

**DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE UN TANQUE SEPTICO AEROBIO INOCULADO CON
MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL MERCADO
CAMPESINO DE LA MESA DE LOS SANTOS (SANTANDER)**

DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN

Ingeniera Química

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2009

**DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE UN TANQUE SEPTICO AEROBIO INOCULADO CON
MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL MERCADO
CAMPESINO DE LA MESA DE LOS SANTOS (SANTANDER)**

DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN

Ingeniera Química

Monografía presentada para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental

Director

LUZ HOLANDA GARCÍA CASTAÑO

Ingeniera Química

Fundación Semilla Nueva

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2009

*A Dios y a la Virgen María porque han “obrado” para
que todas las cosas salgan de la mejor manera.
A mis padres a quienes les debo oraciones, traspasadas,
afanes, compañía, paciencia, lágrimas y alegrías,
a mis hermanos por su complicidad,
a Mauricio por mantener mi ánimo siempre en alto
y a mis amigos por sus abrazos y sonrisas
en los buenos y no tan buenos momentos.*

Diana Rocío

AGRADECIMIENTOS

A la Doctora Luz Holanda García Castaño, Gerente de la *FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA*, por su orientación y apoyo en la dirección de este proyecto; por sus consejos, por sus enseñanzas, por su confianza, por su paciencia y por su amistad a lo largo de estos años.

Al Doctor Carlos Fernando Guerra (q.e.p.d.), por ayudarme a hacer realidad el sueño de ser Especialista en Ingeniería Ambiental.

A la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Ingeniería Química, a la Especialización en Ingeniería Ambiental, y a todos aquellos que de una u otra forma colaboraron o hicieron parte de este proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar a escala de tanque séptico aerobio la alternativa de tratamiento de aguas residuales mediante la utilización de lodos activados con microorganismos nativos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar la efectividad del tratamiento de aguas residuales mediante tanque séptico aerobio inoculado con lodos activados con microorganismos benéficos nativos, frente a muestras de aguas residuales sin tratamiento.
- ✓ Evaluar parámetros fisicoquímicos en muestras de aguas residuales antes y después de su tratamiento en un tanque séptico aerobio.
- ✓ Evaluar parámetros microbiológicos en muestras de aguas residuales antes y después de su tratamiento en un tanque séptico aerobio.
- ✓ Socializar los resultados obtenidos con la comunidad científica y civil.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEORICO	3
1.1 GENERALIDADES	3
1.1.1 Estándares de Calidad del agua	3
1.1.2 Composición típica del agua residual doméstica	4
1.2 POLÍTICA COLOMBIANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO	6
1.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO POR LA FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA	7
2. MÉTODOS EXPERIMENTALES	11
2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN	12
2.1.1 Mercado Campesino Mesa de Los Santos	12
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	14
2.2.1 Tanque Séptico Mercado Campesino	15
2.2.2 Preparación del Inóculo	15
2.2.3 Toma de Muestras	16
2.3 ANÁLISIS REALIZADOS	16
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	17
3.1 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	18
3.1.1 Bioaumentación	18
3.1.2 Coliformes Fecales	18
3.1.2 Coliformes Totales	18
3.2 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	19
3.2.1 DBO ₅	19
3.2.2 DQO	19
3.2.3 pH	20
3.2.4 Sólidos Suspendidos	20

	Pág.
3.2.5 Sólidos Disueltos	21
3.2.6 Grasas Y Aceites	21
3.2.7 Compuestos Nitrogenados	22
3.2.8 Fosfatos	23
3.2.9 Calcio	24
3.2.10 Sulfitos	24
4. SOCIALIZACIÓN	25
CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS	27
ANEXOS	28

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Metas de Cobertura Acueducto y Alcantarillado (2002)	7
Tabla 2. Resultados Tratamiento Tanque Mixto	9
Tabla 3. Análisis de Laboratorio Muestras de Agua Residual Mercado Campesino.	17

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Composición Típica del Agua Residual Doméstica	4
Figura 2. Composición de la Orina	5
Figura 3. Composición Heces Fecales	5
Figura 4. Tanque Mixto, Fundación Semilla Nueva	8
Figura 5. Fórmula Empírica de la Biomasa	8
Figura 6. Tanque A – Macrobiota	9
Figura 7. Vista Posterior del proceso de biodegradación de una toalla higiénica	9
Figura 8. Vista Posterior Tanque de Tratamiento Biológico Mixto	9
Figura 9. Vista Tanque de Tratamiento Biológico Mixto (Piloto)	9
Figura 10. Procedimiento Experimental	11
Figura 11. Panorámica Mercado Campesino Mesa de Los Santos	12
Figura 12. Vista Locales	13
Figura 13. Vista Capilla "San Isidro Labrador" y "El Hormiguero"	13
Figura 14. Vista del Lugar y Tanque Séptico de la experimentación	14
Figura 15. Materiales para preparación del inóculo	15
Figura 16. Recuento de Bacterias Mesófilas	18
Figura 17. Contenido de Coliformes Fecales	18
Figura 18. Contenido de Coliformes Totales	18
Figura 19. Demanda Biológica de Oxígeno	19
Figura 20. Porcentaje de Remoción DBO	19
Figura 21. Demanda Química de Oxígeno	19
Figura 22. Porcentaje de Remoción DQO	20

	Pág.
Figura 23. pH	20
Figura 24. Contenido de Sólidos Suspendidos	20
Figura 25. Contenido de Sólidos Disueltos	21
Figura 26. Contenido de Grasas y Aceites	21
Figura 27. Contenido de Nitrógeno Amoniacal	22
Figura 28. Contenido de Amonio	22
Figura 29. Contenido de Nitritos	22
Figura 30. Contenido de Nitratos	23
Figura 31. Contenido de Fosfatos	23
Figura 32. Contenido de Calcio	24
Figura 33. Contenido de Sulfitos	24
Figura 34. Afiche Curso Taller	25
Figura 35. "Inodoros Ecológicos"	26

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. EMPRESAS VINCULADAS A LA EXPERIMENTACIÓN	28
ANEXO B. EQUIPOS UTILIZADOS	31
ANEXO C. RESUMEN INVESTIGACIÓN	32
<i>ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LODOS ACTIVADOS CON MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS</i>	
ANEXO D. ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS	36

GLOSARIO

Afluente: Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

Aguas residuales: Agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria.

Aireación: Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

Ambiente aerobio: Proceso que requiere o no es destruido por la presencia de oxígeno.

Ambiente anaerobio: Proceso desarrollado en ausencia de oxígeno molecular.

Bioaugmentación: Es la práctica de incrementar la población de bacterias nativas de un sistema con la adición de bacterias adaptadas selectivamente, se refiere a la inoculación adicional de cultivos específicos para colaborar con la actual biomasa o restituirla en casos de mortandad.

Biodegradación: Degradación de la materia orgánica por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

Coliformes: Bacterias gram negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ó Demanda de oxígeno: Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

Descomposición anaerobia Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano.

Eficiencia de tratamiento: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración en el afluente, para un proceso o planta de tratamiento y un parámetro específico; normalmente se expresa en porcentaje.

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Inoculación: Introducción de microorganismos en un sustrato que reúne las características necesarias para el desarrollo de sus actividades metabólicas, su crecimiento y su reproducción.

Lodos activados: Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

Muestra compuesta: Mezcla de varias muestras alícuotas instantáneas recolectadas en el mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

Tanque séptico: Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas; combina la sedimentación y la digestión.

Tratamiento biológico: Procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente. Usualmente se utilizan para la remoción de material orgánico disuelto.

RESUMEN

TÍTULO: DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DE UN TANQUE SEPTICO AEROBIO INOCULADO CON MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL MERCADO CAMPESINO DE LA MESA DE LOS SANTOS (SANTANDER). *

AUTOR: DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN. **

PALABRAS CLAVES: Aguas residuales, Tanque Séptico, Proceso Aerobio, Inoculación, Remoción en carga.

CONTENIDO:

El vertimiento de aguas residuales no tratadas o tratadas de manera deficiente en cuerpos de aguas es un inconveniente tanto por sus impactos ambientales como por los efectos sociales conexos. El sector rural de La Mesa de Los Santos presenta dificultades en cuanto al manejo del recurso hídrico, especialmente en lo referente al tratamiento de las aguas residuales domésticas, las cuales en un alto porcentaje no están siendo tratadas y en muchos de los casos donde existe tratamiento (tanque séptico), éste no es muy eficiente.

Teniendo en cuenta ésta problemática, se planteó la evaluación del tratamiento de aguas residuales a escala tanque séptico aerobio inoculado con microorganismos nativos. Para ello la experimentación se desarrolló mediante la aplicación en el tanque séptico aerobio del Mercado Campesino de la Mesa de los Santos del insumo *P-H₂O* producido por la *FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA*. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las muestras de aguas residuales a la entrada y a la salida del sistema para determinar la efectividad del tratamiento.

Se comprobó que el tratamiento de aguas residuales mediante tanque séptico aerobio inoculado con lodos activados con microorganismos benéficos nativos (*P-H₂O*), es una alternativa eficiente ya que se logró: Un menor contenido de nitrógeno y sus derivados en el agua, así como de fosfatos (considerando que éste es un parámetro difícil de remover), disminuyendo los problemas de eutrofización asociados; una mayor remoción de la carga orgánica, en términos de DBO y DQO, presente en el agua residual aumentando la eficiencia del tratamiento; una mayor remoción de los sólidos y de grasas y aceites; una disminución del contenido de coliformes fecales con su consecuente disminución de coliformes totales y un mayor contenido de azufre (como sulfitos) y por lo tanto una menor liberación de H₂S al ambiente y menos olores desagradables.

* Monografía de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Ingeniería Química, Especialización en Ingeniería Ambiental, Ing. Química Luz Holanda García Castaño.

ABSTRACT

TITLE: DETERMINATION OF SEPTIC TANK EFFICIENCY, TROUGH INOCULATION WITH MICROORGANISM, INTENDED TO WASTEWATER TREATMENT ORIGINATED IN RURAL MARKET OF “MESA DE LOS SANTOS” (SANTANDER). *

AUTOR: DIANA ROCÍO GÓMEZ CHACÓN. **

KEY WORDS: Sewage, septic tanks, aerobic processes, microorganism inoculation, removal of BOD.

CONTENT:

The dumping of untreated sewage, or poorly treated wastewater into rivers and others places related with water, generated negative impacts both in its environmental and into related social aspects. Rural areas of La Mesa de Los Santos present difficulties managing water disposal, and treatment of domestic sewage. Most of the water doesn't have treatment. On the other hand water submitted to treatment is managed into inadequate way.

To contribute to solve this problem was conducted the assessment of aerobic septic wastewater treatment, using inoculated native microorganisms. This experiment was developed applying in the septic tank, aerobic microorganism, obtained from organic disposal from smallholder market.

To inoculate the tank, *P -H₂O* produced by “*FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA*”, was used. During the study physicochemical and microbiological parameters were evaluated, taking samples of sewage before and after treatment, to determine its effectiveness.

It was found that treatment of wastewater using septic tank aerobic activated sludge inoculated with beneficial microorganisms native (P-H₂O), is an efficient alternative. Significant lower nitrogen content and its derivatives in water, was obtained. As the same way problems associated with phosphates, were reduced preventing eutrophication phenomena. A higher removal of organic load was detected, improving the indicators of BOD and COD present in the wastewater, promoting a higher efficiency of treatment, and better removal of solids fats and oils. Consequently a decrease of fecal coliform counting was reduced. Diminishing of sulfur content (like sulfites) stimulate a lower release of H₂S into the environment as a result less unpleasant odors.

* Degree Monograph

** Faculty of Physical-Chemistry Engineerings, Chemical Engineer. Environmental Engineering Expert. Luz Holanda García Castaño (Chemical Engineer).

INTRODUCCIÓN

El vertimiento de aguas residuales no tratadas o tratadas de manera deficiente en cuerpos de aguas es un inconveniente tanto por sus impactos ambientales como por los efectos sociales conexos. Las aguas residuales constituyen un importante foco de contaminación de los sistemas acuáticos, siendo necesarios los sistemas de depuración antes de evacuarlas, como medida importante para la conservación de dichos sistemas.

En la gran mayoría de regiones del planeta, existe un atraso considerable en la provisión del servicio de saneamiento (~58 % de la población mundial) con respecto al de potabilización (~80%). Cuando no se realiza una adecuada gestión de las aguas residuales, se reduce el beneficio potencial de la potabilización hasta en un 50%, debido a que la función fundamental de los sistemas de saneamiento es interrumpir el ciclo de las enfermedades de transmisión fecal y oral, a través de la prevención de la contaminación de las aguas y del suelo y disminuir el esfuerzo de potabilización. Adicionalmente, un pobre tratamiento de aguas residuales, puede acarrear múltiples problemas en la utilización de las fuentes de agua para fines agrícolas, la exportación de productos alimentarios y la industria del turismo (WHO/Unicef, 2004) ⁽¹⁾.

La falta de protocolos para implementar tecnologías de saneamiento y la disponibilidad de recursos accesibles a las comunidades rurales, ha desligado totalmente el concepto de tratamientos eficientes y sostenibles en contextos geográficos no pertenecientes a las grandes urbes.

El sector rural de La Mesa de Los Santos presenta dificultades en cuanto al manejo del recurso hídrico, especialmente en lo referente al tratamiento de las aguas residuales domésticas, las cuales en un alto porcentaje no están siendo tratadas y en muchos de los casos donde existe tratamiento (tanque séptico), éste no es muy eficiente. Se infiere la necesidad de plantear métodos sencillos y eficientes para el tratamiento de las aguas

residuales generadas en esta área, con el fin de mejorar la calidad de vida de las comunidades que habitan en ella.

Adicionalmente, este sector en los últimos años ha desarrollado su potencial turístico gracias a su cercanía con el área metropolitana de Bucaramanga. La Empresa Acuarela Ltda. , cuyo complejo turístico se ubica allí; tiene dentro de sus proyectos la construcción del “Pueblito Acuarela” siendo la construcción del Mercado Campesino de la Mesa de Los Santos su primera etapa. Pesando en mitigar uno de los impactos ambientales que causaría el desarrollo de ese proyecto, como es el caso del manejo del agua residual proveniente del mercado y de las casas, se está promoviendo la implementación de tanques sépticos para su tratamiento; igualmente esta alternativa está siendo divulgada en la comunidad para tratar el agua proveniente de las casas ya construidas en los alrededores del Mercado Campesino y evitar los problemas de contaminación como consecuencia de la inadecuada disposición de las aguas residuales.

Teniendo en cuenta ésta problemática, la investigación pretende evaluar opciones técnicas en la búsqueda de soluciones para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en el área rural, como es el caso del tratamiento mediante tanque séptico aerobio inoculado con microorganismos nativos.

1. MARCO TEORICO

1.1 GENERALIDADES

Las aguas residuales domésticas producto de las actividades humanas contienen residuos tales como excretas, aguas jabonosas, desechos sólidos y aguas lluvias, que ordinariamente se evacuan por vía de las redes de alcantarillado convencionales, para luego ser descargadas en un cuerpo de agua, el cual se encarga de “alejarlas” de la comunidad.

Los efectos negativos sobre los cuerpos de agua, derivados de los vertimientos de aguas residuales son producidos fundamentalmente por tres factores:

- El alto contenido de materia orgánica,
- Detergentes presentes en los efluentes
- Los fenómenos de eutrofización derivados del aumento de nutrientes.

1.1.1 Estándares de calidad del agua ⁽⁷⁾

Las condiciones mínimas aplicables a todas las aguas en todos los lugares y en todos los tiempos:

- Libre de sustancias que puedan sedimentar y demanden oxígeno.
- Libre de residuos flotantes: aceites, espumas, material flotante, etc.
- Libre de materiales que produzcan color, olor, u otras condiciones molestas.
- Libre de sustancias que sean tóxicas o peligrosas para la vida humana, animal, vegetal o acuática.

1.1.2 Composición típica del agua residual doméstica ⁽¹⁾

Las aguas residuales domésticas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos; las características de cada vertido van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes y sus características culturales (hábitos alimenticios y de higiene). Las aguas residuales domésticas generalmente están compuestas en un 99% de agua y 1% de sólidos orgánicos e inorgánicos tal como se muestra en la *Figura 1. Composición Típica del Agua Residual Doméstica*

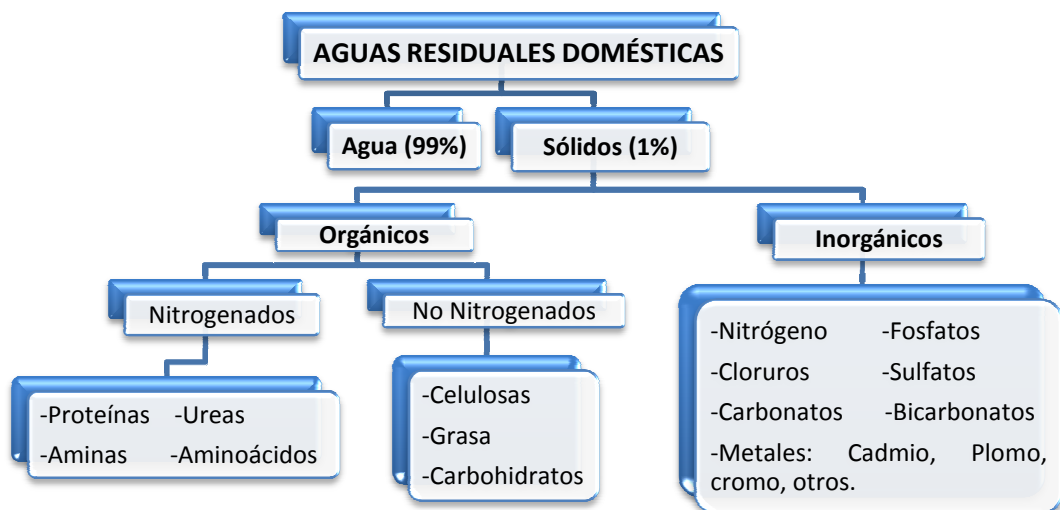


Figura 1. Composición Típica del Agua Residual Doméstica

En los seres humanos la orina normal suele ser un líquido transparente o amarillento. Se eliminan aproximadamente 1,4 litros de orina al día. La orina normal contiene un 96% de agua, un 4% de sólidos en solución y aproximadamente 25 g de urea por litro. Cerca de la mitad de los sólidos son urea, el principal producto de degradación del metabolismo de las proteínas. El resto incluye nitrógeno, cloruros, cetosteroides, fosfatos, amonio, creatinina y ácido úrico. *Figura 2. Composición de la Orina*

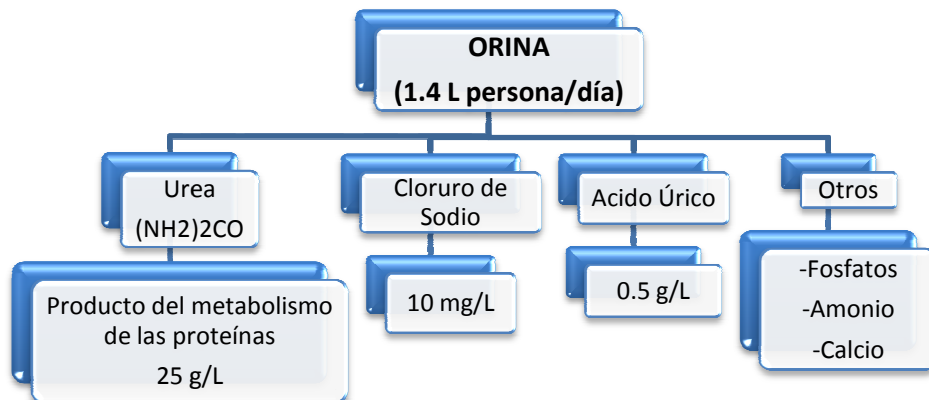


Figura 2. Composición de la Orina

Las heces están constituidas por productos alimenticios no digeribles y no digeridos, como secreciones mucosas y celulosa; restos de jugos intestinales, enzimas no destruidas, restos celulares, glóbulos de grasa, productos nitrogenados, sales minerales; agua y grandes cantidades de bacterias. La tercera parte del peso de las deyecciones humanas está constituida por desechos bacterianos; cada ser humano excreta un promedio de 100 millones de bacterias por día. *Figura 3. Composición Heces Fecales*

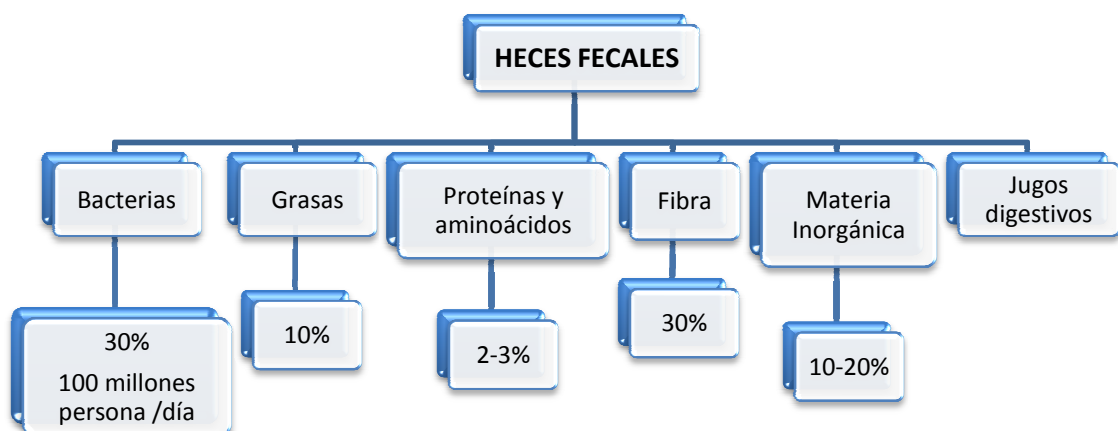


Figura 3. Composición Heces Fecales

1.2 POLÍTICA COLOMBIANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO ⁽⁶⁾

A nivel nacional, de acuerdo con estudios realizados por el Ministerio de Salud, en Colombia anualmente se enferman “cerca de dos millones de habitantes por deficiencias en los servicios de acueducto y alcantarillado. Enfermedades como el cólera, la tifoidea, la diarrea y la hepatitis están asociadas con la contaminación fecal del agua consumida y el contacto con aguas residuales”, lo que resalta la gran necesidad de atender los vacíos en la prestación correcta de los servicios públicos.

Ya en 2002 es formulado por el Departamento Nacional de Planeación, el documento CENPAS 3177 (Consejo Nacional de Política Económica y Social), estableciendo las “acciones prioritarias y Lineamientos para la formulación del Plan nacional de Manejo de Aguas Residuales”, el cual sustenta antecedentes y proyecciones a futuro en el territorio nacional de la siguiente manera: “La política de agua potable y saneamiento básico¹ establece la necesidad de formular un Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR) que sea viable y sostenible económica, social y ambientalmente”. Para ello se requiere la articulación de instrumentos económicos y financieros y de recursos para la inversión en tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las fuentes hídricas, así como la capacidad de pago de la población, la sostenibilidad financiera e institucional de las empresas para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado y las metas de aumento de coberturas de dichos servicios.

Dentro de las expectativas en la cobertura de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, en 1998 se definieron unos alcances para el 2002 dentro del marco de la “Política Pública para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Ministerio de Desarrollo Económico, octubre de 2000” como se muestra en la *Tabla 1. Metas de Cobertura Acueducto y Alcantarillado (2002)*

Tabla 1. Metas de Cobertura Acueducto y Alcantarillado (2002)

RANGO	COBERTURA ACUEDUCTO		COBERTURA ALCANTARILLADO	
	1999	2002	1999	2002
Grandes ciudades	97.2	97.9	92.2	94.6
Capitales, municipios mayores de 100.000 hab	95.2	96.5	81.9	86.0
30.000 hab < municipios < 100.000 hab	92.0	94.2	70.4	77.3
Municipios < 30.000 hab	89.6	92.5	65.9	73.2
Total Zona Urbana	94.6	96.0	81.8	86.0
Total Zona Rural	41.7	48.8	16.6	30.4

De la tabla se observa que para las zonas rurales apenas se alcanzaría un 50% en cobertura de acueducto y en alcantarillado un 30% dentro de lo proyectado, a 2009 la meta de tener con servicios de agua y aseo a la población colombiana no se ha cumplido.

1.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO POR LA FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA

Comúnmente, el tratamiento de aguas residuales domésticas en áreas rurales se realiza utilizando tanques sépticos, los cuales deben estar alejados de la vivienda y herméticamente cerrados para el tratamiento anaerobio de la materia orgánica y evitar la liberación de olores desagradables.

La Fundación Semilla Nueva ha venido trabajando en el desarrollo de tecnologías apropiadas para el tratamiento de las aguas residuales y considerando que la utilización de tanques sépticos aerobios es un tema poco desarrollado, desde el año 2004 ha evaluado un sistema piloto denominado *“Tanque de Tratamiento Biológico Mixto”* (Figura 4. *Tanque Mixto, Fundación Semilla Nueva*), de diseño y construcción propios, compuesto por un tanque séptico de tres compartimientos con aireación e inoculado con microorganismos nativos.

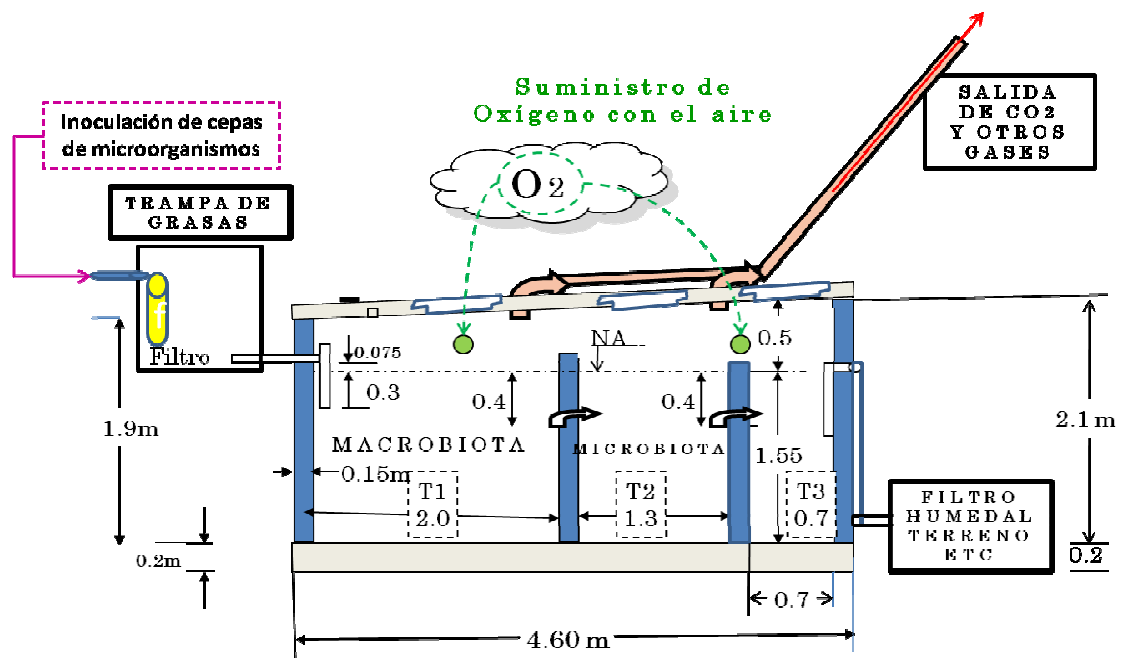


Figura 4. Tanque Mixto, Fundación Semilla Nueva

Este tanque aplica el concepto de transformación de la materia orgánica en presencia de oxígeno, produciendo gas carbónico y agua; considerando que la biomasa está compuesta aproximadamente en un 95 % por C, H y O, un 2 % de N y el otro 3% de elementos menores (S, P, Ca, Cl, Mg, Fe, Na, Mg, K, Mn CO, Cu, Zn); se puede resumir esta transformación como se muestra a continuación *Figura 5. Fórmula Empírica de la Biomasa*⁽⁹⁾:

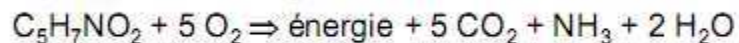
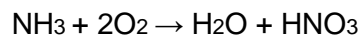
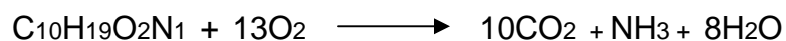


Figura 5. Fórmula Empírica de la Biomasa⁽⁹⁾

Una caracterización del agua residual tratada mediante este sistema muestra los resultados en la *Tabla 2. Resultados Tratamiento Tanque Mixto*; al compararlos con la composición promedio de un agua residual doméstica⁽⁴⁾ se pueden establecer los porcentajes de remoción.

Tabla 2. Resultados Tratamiento Tanque Mixto

PARAMETRO	AFLUENTE MEDIO*	EFLUENTE TANQUE MIXTO	UNID	REMOCION	Normatividad CDMB**
P H		7.1	Unid.		5 a 9
SOLIDOS SUSP.	220	44	mg/l	80 %	> 80 %
DQO	500	59	mg/l	93 %	> 80 %
DBO5	220	35	mg/l	84 %	> 80 %
GRASAS Y ACEITES	100	8.2	mg/l	92 %	> 80 %
<i>*Composición Típica del agua residual doméstica bruta</i>					

Las siguientes imágenes fueron tomadas del Tanque de Tratamiento Biológico Mixto donde se puede apreciar el primer compartimento del tanque *Figura 6. Tanque A - Macrobiota*, las fibras del tejido de una toalla higiénica *Figura 7. Vista Posterior del proceso de biodegradación de una toalla higiénica*, y vistas del filtro de arena, de los tubos de aireación y de salida de gases *Figura 8. Vista Posterior Tanque de Tratamiento Biológico Mixto* y *Figura 9. Vista Tanque de Tratamiento Biológico Mixto (Piloto)*



Figura 6. Tanque A - Macrobiota



Figura 7. Vista Posterior del proceso de biodegradación de una toalla higiénica



Figura 8. Vista Posterior Tanque de Tratamiento Biológico Mixto



Figura 9. Vista Tanque de Tratamiento Biológico Mixto (Piloto)

A raíz de los avances obtenidos con este tanque piloto, durante los meses de noviembre de 2008 a Febrero de 2009, en asocio con la Empresa Acuarela Ltda., la Fundación realizó la investigación denominada “Estudio de la aplicación de lodos activados con microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas”, la cuál evaluó comparativamente a escala laboratorio el tratamiento de una muestra de agua residual doméstica en condiciones anaerobias (tanque séptico tradicional) y en condiciones aerobias (tanque séptico aerobio inoculado) destacándose los siguientes resultados: Disminución significativa de DQO, DBO₅, sólidos suspendidos, nitrógeno amoniacal, fósforo y coliformes fecales y aumento de la remoción en carga, para el agua residual con tratamiento aerobio con inoculación respecto al tratamiento testigo (anaerobio sin inoculación). Esta investigación sirvió de base para la metodología de experimentación de la presente monografía. *(Anexo C. Resumen Investigación “Estudio de la aplicación de lodos activados con microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas”).*

2. METODOS EXPERIMENTALES

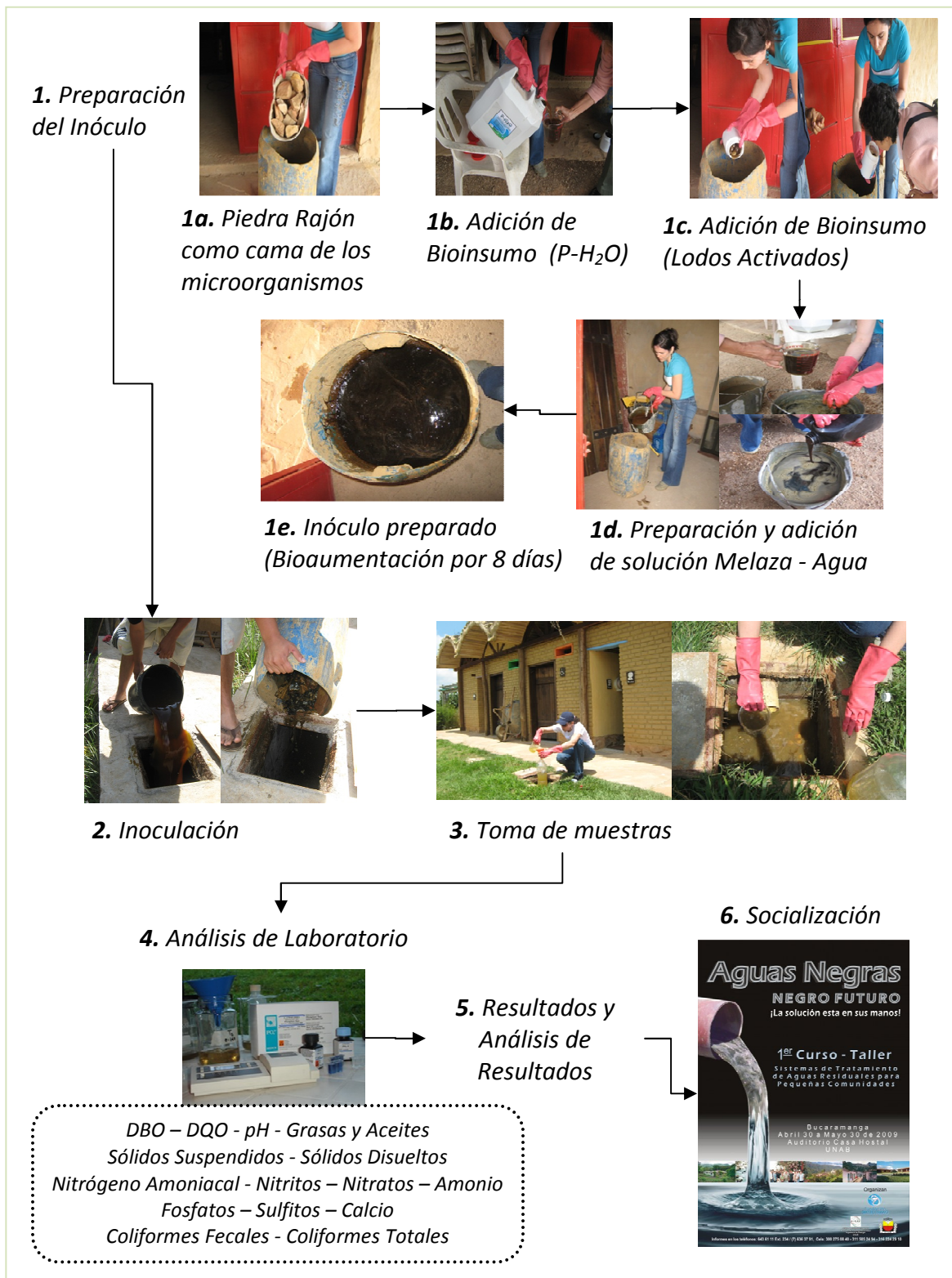


Figura 10. Procedimiento Experimental

2. METODOS EXPERIMENTALES

La experimentación se desarrolló mediante la aplicación en el tanque séptico aerobio del Mercado Campesino de la Mesa de los Santos de un insumo especializado en el tratamiento de aguas residuales domésticas, **P-H2O** producido por la *FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA*, el tanque fue construido por la empresa *ACUARELA LTDA*. (*Anexo A: Empresas vinculadas a la experimentación*). Se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las muestras de las aguas residuales a la entrada y a la salida del sistema para evaluar la efectividad del tratamiento mediante tanque séptico aerobio inoculado con microorganismos. (*Figura 10. Procedimiento Experimental*)

2.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA EXPERIMENTACIÓN

2.1.1 Mercado Campesino Mesa de Los Santos ⁽⁹⁾



Figura 11. Panorámica Mercado Campesino Mesa de Los Santos

El mercado campesino de la Mesa de Los Santos se encuentra aproximadamente a 1 hora de Bucaramanga. Posee una construcción realizada según criterios tradicionales y conceptos ecológicos modernos (ladrillos en tierra cruda, maderas y piedras locales). Todos los domingos, los campesinos de las veredas de la Mesa de los Santos acuden a vender sus productos, la gente se reúne en la misa y luego disfruta del almuerzo típico. (*Figura 11. Panorámica Mercado Campesino Mesa de Los Santos*)

Se ubica en uno de los extremos del Complejo Turístico Acuarela y desde él se aprecia el lago donde se practican deportes náuticos. Posee 160 locales – con áreas entre los 5 y los 90 metros cuadrados – hechos con muros de adobe crudo y columnas de madera sismo resistentes. Cada local tiene una figura cóncava, donde la tierra funciona como un aislante de la temperatura (si afuera hace calor adentro está frío y viceversa) y la cubierta es un cielorraso de madera rolliza, tablas o guaduas que se cubrieron con césped dando una sensación de 'techo vivo'. (Figura 12. Vista Locales)



Figura 12. Vista Locales

En el sitio, hay una iglesia para 300 personas con una cúpula construida con tierra, estiércol de vaca, melaza y 'caliche' (cal natural), también se encuentra “El Hormiguero”, un espacio para recreación de los niños, y una plaza que separa los locales de los campesinos y de los microempresarios. (Figura 13. Vista Capilla “San Isidro Labrador” y “El Hormiguero”)



Figura 13. Vista Capilla “San Isidro Labrador” y “El Hormiguero”

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

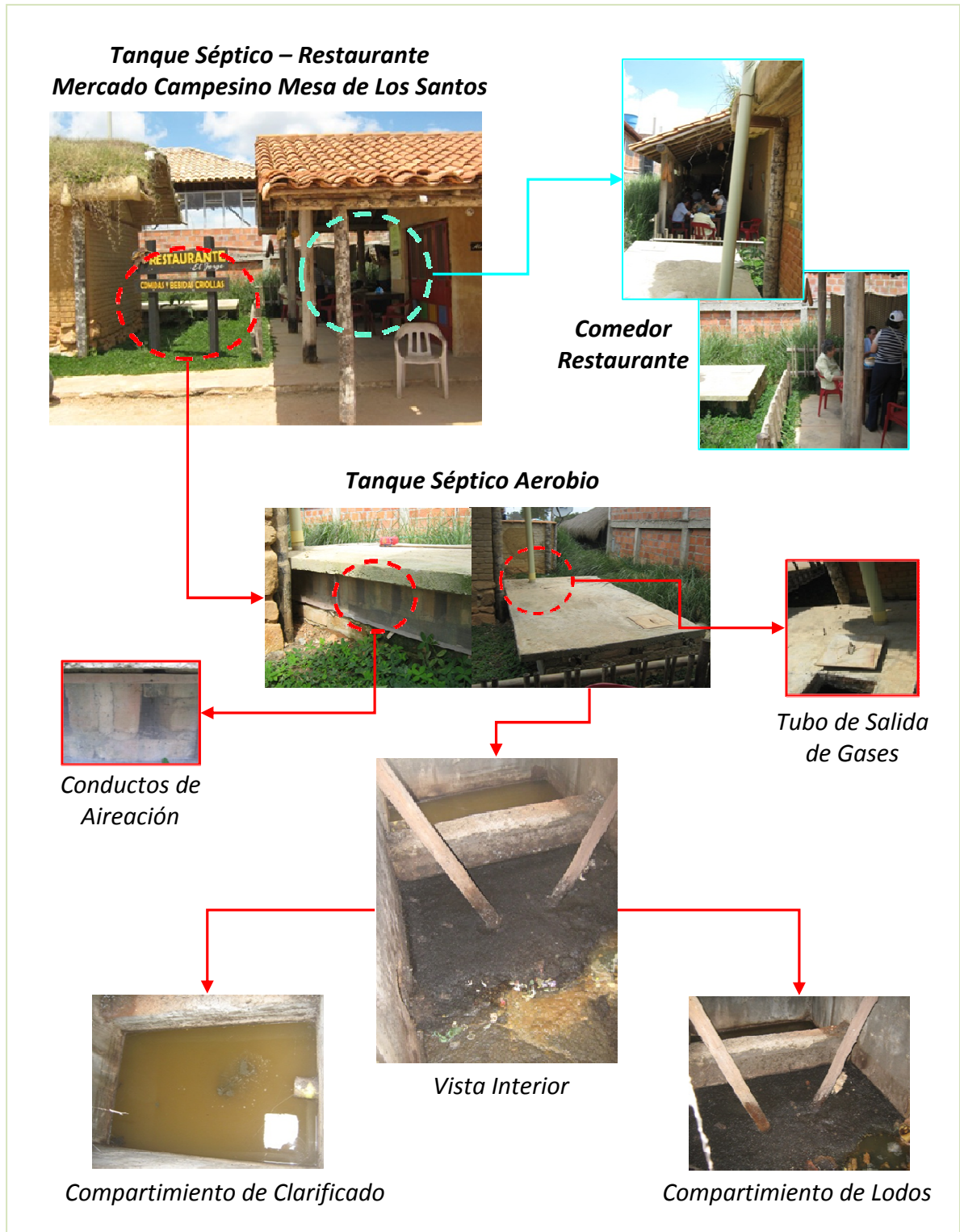


Figura 14. Vista del Lugar y Tanque Séptico de la experimentación

2.2.1 Tanque Séptico Mercado Campesino

El tanque séptico del mercado campesino fue construido siguiendo algunas de las recomendaciones dadas por la Fundación como el sistema de aireación (conductos de entrada de oxígeno) y el sistema de salida de gases (tubo inclinado); sin embargo su diseño no se ajusta al del Tanque de Tratamiento Biológico Mixto ya que posee solo dos compartimientos en lugar de tres. *Figura 14. Vista del Lugar y Tanque Séptico de la experimentación.*

2.2.2 Preparación del Inóculo

Debido al volumen de agua a tratar en el tanque séptico, se realizó una bioaumentación de los microorganismos a inocular. Teniendo en cuenta los materiales empleados en experimentaciones a escala laboratorio, realizadas por la *Fundación Semilla Nueva (Anexo C. Resumen Investigación "Evaluación de la aplicación de lodos activados con microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas")* para la bioaumentación del inóculo se utilizaron los siguientes materiales *Figura 15. Materiales para preparación del inóculo:*

- 5 Kg de lodos activados
- 5 Litros de Bioinsumo (**P-H₂O**)
- 14 Kg de Piedra Rajón de aproximadamente 10-15 cm de diámetro c/u
- 4.5 Kg de melaza
- 23 L de agua

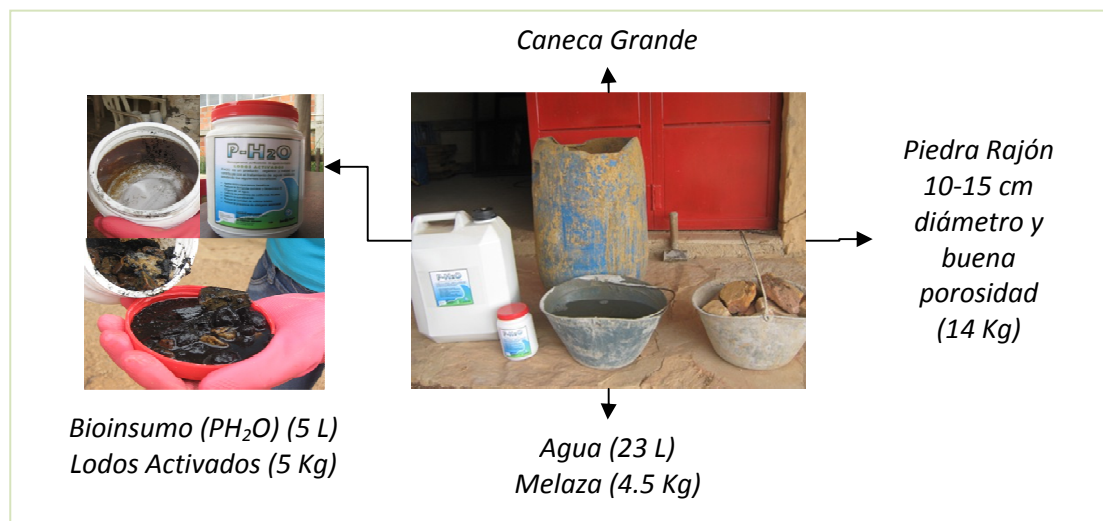


Figura 15. Materiales para preparación del inóculo

La preparación del inóculo se realizó mezclando los lodos activados, el bioinsumo, la piedra rajón y la melaza en un recipiente, se agregó el agua hasta cubrir completamente las piedras y se dejó en reposo durante 8 días para facilitar la adaptación y multiplicación de los microorganismos (bioaumentación). Al cabo de este tiempo se agregó la mezcla preparada en el primer compartimiento o tanque de lodos del tanque séptico.

2.2.3 Toma de Muestras

La experimentación se realizó durante seis semanas, siendo el inicio de la Semana 0 la fecha de aplicación de los *Lodos Activados* con *microorganismos* (inoculación).

Como puntos de muestreo se seleccionaron los siguientes lugares:

- P1: Caja de inspección de entrada del agua residual al tanque séptico. *Afluente*. (Ubicada frente al baño de niños, en este punto se mezcla el agua proveniente de los sanitarios y de los lavamanos)
- P2: Caja de inspección de salida del agua residual tratada del tanque. *Efluente*. (Ubicada a la salida del compartimiento de clarificado del tanque séptico)

El muestreo se realizó en la semana 0 (*Blanco*), semana 3 y semana 6; las muestras fueron tomadas el día domingo en el horario comprendido entre las 12:00 pm y la 2:00 pm, día y hora de mayor afluencia de visitantes y comerciantes al mercado. Cada 20 minutos se tomaron 500 ml de muestra que se mezclaron para obtener una muestra compuesta con un volumen final de 2,5 litros. Este muestreo permitió la caracterización del agua residual a su llegada al tanque séptico y luego del tratamiento con los lodos activados con microorganismos (salida del tanque).

2.3 ANÁLISIS REALIZADOS

Considerando los parámetros más relevantes para la caracterización de aguas residuales domésticas se realizaron los siguientes análisis:

- DBO₅* - DQO* - pH* - Grasas y aceites* - Sólidos Disueltos*
- Sólidos Suspendidos*- Nitrógeno Amoniacal* - Nitritos** - Nitratos** - Amonio**
- Fosfatos** - Calcio** - Sulfitos** - Coliformes Fecales* - Coliformes Totales*

**Análisis realizados por el laboratorio PSL PROANÁLISIS LTDA.*

***Análisis realizados en la Fundación Semilla Nueva utilizando el Laboratorio Portátil RQ-FLEX de Merck. (Anexo B. Equipos utilizados).*

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados de los análisis realizados se muestran a continuación en la *Tabla 3. Análisis de Laboratorio Muestras de Agua Residual Mercado Campesino. (Anexo D. Análisis de Laboratorio Realizados)*

Tabla 3. Análisis de Laboratorio Muestras de Agua Residual Mercado Campesino.

PARÁMETRO	UNID	SEMANA 0 (Blanco)		SEMANA 3		SEMANA 6	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2
Coliformes Fecales	UFC/100mL	23120	5620	28620	6240	32500	4152
Coliformes Totales	UFC/100mL	54130	9810	74120	11120	87120	8740
DBO	mg/L	895	285	1.020	216	1350	102
DQO	mg/L	1279	386	1385	274	1622	206
pH	-	7,2	6,8	7,4	7	7,3	7
Sólidos. Disueltos	mg/L	326	289	418	315	523	216
Sólidos Suspendidos	mg/L	990	234	1120	244	1510	189
Grasas y Aceites	mg/L	125	23	144	21	156	18
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	22	5,6	32	6,3	25,1	4,2
Amonio	mg/L	160	40,0	232,73	45,8	181,82	30,5
Nitritos	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nitratos	mg/L	4	1,5	3	1	4	1
Fosfatos	mg/L	79	112	82	92	81,2	83
Calcio	mg/L	24	36	27	31	23	29
Sulfitos	mg/L	21	10	23	17	21	16
Bioaumentación	Recuento de Mesófilas	Bioinsumo: 43.000 UFC/100mL					
		Inóculo: 52.000 UFC/100mL					
<i>P1: Entrada Tanque séptico - Tº Agua P1: 18ºC</i> <i>P2: Salida Tanque Séptico - Tº Agua P2: 20ºC</i>							

3.1 PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS

- **Bioaumentación**

Luego de 8 días, el recuento de microorganismos presentes en el inóculo es un 17.3% mayor, confirmando la adaptación de los microorganismos a las condiciones de la mesa de los santos

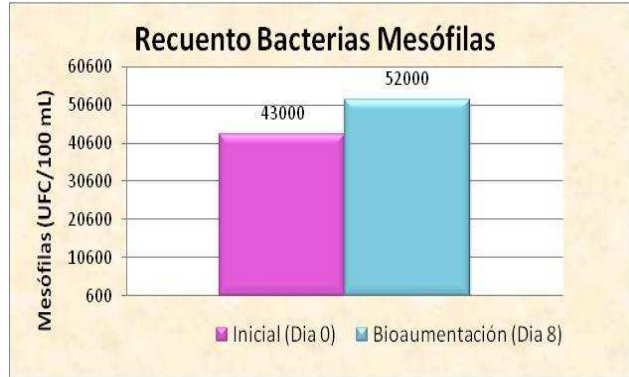


Figura 16. Recuento de Bacterias Mesófilas

- **Coliformes Fecales**

Indican la salubridad del agua. El contenido de Coliformes Fecales a la salida, luego de 6 semanas de la inoculación, fue un 26% menor que el contenido del blanco.



Figura 17. Contenido de Coliformes Fecales

- **Coliformes Totales**

Indican la cantidad de colonias de microorganismos tanto nocivos como inofensivos, presentes en las muestras. El contenido de Coliformes Totales a la salida, luego de 6 semanas de la inoculación, fue un 10.9% menor que el contenido del blanco.



Figura 18. Contenido de Coliformes Totales

3.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

- **DBO₅**

Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable. La demanda bioquímica de oxígeno indica la concentración de materia orgánica en el agua, establece la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos estabilicen la materia orgánica biodegradable, éstos utilizan el oxígeno que hay en el agua para oxidar mediante un proceso bioquímico la materia contaminante, que es su fuente de carbono.

Calculando el Porcentaje de Remoción en términos de DBO (%Remoción DBO₅); se observa que la inoculación de los microorganismos aumenta en un 13,5% la remoción a la tercera semana; luego de 6 semanas de la inoculación, el aumento en la remoción es del 26%. Una menor demanda

indica un mayor contenido de oxígeno disuelto; éste es un indicador muy importante porque la vida de todos los organismos presentes en el agua, en particular de aquéllos que preceden los procesos de depuración biológica, es condicionada por este parámetro.

- **DQO**

La demanda química de oxígeno es un parámetro de polución, que ayuda a conocer la cantidad de material orgánico presente en la muestra, por medio de la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia presente.



Figura 19. Demanda Biológica de Oxígeno



Figura 20. Porcentaje de Remoción DBO



Figura 21. Demanda Química de Oxígeno

Calculando el Porcentaje de Remoción en términos de DQO (%Remoción DQO) se observa que la inoculación de los microorganismos aumenta en un 13% la remoción a la tercera semana; luego de 6 semanas de la inoculación, el aumento en la remoción es del 20%. Una menor demanda de oxígeno indica un menor contenido de materia orgánica en el efluente del tanque.

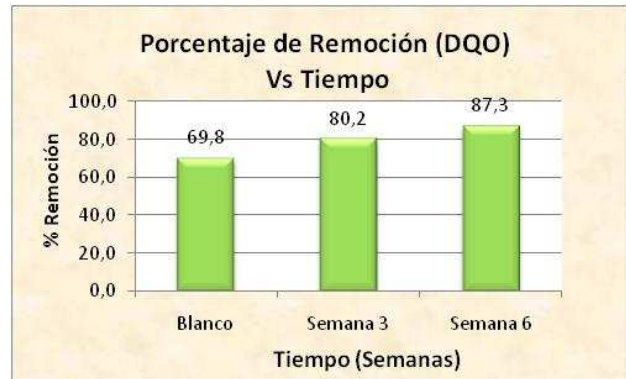


Figura 22. Porcentaje de Remoción DQO

- pH

Se refiere al grado de acidez o basicidad del agua. El pH menor a la salida del tanque es señal de la biodegradación de la materia orgánica contenida en el agua.

Para las muestras tomadas a la salida del tanque luego de la inoculación, el pH tiene valores neutros; el pH del afluente del tanque es superior.

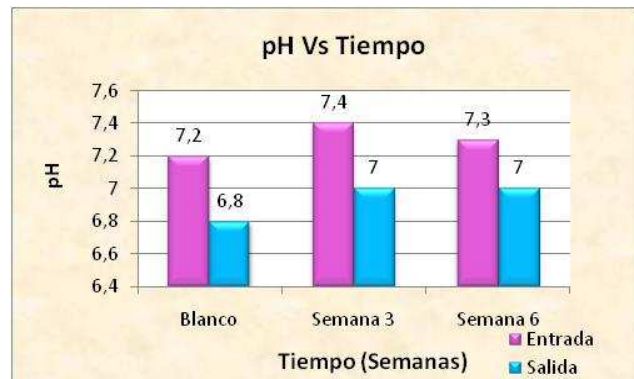


Figura 23. pH

- Sólidos Suspendedos

El análisis de sólidos suspendidos indica la porción de los sólidos filtrables en el agua, los cuales se definen como pequeñas partículas de sólidos dispersas en el agua; no disueltas. Altas concentraciones impiden la penetración de la luz, disminuyen el oxígeno disuelto y limitan el desarrollo de la vida acuática.



Figura 24. Contenido de Sólidos Suspendidos

A la sexta semana de la inoculación, el contenido de sólidos suspendidos a la salida del tanque fue un 19% menor que en la salida del blanco. Se calcula una remoción promedio del 85% de SS. Un menor contenido de sólidos significa un agua más clara, lo cual implica una buena sedimentación.

- **Sólidos Disueltos**

El análisis de sólidos disueltos indica la porción de los sólidos diluidos en el agua.

A la sexta semana de la inoculación, el contenido de sólidos disueltos a la salida del tanque fue un 25% menor que en la salida del blanco. Se calcula una remoción promedio del 49% de SD. Estos también son responsables de la turbidez del agua.



Figura 25. Contenido de Sólidos Disueltos

- **Grasas Y Aceites**

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

del tratamiento de un agua residual.



Figura 26. Contenido de Grasas y Aceites

A la sexta semana de la inoculación, el contenido de grasas y aceites a la salida del tanque fue un 21.7% menor que a la salida en el blanco. Se calcula una remoción promedio del 87% de G&A, considerando que los lípidos son sustancias muy estables y por lo tanto difíciles de degradar. Un menor contenido de grasas y aceites reduce la posibilidad de formación de una capa superficial sobre el cuerpo de agua receptor del vertimiento,

reduciendo la posibilidad de disminución de la vida acuática por falta de oxigenación del agua y por el impedimento del paso de luz.

- **Compuestos Nitrogenados**

Nitrógeno Amoniacal

Es una medida de la cantidad de nutrientes que posee el agua, si su contenido es elevado puede ocasionar problemas de eutrofización. A la sexta semana de la inoculación, el contenido de nitrógeno amoniacal a la salida del tanque fue un 25% menor que en la salida del blanco.

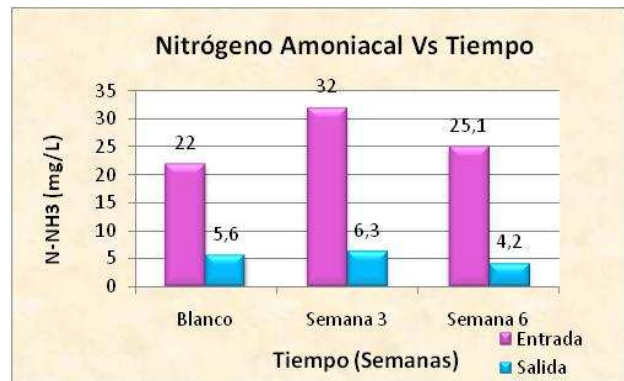


Figura 27. Contenido de Nitrógeno Amoniacal

Amonio

La presencia de amoníaco libre o ión amonio (NH_4^+) se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. A la sexta semana de la inoculación, el contenido de amonio a la salida del tanque fue un 23.7% menor que en la salida del blanco.



Figura 28. Contenido de Amonio

Nitritos

El nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y el nitrato. Su presencia indica polución, con la consecuente aparición de microorganismos patógenos. Éste parámetro fue menor al rango de medida del equipo RQ-flex (< 0.5 mg/L).



Figura 29. Contenido de Nitritos

Nitratos

Cuando aparecen en concentraciones elevadas pueden provocar un crecimiento anormal de algas, plantas acuáticas y microorganismos de diferentes clases (eutrofización). Esto ejerce una fuerte demanda de oxígeno, la cual afecta negativamente la vida de los organismos acuáticos. A la sexta semana de la inoculación, el contenido de nitratos a la salida del tanque se estabiliza siendo un 33% menor que en la salida del blanco.



Figura 30. Contenido de Nitratos

Un menor contenido de compuestos nitrogenados en el efluente del tanque reduce la proliferación de algas en el cuerpo de agua receptor, disminuyendo la posibilidad de pérdida de la vida acuática por la eutrofización. Se destaca que por tratamientos físicos y/o biológicos el nitrógeno es un elemento difícil de eliminar.

- **Fosfatos**

Los fosfatos favorecen la eutrofización, lo cual trae como consecuencia el aumento en el medio de materias orgánicas y bacterias heterótrofas que modifican el carácter fisicoquímico del agua y hacen que disminuya el oxígeno disuelto.

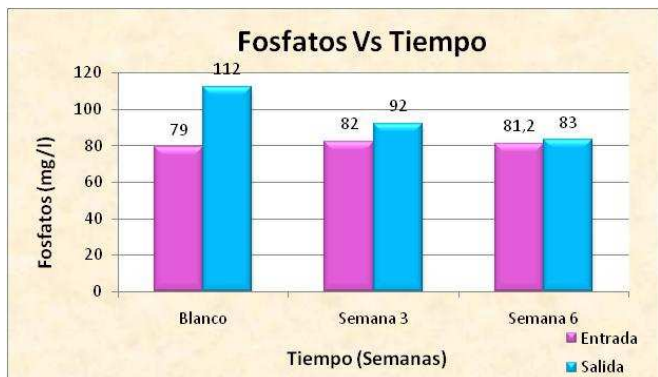


Figura 31. Contenido de Fosfatos

A la sexta semana de la inoculación, el contenido de Fosfatos a la salida del tanque es un 25.9% menor que en la salida del blanco; cabe anotar que por las características del mercado, los baños son aseados constantemente, aportado este elemento ya que el fósforo es uno de los componentes de los detergentes. Este indicador es de gran importancia porque remover el fósforo de las aguas residuales es un procedimiento costoso que generalmente demanda el uso de químicos; remover este parámetro es de

gran interés para la comunidad científica la cuál ha generado al respecto diversas investigaciones a nivel mundial.

- **Calcio**

El contenido de calcio es un indicativo de la dureza del agua residual, factor a considerar si ésta va a ser conducida por tuberías, ya que a mayor dureza es más probable la formación de incrustaciones.

A la sexta semana de la inoculación, el contenido de calcio a la salida del tanque es un 19% menor que en la salida del blanco.

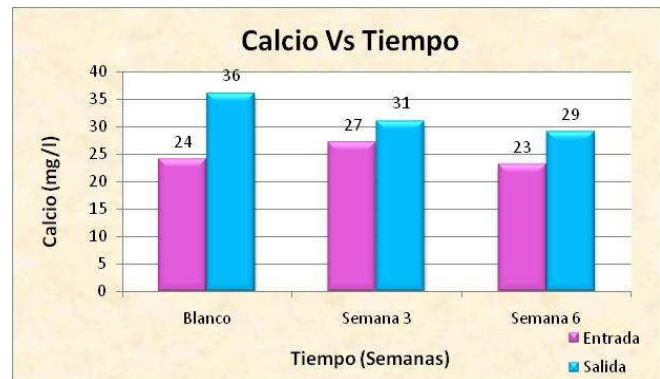


Figura 32. Contenido de Calcio

- **Sulfitos**

El contenido de sulfitos es un indicativo del contenido de oxígeno disuelto en el agua y de su olor, el cuál se debe a los gases producidos por la descomposición anaerobia de la materia orgánica. El olor más característico del agua residual séptica es el del *Sulfuro de Hidrógeno* (H_2S) producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos.



Figura 33. Contenido de Sulfitos

En el tratamiento aerobio, a la sexta semana de la inoculación, el contenido de sulfitos a la salida del tanque es un 37% mayor que en la salida del blanco, indica que la materia orgánica se está degradando pero por ser un tratamiento aerobio, la generación del gas (H_2S) se reduce.

4. SOCIALIZACIÓN

La Fundación Semilla Nueva en asocio con la Unab a través del Grupo de Investigación GIRES (Grupo de Investigación en Recursos – Energía – Sostenibilidad, Escuela de Ingeniería en Energía, Unab) organizó el curso titulado “1^{ER} CURSO TALLER SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES”. *Figura 34. Afiche Curso Taller*



Figura 34. Afiche Curso Taller

Dentro de este curso la Fundación participó con las sesiones “Microorganismos especializados en el tratamiento de aguas residuales” y “Nuevos sistemas de Tanques Sépticos”, en las cuales se socializaron los resultados obtenidos en las experimentaciones a escala laboratorio (*Anexo C. Resumen Investigación “Estudio de la aplicación de lodos activados con microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas”*) y a escala tanque séptico aerobio (monografía).

Se destaca el interés y la expectativa generada entre los participantes del curso gracias a la practicidad y eficiencia de la alternativa de tratamiento de aguas residuales mediante tanque séptico inoculado con microorganismos.

5. CONCLUSIONES

Con la ejecución de esta monografía se comprobó que el tratamiento de aguas negras mediante tanque séptico aerobio inoculado con lodos activados con microorganismos benéficos nativos (*P-H2O*), es una alternativa eficiente.

De la aplicación de esta alternativa se concluye que se logró:

- Un menor contenido de nitrógeno y sus derivados en el agua, así como de fosfatos, disminuyendo los problemas de eutrofización asociados. Estas reducciones son muy importantes considerando que la mayor parte de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el área rural son de tipo anaerobio, los cuales eliminan patógenos y reducen la carga orgánica en los efluentes pero no reducen los nutrientes (N y P) que promueven la eutrofización de los cuerpos de agua receptores, reducción que si se presenta con el tratamiento evaluado.
- Una mayor remoción de la carga orgánica, en términos de DBO y DQO, presente en el agua residual aumentando la eficiencia del tratamiento.
- Una mayor remoción de los sólidos y de grasas y aceites presentes en el agua del efluente del tanque séptico luego de la inoculación de los microorganismos.
- Una disminución del contenido de coliformes fecales del agua de salida con su consecuente disminución de coliformes totales.
- Un mayor contenido de azufre (como sulfitos) y por lo tanto una menor liberación de H_2S al ambiente y menos olores desagradables.
- Un pH estable (neutro) del agua de salida del tanque aerobio con inoculación.

Gracias a estos beneficios se puede observar este letrero en las puertas de los sanitarios:

"Inodoros Ecológicos: éstos inodoros descargan a un filtro donde microorganismos eficientes y matas transforman el excremento, la orina y el jabón en abono impidiendo la contaminación y malos olores"



Figura 35. "Inodoros Ecológicos"

REFERENCIAS

1. 1er Curso Taller Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Para Pequeñas Comunidades. Memorias. Fundación Semilla Nueva, Unab. Abril – Mayo de 2009.
2. “Evaluación de la aplicación de lodos activados con microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas”. Investigación Fundación Semilla Nueva. Febrero 2009. *Anexo C. Resumen Investigación*
3. Guía para el diseño de Tanques Sépticos - Tanques Imhoff y lagunas de estabilización. Organización Panamericana de la Salud. Lima. Perú. 2005
4. INGENIERÍA DE AGUAS RESIDUALES. Tratamiento, vertido y reutilización. Metcalf & Eddy. Ed. Mc.Graw-Hill (1998).
5. MADIGAN, M.; MARTINKO, J. y PARKER, J. “Biología de los Microorganismos” 10ª Edición Pearson Prentice Hall, 2004.
6. Política Pública para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Ministerio de Desarrollo Económico, octubre de 2000.
7. Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Nelson Leonard Nemerow, Avijit Dasgupta. Ediciones Díaz de Santos, 1998. ISBN 8479783370, 9788479783372. Pág. 32.
8. <http://www.arqhys.com/articulos/tanquessepticos-construccion.html>
9. <http://www.rgs.gov.co/noticias.shtml?x=22849>
10. <http://www.semillanueva.com/>
11. <http://www.clubacuarela.com/>

ANEXOS

ANEXO A. EMPRESAS VINCULADAS A LA EXPERIMENTACIÓN

A1. FUNDACIÓN SEMILLA NUEVA ⁽¹⁰⁾



Es una entidad sin ánimo de lucro, fundada en el año 2000, dedicada a la investigación en la biodegradación de residuos orgánicos y la obtención de insumos de alta calidad, para ser usados en labores agropecuarias. Nació con el propósito de buscar soluciones a la contaminación ambiental y contribuir con la producción de alimentos limpios. Ofrece soluciones a las necesidades de manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos urbanos y de los residuos orgánicos en el área rural; capacita y transfiere tecnología.

El equipo técnico de la Fundación Semilla Nueva viene trabajando desde 1996; la experiencia adquirida durante este tiempo le permite ofrecer alternativas exitosas de manejo de los residuos, que logran impactos ambientales benéficos y propician un mejoramiento económico y la dignificación del trabajo en segmentos poblacionales vulnerables como son los grupos de recuperadores y las comunidades rurales.

MISION

La Fundación Semilla Nueva investiga y desarrolla insumos orgánicos de alta calidad y adapta tecnologías limpias que contribuyan con las sostenibilidad ecológica y el cuidado de la biodiversidad.

PRODUCTOS

Previo a su fundación inició con la producción de un biodegradador de materia orgánica “**SAVIA**”; en el 2003 desarrolló un producto especializado y eficiente de microorganismos benéficos para la agricultura “**GEM +**”. El soporte técnico de este desarrollo científico consiste en un agregado de técnicas y procedimientos que involucran cepas nativas (micro biota) que rescatan el uso de nuestra biodiversidad y la utilización de principios físicos, químicos y microbiológicos que permiten optimizar el proceso de fermentación

En el año 2008, viendo la necesidad de alternativas sencillas y eficientes para el tratamiento de aguas residuales, la Fundación inició investigaciones para el desarrollo y prueba del bioinsumo “**PH₂O**”, el cual fue utilizado en esta experimentación.

- **FICHA TECNICA PURIFICADOR DE AGUAS RESIDUALES “P-H₂O”**



Es un grupo especializado y eficiente de microorganismos benéficos y enzimas que actúan sobre aguas residuales aumentando significativamente el porcentaje de remoción de carga.

Composición

Esta compuesto por microorganismos como:

- Bacterias *Nitrificantes*.
- Microorganismos *Fosforeductores*.
- Bacterias *Celulolíticas*.
- Otros microorganismos no especificados

Además de enzimas que inducen a la fermentación del sustrato.

Funciones Y Usos

Al adicionar **P-H₂O** en aguas residuales, se logra:

- Disminución de la demanda bioquímica de oxígeno DBO₅.
- Disminución de la demanda química de oxígeno DQO.
- Disminución en el contenido de sólidos totales.
- Disminución en el contenido de sólidos suspendidos.
- Disminución en el contenido de nitrógeno amoniacal.
- Disminución en el contenido de nitritos.
- Disminución en el contenido de nitratos.
- Disminución en la presencia de coliformes fecales.
- Disminución en el contenido de calcio.
- Disminución en el contenido de fosfatos.
- Optimización del ciclo del nitrógeno.

A2. ACUARELA LTDA ⁽¹¹⁾



El Club Náutico Acuarela es una sociedad anónima constituida el 11 de Diciembre de 1990 de naturaleza civil sin ánimo de lucro.

MISIÓN

Proporcionar a la población santandereana un espacio de acceso controlado cuyos servicios y programación se orientan hacia el descanso, el deporte, la recreación, la vida social y la integración familiar en un ambiente seguro, alegre y en completa armonía con la naturaleza.

OBJETIVO

Ofrecer a todas las familias vinculadas, espacios, servicios y actividades de descanso, recreación, deporte y vida social dentro del más elevado nivel cultural y con énfasis en la unidad familiar.



Figura 36. Panorámica Club Náutico Acuarela

La operación del Hotel y del Club en terrenos de Acuarela Ltda., configuran lo que comercialmente y socialmente se denomina el COMPLEJO TURÍSTICO ACUARELA. La operación de tres empresas diferentes con actividades paralelas y conjuntas trae grandes beneficios a todos pero exige el ejercicio permanente de saber convivir bajo las más estrictas normas del respeto al derecho ajeno.

ANEXO B. EQUIPOS UTILIZADOS

B1. REFLECTÓMETRO RQ-flex



El sistema Reflectoquant® es un desarrollo innovador de las bien conocidas tiras de prueba (Merckoquant®). Usando las tiras de prueba Reflectoquant®, el Reflectómetro RQ-flex hace posible la determinación cuantitativa de sustancias completamente diferentes de una manera muy fácil.

Si la determinación requiere una sensibilidad de medición muy alta, Se pueden emplear los kits de prueba Reflectoquant® plus. Este laboratorio de bolsillo proporciona almacenamiento de datos en el lugar de las pruebas.



ANEXO C. RESUMEN INVESTIGACIÓN

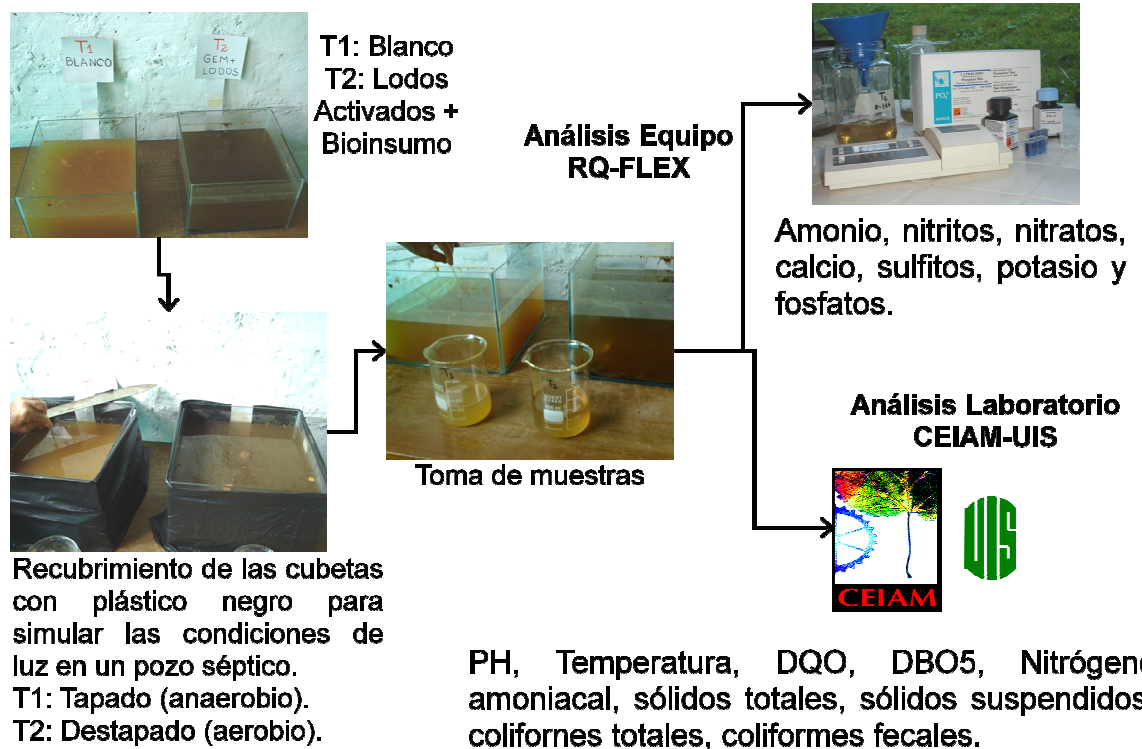
ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE LODOS ACTIVADOS CON MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

OBJETIVO GENERAL

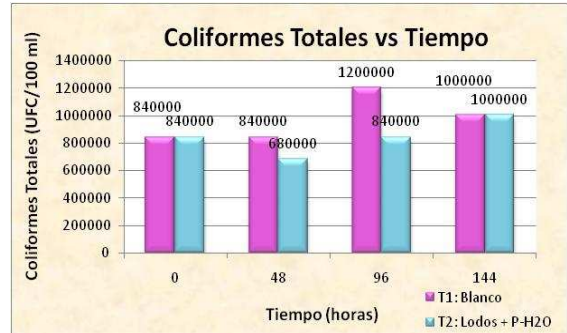
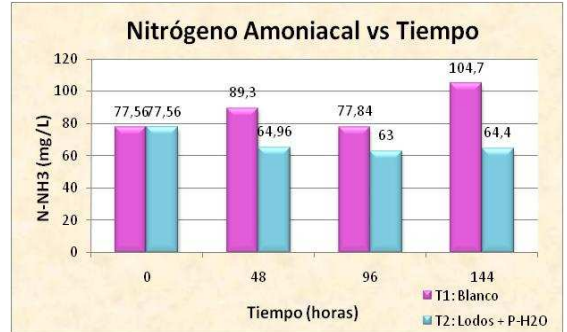
Evaluar el efecto de la utilización de lodos activados con microorganismos en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

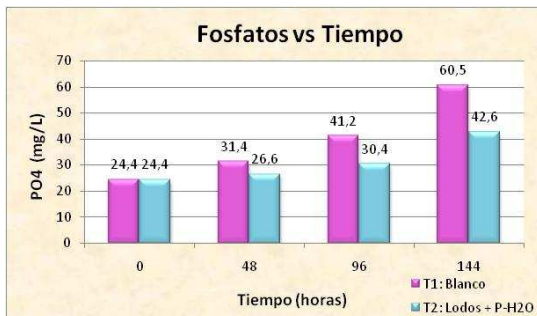
MÉTODOS EXPERIMENTALES

- ✓ Se tomaron 2 cubetas para el experimento, una de ellas el blanco (T1) y la otra Lodos Activados con microorganismos (T2).
- ✓ Para el T1 se tomaron 16 litros de agua residual doméstica.
- ✓ Para el T2 se adecuó la cubeta con 500 g de lodos y 200 ml de Bioinsumo. Luego se adicionó agua residual hasta completar un volumen de 16 litros.
- ✓ Las cubetas fueron forradas para simular las condiciones de luz en un pozo séptico. La cubeta T1 fue cubierta con una lámina para simular condiciones anaerobias dentro del recipiente, la cubeta T2 se dejó en condiciones aerobias.
- ✓ Se realizó la experimentación durante 6 días, realizando mediciones el día inicial y luego cada 48, 96 y 144 horas.
- ✓ En las muestras tomadas se analizaron los siguientes parámetros, entre otros:
 - pH
 - DBO₅
 - Nitrógeno Amoniacal
 - Coliformes Totales
 - Sólidos Totales
 - Temperatura
 - DQO
 - Coliformes Fecales
 - Sólidos Suspendidos Totales



RESULTADOS





CONCLUSIONES

- ✓ El tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la utilización de Lodos activados con microorganismo en pozos sépticos, es un tratamiento sencillo, de fácil implementación y mínima operación.
- ✓ En cuanto a parámetros fisicoquímicos, en el agua tratada se destaca el menor contenido de nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos, responsables de la eutrofización en cuerpos de agua. Además del menor contenido de sólidos en suspensión considerando que en el tratamiento se adicionaron lodos. Respecto a los parámetros microbiológicos evaluados se destaca que la presencia de coliformes fecales es menor en el agua tratada con lodos activados con microorganismos y que el mayor contenido de coliformes totales es debido a la presencia de microorganismos benéficos en el agua residual.
- ✓ El tratamiento con Lodos activados con microorganismos presenta altas eficiencias de remoción de materia orgánica, representados por una mayor disminución de DBO y DQO en las aguas residuales tratadas.

ANEXO D. ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS



**PSL
PROANÁLISIS
LTDA**

NIT. 800.193.010-3

*Proyectos, Asesorías, Servicios, Diseños e
Ingeniería de la Industria Petrolera y Ambiental
Análisis Físico-Químico, Microbiológico y
Biológico de Aguas, Suelos y Aire
Análisis de Alimentos, Foliates, Abonos,
Fertilizantes y Afines*

INFORME DE LABORATORIO

Informe No.: 102-09

Fecha de emisión: Marzo 2 de 2009

Solicitante: FUNDACION SEMILLA NUEVA

Dirección:

Protocolo de muestreo: PGL-015

Muestras tomadas por: FUNDACION SEMILLA NUEVA

Lugar de muestreo: TANQUE SEPTICO ACUARELA

Fecha de muestreo: Febrero 16 de 2009

Tipo de muestras: Muestra Acuosa, compuesta.

Fecha / Hora de recepción: Febrero 16 de 2009/ 10 am

Fecha de análisis: Febrero 16 – 28 de 2009

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

ANÁLISIS	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		UNIDADES	METODOS
	ENTRADA TANQUE SEPTICO ACUARELA	SALIDA TANQUE SEPTICO ACUARELA		
PH	7.2	6.8	Unidades	S.M. 4500-H
SOLIDOS DISUELTOS	376	289	mg/L	S.M.2540.C
SOLIDOS SUSPENDIDOS	990	234	mg/L	S.M.2540.D
DQO	1279	386	mg O ₂ /L	S.M. 5220 B
DBO ₅	895	285	mg O ₂ /L	S.M. 5210 B
GRASAS Y ACEITES	125	23	mg G&A /L	S.M. 5520 - G&A
NITROGENO AMONICAL	22.0	5.6	mg NH ₃ /L	S.M. 4500-NH3

FOR-040 Rev. 0 19-08-2003 Pag. 1 de 2
 BUCARAMANGA, CARRERA 14 No. 55-18 - TELEFAX: (097) 6444625 - 6415176 - CEL. 300 2006350 - 316 4642846
 E:MAIL: pslproanalisis@yahoo.com



**PSL
PROANALISIS
LTDA**

NIT. 800.193.010-3

Proyectos, Asesorías, Servicios, Diseños e
Ingeniería de la Industria Petrolera y Ambiental
Análisis Físico-Químico, Microbiológico y
Biológico de Aguas, Suelos y Aire
Análisis de Alimentos, Foliaves, Abonos,
Fertilizantes y Afines

COLIFORMES FECALES	23120	5620	UFC/100mL	S.M. 9222 D
COLIFORMES TOTALES	54130	9810	UFC/100mL	S.M. 9230 B

- Laboratorio acreditado por el IDEAM mediante resolución N° 044 de Marzo 14 de 2007 bajo la norma ISO 17025. Ver Alcance de la acreditación. Recurso Agua
- Laboratorio Aceptado por el IDEAM mediante resolución N° 0103 de Febrero 4 de 2009 bajo la norma ISO 17025. Ver Alcance de la acreditación. Recurso Aire
- Laboratorio autorizado por el Instituto Nacional de Salud del Ministerio de la Protección Social para realizar análisis organolépticos físicoquímico y microbiológicos al agua potable, según resolución N° 01426 de 2006
- Laboratorio autorizado por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA para análisis físicoquímico de alimentos, según Resolución 00921 de mayo 16 de 2001 y autorizado por la Secretaría de Salud Departamental de Santander para análisis de alimentos y aguas para consumo humano cod 6803109109 de mayo 8 de 2002
- Laboratorio inscrito en el Sistema Nacional Ambiental (SINA) del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Participante en el programa de pruebas interlaboratorios del IDEAM y en el programa interlaboratorios de control de calidad para agua potable PICCAP coordinado por el Instituto Nacional de Salud
- A nivel internacional participante en el programa Andino de ensayos, ejercicios intercomparación. Programa de cooperación y asistencia técnica Unión Europea y Comunidad Andina en materia de calidad de aguas.

*"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él.
Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de PSL PROANALISIS LTDA"*

Revisado y Aprobado por:


Director del Laboratorio
PSL PROANALISIS LTDA
AMLETO LEON TELLEZ
QUÍMICO - MSc. M.P. 0953
Director del Laboratorio



**PSL
PROANÁLISIS
LTDA**

NIT. 800.193.010-3

Proyectos, Asesorías, Servicios, Diseños e
Ingeniería de la Industria Petrolera y Ambiental
Análisis Físico-Químico, Microbiológico y
Biológico de Aguas, Suelos y Aire
Análisis de Alimentos, Foliare, Abonos,
Fertilizantes y Afines

INFORME DE LABORATORIO

Informe No.: 113-09

Fecha de emisión: Marzo 30 de 2009

Solicitante: FUNDACION SEMILLA NUEVA

Dirección:

Protocolo de muestreo: PGL-015

Muestras tomadas por: FUNDACION SEMILLA NUEVA

Lugar de muestreo: TANQUE SEPTICO ACUARELA

Fecha de muestreo: Marzo 9 de 2009

Tipo de muestras: Muestra Acuosa, compuesta.

Fecha / Hora de recepción: Marzo 9 de 2009/ 10 am

Fecha de análisis: Marzo 9-22 de 2009

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

ANÁLISIS	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		UNIDADES	METODOS
	ENTRADA TANQUE SEPTICO ACUARELA	SALIDA TANQUE SEPTICO ACUARELA		
PH	7.4	7.0	Unidades	S.M. 4500-H
SOLIDOS DISUELTOS	418	315	mg/L	S.M.2540.C
SOLIDOS SUSPENDIDOS	1120	244	mg/L	S.M.2540.D
DQO	1385	274	mg O ₂ /L	S.M. 5220 B
DBO ₅	1020	216	mg O ₂ /L	S.M. 5210 B
GRASAS Y ACEITES	144	21	mg G&A /L	S.M. 5520 - G&A
NITROGENO AMONICAL	32.0	6.3	mg NH ₃ /L	S.M. 4500-NH3
COLIFORMES FECALES	28620	6240	UFC/100mL	S.M. 9222 D



**PSL
PROANALISIS
LTDA**

NIT. 800.193.010-3

Proyectos, Asesorías, Servicios, Diseños e
Ingeniería de la Industria Petrolera y Ambiental

Análisis Físico-Químico, Microbiológico y
Biológico de Aguas, Suelos y Aire

Análisis de Alimentos, Foliares, Abonos,
Fertilizantes y Afines

COLIFORMES TOTALES	74120	11120	UFC/100mL	S.M. 9230 B
--------------------	-------	-------	-----------	-------------

- Laboratorio acreditado por el IDEAM mediante resolución N° 044 de Marzo 14 de 2007 bajo la norma ISO 17025. Ver Alcance de la acreditación. Recurso Agua.
- Laboratorio Aceptado por el IDEAM mediante resolución N° 0103 de Febrero 4 de 2009 bajo la norma ISO 17025. Ver Alcance de la acreditación. Recurso Aire.
- Laboratorio autorizado por el Instituto Nacional de Salud del Ministerio de la Protección Social para realizar análisis organolépticos, fisicoquímico y microbiológicos al agua potable, según resolución N° 01426 de 2008
- Laboratorio autorizado por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA para análisis fisicoquímico de alimentos, según Resolución 00921 de mayo 16 de 2001 y autorizado por la Secretaría de Salud Departamental de Santander para análisis de alimentos y aguas para consumo humano cod 6800109109 de mayo 8 de 2002
- Laboratorio inscrito en el Sistema Nacional Ambiental (SINA) del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Participante en el programa de pruebas interlaboratorios del IDEAM y en el programa interlaboratorios de control de calidad para agua potable PICCAP coordinado por el Instituto Nacional de Salud.
- A nivel internacional participante en el programa Andino de ensayos, ejercicios intercomparación. Programa de cooperación y asistencia técnica Unión Europea y Comunidad Andina en materia de calidad de aguas.

*"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él.
Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de PSL PROANALISIS LTDA"*

Revisado y Aprobado por:


Director del Laboratorio
PSL PROANALISIS LTDA
AMLETO LEON TELLEZ
QUÍMICO - MSc M.P 0953
Director del Laboratorio



**PSL
PROANÁLISIS
LTDA**

NIT. 800.193.010-3

*Proyectos, Asesorías, Servicios, Diseños e
Ingeniería de la Industria Petrolera y Ambiental
Análisis Físico-Químico, Microbiológico y
Biológico de Aguas, Suelos y Aire
Análisis de Alimentos, Follares, Abonos,
Fertilizantes y Afines*

INFORME DE LABORATORIO

Informe No.: 153-09

Fecha de emisión: Abril 12 de 2009

Solicitante: FUNDACION SEMILLA NUEVA

Dirección:

Protocolo de muestreo: PGL-015

Muestras tomadas por: FUNDACION SEMILLA NUEVA

Lugar de muestreo: TANQUE SEPTICO ACUARELA

Fecha de muestreo: Marzo 30 de 2009

Tipo de muestras: Muestra Acuosa, compuesta.

Fecha / Hora de recepción: Marzo 31 de 2009/ 10 am

Fecha de análisis: Abril 2 - 15 de 2009

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

ANÁLISIS	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA		UNIDADES	METODOS
	ENTRADA TANQUE SEPTICO ACUARELA	SALIDA TANQUE SEPTICO ACUARELA		
PH	7.3	7.0	Unidades	S.M. 4500-H
SOLIDOS DISUELTOS	523	216	mg/L	S.M.2540.C
SOLIDOS SUSPENDIDOS	1510	189	mg/L	S.M.2540.D
DQO	1622	206	mg O ₂ /L	S.M. 5220 B
DBO ₅	1350	102	mg O ₂ /L	S.M. 5210 B
GRASAS Y ACEITES	156	18	mg G&A /L	S.M. 5520 - G&A
NITROGENO AMONICAL	25.1	4.2	mg NH ₃ /L	S.M. 4500-NH3
COLIFORMES FECALES	32500	4152	UFC/100mL	S.M. 9222 D



PSL PROANALISIS LTDA

NIT. 800.193.010-3

Proyectos, Asesorías, Servicios, Diseños e
Ingeniería de la Industria Petrolera y Ambiental
Análisis Físico-Químico, Microbiológico y
Biológico de Aguas, Suelos y Aire
Análisis de Alimentos, Foliares, Abonos,
Fertilizantes y Afines

COLIFORMES TOTALES	87120	8740	UFC/100mL	S.M. 9230 B
--------------------	-------	------	-----------	-------------

- Laboratorio acreditado por el IDEAM mediante resolución N° 044 de Marzo 14 de 2007 bajo la norma ISO 17025. Ver Alcance de la acreditación. Recurso Agua.
- Laboratorio Aceptado por el IDEAM mediante resolución N° 0103 de Febrero 4 de 2009 bajo la norma ISO 17025. Ver Alcance de la acreditación. Recurso Aire.
- Laboratorio autorizado por el Instituto Nacional de Salud del Ministerio de la Protección Social para realizar análisis organolépticos, fisicoquímico y microbiológicos al agua potable, según resolución N° 01426 de 2008
- Laboratorio autorizado por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA para análisis fisicoquímico de alimentos, según Resolución 00921 de mayo 16 de 2001 y autorizado por la Secretaría de Salud Departamental de Santander para análisis de alimentos y aguas para consumo humano cod 6800109109 de mayo 8 de 2002
- Laboratorio inscrito en el Sistema Nacional Ambiental (SINA) del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Participante en el programa de pruebas interlaboratorios del IDEAM y en el programa interlaboratorios de control de calidad para agua potable PICCAP coordinado por el Instituto Nacional de Salud.
- A nivel internacional participante en el programa Andino de ensayos, ejercicios intercomparación. Programa de cooperación y asistencia técnica Unión Europea y Comunidad Andina en materia de calidad de aguas.

*"Este informe de resultados es válido únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en él.
Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de PSL PROANALISIS LTDA"*

Revisado y Aprobado por:



Director del Laboratorio
PSL PROANALISIS LTDA

AMLETO LEON TELLEZ
QUÍMICO - MSc M.P 0953
Director del Laboratorio