paso complementario en el tratamiento de las aguas residuales que se da en los biodigestores. En ellos operan factores físicos (filtración, sedimentación y absorción) y biológicos (degradación y adsorción) las plantas actúan creando un ambiente apropiado para que las bacterias y otros microorganismos actúen sobre los desechos degradando la materia orgánica en elementos asimilables"²³.

Los mismos autores señalan que: "El tamaño de los canales depende de la cantidad de aguas residuales a tratar y su forma y distribución pueden adaptarse a las condiciones topográficas de la producción. El tiempo de retención en los canales, al igual que en los biodigestores varía de acuerdo a la temperatura. Se estima que el tiempo de retención para los canales debe ser de 10 días en clima cálido, 15 días en clima medio y 20 días en clima frio"²⁴.

En los canales, la reducción respecto del residuo inicial puede llegar hasta un 95 a 97% a la vez que se obtiene una biomasa importante de plantas acuáticas que puede usarse como abono o alimento para animales.

²¹ *Ibíd.*

²² *Ibíd.*

²³ PEDRAZA, et al. Op. Cit.

²⁴ *Ibíd.*

5.8 CULTIVOS AGRÍCOLAS ASOCIADOS

Los mismos autores manifiestan que: "los cultivos agrícolas asociados a los sistemas de descontaminación son importantes porque pueden aprovechar los abonos generados en los canales, tales como los lodos y la biomasa de las plantas acuáticas. Para tal efecto se pueden tener cultivos en hileras entre los canales tales como el plátano, frutales, etc., los cuales toleran relativamente bien la humedad y aprovechan muy bien la materia orgánica que se les adiciona"²⁵.

Las pasturas y otros cultivos que se riegan con los efluentes de los biodigestores o los canales se pueden también considerar como asociados, pues aprovechan los nutrientes, la materia orgánica y la humedad de los residuos para la producción. Se evita así el uso de las fuentes de aguas para disponer estos residuos y se obtiene un pasto de buena calidad para la producción animal.

5.9 PLANTAS ACUÁTICAS

Valero Magda refiere que: "Las plantas acuáticas o macrófitas son aquellas que pueden vivir en terrenos inundados de forma permanente o durante largos periodos de tiempo en condiciones de encharcamiento. Se caracterizan por su alto potencial de crecimiento que facilita la producción rápida de material vegetal"²⁶.

Pedraza *et al* demuestran que:

Por medio de las raíces, las plantas acuáticas proporcionan una superficie para que las bacterias benéficas crezcan en la columna de agua y descompongan la materia orgánica presente en los desechos.

Al mismo tiempo, tienen una alta capacidad para absorber los nutrientes del agua y descontaminar las aguas de desecho. Las plantas sembradas en estanques o canales poco profundos a los que llega el agua de desecho, se cosechan periódicamente dejando una pequeña cantidad para que crezca de nuevo. Este método permite la purificación de desechos municipales, aguas de desecho industrial, granjas porcícolas y lecheras²⁷.

²⁵ Ibíd.

²⁶ VALERO, Magda. Aplicación tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales con la ayuda de microorganismos. Bucaramanga: 2006. Trabajo de grado (Ingeniera Ambiental). Universidad Industrial de Santander. Disponible en internet: http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/758121_01.pdf

²⁷ PEDRAZA, et al, Op. Cit.

5.9.1 Clases de plantas acuáticas. García Zarela explica que:

Las plantas acuáticas son aquellas que requieren una gran cantidad de agua en sus raíces para vivir, crecen en medios muy húmedos y completamente inundados, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres. Se pueden clasificar en flotantes, sumergidas y emergentes.

Las plantas acuáticas facilitan la integración paisajística de los sistemas y recrean los ecosistemas complejos donde intervienen otros elementos como insectos, anfibios y aves, regulando el sistema. Además ofrecen la posibilidad de obtener productos valorizables con diversos fines.

Entre los posibles aprovechamientos están los usos ornamentales, cama para ganado, producción de compost, producción de forrajeras, obtención de fibras para trabajos artesanales, etc.²⁸.

Montaño manifiesta que: "La azolla es un helecho acuático que alberga en sus cavidades una cianobacteria del género *Anabaena*. Ecológicamente la azolla es responsable del aumento de nitrógeno en el medio ambiente, debido a que durante su vida fija nitrógeno y cuando muere este nitrógeno fijado puede ser utilizado por las plantas en su alrededor"²⁹.

El mismo autor menciona que "la Azolla *Anabaena* tiene un alto potencial como abono verde en el cultivo de arroz en zonas tropicales, fijando aproximadamente 600 kg de nitrógeno por hectárea por año en condiciones óptimas de temperatura, luz y composición química del sustrato. Por otro lado dice que en la actualidad la Azolla se cultiva comercialmente en China y Vietnam, en donde se ha utilizado por centurias como abono verde en sembríos de arroz por inundación"³⁰.

Por otro lado el mismo autor menciona que: "Este género tiene un amplio intervalo latitudinal de distribución desde el nivel del mar hasta 5.000 de altitud. En general, Azolla prefiere condiciones frías y semisombreadas y se desarrolla mejor en contenidos altos de fósforo, tanto en el agua como en el suelo"³¹.

²⁸ GARCÍA, Zarela. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Lima (2012) Trabajo de grado (Ingeniera Ambiental). Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en internet: http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf

²⁹ MONTAÑO. Identificación y difusión de la *Azolla anabaena* como bioabono. [en línea] 2013. [Citado el 9 - Feb - 15]. Disponible en internet: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36775481>

³⁰ *Ibíd.*

³¹ *Ibíd.*

Montaño afirma que:

Existen siete especies de *Azolla* ampliamente distribuidas a nivel mundial. Esta distribución ha sido fuertemente influenciada por el hombre, debido a la introducción indiscriminada del helecho de un área a otra. Previo a la dispersión humana, *A. caroliniana* fue reportada en América del Norte y el Caribe; *A. filiculoides* en Sur América y oeste mediterráneo, incluyendo Alaska; *A. microphylla* en América tropical y subtropical; *A. mexicana* en el norte de Sur América y oeste de Norte América; *A. nilotica* desde el Nilo hasta Sudan; *A. pinnata* en Asia y costas de África Tropical; *A. japónica* en Japón. En Venezuela se ha reportado la presencia de *A. filiculoides*, y *A. caroliniana* ³².

5.9.2 Taxonomía. En la tabla 2, se presenta la clasificación taxonómica de las plantas acuáticas.

Tabla 2. Taxonomía

	<i>Azolla anabaena</i>	<i>Lemna minor</i>	<i>Eichornia crassipes</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Reino	Plantae	Plantae	Plantae	Plantae
División	Pteridophyta	Fanerógamas	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Clase	Filicopsida	Liliopsida	Liliopsida	Liliopsida
Orden	Salviniales	Arel	Commelinales	Arales
Familia	Azollaceae	Lemnaceae	Pontederiaceae	Araceae
Género	Azolla	Lemna	Eichornia	Pistia
Especie	<i>A. anabaena</i>	<i>Lemna minuta</i>	<i>E. crassipes</i>	<i>P. stratiotes</i>

Fuente: GARCÍA, Zarela. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Lima, 2012.

5.9.3 Características morfológicas de las plantas acuáticas:

- ***Azolla anabaena*:** Según Suárez, J y González, J:
Estas plantas flotan en la superficie del agua por medio de numerosas, pequeñas y estrechamente sobrepuestas escamas como hojas, con sus raíces colgando en el agua. Tienen frondes divididas cuyo color oscila entre rojo y púrpura a pleno sol y de verde pálido a verde azulado en la sombra. Cada planta individual es de 1-2 cm de diámetro y divisiones en secciones más pequeñas a medida que crece, las flores de la azolla son unisexuales, muy pequeñas agrupadas en diminutas espatas, se reproduce asexualmente y sexualmente por esporas ³³.

³² Ibíd.

- ***Lemna minor***: Pilar María asegura que: "Es una planta acuática flotante de agua dulce, con una, dos o tres hojas cada una (frondes oblongas) con una sola raíz de 1-2 cm de largo colgando en el agua. Las hojas son ovales, 1 a 8 mm de largo y 0.6 a 5 mm de amplitud, las flores se producen raramente de 1 mm de diámetro, con una membrana en forma de copa que contiene un óvulo único y dos estambres. La semilla es de 1 mm de largo"³⁴.
- ***Eichornia crassipes***: Suárez, J y González explican que:
Estas plantas flotan sostenidas por esponjosos rizomas, con las raíces cortas flotando libremente. Son macrófitas flotantes, que alcanzan hasta un metro de altura, aunque normalmente no superan los 50 cm, hojas en rosetas, ascendentes a extendidas (2 a 16 cm) y su fruto una cápsula (1.5 cm). Pecíolos cortos, hinchados (bulbosos), con tejido parenquimatoso (espacios intracelulares), flores azules a celestes, y una mancha amarilla en el lóbulo superior del perianto³⁵.
- ***Pistia stratiotes***: Los mismos autores manifiestan que: "La lechuga de agua es una planta de flotación libre, como su nombre lo indica, ésta planta se asemeja a una cabeza flotante abierta de lechuga, tiene las hojas muy gruesas y de color opaco a la luz, son peludas y estriadas, su tamaño promedio es de 8 a 10 cm, no hay tallos de las hojas, sus raíces son de color claro y sus flores son pequeñas"³⁶.

5.9.4 Hábitat de cultivo:

- ***Azolla anabaena***: Suárez, J y González, J. expresan que:
La Azolla es un helecho nativo de regiones templadas y tropicales de las Américas, necesita de energía solar con una temperatura que oscile entre 24 a 28 grados centígrados, tolera temperaturas frías. Además necesita que el suelo donde se va a desarrollar sea de tipo arcilloso con un pH entre 5.5 a 8.02, que retenga el agua y permita determinadas concentraciones de fosfato y potasio. Hay que evitar vientos fuertes ya que al no poseer raíces profundas, puede ser

³³ SUÁREZ, J. y GONZÁLEZ, J. Las plantas acuáticas en un contexto de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Cuba: s.n., 1996. Disponible en internet: <http://prodinra.inra.fr/ft?id=AD13AB7E-8FE1-4506-8F25-CAE6A123B152>

³⁴ PILAR, María. La lenteja de agua (*Lemna minor*): una planta acuática promisoría. 2001. [En línea]. [Citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://repository.eia.edu.co/revistas/index.php/reveia/article/view/121>

³⁵ SUÁREZ y GONZÁLEZ, Op. Cit.

³⁶ Ibíd.

arrancada fácilmente. Puede ser cosechada permanentemente ya que se multiplica en todo momento³⁷.

- ***Lemna minor***: Pilar María asevera que:

Esta planta es nativa en la mayor parte de África, Asia, Europa y América del Norte, se produce en los estanques de agua dulce y en donde hay lento movimiento de las corrientes, a excepción del clima ártico y subártico. Crece con tanta rapidez y eficiencia que puede provocar grandes daños de forma frecuente a una alfombra completa aún cuando las condiciones son adecuadas. Necesita Iluminación intensa y abundante durante doce o catorce horas diarias, como mínimo. Temperatura 15 a 25°C. Habitadas a sobrevivir soportando cambios climáticos propios de áreas continentales³⁸.

- ***Eichornia crassipes***: Suárez, J y González refieren que:

Esta planta es endémica del Amazonas y de la cuenca del río Paraná. Son plantas perennes flotantes oriundas de las regiones tropicales de Sudamérica. Los buchones acuáticos se han introducido ampliamente por toda América del Norte, Asia, Australia y África. Además de salvaje, *Eichhornia crassipes* se cultiva en jardines de agua, en fuentes y piscinas. Se cultiva a una temperatura entre 20 y 30 °C., no resiste los inviernos fríos (hay que mantenerla entre 15 y 18 °C en contenedores con una profundidad de al menos 20 cm. y una capa delgada de turba en el fondo), además requiere iluminación intensa³⁹.

- ***Pistia stratiotes***: Los mismos autores aclaran que: "Una amplia distribución en todas las regiones tropicales y subtropicales, es decir todas las regiones cálidas del mundo. Planta acuática flotante en las regiones de origen y semiacuática o de terreno fangoso palustre en las regiones mediterráneas. En la naturaleza puede constituir una verdadera plaga. No aguanta los inviernos duros. Su temperatura mínima de crecimiento es de 15°C y la óptima de crecimiento es de 22 a 30°C"⁴⁰.

³⁷ Ibíd.

³⁸ PILAR, Op. Cit.

³⁹ SUÁREZ y GONZÁLEZ, Op. Cit.

⁴⁰ Ibíd.

5.10 PROPIEDADES DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS

5.10.1 Propiedades para utilizar *Azolla anabaena* en el tratamiento de aguas residuales. García Zarela expresa que:

Este helecho tiene la habilidad de fijar nitrógeno atmosférico gracias a su asociación en simbiosis con una cianobacteria que lo fija, (*Anabaena azollae*). La *Anabaena azollae*, que vive en las cavidades de las frondas del helecho, es capaz de usar su propia energía fotosintética para fijar el nitrógeno atmosférico y producir amonio, lo que es aprovechado por la azolla para cubrir sus propios requerimientos de nitrógeno, aún así, algunos factores ambientales tales como las condiciones del suelo y del agua, así como las técnicas de cultivo, influyen de una forma importante en el contenido de nutrientes de la *Azolla*⁴¹.

El mismo autor menciona que:

La *Azolla anabaena* es tolerante a temperaturas frías, y en las regiones de clima templado en gran medida sobreviven en invierno, sobreviviendo a través de las yemas sumergidas, estas pueden crecer en un amplio rango de condiciones ambientales, siendo intolerantes al agua salada. La relación simbiótica entre el helecho y la cianobacteria, permite a la *Azolla* ser relativamente independiente de utilizar nitrógeno de su entorno que da a la planta la capacidad de llegar a fijar del aire más de 600 kg N/ha/año; y ha atraído el interés de muchos científicos. Este hecho hace que la *Azolla* tienda a contener niveles relativamente altos de nitrógeno y ser una fuente proteica atrayente para la alimentación animal, no solamente del ganado y en la avicultura sino en la acuicultura, para alimentar peces en forma fresca o seca⁴².

5.10.2 Propiedades para utilizar *Lemna minor* en el tratamiento de aguas residuales. García *et al* expresan que: "Las lemnáceas se han utilizado en algunas oportunidades para aprovecharlas como plantas purificadoras de aguas residuales, y particularmente, han sido incluidas en circuitos complejos de depuración de excretas porcinas, con alto valor nutritivo, alto contenido inorgánico, no tóxico para los animales y carente de plagas serias, mientras que en otras ocasiones, la atención de los investigadores se ha movido preferencialmente hacia su uso en nutrición"⁴³.

García Zarela manifiesta que:

⁴¹ GARCÍA, Zarela. Op. Cit

⁴² Ibíd.

⁴³ GARCÍA, et al., Op. Cit.

Con fines alimenticios: la *Lemna* por su alto contenido proteínico, puede ser fuente alimenticia, previamente preparada como alimento balanceado, para la crianza de pollos y cerdos. Como alimento fresco es también una potencialidad de uso, con fines ganaderos y avícolas. Con fines de lombricultura y producción de humus. La *Lemna* con 14 a 18 días de pre composteo puede ser utilizada para la crianza de lombrices, los que pueden tener niveles de 68 a 82% de proteínas. La clonación y la modificación de ciertos genes de *Lemna* dan lugar a una forma de obtención barata de productos farmacéuticos, así mismo su alto contenido en proteínas hacen que se use como fuente de alimentación en acuicultura y en cerdos⁴⁴.

El mismo autor explica que:

Estas plantas asimilan los nutrientes del efluente de las aguas residuales cuando son cosechadas y retiradas de los estanques, han mostrado facilidad para extraer rápidamente de las aguas algunos metales tales como el zinc, manganeso y hierro, así como para remover gran cantidad de Nitrógeno, fósforo y potasio en las aguas servidas. Es indicadora de aguas eutróficas ricas en nitratos y fosfatos y por tanto no potables. Asimismo es utilizada en test de toxicidad, tipo de prueba biológica, donde se expone a un organismo a dosis variado de un compuesto químico midiéndose su reacción⁴⁵.

5.10.3 Propiedades para utilizar *Pistia stratiotes* en el tratamiento de aguas residuales. Martelo, J. y Lara, J. manifiestan que:

Los procesos que tienen lugar para la depuración de contaminantes con macrófitas flotantes se dan a través de tres mecanismos:

Filtración y sedimentación de sólidos, incorporación de nutrientes en plantas y su posterior cosechado, degradación de la materia orgánica por un conjunto de microorganismos facultativos asociados a las raíces de las plantas como *Lythrum salicaria*, *Phragmites australis* y *Typha angustifolia*.

Durante la etapa de crecimiento, las macrófitas absorben e incorporan los nutrientes en su propia estructura y funcionan como sustrato para microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes a través de transformaciones químicas, incluyendo la nitrificación y desnitrificación.

“Estos sistemas de tratamiento (acuáticos) se basan en el mantenimiento de una cobertura vegetal de macrófitas flotantes sobre la lamina del agua, y se disponen a

⁴⁴ GARCÍA, Zarela. Op. Cit.

⁴⁵ Ibíd.

modo de estanques o canales en serie, debidamente aislados, en los que corre el efluente. Su diseño contempla la remoción periódica de las plantas ⁴⁶.

El mismo autor explica que: "En la fotosíntesis, las plantas acuáticas aprovechan el oxígeno y dióxido de carbono disponible en la atmósfera. Los nutrientes son tomados de la columna de agua a través de las raíces, las cuales constituyen también un excelente medio para la filtración y absorción de los sólidos suspendidos" ⁴⁷.

La eficiencia en remoción de los contaminantes se incrementa significativamente en sistemas con aireación y circulación, es decir, en sistemas que operan bajo condiciones aerobias o con presencia de oxígeno. La ventaja principal que ofrecen estos sistemas es la gran superficie de contacto que tiene sus raíces con el agua residual, debido a que esta las baña por completo, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia orgánica por medio de los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las propias raíces directamente.

5.10.4 Propiedades para utilizar *Eichornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales. García Zarela aclara que: "Esta planta obtiene del agua todos los nutrientes que requiere para su metabolismo, siendo el nitrógeno y el fósforo, junto a los iones de potasio, calcio, magnesio, hierro, amonio, nitrito, sulfato, cloro, fosfato y carbonato, los más importantes" ⁴⁸.

Según Celis: "Estas plantas poseen un sistema de raíces, que tienen microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora de las plantas acuáticas, estas retienen en sus tejidos metales pesados (cadmio, mercurio, arsénico). Además remueve algunos compuestos orgánicos, tales como fenoles, ácido fórmico, colorantes y pesticidas, y disminuye niveles de DBO, DQO y sólidos suspendidos" ⁴⁹.

El mismo autor asevera que:

⁴⁶ MARTELO, J. y LARA, J. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales. Bogotá, Colombia: s.n., 2012. En: Revista científica de ingeniería y ciencia. Disponible en internet: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/viewFile/946/850>

⁴⁷ *ibíd.*

⁴⁸ GARCÍA, Zarela. Op. Cit,

⁴⁹ CELIS. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. 2005. [En línea]. [Citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a2.pdf>

Esta planta remueve toxinas, tales como cianidas, un proceso que es de beneficio ambiental en las zonas que han sufrido las operaciones de minería de oro. Flotan sostenidas por esponjosos rizomas, con las raíces flotando libremente. Hasta el 50% de la biomasa del puede estar constituida por raíces fibrosas, de color violáceo o azulado gracias a la antocianina que contienen como defensa frente a los predadores. La planta es muy tolerante, y de alta capacidad de captación de metales pesados, tales como Cd, Cr, Co, Ni, Pb, Hg, etc., que podría ser utilizado para la biolimpieza de aguas residuales industriales⁵⁰.

5.11 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON PLANTAS ACUÁTICAS

Según García Zarela:

En los últimos años el tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas ha despertado un gran interés, por el potencial que han presentado para la depuración de las mismas. Algunos de estos sistemas han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos.

En la Fábrica de Imusa S.A. localizada en el municipio de Río Negro (Antioquía), Colombia, se tienen operando desde 1988 unos canales sembrados con *Eichhornia crassipes* (Buchón de Agua), se ha comprobado una eficiencia de remoción de los diferentes contaminantes que alcanza más de 97% en los metales pesados⁵¹.

El mismo autor describe uno de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcinas; "El sistema está constituido por un biodigestor, seguido de un canal de sedimentación, un canal con *Eichhornia crassipes* y, por último, un canal con *Lemna minor*"⁵².

Otros investigadores, Pedraza *et al* reportan que: "Una disminución en la demanda bioquímica de oxígeno de 247 a 149 mg/l y una reducción en los sólidos suspendidos totales de 214 a 58 mg/l en una granja porcina en el Valle del Cauca utilizando este sistema de tratamiento. La Lechuga de Agua, en algunos estudios realizados en estanques ha demostrado poseer una capacidad de remoción de DBO superior en comparación con plantas de lodos activados"⁵³.

⁵⁰ Ibíd.

⁵¹ GARCÍA, Zarela. Op. Cit.

⁵² Ibíd.

⁵³ PEDRAZA, et al. Op. Cit.

5.11.1 Propiedades de las plantas acuáticas en sistemas de tratamiento. Según Fernández:

Las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas siendo sus principales funciones:

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizósfera.
- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y eliminación de contaminantes asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular

54

García Zarela menciona que:

Se han estudiado distintas plantas acuáticas en sistemas de depuración de aguas residuales, algas u otras sumergidas, con vistas a explorar su posible valor, las así denominadas macrófitas acuáticas flotantes, la lenteja de agua o Lemna (*Lemna minor*), azolla (*Azolla anabaena*) y Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) son del grupo de las plantas que con más intensidad se han estado evaluando en el trópico como posibles integrantes de sistemas de recirculación de nutrientes a través de su cultivo en estanques cargados con efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o simplemente colectadas en su medio natural ⁵⁵.

5.11.2 Transferencia de oxígeno del macrófito al agua. Valero Magda expone que:

Cuando el oxígeno llega a la zona de la hoja sumergida, sucede que el agua en contacto con la pared de la hoja, demanda el oxígeno que está en los conductos tubulares de esta zona, a causa de la DBO y DQO del agua, que hace que la presión de oxígeno que tiene hacia la zona de la demanda; no lo ceden todo, porque existe también una fuerte demanda, que les reclama el sistema radicular (sucede lo mismo que un conducto o tubo que lleve agua; cuando este se bifurca o se le añade otra tubería, el agua se reparte siempre entre ellos, hasta lograr que se equilibren las presiones entre las dos salidas) que normalmente tiene condiciones eutrificantes (acumulación de residuos orgánicos) más severas que la lamina de agua que baña las hojas ⁵⁶.

⁵⁴ FERNÁNDEZ. Humedales artificiales para depuración. S.f. [En línea]. [Citado 26-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/Manual%20fitodepuracion/Capitulos%206.pdf>

⁵⁵ GARCÍA, Zarela. Op. Cit.

El mismo autor aclara que:

Los tubos que mas oxígeno dejan son siempre los que están más próximos a la zona exterior, por lo que el reparto de oxígeno siempre tienen a ser menor en las hojas hacia el agua, que el que solicita la zona sumergida. De esta forma, el reparto de oxígeno es más ecuánime y puede llegar mejor a las raíces (las raíces de macrófito suelen ser muy numerosas y finas, mientras que el número de hojas en relación con el de las raíces es pequeño y el grosor de estas es grande con respecto a la raíz). El sistema radicular, con sus rizomas se provee del oxígeno que le transmiten las hojas. La cantidad de oxígeno que se emite por el sistema radicular está en función de la cantidad de oxígeno que les llega a la zona y de la presión entre los tubos y el medio según la demanda del lugar ⁵⁷.

5.12 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (DBO) Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

5.12.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, mg/l). Según Navarra: "DBO, se define como la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para estabilizar o degradar la materia orgánica bajo condiciones aeróbicas"⁵⁸.

El mismo autor menciona que: "Para asegurar que los resultados se obtengan mediante un ensayo y sean representativos, la muestra deberá ser convenientemente diluida con agua, previamente preparada, a fin de que exista un nutriente como el oxígeno disponible durante el periodo de ensayo. El periodo de incubación generalmente es de 5 días a 20°C, aún cuando pueden utilizarse otros periodos de tiempo y temperatura."⁵⁹.

Valero Magda afirma que: "El método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento para determinar la descomposición biológica en las aguas residuales es **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**. Si existe suficiente oxígeno disponible, la descomposición biológica aerobia de un desecho continuará hasta que el desecho se haya consumido.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) es un indicador de la cantidad de sustancias orgánicas de origen biológico (proteínas, carbohidratos, grasas y

⁵⁶ VALERO, Op. Cit.

⁵⁷ Ibíd.

⁵⁸ NAVARRA. Parámetros que miden la materia orgánica. 2012. [En línea]. [Citado 28-Dic-2014]. Disponible en internet: https://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/.html

⁵⁹ Ibíd.

aceites) y de productos químicos orgánicos sintéticos y biodegradables en las aguas residuales"⁶⁰.

El mismo autor expresa que:

Teniendo en cuenta la proporción entre la DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno en una prueba de 5 días) y la DQO es un indicador del tratamiento biológico, los valores de la relación DBO5/ DQO en aguas residuales municipales no tratados oscilan entre 0.3 y 0.8. Generalmente, los procesos de descomposición biológica comienzan y ocurren de manera rápida con proporciones de DBO5: DQO de 0.5 o mayor. Las proporciones entre 0.2 y 0.5 son susceptibles al tratamiento biológico; sin embargo, la descomposición puede ocurrir de manera más lenta debido a que los microorganismos degradantes necesitan aclimatarse a las aguas residuales. Si esta relación es menor de 0.3, el residuo puede contener constituyentes tóxicos o se pueden requerir microorganismos aclimatados para su estabilización⁶¹.

5.12.2 Demanda Química de Oxígeno (DQO, mg/l). Navarra señala que:

La DQO, mide la cantidad total de oxígeno necesario para oxidar tanto la materia degradable biológicamente como el resto de la materia orgánica que puede ser oxidada químicamente: la fibra, la lignina, etc. La reducción de DBO y DQO se produce en toda la superficie del macrófito que este en contacto con el agua (raíces, rizomas y en la zona de las hojas o tallos que estén sumergidos) pues de ella toman el oxígeno que necesitan los microorganismos que se alimentan de la DBO tanto disuelta como no disuelta. Cuando las raíces del macrófito se entierran o se condensa el agua no pasa por sus raíces y se pierde entonces la capacidad regenerativa del agua en el filtro, al mismo tiempo que decae radicalmente el poder de reducción del sistema con respecto a la DBO y DQO. Tan solo quedaría para la depuración del agua los tallos y las hojas que tengan sumergidos y al no absorber estos componentes iónicos se pierde la capacidad de la reducción del nitrógeno, fósforo, iones, oligoelementos⁶².

5.13 PARÁMETROS QUE SE ANALIZAN EN LAS AGUAS RESIDUALES

- **pH:** Según Quintero y Velasco: "Es una medida estándar de la neutralidad de los líquidos. El estado básico o ácido cambia significativamente las reacciones químicas, por lo tanto, en un factor crítico en sistemas

⁶⁰ VALERO, Op. Cit.

⁶¹ Ibíd.

⁶² NAVARRA, Op. Cit.

bioquímicos. El pH de los residuales porcinos se encuentra entre 6 y 8, pero para propósitos de diseño, el pH promedio es de 7,5" ⁶³.

- **Temperatura (T°C):** Los mismos autores expresan que: "La temperatura del agua es crítica porque afecta la vida de los organismos. Las reacciones microbiológicas se duplican al incrementar en 10°C la temperatura del agua. La tasa de disolución del oxígeno disminuye al aumentar la temperatura. El oxígeno disuelto en el agua es más elevado en la aguas frías que en las calientes" ⁶⁴.

- **Color y olor:** García Zarela menciona que: "Estos parámetros sirven como indicadores del grado de contaminación por residuos y su presencia en aguas residuales es signo de un pre tratamiento inadecuado antes de la descarga" ⁶⁵.

⁶³ QUINTERO y VELASCO, Op. Cit.

⁶⁴ Ibíd.

⁶⁵ GARCÍA, Zarela. Op. Cit.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DESCONTAMINACIÓN EN LA FINCA.

El sistema de descontaminación productiva de modelo físico está constituido por un biodigestor plástico de flujo continuo, instalado bajo la metodología desarrollada para tal fin por la Asociación para el desarrollo campesino - ADC-, desde hace mas de 15 años. A continuación se observa en las siguientes figuras, un sistema de distribución de efluentes y doce lagunas destinadas a la producción de plantas acuáticas; *Eichhornia crassipes* (buchón), *Pistia stratiotes* (lechuga de agua), *Azolla anabaena* (azolla), y *Lemna minor* (lenteja de agua) tal como se muestra en las **figuras 2 y 3**.

Figura 2: Biodigestor



Figura 3: Estanques



Quintero y Velasco refieren que: "las funciones del sistema de descontaminación con fines productivos del modelo físico son amplias y están enfocadas a la protección del medio ambiente y conservación de los recursos naturales, así como optimizar el manejo de los recursos disponibles en la finca" ⁶⁶.

6.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Con el propósito de conocer la calidad del efluente proveniente del lavado de la unidad de cerdos, se recolectaron 3 muestras procedentes del biodigestor y los estanques con plantas acuáticas, las muestras se tomaron el día 11 de diciembre del 2014, para la recolección de cada muestra se utilizaron 3 recipientes de plástico de 1 litro cada uno como lo muestra la **figura 4**.

⁶⁶ QUINTERO y VELASCO, Op. Cit.

Figura 4: Muestras de laboratorio



6.3 TOMA DE MUESTRAS

6.3.1 Entrada al biodigestor (lavado del corral de cerdos). En el canal que conduce el agua de residuo hacia el biodigestor se recogió la muestra que viene del lavado de la porqueriza. Como se observa en la figura 4 en este lugar se recolectaron sub-muestras durante el periodo de lavado, las cuales se recogieron en un recipiente de 1 litro.

En la **figura 5** se muestra el procedimiento que tuvo por objeto obtener una muestra representativa del afluente o entrada al sistema de tratamiento.

Figura 4: Toma de muestra del afluente.



6.3.2 Salida del biodigestor. Una vez transcurrido el tiempo de retención hidráulica del biodigestor (tiempo de permanencia de la carga orgánica en el digestor) se recogió una muestra instantánea en el tanque que se encuentra a la salida del mismo, como se observa en la figura 6.

Figura 6: Toma de muestra del efluente



6.3.3 Estanque con plantas acuáticas. La última muestra se recogió en el sexto estanque, con el propósito de que esta muestra procediera con mayor tiempo y pasara por los demás estanques con plantas acuáticas, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Azolla* y *Lemna minor*, como se lo aprecia en la figura 7.

Figura 7: Toma de muestra en el último estanque.



6.4 ANÁLISIS DE AGUA

Se determinaron las características físico químicas del afluente y efluente del biodigestor y estanques con plantas acuáticas, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Azolla* y *Lemna minor*, de las cuales se evaluó la calidad de las aguas servidas que se producen en la producción de cerdos.

Las muestras de aguas recolectadas en el lugar se analizaron en el laboratorio de la Universidad de Nariño, determinando pH, DBO Y DQO, como se muestra en el anexo A.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados que permiten evaluar la caracterización física - química del afluente y efluente del biodigestor y estanque; que tiene por objeto definir la calidad de estos líquidos residuales, su variabilidad y así cuantificar la eficiencia del sistema de tratamiento.

7.1 AFLUENTE O ENTRADA AL BIODIGESTOR (LAVADO DEL CORRAL DE CERDOS)

El lavado de la porqueriza arrastra excremento (heces y orina), resto de alimentos (jugos de caña, forraje, plantas acuáticas, concentrado casero etc.) que representan los componentes del efluente de dicha finca.

El pH obtenido es de **7.82** dicho valor se encuentra en el rango favorable para la existencia y actividad de los microorganismos en los sistema de tratamiento biológico.

El líquido residual procedente del lavado de la porqueriza, presento un DBO con un resultado de **782 mg/L** representado una alta concentración de materia orgánica biodegradable, en comparación con los demás resultados de los tratamientos, este resultado se debe a que estos residuos no se han sometido a ningún tratamiento por lo tanto presenta los valores más altos.

La DQO mide la cantidad total de oxígeno necesario para oxidar tanto la materia biodegradable como el resto de la materia orgánica que puede ser oxidada químicamente.

En el afluente del lavado la DQO presenta un valor **de 2939 mg/L**, representa tres a cuatro veces la DBO, lo que manifiesta la presencia de elementos oxidables químicamente, como la fibra, la lignina (aunque este última es difícil de oxidar), entre otros elementos presente en la dieta de los cerdos.

Tabla 3: Parámetro Afluente o entrada al biodigestor (Lavado del corral)

Parámetro	Valor
pH	7,82
DBO mg 02/L	782
DQO mg 02/L	2939

7.2 EFLUENTE O SALIDA DEL BIODIGESTOR

Chará manifiesta que:

En la fermentación bacteriana intervienen poblaciones microbianas diversas, en una primera fase donde a través de reacciones enzimáticas los compuestos orgánicos de alto peso molecular se degradan en compuestos más sencillos utilizables como fuente de energía y síntesis de nuevo material celular; una segunda etapa donde ocurre una conversión biológica a compuestos de peso molecular intermedio y finalmente estos últimos son transformados en metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂)⁶⁷.

Los parámetros físico – químicos obtenidos a la salida del biodigestor reflejan la eficiente degradación de la materia orgánica por los microorganismos como se aprecia en la **Tabla 3**.

El pH obtenido a la salida del biodigestor es menor en comparación a la entrada **6.91 vs 7.82**. El pH a la salida manifiesta el equilibrio (neutralidad) alcanzado en las etapas de la digestión anaerobia probablemente dicho equilibrio se deba a los mismos procesos de digestión ya que al aumentar la temperatura este aumenta su acidez y la producción de gas al descomponer la materia orgánica como se aprecia en la **Tabla 3**.

La DBO a la salida alcanzó un valor de **463 mg/L** y la DQO llegó a **621 mg/L**, éstos resultados son positivos ya que indican una importante reducción de la materia orgánica biodegradable y oxidable químicamente dentro del biodigestor. Así mismo, la disminución de la relación DBO/DQO refleja la eliminación de materia orgánica biodegradable por las bacterias.

Tabla 4: Efluente o salida del biodigestor

Parámetro	Valor
pH	6,91
DBO mg 02/L	463
DQO mg 02/L	621

Las características físico químicas del efluente del biodigestor no cumplen con la normativa para vertidos a cuerpos de agua según la "norma (**decreto 3930 de**

⁶⁷ CHARÁ. J, *et al.* Evaluación de los biodigestores en geomembrana (pvc) y plástico de invernadero en clima medio para el tratamiento de aguas residuales de origen porcino. 2002. [En línea]. [Citado 6-Ene-2015]. Disponible en internet: <http://www.lrrd.org/lrrd14/1/Pedr141.htm>

2010), la cual establece que la remoción del sistema de tratamiento debe ser mínimo del 80% en carga (DBO)⁶⁸.

Es por ello que los estanques que complementan el sistema de tratamiento son necesarios no solo para alimentar a los cerdos mediante la producción de plantas acuáticas sino para mejorar la calidad del agua de salida.

Para determinar el funcionamiento del biodigestor se requiere calcular la eficiencia de remoción de dicho parámetro. Que se aprecia en la **Tabla 4**.

Cuando se compara los parámetros fisicoquímicos del afluente y efluente del biodigestor, como se muestra en la **Tabla 4**, se evidencia una importante reducción de DBO y DQO.

Para obtener la eficiencia de remoción se debe realizar la siguiente fórmula:

$$E = (S_0 - S) / S_0 \times 100$$

Donde:

E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes (%)

S: Carga contaminante de salida (DQO, DBO₅ o SST)

S₀: Carga contaminante de entrada (DQO, DBO₅ o SST)

Tabla 5: Eficiencia del biodigestor

Parámetros	Entrada	Salida	% Remoción
DBO (mg/L)	782	463	41
DQO (mg/L)	2939	621	79
Total	3721	1084	70

Se habla de remoción de materia orgánica biodegradable DBO en un **41%** y de materia degradable biológicamente y químicamente DQO en un **79%**. Éstos resultados son alentadores ya que reflejan la eficiencia del biodigestor en cuanto a remoción de materia orgánica que paralelamente se relaciona con la composición de biogás obtenida, donde la mayor proporción corresponde a metano (CH₄).

⁶⁸ PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 09 de (26, Octubre, 2010). Por el cual se reglamenta el uso de agua y residuos líquidos. Bogotá D.C.

7.3 ESTANQUES CON PLANTAS ACUÁTICAS

Los estanques o canaletas empleados para producir plantas acuáticas son un paso complementario en el tratamiento de las aguas residuales provenientes del biodigestor plástico, en ellas operan factores físicos (filtración, sedimentación y adsorción) y biológicos (degradación y absorción), en la **Tabla 5** se percibe la resaltante reducción de los diferentes parámetros evaluados.

Los estanques representan una dilución del efluente proveniente del biodigestor. El efluente producto de la digestión anaerobia se descarga diariamente a los estanques, adicionalmente para mantener el nivel de líquido en el estanque, se emplea agua de suministro, lo cual contribuye con la dilución. El sistema radicular de las plantas funciona como malla que atrapa la materia orgánica facilitando el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas acuáticas, las cuales transforman en alimento para la producción animal. En tal sentido, la operación de los estanques permite establecer un efecto de remoción global del sistema de descontaminación (biodigestor – estanque) aun cuando se evidencia la reducción de los diferentes parámetros.

Tabla 6: Estanques de plantas acuáticas

Parámetro	Valor
pH	8.03
DBO mg /L	20,5
DQO mg /L	147

Los elementos inorgánicos comunes en las aguas residuales incluyen cloruro, iones de hidrógeno (que influyen en el **pH**) y entre los compuestos que causan alcalinidad, nitrógeno, fósforo y azufre. Es necesario mencionar que la descomposición de materia orgánica o de ácidos orgánicos puede también incrementar el nivel de pH en aguas residuales.

Valderrama menciona que:

Los niveles de pH pueden alterarse durante el tratamiento de aguas residuales entre 6.5 y 8.5.

El aumento de la alcalinidad puede entonces contribuir a hacer más eficiente el tratamiento, puesto que permite una mayor estabilidad del medio y lo hace más favorable al desarrollo de los organismos involucrados en el proceso depurador. La alcalinidad puede considerarse como producida principalmente por los iones bicarbonato y carbonato en el agua, y el aumento en los valores de la alcalinidad

total puede considerarse asociado a la ausencia de fotosíntesis algal; La actividad fotosintética de las microalgas presentes en los estanques elimina del medio gran parte del bicarbonato presente, alterando el equilibrio gas carbónico-bicarbonato-carbonato. Las plantas acuáticas, al impedir la actividad fotosintética de las algas, evitan también la disminución de gas carbónico como bicarbonato y aumentan así la alcalinidad del agua ⁶⁹.

Para determinar el funcionamiento de las plantas acuáticas se requiere calcular la eficiencia de remoción de dicho parámetro. Esta se puede apreciar en las **Tablas 6 y 7**.

Tabla 7: Eficiencia con plantas acuáticas (residuos de entrada biodigestor y estanques)

Parámetros	Entrada	Estanques	%Remoción
DBO (mg/L)	782	20.5	97
DQO (mg/L)	2939	147	94
Total	3721	167.5	95

Tabla 8: Eficiencia con plantas acuáticas (residuos de salida biodigestor y estanques)

Parámetros	Entrada	Estanques	%Remoción
DBO (mg/L)	463	20.5	95
DQO (mg/L)	621	147	76
Total	1084	167.5	85

Como se pudo apreciar en las anteriores tablas, se evidencia una disminución significativa de los parámetros analizados en laboratorio DBO/DQO, los cuales muestran una remoción de **97 y 94 %** en comparación de los residuos de entrada al biodigestor y los estanques. Por otro lado los residuos que salen del biodigestor al compararlos con los resultados de los estanques muestran una remoción de **95 y 76%**. El 95% de remoción es una muestra clara de la eficiencia del sistema como tal, en primer lugar el biodigestor actúa como un estómago gigante el cual transforma los residuos orgánicos en energía en forma de biogás

⁶⁹ VALDERRAMA. Uso de dos especies de macrófitas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. 1998. [En línea]. [Citado 6-Ene-2015]. Disponible en internet: https://www.academia.edu/Useo_A1ticas_para_el_tratamiento_de_aguas_residuales_agroindustriales

y en biofertilizantes que pueden ser empleados a los cultivos. Estas sustancias orgánicas que llegan al biodigestor pueden contener microorganismos patógenos tales como; Coliformes fecales que producen enfermedades infecciosas, por ello, para utilizarlos como biofertilizantes es necesario darles un tratamiento para eliminar estos agentes infecciosos.

Una forma de hacerlo es la biodigestión, al usar el biodigestor se utilizan los nutrientes contenidos en las excretas, reduciendo la contaminación ambiental de microorganismos patógenos en residuos útiles y sin riesgo de transmisión de enfermedades.

En segundo lugar tenemos los canales de plantas acuáticas, los cuales nos ayudan a recoger el efluente proveniente del biodigestor y es la zona donde las plantas acuáticas podrán crecer, desarrollarse y reproducirse, además de crecer y expandirse de una forma rápida ayuda aún más a la descontaminación de las aguas que vienen del efluente del biodigestor por esta razón, este sistema de descontaminación disminuye en gran medida las sustancias contaminantes y perjudiciales para el medio como también para la salud.

Para Valderrama: "Toda la materia orgánica presente en el agua se descompone en un sistema de tratamiento biológico aeróbico en 5 días o menos. La comparación de la **DBO5** entre afluentes y los efluentes de las aguas residuales tratados permite medir la efectividad de sistema de tratamiento para estabilizar las sustancias orgánicas.

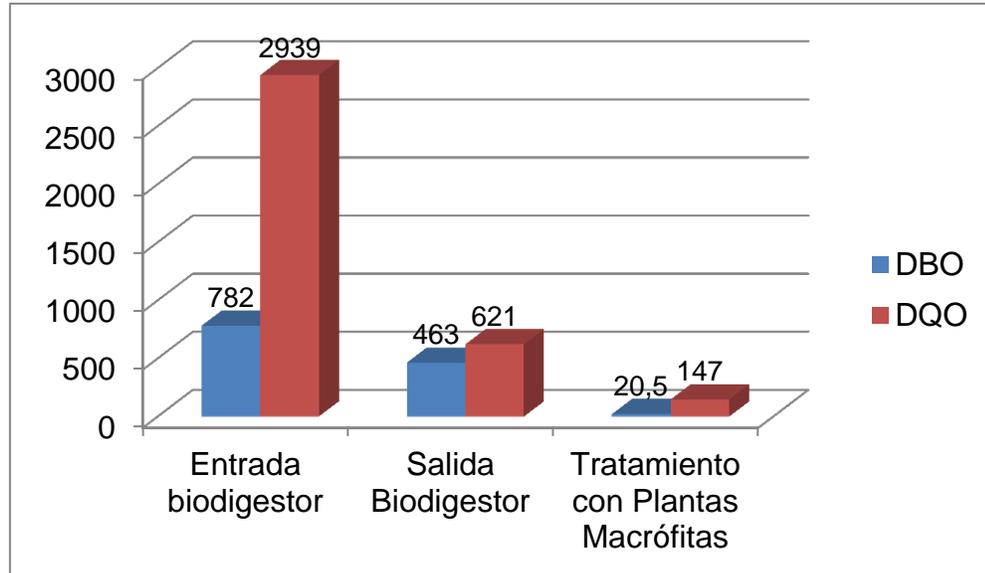
La remoción de DBO5 se debe en estos sistemas tratados con plantas acuáticas a que las raíces densas proporcionan más sitios de adhesión para las colonias bacterianas degradadoras de materia orgánica y actúan como filtros de material particulado"⁷⁰.

A continuación en la **gráfica 3** se muestra la comparación de los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), demostrando la eficacia del tratamiento del biodigestor y plantas acuáticas.

⁷⁰ VALDERRAMA. Evaluación del efecto del tratamiento con plantas acuáticas en la remoción de indicadores de contaminación fecal en aguas residuales domesticas (2005). Bogotá, Colombia. Unidad de Saneamiento y Biotecnología ambiental. Disponible en internet: http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-28_10-59-33111050.pdf

- **Resultados de Análisis DBO y DQO:**

Figura 8: DQO/DBO



Las barras representan los parámetros analizados DBO y DQO, demostrando la capacidad de depuración de las aguas servidas con tratamientos como el biodigestor y los estanques con plantas acuáticas. La combinación de estos dos métodos es la manera ideal para tratar aguas de alto contenido en materia orgánica ya que el uso de estos métodos aumenta el número y trabajo de microorganismos que degradan estos residuos disminuyendo sustancialmente la contaminación de las producciones pecuarias.

8. CONCLUSIONES

El uso de plantas acuáticas en la descontaminación de las aguas servidas es una forma económica y factible para tal tratamiento, estas mejoran la calidad del efluente así como también producen una disminución significativa de las concentraciones de DBO, DQO, disminución de las concentraciones de sólidos suspendidos y disminución de enfermedades causadas por bacterias y demás organismos. El sistema radicular de las plantas acuáticas airea y facilita el oxígeno de los microorganismos que viven en la rizósfera ayudando a que estos puedan degradar las sustancias orgánicas presentes en el agua con mayor eficiencia, por otro lado hay una filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular; como resultado de estos procesos las plantas se transforman en materia prima no convencional para la alimentación animal y en un sistema viviente de descontaminación.

En el análisis realizado en el laboratorio de la Universidad de Nariño se demostró la efectividad del sistema de descontaminación, (Biodigestor y Plantas acuáticas). Estas últimas, son una buena opción de fácil uso y mantenimiento para los distintos productores que quieren iniciar con una producción sostenible, mitigando así los daños causados por los residuos orgánicos en el medio ambiente, estas plantas también se pueden aprovechar como alimento para animales de granja ya que son ricas en proteína, por otro lado, estas plantas se pueden utilizar como bioabono.

La importancia del sistema completo; biodigestor con canaletas de descontaminación con plantas acuáticas, es su gran eficiencia en la disminución de agentes contaminantes que ocasionan problemas medio ambientales y de salud.

El biodigestor juega un papel muy importante en la descontaminación del medio ambiente puesto que el principal uso de este es la remoción de gases provocados por los desechos orgánicos (heces y orina), el biodigestor captura la materia orgánica para provocar una descontaminación bacteriana que permite encapsular gases, de los cuales el más importante es el metano compuesto por carbono e hidrógeno, de fórmula CH_4 . Por otro lado, se evita el vertimiento de estos desechos a los cuerpos de agua contribuyendo a un uso sostenible de los residuos producidos en las fincas, además de la descontaminación el biodigestor produce biogás, el cual puede ser aprovechado por las familias que habitan en la finca.

Las plantas acuáticas son un complemento que ayudará a aumentar la eficiencia de descontaminación de los efluentes producidos en el biodigestor y se podrán utilizar como alimento no convencional y/o bioabono.

El biodigestor contribuye a la economía familiar campesina en la medida que se genera mayores niveles de autonomía al reducir la dependencia de consumo de fertilizantes de síntesis química y gas propano.

9. RECOMENDACIONES

Mantener un tiempo de aproximadamente 45 días al material dentro del Biodigestor, lo cual permitirá reducir el tamaño de la partícula, producto de la descomposición bacteriana y la producción de metano que se utiliza en criadoras, estufas y como fuente lumínica.

El manejo del efluente, la construcción de pequeños estanques que funcionan como canaletas y la escogencia de plantas acuáticas dependen de su resistencia al contenido de materia orgánica, estas deben ser ubicadas en diferentes estanques impermeabilizados con barro, cemento u otros elementos resistentes.

Para obtener los beneficios de estos sistemas se debe realizar periódicamente un mantenimiento al biodigestor y a los estanques con plantas acuáticas, el biodigestor debe tener ciertas condiciones para que tenga un eficiente desempeño, evitar siempre la entrada de animales al lugar y elementos cortopunzantes que puedan dañar el plástico, verificar las conexiones del biogás para evitar la salida de gas y de igual forma evitar la entrada de oxígeno, así mismo se deben cosechar las plantas acuáticas por periodos y suministrarlo a los animales o a las praderas y sembradíos como bioabono. Por otro lado es necesario realizar una visita previa antes de instalar el biodigestor, ya que de esto depende el adecuado funcionamiento del mismo y por consiguiente se evitara problemas futuros en el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

ASORQUIDEA. Localización y reseña histórica. [en línea]. 2009. [citado 22-Dic-2014]. Disponible en Internet: http://www.adc.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=102&Itemid=134

CASTILLOS. Biogás; Funcionamiento de biodigestores de flujo continuo. [en línea].2007. [citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: https://sgp.undp.org/index.php?option=com_docman&task=doc_dic=188

CELIS. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. [en línea].2005. [citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a2.pdf>

CHARÁ. J, *et al.* Evaluación de los biodigestores en geomembrana (pvc) y plástico de invernadero en clima medio para el tratamiento de aguas residuales de origen porcino. [En línea].2002. [Citado 6-Ene-2015]. Disponible en internet: <http://www.lrrd.org/lrrd14/1/Pedr141.htm>

DÍAZ, José. Ecología de hoy; contaminación del agua. [en línea] 2014 [citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.ecologiahoy.com/contaminacion-del-agua>.

FERNÁNDEZ. Humedales artificiales para depuración. [en línea].Sin fecha.[citado 26-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.cienciasmarinas.uvigo.es/Manual%20fitodepuracion/Capitulos%206.pdf>

GARCÍA. *et al.* Macrófitas acuáticas flotantes en sistemas integrados de producción porcina. Habana, Cuba (2003). Revista científica de producción porcina. Disponible en internet: http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/julio_ly.htm

GARCÍA, Zarela. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Lima (2012) Trabajo de grado (Ingeniera Ambiental). Universidad Nacional de Ingeniería. Disponible en internet: http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf

GUERRERO. Vida Verde; Biodigestor. [en línea].2013. [citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://vidaverde.about.com/od/Energias-renovables/a/Que-Es-Un-Biodigestor.htm>

HERNÁNDEZ, Jonathan. Propuesta para el manejo sustentable de residuos sólidos de origen pecuario mediante un digestor anaeróbico. Caracas (2010) Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Veracruzana. Disponible en Internet: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29341/1/HdzMtz.pdf>

MARTELO, J. Y LARA, J. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales. Bogotá, Colombia (2012). Revista científica de ingeniería y ciencia. Disponible en internet: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/viewFile/946/850>

MARTÍNEZ *et al.* acceso a las fuentes hídricas en el municipio de Yacuanquer y veredas aledañas. [en línea] 2014 [citado 26-Ene-2014]. Disponible en internet: <https://es.scribd.com/doc/62908842/IV-Acceso-a-Fuentes-Hidricas-Del-Municipio-de-Yacuanquer>

MONTAÑO. Identificación y difusión de la *Azolla anabaena* como bioabono. [en línea] 2013. [citado el 9- Feb - 15]. Disponible en internet: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36775481>

NAVARRA. Parámetros que miden la materia orgánica . [en línea].2012. [citado 28-Dic-2014]. Disponible en internet: https://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/.html

PEDRAZA *et al.* Descontaminación de aguas servidas en la actividad agropecuaria. [en línea].1998. [citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://www.agronet.gov.co/www/docs/descontaminacion.pdf>

QUINTERO y VELASCO. Evaluación de una alternativa tecnológica para un sistema de producción de cerdos bajo el enfoque de tratamiento y aprovechamiento de los efluentes generados. Caracas (2002) Trabajo de grado (Ingeniero Químico). Universidad Central de Venezuela. Disponible en internet: <http://saber.ucv.ve/xmlui/bitstream/123456789/214/1/TESIS%20FUNDACI%C3%93N%20POLAR.pdf>

SENA, Biodigestor de plástico tipo chorizo. Cap. 2. [en línea].2001. [citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet: <http://repositorio.sena.edu.co/sitios/biodigestor/pdf/el-biodigestor-capitulo2.pdf>

SUÁREZ, J. Y GONZÁLEZ, J. Las plantas acuáticas en un contexto de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Cuba. 1996. Disponible en internet: <http://prodinra.inra.fr/ft?id=AD13AB7E-8FE1-4506-8F25-CAE6A123B152>

TAIGANIDES. E y SÁNCHEZ. E. Manual para el Manejo y Control de Aguas Residuales y Excretas Porcinas en México. [en línea].1996. [citado 22-Dic-2014]. Disponible en internet:
<http://www.engormix.com/MA-porcicultura/manejo/articulos/manejo-excretas-porcinas-sistemas-t375/124-p0.htm>

VALDERRAMA, L. Uso de dos especies de macrófitas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales. [en línea].1998. [citado 6-Ene-2015]. Disponible en internet: https://www.academia.edu/Uso_A1ticas_para_el_tratamiento_de_aguas_residuales_agroindustriales

_____. Evaluación del efecto del tratamiento con plantas acuáticas en la remoción de indicadores de contaminación fecal en aguas residuales domesticas (2005). Bogotá, Colombia. Unidad de Saneamiento y Biotecnología ambiental. Disponible en internet:
http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-09-28_10-59-33111050.pdf

VALERO, M. Aplicación tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales con la ayuda de microorganismos. Bucaramanga (2006) Trabajo de grado (Ingeniera Ambiental). Universidad Industrial de Santander. Disponible en internet: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/75812101.pdf>

ZAMBRANO, S. Protocolo para toma de muestras de aguas residuales.[en línea] 2010. [citado 4-ene-2015]. Disponible en internet:
http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Protocolo_para_Toma_de_Muestras_de_Aguas_Residuales.pdf

ANEXOS

Anexo A. Resultados de análisis de agua residual en el laboratorio

Análisis de entrada al biodigestor

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS			Código: LBE-PRS-FR-26 Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de : 2014-05-19	
					FECHA EMISION RESULTADOS: 2014-12-23	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS		DATOS USUARIO				
Solicitante: GABRIEL EDUARDO MEZA GARCIA Dirección: CRA 1 NRO 24-10 BARRIO LA CAROLINA Teléfono: 3013599351 nit: 1.085.251.798 e-mail: nalbael@hotmail.com		DATOS MUESTRAS				
		Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL				
		Tipo de Muestreo: SIMPLE				
		Sitio de Toma: MUNICIPIO DE YACUANQUER-VEREDA TACUEVA				
		Responsable del Muestreo: EXTERNO: DAVID PAZ LOBON				
		Fecha de Muestreo: 2014-12-11				
		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2014-12-11				
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO PARCIAL				
Código Muestra LAQ-928-14		Descripción YACUANQUER-VEREDA TACUYA-ENTRADA BIODIGESTOR				
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA	
					LAQ-928-14	
PH	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 4500 - H	ELECTROMETRICA	pH	2014-12-11	7,82	
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 5210- B ASTM D888-05	LUMINISCENCIA	mg O2/ L	2014-12-11	782	
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 5220- D	COLORIM. REF. CERRADO	mg O2/ L	2014-12-09	2939	
<i>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014".</i>						
OBSERVACIONES						
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME		FIN INFORME DE RESULTADOS				

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: PEDRO TOBAR-2014-12-12
 Revisó: MVE 2014-12-23

original firmado
 MARY LUZ VALENCIA ENRIQUEZ
 Química PQ -1748 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Análisis de salida del biodigestor

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS	Código: LBE-PRS-FR-26 Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de : 2014-05-19
FECHA EMISION RESULTADOS: 2014-12-23		REPORTE No: LAQ-R-270B-14
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS		
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRAS
Solicitante:	GABRIEL EDUARDO MEZA GARCIA	Tipo de Muestra:
Dirección:	CRA 1 NRO 24-10 BARRIO LA CAROLINA	Tipo de Muestreo:
Teléfono:	3013599351	Sitio de Toma:
nit:	1.085.251.798	Responsable del Muestreo:
e-mail:	naibael@hotmail.com	Fecha de Muestreo:
		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:
		2014-12-11
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO PARCIAL
Código Muestra LAQ-929-14		Descripción YACUANQUER-VEREDA TACUAYA-SALIDA BIODIGESTOR
PARAMETRO	METODO	TECNICA
		UNIDAD DE MEDIDA
		FECHA DE ANALISIS
		CODIGO MUESTRA
		LAQ-929-14
PH	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 4500 -H	ELECTROMETRICA
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 5210- B ASTM D888-05	LUMINISCENCIA
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 5220- D	COLORIM. REF. CERRADO
		mg O2/ L
		2014-12-11
		2014-12-09
		6,91
		463
		621
<i>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014".</i>		
OBSERVACIONES		
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME		FIN INFORME DE RESULTADOS

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: PEDRO TOBAR-2014-12-12
 Revisó: MVE 2014-12-23

original firmado
 MARY LUZ VALENCIA ENRIQUEZ
 Química PQ -1748 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Análisis con plantas acuáticas

	SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS	Código: LBE-PRS-FR-26 Página: 1 Versión: 03 Vigente a partir de : 2014-05-19			
FECHA EMISION RESULTADOS: 2014-12-23		REPORTE No: LAQ-R-270C-14			
LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRAS			
Solicitante: GABRIEL EDUARDO MEZA GARCIA Dirección: CRA 1 NRO 24-10 BARRIO LA CAROLINA Teléfono: 3013599351 nit: 1.085.251.798 e-mail: nailbael@hotmail.com	Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: MUNICIPIO DE YACUANQUER-VEREDA TACUEYA Responsable del Muestreo: EXTERNO: DAVID PAZ LOBON Fecha de Muestreo: 2014-12-11 Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2014-12-11				
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS: FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO PARCIAL					
Código Muestra LAQ-930-14	Descripción YACUANQUER-VEREDA TACUAYA-ESTANQUE CON PLANTAS ACUATICAS-TRATAMIENTO				
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA LAQ-930-14
PH	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 4500 - H	ELECTROMETRICA	pH	2014-12-11	8,03
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 5210- B ASTM D888-05	LUMINISCENCIA	mg O2/ L	2014-12-11	20,5
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	ESTANDAR METODOS EDICION No 22 5220- D	COLORIM. REF. CERRADO	mg O2/ L	2014-12-03	147
<i>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014".</i>					
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró:	PEDRO TOBAR-2014-12-12
Revisó:	MVE 2014-12-23

original firmado
 MARY LUZ VALENCIA ENRIQUEZ
 Química PQ -1748 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia