

**“ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO DE LOS POZOS SÉPTICOS ARTESANALES,
INSTALADOS EN EL CONDOMINIO COLINAS DEL RÍO VEREDA SAN JUAN DE
CAROLINA, MUNICIPIO DE SALENTO, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO”**

CAMILA LUGO ROBLEDO

JUAN PABLO RAMÍREZ RODRÍGUEZ



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL MANIZALES, CALDAS**

2016

“ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO DE LOS POZOS SÉPTICOS ARTESANALES,
INSTALADOS EN EL CONDOMINIO COLINAS DEL RÍO VEREDA SAN JUAN DE
CAROLINA, MUNICIPIO DE SALENTO, DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO”

CAMILA LUGO ROBLEDO

JUAN PABLO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

Tutor de trabajo

YENNY CAROLINA RAMÍREZ JIMÉNEZ

Trabajo de grado para optar al título de profesional en

Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
MANIZALES, CALDAS

2016

RESUMEN

El Condominio Colinas del Río, Vereda San Juan de Carolina, ubicada en el municipio de Salento Quindío, no cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo que utilizan pozos sépticos como sistema de tratamiento de aguas residuales. La literatura afirma que las aguas residuales procedentes de tanques sépticos ineficientes causan múltiples enfermedades que afectan a la población más vulnerable como los niños y las personas de la tercera edad, causando enfermedades en la piel, respiratorias, digestivas, diarreas profusas que pueden llegar a la deshidratación con sus graves consecuencias como es la disfunción de los órganos, shock generalizado y la muerte. Los sistemas sépticos que no son construidos a la luz de la norma y no se les hace el mantenimiento adecuado, son la causa más frecuente de contaminación de los ríos, cuencas, lagos, aguas dulces y aun marinas por excretas humanas. El objetivo del presente proyecto fue evaluar la contaminación por coliformes totales y fecales de los pozos sépticos instalados en el condominio colinas del río, vereda san juan de carolina, municipio de Salento, departamento del Quindío y proponer, de acuerdo con ello, estrategias de mejoramiento del funcionamiento de los mismos. Para lo anterior fueron tomadas 14 muestras, tanto del afluente como del efluente de los pozos mencionados, con el fin de determinar el Número Más Probable (NMP) de coliformes totales, fecales y el porcentaje de remoción; los resultados obtenidos fueron comparados con los valores de referencia establecidos por la EPA (United States Environmental Protection Agency) y contrastados con las listas de chequeo aplicadas a los predios objeto de estudio, las cuales brindan información respecto a la construcción y mantenimiento de los pozos.

Como resultado se encontró que el 86% de los pozos se encuentran dentro de los parámetros de referencia establecidos por la EPA, permaneciendo más alta la concentración de microorganismos en el Afluente que en el Efluente y guardando una coherencia con los datos obtenidos en las listas de chequeo.

En cuanto al 14 % restante (correspondiente a dos pozos), los análisis microbiológicos no se encuentran dentro de los valores de referencia para el NMP de Coliformes totales y fecales a la salida del pozo séptico, presentándose mayor número de microorganismos en el efluente; lo que significa que es ineficiente. En cuanto a la remoción de coliformes totales, el 79% del total de las muestras, presentó una remoción de coliformes mayor al 50%, dos de los predios correspondientes

al 14% del total, arrojaron porcentajes de remoción negativos debido a que la concentración de microorganismos es más alta en el efluente que en el afluente. Adicionalmente, un predio que representa el 7% del total muestreado, arrojó un porcentaje de remoción del 35%. Respecto al porcentaje de remoción de coliformes fecales, el 71% de dicho total, presentó una remoción mayor al 50%; el 7% correspondiente a un predio, arrojó resultados negativos por el motivo anteriormente mencionado y el porcentaje restante correspondiente a tres predios, removi6 menos del 50%. Cabe anotar que para verificar la eficiencia de los pozos sépticos de forma más detallada, se debe tener en cuenta adicionalmente parámetros de diseño como el tiempo de retención, volumen y caudal del pozo. Para el presente estudio, no se llevaron a cabo debido a que no fué posible obtener el valor del caudal.

Finalmente se propone estrategias de mejoramiento para los pozos sépticos que no cumplen microbiológicamente con los parámetros de la EPA.

ABSTRACT

The condominium Colinas del Rio, located in the town of San Juan of Carolina, municipality of Salento Quindío, do not have a sewage system. Due to this they use septic tanks as a treatment for sewage water. The literature states that sewage water that comes from inefficient septic tanks is the cause of multiple diseases which affect the most vulnerable such as children/ and the elderly, causing skin diseases, respiratory diseases, digestive diseases, bad diarrhea which could cause dehydration with serious consequences such as organ dysfunctions. Widespread shock and even death in some cases. The septic tanks that are not build under the law and do not count with accurate maintenance are the most frequent cause of contamination in rivers, basins,

Lakes, sweet waters and even salt waters due to human excrete. The whole objective of this project was to evaluate the contamination due to coliform bacteria and fecal in waters caused by the scattered effluent septic tanks installed in the condominium Colinas del Rio town of San Juan of Carolina located in Salento department of Quindio and to propose an agreement, such as strategies of improvement of function. For the above, there were 14 samples taken of such septic tanks from the tributary and effluent to determine the most accurate number of coliform bacteria and fecal to be able to obtain results to be compared with reference values from EPA (United States Environmental Protection Agency) in addition there was a questionnaire elaborated and given to the 28 owners of the Condominium. The main purpose of the questionnaire would be the diagnostic in which the septic tanks were build and their maintenance. It was found that 86% of them are within the benchmarks established by the EPA keeping the concentration of microorganisms higher in the tributary then the effluent and keeping a coherence of the date obtained in the questionnaire. The above proves that the mentioned tanks were designed, built and kept under the normal laws, doing the extraction of sludge every year, the cleaning of grease monthly and the inoculation of microorganisms every two months. In the 14% left (equivalent to 2 tanks) the microbiologic analysis are not found within the values of reference for the NMP of the coliform bacteria and fecal, showing a greater number of microorganisms in the effluent, which means that such tanks are inefficient. Finally a proposal of strategies of improvement is given to those who do not meet with the design, construction and maintenance.

As a result, it was found that 86% of the wells are within the benchmarks set by the EPA, remaining higher the concentration of microorganisms in the Affluent in Effluent and keeping a consistency with data from lists check. As for the removal of total coliforms, 79% of the total samples, presented a removal greater coliforms 50%, two of the plots corresponding to 14% of the total yielded percentages of negative clearance because the concentration of microorganisms is higher in the effluent than in the influent, additionally an area that accounts for 7% of total samples showed a removal percentage of 35%. Regarding the percentage of removal of fecal coliforms, 71% of the total, showed greater than 50% removal; 7% for a property, yielded negative results for the above reason and the corresponding three plots remaining percentage, removed less than 50%.

It should be noted that to verify the efficiency of septic tanks in more detail, it should consider further design parameters such as retention time, volume and flow rate of the well.

For this study, they were not carried out because it was not possible to obtain the flow rate value.

Finally improvement strategies for septic tanks that do not comply with the parameters microbiologically EPA proposed.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO 2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPITULO 3. REFERENTE TEÓRICO	14
3.1. ANTECEDENTES	14
3.2. MARCO TEÓRICO	16
3.3. MARCO LEGAL	33
CAPITULO 4. METODOLOGÍA	36
CAPITULO 4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	41
CAPITULO 5. CONCLUSIONES	56
CAPITULO 6. ANEXOS	70

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PARAMETROS CONVENCIONALES DE LOS RESIDUOS SÉPTICOS.	32
Tabla 2. RESULTADO ENCUESTAS APLICADAS A LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO.	43
Tabla 3. REGISTRO LECTURA DE TUBOS POSITIVOS. Fuente: Autoría Propia	45
Tabla 4. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE NMP APLICANDO LA FÓRMULA.	47
Tabla 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS PARÁMETROS CONVENCIONALES DE LOS RESIDUOS SÉPTICOS.	48
Tabla 6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE COLIFORMES TOTALES Y VALORES ESTABLECIDOS POR LA EPA	49
Tabla 7. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE COLIFORMES FECALES Y VALORES ESTABLECIDOS POR LA EPA	50
Tabla 8. TABLA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES	54
Tabla 9. TABLA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES	55
Tabla 10. NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) PARA SERIE DE CINCO TUBOS (INVIMA, 1998)	80

Ilustración 3. Esquema básico de un sistema séptico [3]	20
Ilustración 4. Pozo de Absorción. [4]	21
Ilustración 5. Zanja de Infiltración [5]	21
Ilustración 6. Extracción de Natas y Sólidos, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	26
Ilustración 7. Limpieza Trampa de Grasas, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	27
Ilustración 8. Disposición Final de Lodos, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	27
Ilustración 9. Limpieza Filtro Anaerobio, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	28
Ilustración 10. Sistema Séptico Casa Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	29
Ilustración 11. Distribución de Aguas Residuales Proveniente de la Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	30
Ilustración 12. Construcción Pozo Séptico, Casa Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	31
Ilustración 13. Instalación Campo de Infiltración Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.	31
Ilustración 14. Diluciones.	77
Ilustración 15. Siembra de las respectivas diluciones	79
Ilustración 16. Tubo de Ensayo Negativo	79
Ilustración 17. Tubo de Ensayo Positivo	80
Ilustración 18. Repique de muestras positivas para llevar a cabo la confirmación de los coliformes fecales.	86
Ilustración 19. Interpretación de los resultados.	88
Ilustración 20. Interpretación de resultados.	89
Ilustración 21. Toma de Muestras Villa Dani.	96
Ilustración 22. Toma de Muestras Villa Mariana	96
Ilustración 23. Toma de Muestras Villa Laura.	97
Ilustración 24. Toma de Muestras El Saret.	98
Ilustración 25. Lectura microbiológica de coliformes totales y fecales.	98
Ilustración 26. Lectura serie de cinco tubos. Ilustración 27. Tubo Negativo Vs. Tubo Positivo (turbio y con gas)	99
Ilustración 28. Junta de Acción Comunal Vereda San Juan De Carolina, Colinas del Río.	100
Ilustración 29. Socialización del proyecto a estudiantes SENA.	101
Ilustración 30. Entrega de información acerca del mantenimiento/cuidado del pozo séptico y consecuencias para la salud.	102

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO	70
ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DE POZOS SÈPTICOS POR EL MÈTODO DEL NÙMERO MÀS PROBABLE (NMP)	71
ANEXO 3. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES POR EL MÈTODO NMP.	76
ANEXO 4. FORMATO ENCUESTAS APLICADAS A LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO	89
ANEXO 5. INFORMACIÓN BÁSICA ACERCA DEL MANTENIMIENTO - CUIDADO DEL POZO SÈPTICO Y CONSECUENCIAS PARA LA SALUD.	91
ANEXO 6. TALLER DE SENSIBILIZACIÓN: IMPORTANCIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS POZOS SÈPTICOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.	93
ANEXO 7. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA TOMA DE MUESTRAS EN LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO.	94
ANEXO 8. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES.	96
ANEXO 9. REGISTRO FOTOGRÁFICO SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS ANTE LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL.	97
ANEXO 10. REGISTRO FOTOGRÁFICO SOCIALIZACIÓN Y ENTREGA DE INFORMACIÓN A APRENDICES SENA, ACERCA DEL MANTENIMIENTO - CUIDADO DE LOS POZOS SÈPTICOS Y CONSECUENCIAS PARA LA SALUD.	98

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación estandarizada por el INVIMA para la obtención del NMP de Coliformes Totales y Fecales. ...	46
Ecuación 2. Porcentaje de Remoción de Coliformes Totales y Fecales.	53

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

La situación de manejo de excretas y aguas residuales en zonas rurales de Colombia es crítica. Existe una baja cobertura de sistemas de alcantarillado con tratamiento de aguas residuales y las opciones individuales muchas veces se encuentran en mal estado, descargando además al suelo o fuentes superficiales o contaminando las aguas subterráneas usadas por la propia población. (Universidad del Valle, 2005)

El viceministro de Agua Potable del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Iván Mustafá Durán, confirmó que a la fecha 4 millones de colombianos continúan sin servicio de agua potable y 7 millones más están sin alcantarillado. De la misma manera, señala que se han identificado, uno a uno, los hogares que requieren conexiones intradomiciliarias y que pertenecen a los estratos 1 y 2 (El Colombiano, 2012).

Cabe aclarar que estas aguas de aprovisionamiento se encuentran contaminadas con residuos sépticos, lo cual representa una gran amenaza para la salud humana generando enfermedades graves a la comunidad. Dichas enfermedades en su gran mayoría se caracterizan por producir diarreas profusas que pueden conllevar rápidamente a la deshidratación y muerte. Algunos de los microorganismos que se pueden encontrar en aguas con este tipo de contaminación son: coliformes totales, coliformes fecales, *Vibrio cholera*, virus como el Rotavirus, Enterovirus, protozoarios como la *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli* y un sin número de microorganismos que son transmitidos al hombre a través de aguas no potables. En Colombia, la enfermedad diarreica aguda ocupa uno de los primeros lugares en la tasa de mortalidad de niños menores de 5 años, especialmente en los municipios con necesidades básicas insatisfechas, que poseen mala calidad de agua para consumo humano. (Vergara, 2012)

Los habitantes de dichos sectores han acogido los pozos sépticos como alternativa de solución para tratar las aguas residuales, sin embargo en la zona rural, generalmente realizan la autoconstrucción de dichos pozos denominados comúnmente como artesanales y no se tiene la cultura de diseñar y realizar el mantenimiento de los mismos, lo que conlleva a la acumulación de capas de grasas y otros materiales que no permiten que los microorganismos anaerobios realicen el proceso de descomposición. Por tal razón es fundamental crear conciencia a los dueños de los predios para que los pozos sean construidos o implementados bajo la normatividad y especificaciones reglamentarias.

El Quindío es un Departamento que tiene 12 municipios, todos muy cercanos a la capital, con una imponderable fauna, flora y hermosísimos paisajes, lo que motiva a sus pobladores a construir casas campestres en zonas rurales. Dichas zonas no cuentan con un sistema de alcantarillado, por lo que sus habitantes optan por la alternativa de implementar pozos sépticos para llevar a cabo el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

Conocedores de que un pozo séptico mal construido o sin mantenimiento genera una alta contaminación y siendo conscientes de la importancia que tiene este tema en la conservación del medio ambiente, con el presente trabajo de grado, se proyecta proponer estrategias de mejoramiento de los pozos sépticos artesanales, instalados en el condominio Colinas del Río Vereda San Juan de Carolina, Municipio de Salento, Departamento del Quindío. Estas estrategias resultan de la implementación de listas de chequeo que contienen ítems como: tipo de construcción, mantenimiento para la remoción de lodos, evacuación de grasas y la identificación del tipo de pozo instalado en las viviendas tomadas como muestra (ANEXO 4); la eficiencia de los pozos resulta de los análisis de coliformes totales y fecales en el afluente y efluente, y evidenciar la efectividad de los mismos por medio del cotejo de los resultados microbiológicos del efluente frente a los parámetros establecidos por la EPA (United States Environmental Protection Agency, 1999) en el documento “Folleto informativo de sistemas descentralizados, tratamiento y disposición de residuos sépticos”

Es importante resaltar que el análisis aquí realizado se basa en los parámetros establecidos por la EPA (United States Environmental Protection Agency, 1999), “Folleto informativo de sistemas descentralizados tratamiento y disposición de residuos sépticos”, en vista de que en Colombia no existe una normatividad que especifique los valores o concentraciones permitidas para los efluentes en los pozos sépticos que tengan como vertimiento puntual el suelo.

La única normativa que se asocia es (la resolución 0631 del 2015 “en el cual se establecen los parámetros y valores límites máximo permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”); pero cabe resaltar que dicha resolución en el Artículo 1. Parágrafo. Menciona “que la presente resolución no aplica a los vertimientos puntuales que se realicen a aguas marinas o al SUELO” (como es el caso del presente estudio).

Cabe anotar que los Coliformes totales y fecales son indicadores de contaminación como lo describe el artículo 7 del Decreto 3930 de 2010; sin embargo en Colombia no existen suficientes estudios que posean las mismas condiciones del presente trabajo, por lo cual hace de este trabajo de grado, una herramienta para futuras indagaciones en el tema.

Por otra parte el Decreto 33601 del 19 de Marzo del 2007: “Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales” menciona la determinación de Coliformes con parámetros específicos pero para las aguas de reuso; para el caso de los pozos sépticos del Condominio Colinas del Río de la vereda San Juan de Carolina, el vertimiento final no implica actividades de reuso, sino vertimiento puntual al suelo como se menciona anteriormente.

Cabe resaltar que en Colombia no existe una normativa que referencie el porcentaje de remoción de Coliformes totales y fecales en los pozos sépticos.

CAPITULO 2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la contaminación por coliformes totales y fecales de los pozos sépticos artesanales, instalados en el condominio Colinas del Río Vereda San Juan de Carolina, Municipio de Salento, Departamento del Quindío y proponer, de acuerdo con ello, estrategias de mejoramiento del funcionamiento de los pozos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir los niveles de contaminación de Coliformes Totales y Fecales de los pozos sépticos seleccionados en la zona objeto de estudio (Vereda San Juan de Carolina).
- Analizar el funcionamiento de los pozos y establecer las posibles causas que expliquen los niveles de contaminación de Coliformes Totales y Fecales observados.
- Proponer estrategias de mejora en la eficiencia del funcionamiento de los pozos sépticos.

CAPITULO 3. REFERENTE TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES

La vereda San Juan de Carolina, pertenece al municipio de Salento en el Departamento del Quindío; está ubicada en uno de los corredores estratégicos para conservar la biodiversidad de las reservas naturales que tiene en esta zona la cuenca del río la vieja, con una población en el sector urbano de 3000 habitantes y en la zona rural 5500 para un total de 8500 habitantes según datos proporcionados por la alcaldía de Salento en el 2010 (Secretaría de Planeación Municipal – Sisben - Dic/2010), siendo este el estudio más reciente encontrado en la teoría.



Ilustración 1. Foto Satelital Vereda San Juan de Carolina -Colinas del Río [1]

La cabecera de la vereda es el municipio de Salento, situado a 12 kilómetros al norte del Departamento del Quindío, donde se produce el agua para el abastecimiento de gran parte de la población del departamento del Quindío como también de los habitantes de los municipios de Armenia y Circasia; siendo nombrada como el municipio del agua en 1998, así fue como se comprometió a aunar y redoblar esfuerzos para conservar todas las subcuencas, las cuales son de vital importancia para el desarrollo de los pueblos.

Como recursos hídricos cuenta con 18 quebradas y los ríos Quindío, Navarco y Boqueron; el río Quindío tiene un punto de impacto negativo que es el caserío de Boquía, el cual cuenta con un pozo séptico que se reconoce como de deficiente funcionamiento al que no están conectadas todas

las viviendas de la zona; además el pozo no cuenta con la respectiva tapa, lo cual ha incrementado significativamente la población de plagas, especialmente mosquitos y zancudos. (Salento -Quindío, s. f.).

El Municipio en su área rural está dividido en 17 Veredas: Cocora, el Roble, Boquía, el Agrado, Llano Grande, los Pinos, Palestina, Camino Nacional, Navarco, Canaan, San Juan de Carolina, La Nubia, La Palmera, Palo Grande, El Castillo, Buenos Aires, Chagualá y La Palmera (Giraldo, 2013).

Tiempo atrás, la Vereda San Juan de Carolina estaba conformada por fincas de grandes extensiones, una de las cuales fue parcelada para formar el Condominio Colinas del Río, objeto de estudio del presente trabajo. Cabe resaltar que la vereda no contaba ni aun cuenta con un sistema de alcantarillado.

Al realizar la parcelación, fueron construyéndose casas campestres que debían tener permiso de vertimiento de la Corporación Autónoma del Quindío, la cual exigía construir los pozos sépticos a la luz de la norma y con personal competente para tal fin, de esta manera varios propietarios se acogieron a dicha regulación cumpliendo con lo reglamentario. Sin embargo dada la dificultad y lentitud para adelantar los trámites de construcción ante este ente gubernamental, algunos propietarios decidieron adquirir pozos que ofrece el mercado, orientándose al de menor costo, adquiriendo tanques prefabricados de fibrocemento.

Por otra parte con el tiempo, el número de casas aumentó y algunos propietarios construyeron pozos sépticos sin acogerse a la normatividad vigente; cabe resaltar que otros propietarios simplemente no lo construyeron.

3.2. MARCO TEÓRICO

En Colombia la gran mayoría de zonas rurales no cuentan con un sistema de alcantarillado para verter las aguas negras domésticas, es por eso que en general los habitantes de dichos predios utilizan los pozos sépticos como alternativa para la disposición final de las aguas residuales,

entendiéndose por agua residual doméstica o tipo ordinario (según el decreto 33601/2007) a las generadas por las actividades domésticas del hombre procedentes de duchas, inodoros, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa etc.

“Según van Haandel y Lettinga (1994) los constituyentes más importantes de los residuos líquidos confieren al agua residual propiedades físicas, químicas o biológicas indeseables. La composición y la concentración de estos constituyentes dependerán hasta cierto punto de las costumbres socioeconómicas de la población contribuyente. Según Alaerts (1995), la composición del agua residual está determinada por el caudal y por su fuente.

Las aguas residuales consisten básicamente en: agua, sólidos disueltos y sólidos en suspensión. Los sólidos son la fracción más pequeña (representan menos del 0.1 % en peso), pero representa el mayor problema a nivel del tratamiento. Según se muestra en la Ilustración a continuación, título composición media de las aguas residuales domésticas” (Miliarium)



Ilustración 2. Composición Media de las Aguas Residuales Domésticas [2]

Desde el punto de vista de saneamiento básico y salud pública, tratar el agua residual no es solo estabilizar los desechos biodegradables sino también evitar los riesgos que representa para la salud la contaminación de las aguas superficiales, siendo los pozos sépticos mal construidos o sin mantenimiento una de las principales causas de contaminación. Por ejemplo cuando llueve el pozo séptico se desborda, lo que hace que los desperdicios lleguen a los cuerpos de agua, principalmente

las excretas humanas. Cabe anotar que las características de los desechos orgánicos dependen del tipo de población, número de habitantes, costumbres socioeconómicas, actividades a las que se dedican los propietarios y las condiciones topográficas etc.

Por otra parte los sistemas sépticos defectuosos pueden percolar nutrientes y bacterias en exceso a los cuerpos de agua (ríos, lagos, cuencas) que eventualmente, desembocan al mar; cuando los nutrimentos, como el nitrógeno y fósforo, entran a los cuerpos de agua causan un crecimiento desmedido de las plantas acuáticas en la superficie interfiriendo con el paso de la luz solar, por lo tanto no se realiza el proceso de fotosíntesis en el agua el cual es necesario para que produzcan su propio alimento, de igual forma se agota el CO_2 necesario para las plantas y el oxígeno necesario para los peces y otros animales acuáticos (Santana & Álvarez, s.f.).

En Posen, Michigan, E U A , hubo una epidemia de hepatitis infecciosa que se atribuyó a la contaminación de un pozo por efluentes que provenían de un tanque séptico (Vogt, 1961). Los pozos penetraban en una capa altamente fisurada de caliza, concluyéndose de allí que la elevada transmisibilidad permitía una rápida recarga y movimientos laterales del efluente del tanque séptico. De forma similar, Wellings (1975) detectó el virus de polio en un agua subterránea, a unos 3 m debajo de un campo de cipreses irrigado con efluentes de desagües secundarios. En un estudio realizado en Israel (Marzouk et al. 1979) se señalaba que el 20% de 99 muestras analizadas, tomadas de aguas subterráneas poco profundas (menos de 3 m), contenían virus entéricos y coliformes fecales que parecían provenir de efluentes de tanques sépticos.

Woodward et al. (1961) atribuyeron al uso difundido de tanques y fosas sépticas la *contaminación* de las aguas subterráneas por nitrato, en áreas que no contaban con sistemas de desagües en Minnesota, E U A . En una revisión pormenorizada de la literatura técnica sobre tanques sépticos y su impacto sobre el medio ambiente y la salud pública (Patterson et al. 1971), se encontró que el mal funcionamiento de los tanques sépticos llevaba a recomendar el uso de otros métodos de disposición de desechos en las zonas densamente pobladas, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas. Brooks y Cech (1979) constataron que la contaminación por nitrato y coliformes de las aguas subterráneas se había generalizado en extremo en las zonas rurales de Texas, Estados Unidos de América (E U A). Debido a los pozos sépticos mal contruidos.

En una zona habitacional de baja renta, densamente poblada, de Delaware, E U A , pudo constatarse que la contaminación de las aguas subterráneas por nitrato constituía un problema particularmente grave (Robertson, 1980). El área no estaba dotada de un sistema de alcantarillado, por lo que el uso de tanques sépticos era intensivo; 28% de las muestras de agua recogidas en la zona presentaban una concentración superior a $17 \text{ (mg NO}_3\text{-N)/L}^1$ con una tasa de recarga, en suelos arenosos y bien drenados, de 535 mm/año.

Lo anteriormente mencionado resalta la importancia de llevar a cabo la construcción de los pozos sépticos a la luz de la norma.

3.2.1. POZO SÉPTICO

El pozo séptico es una cámara cerrada que sirve para facilitar la descomposición y separación de la materia orgánica contenida en las aguas de alcantarilla, utilizando el trabajo de las bacterias existentes en las mismas aguas. Como consecuencia de este proceso, la materia orgánica se transforma en gases, líquido y una masa negruzca llamada lodo, que se deposita en el fondo del tanque. (Pinto, 2013)

¹ NO_3^- = Nitrato , N = Nitrogeno , L = Litro

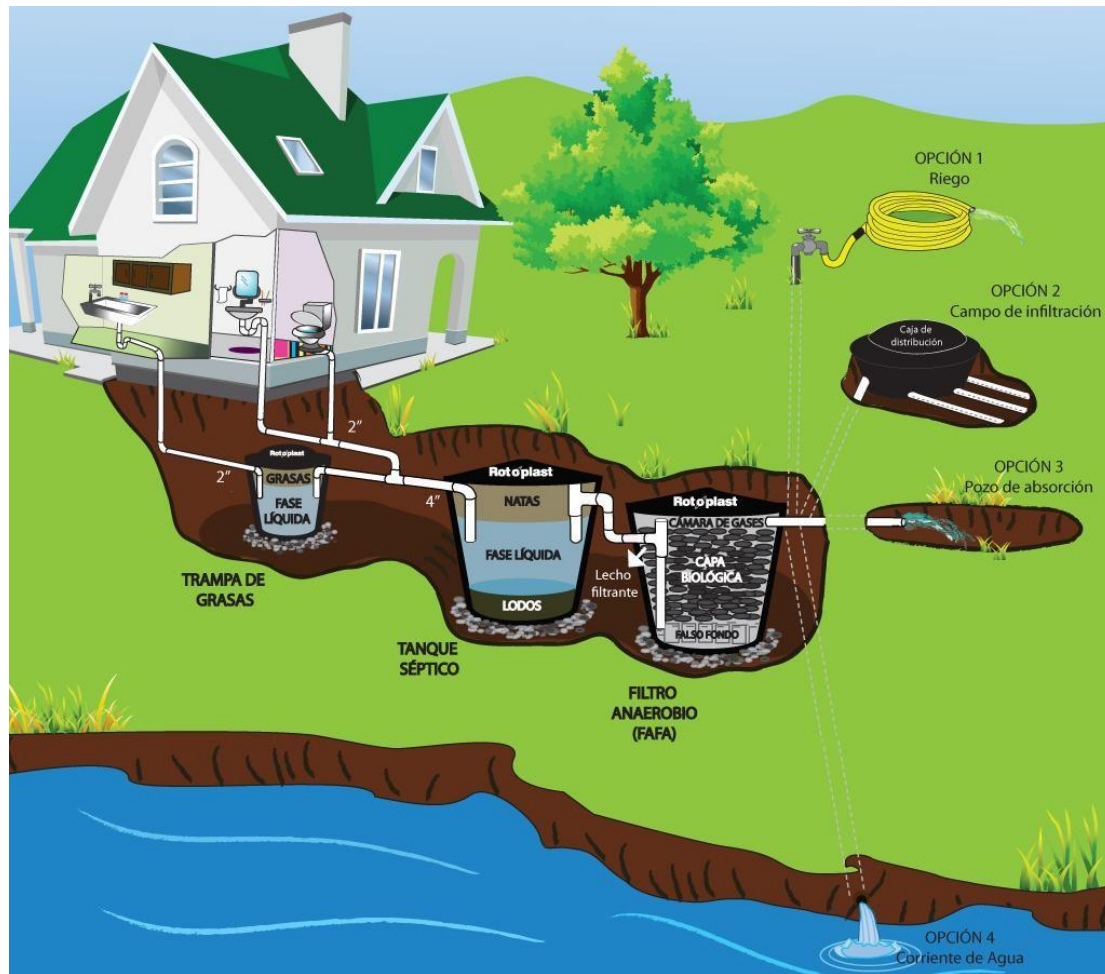


Ilustración 3. Esquema básico de un sistema séptico [3]

Las aguas residuales provenientes de la cocina de la vivienda, pasan por la trampa de grasas con el fin de ser removidas. Dentro de una cámara de inspección, dichas aguas se juntan con las provenientes del sanitario (aguas negras), pasando por el tanque séptico en donde se realiza el proceso de precipitación de sólidos orgánicos y donde las bacterias anaerobias realizan un proceso de degradación de los mismos; como producto final quedan lodos.

El agua residual doméstica sigue su curso entrando a un filtro de anaerobiosis, donde a través de elementos como piedras o guaduas permite la acumulación de bacterias anaeróbicas, las cuales permite que el proceso de degradación de la materia orgánica avance. Cabe resaltar que dichas aguas residuales tienen como opción de vertimiento al terreno: el pozo de absorción el cual es de esparcimiento vertical o el campo de infiltración de esparcimiento horizontal.

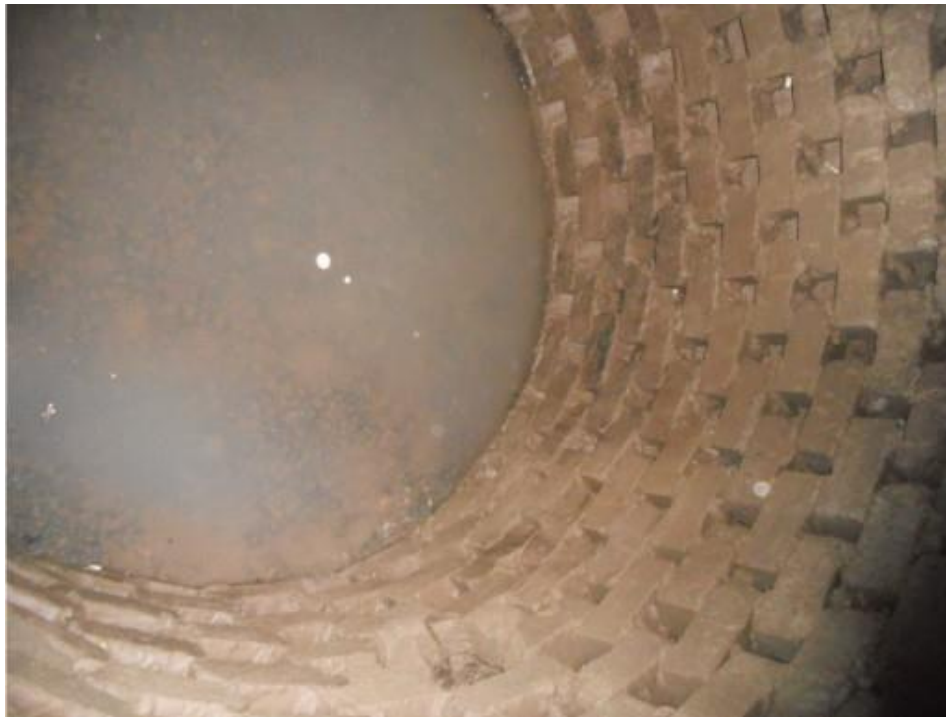


Ilustración 4. Pozo de Absorción. [4]

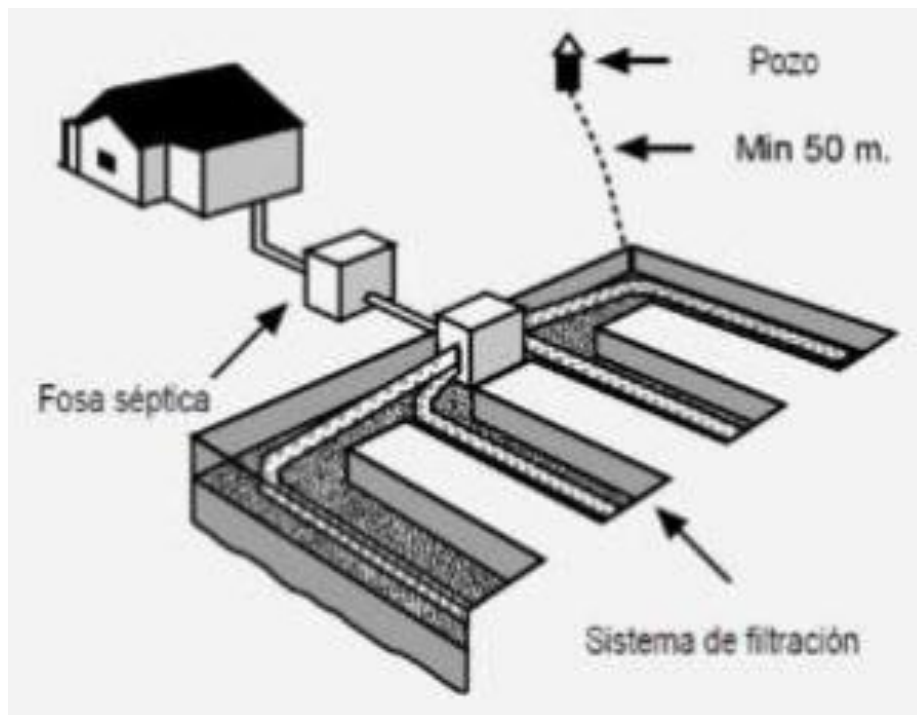


Ilustración 5. Zanja de Infiltración [5]

3.2.1.1. CONDICIONES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA EN LA SELECCIÓN DE UN PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (Pozo séptico)

Cuando se va a llevar a cabo un proceso de tratamiento de aguas residuales es fundamental realizar una buena selección del proceso y hay que tener en cuenta:

- Las características del agua cruda
- La calidad requerida del efluente
- La disponibilidad de terreno
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento
- La disponibilidad del sistema de tratamiento
- La facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes. (Dávila, 2013)

3.2.1.2. FACTORES QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO SÉPTICO

- Tipo de suelo y permeabilidad (ensayo de percolación).
- Condiciones de temperatura y precipitación.
- Composición, características físico-químicas y Biológicas del agua residual a tratar. (Dávila, 2013)

3.2.1.3. ASPECTOS TÉCNICOS GENERALES A TENER EN CUENTA EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE SÉPTICO

- Especificaciones generales.
- Dispositivo de entrada.
- Dispositivo de salida.
- Muro de tabiquería divisorio.
- Ventilación del tanque.

- Fondo del tanque séptico.
- Dimensiones internas del tanque séptico.
- Requisitos por debajo de la tubería de entrada. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud., 2003)

3.2.1.4. ¿CÓMO FUNCIONA UN POZO SÉPTICO DE ANAEROBIOSIS?

3.2.1.4.1. TRAMPA DE GRASAS:

La trampa de grasas se proyecta debido a la gran concentración de grasas que contiene el agua residual proveniente de las cocinas y que con el tiempo puede obstruir o acumularse en las paredes de las tuberías del sistema de tratamiento.

Esta unidad consiste en un pequeño tanque provisto de una entrada sumergida y de una tubería de salida que parte cerca del fondo, donde por diferencia de densidad entre los sólidos o sustancias coloidales, se produce la resuspensión del material liviano y con alto contenido de grasas.

Requisitos previos:

- Los desechos de los desmenuzadores de desperdicios no se deben descargar a la trampa de grasa.
- Las trampas de grasa deberán ubicarse próximas a los aparatos sanitarios que descarguen desechos grasosos, y por ningún motivo deberán ingresar aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos.
- Las trampas de grasa deberán proyectarse de modo que sean fácilmente accesibles para su limpieza y eliminación o extracción de las grasas acumuladas.
- Las trampas de grasa deberán ubicarse en lugares cercanos en donde se preparan alimentos. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud., 2003)

3.2.1.4.2. TANQUE SÉPTICO

Esta unidad se proyecta con el fin de retener por un largo periodo de tiempo, los sólidos sedimentables y suspendidos, presentes en el agua residual, para de esta forma facilitar la digestión anaeróbica. Estos funcionan hidráulicamente y tienen un porcentaje de remoción aproximado del 60% de sólidos sedimentables y del 35% de demanda biológica de oxígeno a los 5 días (DBO5). Son tanques generalmente subterráneos, sellados, diseñados y construidos para el saneamiento rural, los cuales deben llevar un sistema de postratamiento.

Es un contenedor hermético instalado bajo tierra habitualmente fabricado en concreto, pero que también puede ser de fibra de vidrio o polietileno que sirve para retener las aguas negras el tiempo suficiente para iniciar un proceso bacteriano de descomposición de los sólidos retenidos. (Junta Directiva Condominio Costa del Campo, 2015)

Los efluentes de los tanques sépticos no deben ser dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial. Deben ser tratados adicionalmente para mejorar la calidad del vertimiento. Aquí es donde las bacterias anaerobias degradan o descomponen la materia orgánica. (Dávila, 2013)

3.2.1.4.3. FILTRO ANAERÓBICO

Esta unidad se diseña con el propósito de remover biológicamente las cargas de contaminación generadas y cumplir con los requisitos establecidos por la normatividad que referencia el decreto 1594/84 "Usos de agua y residuos líquidos". Consiste en una unidad de flujo ascendente, donde el agua residual entra en un proceso de contacto con un medio filtrante (que en este caso es piedra guayaba de diámetro entre 4 y 7 cm).

3.2.1.4.4. DISPOSICION FINAL DEL EFLUENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Del ensayo de percolación realizado se deducirán las condiciones que presenta este suelo para establecer sistemas de infiltración, como tratamiento adicional y disposición final del efluente de los sistemas de tratamiento diseñados. En este caso se está haciendo referencia al campo de infiltración, es decir la disposición final de las aguas residuales.

3.2.1.5. MANTENIMIENTO DE LOS POZOS SÉPTICOS

Se debe realizar el mantenimiento de la trampa de grasas como mínimo una vez al mes, y del pozo séptico una vez al año; dicho mantenimiento debe ser realizado por personal competente para tal fin. Cabe resaltar que no existe un manual oficial para dicho mantenimiento, simplemente documentos que no cuentan como normatividad vigente ni como un proceso estandarizado.

Es importante resaltar que en caso de no realizar el mantenimiento establecido por la normatividad, el tratamiento de aguas residuales comienza a fallar. En cuanto la trampa de grasas empieza a pasar grasas al pozo séptico, inhibe el metabolismo de las bacterias anaeróbicas, lo que representa que estas no realicen la degradación o descomposición de la materia orgánica, reflejándose en la contaminación de las aguas superficiales, subterráneas y cuencas hidrográficas por excretas humanas.

Cuando los sistemas sépticos están bien diseñados, contruidos y mantenidos, son efectivos para reducir o eliminar casi todas las amenazas creadas por los contaminantes de las aguas residuales domésticas para la salud humana y del medio ambiente. Se requiere sin embargo que estos sean mantenidos con regularidad o si no pueden averiarse. Los sistemas sépticos deben ser monitoreados periódicamente para asegurarse que estén trabajando apropiadamente.

Con el uso, el sistema séptico acumula lodo en el fondo de la fosa séptica. A medida que el nivel de lodo aumenta, las aguas negras permanecen en el tanque menos tiempo, y es más probable que los sólidos se escapen al área de absorción. Si el lodo se acumula por mucho tiempo, no se lleva a cabo el asentamiento y el agua residual se va directamente al área del campo de absorción, disminuyendo la capacidad de tratar el agua. . (Junta Directiva Condominio Costa del Campo, 2015)

Aunque no hay un manual técnico estandarizado o legalmente instituido para realizar el mantenimiento de los pozos sépticos; la literatura recomienda:

- Verificar si hay señas de obstrucción o atascamiento.

- Identificar si hay fugas.
- Remover la grasa periódicamente, pues el exceso puede tapan las tuberías y el tanque.
- Una vez al año debe abrirse el tanque y medirse donde está la capa de lodos.
- Si el nivel del lodo es mayor de una tercera parte del nivel del líquido, el tanque debe lim piarse.
- El m antenim iento debe ser realizado por personal com petente para tal fin.
- Aplicar periódicamente productos bacteriales que ayudan a acelerar la descom posición de los sólidos orgánicos que biodegradados y convertidos en agua evitarán obstrucciones y malos olores, facilitando la percolación hacia el subsuelo y dándole una vida larga a su sistem a. (Dávila.)

3.2.1.5.1. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SÉPTICO DE UNA DE LAS VIVIENDAS DE LA VEREDA SAN JUAN DE CAROLINA, COLINAS DEL RÍO (ZONA OBJETO DE ESTUDIO)



Ilustración 6. Extracción de Natas y Sólidos, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia



Ilustración 7. Limpieza Trampa de Grasas, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia.



Ilustración 8. Disposición Final de Lodos, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia.



Ilustración 9. Limpieza Filtro Anaerobio, Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia

Cabe anotar que es fundamental llevar a cabo una sensibilización a la población rural en el diseño, construcción y mantenimiento de los pozos sépticos, de tal manera que al construirlos se apoyen en el personal idóneo y competente para tal fin, pues está demostrado que la contaminación por excretas humanas de las aguas a partir de los pozos sépticos se debe a la falta de conocimiento de quienes lo construyen y al poco compromiso de los usuarios para realizar el mantenimiento. (Maritza Hidalgo Santana, 2010)

3.2.1.5.2. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA SÉPTICO DE UNA DE LAS VIVIENDAS DE LA VEREDA SAN JUAN DE CAROLINA, COLINAS DEL RÍO (ZONA OBJETO DE ESTUDIO)



Ilustración 10. Sistema Séptico Casa Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia

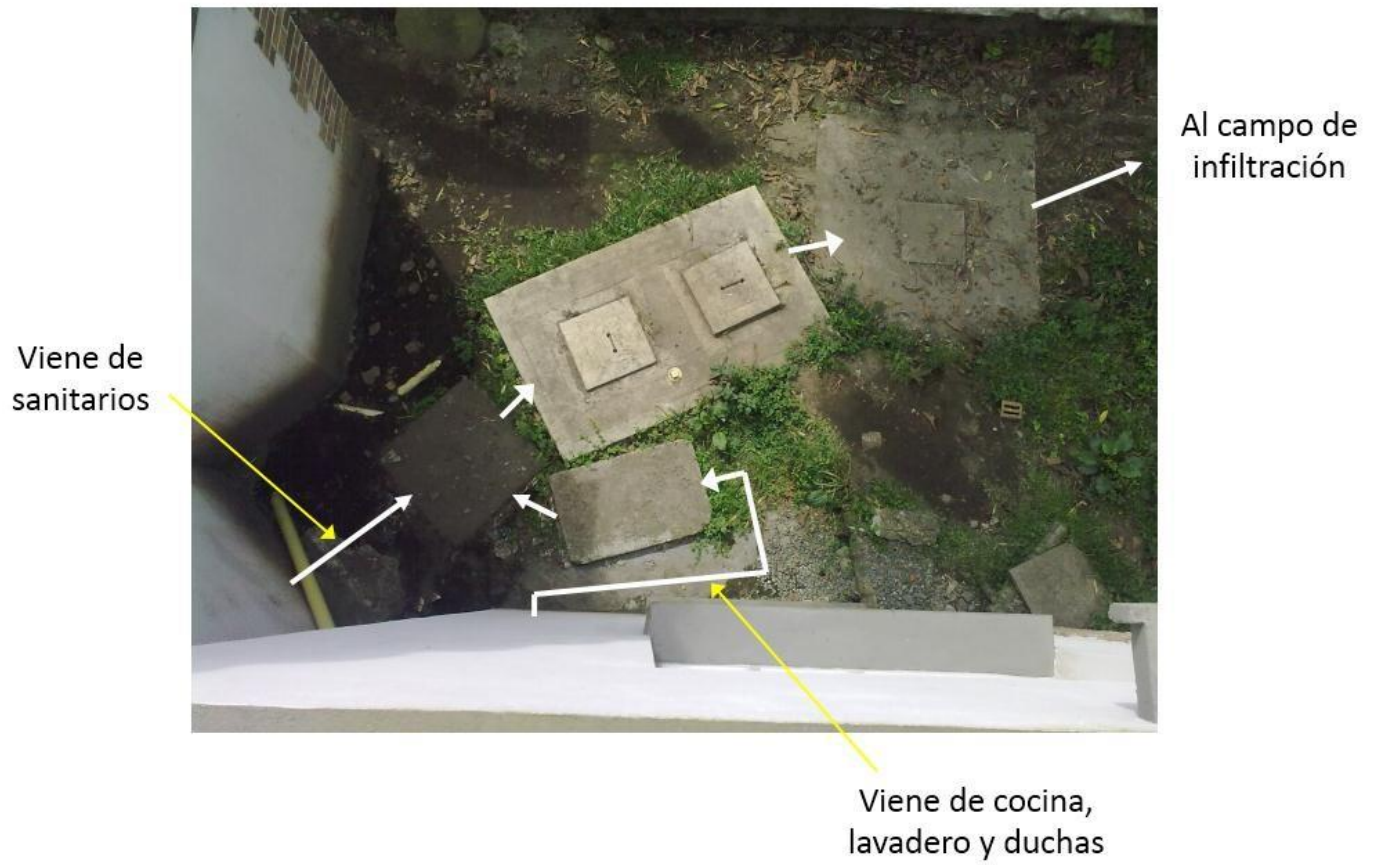


Ilustración 11. Distribución de Aguas Residuales Proveniente de la Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia



Ilustración 12. Construcción Pozo Séptico, Casa Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia



Ilustración 13. Instalación Campo de Infiltración Vivienda Villa Camila, Vereda San Juan de Carolina.

Fuente: Autoría Propia.

En vista de que en Colombia gran parte de la población rural cuenta con sistemas sépticos como tratamiento de aguas residuales y no existe normativa alguna que referencie los valores máximos permitidos para Coliformes totales y fecales con vertimiento puntual en suelo; se toma como referencia la tabla presentada a continuación por la EPA (United States Environmental Protection Agency, 1999), “Folleto informativo de sistemas descentralizados tratamiento y disposición de residuos sépticos”.

Tabla 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PARAMETROS CONVENCIONALES DE LOS RESIDUOS SÉPTICOS.

Fuente: U.S. EPA, 1994.

Parámetro	Concentración	
	Mínima	Máxima
Sólidos totales	1,132	130,475
Sólidos volátiles totales	353	71,402
Sólidos suspendidos totales	310	93,378
Sólidos suspendidos volátiles	95	51,500
Demanda bioquímica de oxígeno	440	78,600
Demanda química de oxígeno	1,500	703,000
Nitrógeno total	66	1,060
Nitrógeno amoniacal	3	116
Fósforo total	20	760
Alcalinidad	522	4,190
Grasas	208	23,368
pH	1.5	12.6

Coliformes totales	$10^7/100\text{ m L}$	$10^9/100\text{ m L}$
Coliformes fecales	$10^6/100\text{ m L}$	$10^8/100\text{ m L}$

3.3. MARCO LEGAL

En cumplimiento con la ley el uso y su vertimiento requieren de un control y un tratamiento, el cual se encuentra establecido en los decretos 1541/78 y 1594/84.

Para el manejo de las aguas residuales, el país cuenta con una amplia normatividad que permite regular y ordenar las actuaciones de los actores institucionales que participan en la aplicación de los mecanismos económicos como la Tasa Retributiva y de planeación. Se destacan las siguientes normas:

CONSTITUCIÓN POLÍTICA NACIONAL: En los artículos 78, 79 y 80 establece que el Estado tiene, entre otros deberes, los de proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental; imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados al ambiente.

DECRETO - LEY 2811 DE 1974: Denominado Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Contiene las acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico, para garantizar la calidad del agua para su uso posterior.

DECRETO 1541 DE 78: en su título IX Capítulo I Artículos 205 a 225, consagra lo relacionado con la conservación y preservación de las aguas y sus cauces, así como la reglamentación de los vertimientos.

LEY 9 DE 1979: Conocida como Código Sanitario Nacional. Establece los procedimientos y las medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos.

DECRETO 1594 DE 1984: Norma reglamentaria del Código Nacional de los Recursos Naturales y de la ley 9 de 1979, desarrolla los aspectos relacionados con el uso del agua y los residuos líquidos. En cuanto a aguas residuales, define los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, permisos de vertimientos, tasas retributivas, métodos de análisis de laboratorio y estudios de impacto ambiental.

LEY 99 DE 1993: Reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Otorga a las autoridades ambientales Regionales, en su calidad de máxima

autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, la facultad de ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental del uso del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, las cuales comprenderán el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos o gaseosos, en cualquiera de sus formas, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire, o a los suelos, así como los vertimientos que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Entre otras, encarga a los municipios la función específica de ejecutar obras o proyectos de descontaminación de corrientes o depósitos de agua afectados por los vertimientos municipales. Además, crea la tasa retributiva por vertimientos líquidos puntuales a los cuerpos de agua y establece los lineamientos para su implementación.

DECRETO 1600 DE 1994: Reglamenta parcialmente el Sistema Nacional Ambiental – SIN A, en cuanto a los Sistemas Nacionales de investigación Ambiental y de Información Ambiental. Define en el IDEAM el manejo de la información ambiental nacional, y la normalización de los procedimientos relacionados con la información ambiental.

LEY 373 DE 1997: Uso Eficiente y Ahorro del agua. Contribuye a la disminución de aguas residuales, y fomenta el desarrollo del reúso de las aguas residuales como una alternativa de bajo costo que debe ser valorada

RESOLUCIÓN 372 DE 1998: Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos, estableciendo los valores para DBO5, y SST, los cuales se incrementarán anualmente conforme el IPC.

RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 - Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS: El RAS es el documento técnico que fija los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico. En el caso de sistemas de tratamiento de aguas residuales, el RAS título E, tratamiento de aguas residuales, tiene en cuenta los procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y mantenimiento.

RESOLUCIÓN 081 DE 2001: Por la cual se adopta un formulario para la información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos naturales.

CONPES 3177 DE 2002 - Acciones Prioritarias y Lineamientos para la Formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR): Define las acciones prioritarias y los lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR) con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico de la Nación. Este documento establece cinco acciones prioritarias enmarcadas en la necesidad de priorizar la gestión, desarrollar estrategias de gestión regional, revisar y actualizar la normatividad del sector, articular las fuentes de financiación y fortalecer una estrategia institucional para la implementación del Plan Nacional de Manejo de aguas Residuales.

DECRETO 1729 DE 2002: Por el cual se reglamenta la ordenación de las cuencas hidrográficas bajo liderazgo de la Autoridad Ambiental competente, como un instrumento de planeación del uso y manejo sostenible de los recursos naturales, buscando un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico y social de los recursos naturales renovables y la conservación de la estructura físico biótica de las cuencas hidrográficas, particularmente del recurso hídrico.

RESOLUCIÓN 1433 DE 2004: reglamenta una metodología para la formulación, desarrollo y evaluación de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV.

DECRETO 1200 DE 2004: Determina los instrumentos de planificación ambiental que deberán implementar las Autoridades Ambientales Regionales en el largo, mediano y corto plazo: Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR), Plan de Acción Trienal (PAT), y Presupuesto anual de rentas y gastos. Establece la necesidad de realizar un Diagnóstico Ambiental que corresponde al análisis integral de los componentes sociales, económicos, culturales y biofísicos que determinan el estado de los recursos naturales renovables y del ambiente, como punto de partida del PGAR. Asimismo, la articulación del PAT con las Políticas Nacionales, el Plan de Gestión Ambiental Regional, el Plan de Desarrollo Departamental, los Planes de Ordenamiento Territorial y de Desarrollo municipales, los Planes de Ordenamiento y Manejo de Territorios Étnicos y/o de cuencas hidrográficas, los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos y de Desarrollo Forestal.

RESOLUCIÓN 2145 DE 2005: por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSM V. }

DECRETO 3930 DE 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

RESOLUCIÓN 0631 DE 2015: “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”

DECRETO 1076 DE 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

CAPITULO 4. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo de grado, se realizan los análisis microbiológicos de coliformes totales y fecales con la técnica del Número Más Probable (NMP), del afluyente y efluente de 14 pozos

sépticos de los 28 existentes en la zona rural, condominio Colinas del Río vereda San Juan de Carolina, con el fin de cotejarlos con los parámetros establecidos en la tabla 1. (Características de los parámetros convencionales de los residuos sépticos) del folleto informativo de sistemas descentralizados Tratamiento y disposición de residuos Sépticos; ya que son los únicos relacionados para tal fin.

Población y muestra

La investigación se centra en el condominio Colinas del Río, vereda San Juan de Carolina, Municipio de Salento, Departamento del Quindío. Teniendo en cuenta que se debe tomar una muestra representativa y el condominio tiene 28 predios se toma la mitad de la población (14 propiedades escogidas al azar).

Cabe anotar que para la comunidad es fundamental dicho estudio, puesto que de acuerdo a los resultados obtenidos, se dará a conocer el funcionamiento de los pozos sépticos con el fin de que la comunidad cuente con herramientas para la posible toma de decisiones y acciones correctivas.

Tipo de investigación

La investigación será de tipo cualitativo y cuantitativo, debido a que las herramientas para el desarrollo del proyecto son la evaluación por medio listas de chequeo y el análisis microbiológicos del NMP (número más probable) de Coliformes totales y fecales de los pozos sépticos (antes y después del tanque de anaerobiosis).

Diseño metodológico

1. Revisión bibliográfica acerca de:

- Tratamiento y depuración de las aguas residuales.
- Operación y mantenimiento del sistema de tanque séptico.
- Normatividad sobre los parámetros establecidos de Coliformes totales y fecales para vertimiento de las aguas residuales domésticas que tienen por sistema de tratamiento pozos sépticos.
- Normatividad acerca del porcentaje de remoción de Coliformes totales y fecales para aguas residuales domésticas.
- Estudios realizados sobre análisis microbiológicos de Coliformes totales y fecales llevados a cabo en pozos sépticos con vertimientos puntuales al suelo.
- Análisis microbiológicos de Coliformes Totales y Fecales estipulados para aguas residuales según la normatividad vigente.

Etapa 1: Para el objetivo

Medir los niveles de contaminación de Coliformes Totales y Fecales en el afluente y efluente de los pozos.

Metodología

Los análisis de Coliformes Totales y Fecales se llevaron a cabo a través del método de tubos múltiples con la técnica NMP (Número más Probable)

- Aplicación en trabajo de campo.
- Análisis microbiológicos de Coliformes Totales y Fecales por el método de tubos múltiples con la técnica de NMP.

PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS.

- Las muestras fueron tomadas los Sábados a las 7:30 am e inmediatamente se llevaron al laboratorio de microbiología del SENA regional Quindío, ubicado a 5 minutos del lugar del muestreo, para realizar los análisis de Coliformes Totales y Fecales, por el método del

N M P .

- Cada muestra se sembró por triplicado de acuerdo a las recomendaciones del INVIMA para cualquier muestra microbiológica.
 - Las lecturas y repiques se realizaron los domingos a las 5 p.m. en las mismas instalaciones.
 - Se tomaron 14 muestras en el afluente y 14 en el Efluente.
 - Al hacer la toma de muestra se dejó un amplio espacio aéreo en la botella (al menos 3 cm) para facilitar la mezcla por agitación antes de proceder al estudio.
 - Los frascos que se utilizaron para la toma de la muestra se mantuvieron cerrados hasta el momento de su toma.
 - Fueron retiradas las tapas de tal manera que no hubiese una contaminación de la superficie interna de la misma.
 - Se llenó la botella con la muestra sin enjuagarla y fue cerrada inmediatamente con la tapa.
 - Se llevó lo más rápido posible al laboratorio.
 - Se realizaron los análisis microbiológicos del NMP de coliformes totales y fecales.
 - Se refrigeró cada muestra a 4°C hasta el momento del análisis para minimizar la descomposición microbiológica de los sólidos.
 - Antes de iniciar el análisis, se llevaron las muestras a temperatura ambiente.
- Cabe resaltar que es preferible no almacenar las muestras por más de 8 horas.

M A T E R I A L E S – E Q U I P O S – M E D I O S

Para realizar el procedimiento anteriormente descrito, fue necesario utilizar los siguientes equipos, materiales y medios de cultivo:

E Q U I P O S :

- Nevera
- Autoclave
- Balanza analítica
- Incubadora
- pH - metro
- Horno de secado

M A T E R I A L E S :

- Espátula
- Tubos taparrosca de 18 X 150
- Gradilla
- Pipetas de 10 ml, 1 ml
- Mechero
- Campana Durham²

M E D I O S D E C U L T I V O

- Caldo Lauril Sulfato
- Caldo Verde Bilis Brillante
- Caldo triptófano
- Agar Endo
- Peptona Bacteriológica
- Cajas Petri

E t a p a 2 : P a r a e l o b j e t i v o

Analizar el funcionamiento de los pozos sépticos y establecer las posibles causas que expliquen los niveles de contaminación de Coliformes Totales y Fecales observados.

M e t o d o l o g í a

- Contrastar los resultados de las pruebas microbiológicas de coliformes totales y fecales con las listas de Chequeo implementadas en los predios objeto de estudio.
- Comparar los resultados de los análisis microbiológicos con los valores de los parámetros establecidos por la EPA (United States Environmental Protection Agency).
- Hallar el porcentaje de remoción de Coliformes totales y fecales, con el fin de confrontarlos con las listas de chequeo aplicadas en los predios objeto de estudio.

² Campana Durham: Utilizada para la detección de producción de gases de una bacteria en medio de cultivo líquido. (Nordeste, 2006)

E t a p a 3 : p a r a e l o b j e t i v o

Proponer estrategias de mejora en la eficiencia del funcionamiento de los pozos.

M e t o d o l o g í a

Para proponer las estrategias de mejora de los pozos sépticos, se tuvo en cuenta los análisis de los resultados obtenidos en la metodología anterior.

En la reunión mensual de la junta de la vereda, se socializó los resultados y se llevó a cabo una charla de sensibilización en cuanto a los impactos negativos a la salud y medio ambiente, que pueden presentarse al no realizar una construcción y mantenimiento adecuado a los pozos sépticos.

C A P Í T U L O 4 . A N Á L I S I S Y R E S U L T A D O S

La interpretación de los resultados se llevó a cabo teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- 4.1. Interpretación de las encuestas realizadas.
- 4.2. NMP de coliformes totales y fecales en el Afluente y en el Efluente.
- 4.3. Comparación de los resultados de los análisis de coliformes totales y fecales con los establecidos por la EPA (United States Environmental Protection Agency, 1999)
- 4.4. Confrontación de los resultados obtenidos en las encuestas y los resultados microbiológicos.
- 4.5. Porcentaje de remoción de Coliformes totales y fecales en los pozos sépticos.

N O M B R E D E L O S P R E D I O S A N A L I Z A D O S :

1. **Villa Dani** (4 Habitantes)
2. **San José** (3 Habitantes)

3. Villa Laura (8 Habitantes)
4. Villa San Martín (4 Habitantes)
5. San Sebastián (4 Habitantes)
6. Villa Camila (6 Habitantes)
7. La Marcelita (3 Habitantes)
8. La Pradera (3 Habitantes)
9. Villa Sonia (3 Habitantes)
10. Villa Mariana (7 Habitantes)
11. El Sinaí (4 Habitantes)
12. El Balso (2 Habitantes)
13. La Rosita (3 Habitantes)
14. El Saret (2 Habitantes)

4.1. INTERPRETACIÓN DE LAS ENCUESTAS

Tabla 2. RESULTADO ENCUESTAS APLICADAS A LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO.

1. El diseño y construcción del pozo séptico fue hecho por:	Ingeniero	12
	M a e s t r o d e O b r a	0
	O t r o	2
	C u á l? _ _ _ _ _	P r e f a b r i c a d o
2. ¿Posee las memorias de cálculo y de los planos del sistema de disposición de aguas residuales?	S i	12
	N o	2
3. ¿Posee la documentación exigida por la CRQ para la legalización del sistema?	S i	14
	N o	0
4. ¿Cada cuánto limpia la trampa de grasas?	M e n s u a l m e n t e	4
	B i m e s t r a l m e n t e	8
	S e m e s t r a l m e n t e	0
	A n u a l m e n t e	2
5. ¿Cada cuánto le hace mantenimiento al pozo séptico (Extracción de lodos)?	C a d a a ñ o	12
	C a d a d o s a ñ o s	1
	N o h a c e n i n g ú n t i p o d e m a n t e n i m i e n t o	1
6. ¿Realiza inoculación de bacterias anaeróbicas como parte del mantenimiento del pozo séptico?	S i	12
	N o	2
	B i m e s t r a l m e n t e	12

7. Si la respuesta 6 es afirmativa, ¿Cada cuánto realiza la inoculación?	Semestralmente	0
	Anualmente	0
8. ¿Cuáles es el caudal promedio de la factura del agua?	No cuenta con servicio de agua potable	14
9. ¿Han notado alguna anomalía en el funcionamiento del pozo (malos olores, vectores, animales indeseables, rebosamiento del pozo)?	Si	2
	No	12
	Cuál? _____	Malos Olores

Del 100% de las encuestas aplicadas a los propietarios de los predios, el 86% poseen las memorias de cálculo del diseño del sistema séptico, debido a que fueron diseñados y supervisados por Ingenieros competentes, igualmente dicho porcentaje realiza el mantenimiento de extracción anual de lodos e inoculación bimestral de bacterias anaerobias, lo que con lleva a no presentar malos olores. El 14% realiza la limpieza de la trampa de grasas anualmente, el 29% la realiza mensualmente y el porcentaje restante, bimestralmente.

Cabe resaltar que el 100% cuenta con la documentación exigida por la CRQ para la legalización del sistema y carece del servicio de agua potable.

Tabla 3. REGISTRO LECTURA DE TUBOS POSITIVOS. Fuente: Autoría Propia

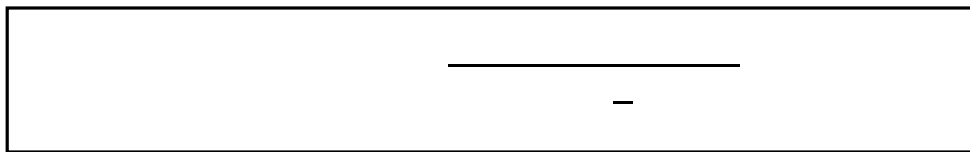
Donde a: Muestra tomada en el Afluyente Donde b: Muestra tomada en el Efluente

N° de muestra y Predios	# de Tubos Positivos de Coliformes Totales			# de Tubos Positivos de Coliformes Fecales		
	10-7	10-8	10-9	10-7	10-8	10-9
Cantidad de muestra sembrada	0,000001	0,0000001	0,00000001	0,000001	0,0000001	0,00000001
1a Villa Dani	5	4	5	5	5	1
1b Villa Dani	5	4	3	5	2	2
2a San José	5	4	4	5	3	4
2b San José	5	2	4	5	3	1
3a Villa Laura	5	5	2	5	4	4
3b Villa Laura	5	5	3	5	4	5
4a Villa San Martín	5	1	4	5	2	2
4b Villa San Martín	4	2	5	2	1	1
5a San Sebastián	5	4	2	5	2	4
5b San Sebastián	5	2	1	3	0	2
6a Villa Camila	5	5	0	5	3	3
6b Villa Camila	5	2	3	5	0	3
7a La Marcelita	5	3	4	5	1	4
7b La Marcelita	4	4	5	3	2	1
8a La pradera	5	3	3	5	2	2

8b La pradera	3	3	4	5	0	5
9a Villa Sonia	5	2	2	5	0	3
9b Villa Sonia	5	0	1	0	2	3
10a Villa Mariana	5	5	1	5	4	2
10b Villa Mariana	5	5	4	5	5	3
11a El Sinaí	5	2	5	4	3	4
11b El Sinaí	4	4	2	3	3	3
12a El Balso	5	5	3	5	5	2
12b El Balso	5	4	3	5	4	1
13a La Rosita	5	3	0	5	1	1
13b La Rosita	5	0	0	3	1	0
14a El Saret	5	4	2	5	4	1
14b El Saret	4	5	5	2	1	0

APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN 1.

Ecuación 1. Ecuación estadarizada por el INVIMA para la obtención del NMP de Coliformes Totales y Fecales.



Ejemplo de la muestra 1ª Villa Dani

5.4.5 en la tabla del NMP equivale a 430

Aplicando la Ecuación 1 tenemos:

Muestra = Coliformes Totales

$$\text{Valor en la tabla del NMP} \times \frac{10}{\text{Valor de la } \frac{d}{T} \text{ Inicial}} = \text{NMP} / 100 \text{ ml}$$

donde: ^d significa dilución
l

$$Muestra = 430 \times \frac{10}{0,000001} = 4.300\ 000\ 000 \text{ NMP/ } 100 \text{ m}$$

Muestra 1a = **Coliformes Totales:** 43×10^8 NMP/100 ml

Muestra 1a = **Coliformes fecales**

$$Muestra 1a = 350 \times \frac{10}{0,000001} = 3.500.000.000 \text{ NMP/ } 100 \text{ m}$$

Coliformes Fecales: 35×10^8 NMP/100 ml

4.2. NMP DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL AFLUENTE Y EN EL EFLUENTE.

Tabla 4. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE NMP APLICANDO LA FÓRMULA.

Fuente: Autoría Propia.

RESULTADOS Muestra	Coliformes Totales NMP/100ml	Coliformes Totales NMP/100ml (Aplicando Ecuación 1)	Coliformes Fecales NMP/100ml	Coliformes Fecales NMP/100ml (Aplicando Ecuación 1)
1.a Villa Dani Afluente	430	43×10^8	350	35×10^8
1.b Villa Dani Efluente	280	28×10^8	95	95×10^7
2.a San José Afluente	350	350×10^8	210	210×10^8
2.b San José Efluente	150	150×10^8	110	110×10^8
3.a Villa Laura Afluente	540	54×10^8	350	35×10^8
3.b Villa Laura Efluente	920	92×10^8	430	43×10^8
4.a Villa San Martín Afluente	110	11×10^8	95	95×10^7
4.b Villa San Martín Efluente	50	50×10^7	9	90×10^6
5.a San Sebastián Afluente	220	22×10^8	150	15×10^8
5.b San Sebastián Efluente	70	70×10^7	13	13×10^7
6.a Villa Camila Afluente	240	24×10^8	180	18×10^8
6.b Villa Camila Efluente	120	12×10^8	58	58×10^7
7.a La Marcelita Afluente	210	21×10^8	110	11×10^8
7.b La Marcelita Efluente	69	69×10^7	17	17×10^7

8.a La Pradera Afluente	180	18×10^8	95	95×10^7
8.b La Pradera Efluente	31	31×10^7	8	80×10^6
9.a Villa Sonia Afluente	95	95×10^7	58	58×10^7
9.b Villa Sonia Efluente	31	31×10^7	9	90×10^6
10.a Villa Mariana Afluente	350	35×10^8	1600	16×10^9
10.b Villa Mariana Efluente	540	54×10^8	920	92×10^8
11.a El Sinaí Afluente	180	18×10^8	52	52×10^7
11.b El Sinaí Efluente	47	47×10^7	28	28×10^7
12.a El Balso Afluente	920	92×10^8	540	54×10^8
12.b El Balso Efluente	280	28×10^8	170	17×10^8
13.a La Rosita Afluente	79	79×10^7	46	46×10^7
13.b La Rosita Efluente	23	23×10^7	11	11×10^7
14.a El Saret Afluente	220	22×10^8	170	17×10^8
14.b El Saret Efluente	81	81×10^7	7	70×10^7

Los valores en la tabla resaltados en negrita, corresponden a que el NMP de microorganismos se encuentra más altos en el efluente que en el afluente

De acuerdo a la EPA (United States Environmental Protection Agency, 1999) los parámetros de referencia para las aguas residuales domésticas son:

Tabla 5. CARACTERÍSTICAS DE LOS PARÁMETROS CONVENCIONALES DE LOS RESIDUOS SÉPTICOS.

Fuente: EPA (United States Environmental Protection Agency, 1999).

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN	
	Mínima	Máxima
Coliformes Totales	$10^7/100 \text{ m L}$	$10^9/100 \text{ m L}$
Coliformes Fecales	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$

Los valores presentados en la tabla anterior, hacen referencia a la concentración promedio mínima y máxima de coliformes totales y fecales presentados en las aguas residuales domésticas según estudios realizados por EPA (United States Environmental Protection Agency, 1999).

**4.3.COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE COLIFORMES
TOTALES Y FECALES CON LOS ESTABLECIDOS POR LA EPA (UNITED STATES
ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1999)**

Tabla 6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE COLIFORMES TOTALES Y VALORES ESTABLECIDOS POR LA EPA

Fuente: Autoría Propia

PREDIO	# de Habitantes	Coliformes Totales NMP/100 ml AFLUENTE (a)	Coliformes Totales NMP/100 ml EFLUENTE (b)	Valores para el efluente Establecidos por la EPA	
				Concentración Mínima	Concentración Máxima
1.Villa Dani	4	43×10^8	28×10^8	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$
2. San José	3	350×10^8	150×10^8	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$
3.Villa Laura	8	54×10^8	92×10^8	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$
4.San Martín	4	11×10^8	50×10^7	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$
5.San Sebastián	4	22×10^8	70×10^7	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$
6.Villa Camila	6	24×10^8	12×10^8	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$
7.La Marcelita	3	21×10^8	69×10^7	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$
8.La Pradera	3	18×10^8	31×10^7	$10^7/100 \text{ mL}$	$10^9/100 \text{ mL}$

9.Villa Sonia	3	95×10^7	31×10^7	$10^7/100 \text{ m L}$	$10^9/100 \text{ m L}$
10.Villa Mariana	7	35×10^8	54×10^8	$10^7/100 \text{ m L}$	$10^9/100 \text{ m L}$
11.El Sinaí	4	18×10^8	47×10^7	$10^7/100 \text{ m L}$	$10^9/100 \text{ m L}$
12.El Balso	2	92×10^8	28×10^8	$10^7/100 \text{ m L}$	$10^9/100 \text{ m L}$
13.La Rosita	3	79×10^7	23×10^7	$10^7/100 \text{ m L}$	$10^9/100 \text{ m L}$
14.El Saret	2	22×10^8	81×10^7	$10^7/100 \text{ m L}$	$10^9/100 \text{ m L}$

Tabla 7. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE COLIFORMES FECALES Y VALORES ESTABLECIDOS POR LA EPA

Fuente: Autoría Propia

PREDIO	# de Habitantes	Coliformes Fecales NMP/100 ml AFLUENTE (a)	Coliformes Fecales NMP/100 ml EFLUENTE (b)	Valores para el efluente Establecidos por la EPA	
				Concentración Mínima	Concentración Máxima
1.Villa Dani	4	35×10^8	95×10^7	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
2. San José	3	210×10^8	110×10^8	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
3.Villa Laura	8	35×10^8	43×10^8	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
4.San Martín	4	95×10^7	90×10^6	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
5.San Sebastián	4	15×10^8	13×10^7	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
6.Villa Camila	6	18×10^8	58×10^7	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
7.La Marcelita	3	11×10^8	17×10^7	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
8.La Pradera	3	95×10^7	80×10^6	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
9.Villa Sonia	3	58×10^7	90×10^6	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$

10.Villa Mariana	7	16×10^9	92×10^8	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
11.El Sinaí	4	52×10^7	28×10^7	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
12.El Balso	2	54×10^8	17×10^8	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
13.La Rosita	3	46×10^7	11×10^7	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$
14.El Saret	2	17×10^8	70×10^7	$10^6/100 \text{ m L}$	$10^8/100 \text{ m L}$

Los resultados microbiológicos obtenidos de Coliformes totales y fecales en los efluentes de los pozos sépticos objeto de estudio, demuestran que el 86% se encuentra dentro de los valores establecidos por la EPA, estando los coliformes totales representados en un número más alto de microorganismos que los fecales, lo que demuestra que la digestión de los microorganismos es activa. Adicionalmente cabe resaltar que los resultados de los análisis guardan coherencia con el número de habitantes en cada predio.

El 14% arroja datos de Coliformes totales y fecales más altos en los efluentes que en los afluentes; lo que pone en evidencia la ineficiencia del pozo séptico. Lo anterior debido que a la salida hay un mayor número de microorganismos, indicando que no se realizó el proceso de descomposición del contenido biológico de las aguas residuales, dando lugar a la multiplicación de microorganismos; de ahí el valor de dicho resultado.

4.4.CONFRONTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENCUESTAS Y LOS RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS.

Teniendo en cuenta que 14 fueron las muestras a analizar, se toma este número como el 100%; por lo tanto 12 pozos que se encuentran dentro de los valores de referencia de la EPA representa el 86% y el 14% los 2 pozos restantes dan lugar a la multiplicación de microorganismos.

- Los resultados microbiológicos obtenidos de Coliformes totales y fecales en los efluentes de los pozos sépticos objeto de estudio, demuestran que el 86% se encuentra dentro de los valores establecidos por la EPA, estando los coliformes totales representados en un número más alto de microorganismos que los fecales, lo que demuestra que la digestión de los

microorganismos es activa y que guarda coherencia con el número de habitantes en el predio. El 14 % arroja datos de Coliformes totales y fecales más altos en los efluentes que en los afluentes; lo que pone en evidencia la ineficiencia de los pozos sépticos. Lo anterior debido a que a la salida hay un mayor número de microorganismos, indicando que no se realizó el proceso de descomposición del contenido biológico de las aguas residuales y por consiguiente se dio lugar a la multiplicación de microorganismos. De ahí el valor de dicho resultado, como se había dicho anteriormente.

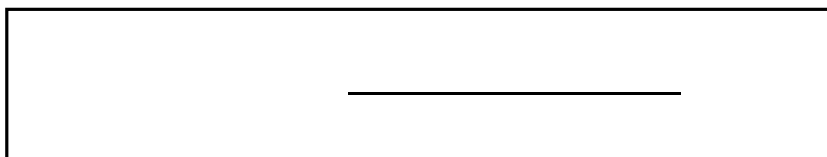
- Al interrelacionar los resultados microbiológicos de coliformes totales y fecales en el afluente y efluente, con las listas de chequeo aplicadas a los propietarios de los predios, se ve reflejado que los 12 pozos que se encuentran dentro de los valores de referencia de la EPA, fueron construidos por ingenieros y poseen tanto las memorias de cálculo como la documentación exigida por la CRQ para la legalización del sistema; además realizan la limpieza del tanque de grasas y la inoculación de microorganismos mensual o bimestralmente y el mantenimiento anual de extracción de lodos. Dichos pozos no presentan malos olores ni rebosamiento, reflejando un funcionamiento efectivo.
- De los 14 pozos analizados, 2 de ellos son ineficientes. Al hacer la interrelación de los resultados microbiológicos de coliformes totales y fecales en el afluente y efluente, con las listas de chequeo aplicadas a los propietarios de los predios, se evidenció que aunque se encuentran dentro de los valores de referencia de la EPA, presentan un mayor número de microorganismos en el efluente que en el afluente; lo que significa que la materia orgánica no está siendo degradada por las bacterias anaeróbicas y que no se realizó el proceso de descomposición del contenido biológico de las aguas residuales, dando lugar a la etapa logarítmica de crecimiento microbiano; lo cual es confirmado en la información obtenida en la aplicación de las encuestas.
- Respecto al predio Villa Laura, los resultados de la encuesta arrojan que el sistema séptico se compone de un tanque prefabricado de fibrocemento de material permeable, cuyos componentes con el tiempo se degradan perdiendo la capacidad estructural y por lo tanto

la efectividad funcional (dejando pasar grasas como también inhibiendo la digestión de las bacterias anaerobias); Cabe resaltar que el propietario del predio manifiesta no tener las memorias de cálculo; a este pozo se le realiza limpieza de la trampa de grasas una vez al año, la extracción de lodos cada dos años, no inocular bacterias anaeróbicas como parte del mantenimiento y constantemente se levantan malos olores.

- El predio Villa Mariana, tiene las mismas características del predio Villa Laura; posee un tanque prefabricado de plástico donde el número de microorganismos de Coliformes Totales y Fecales son más altos en el efluente que en el afluente, a pesar de estar dentro de los valores de referencia de la EPA. Adicionalmente no posee memoria de cálculo, ni los planos del sistema de disposición de aguas residuales; Limpia la trampa de grasas anualmente, no realiza inoculación de microorganismos y en 7 años no ha extraído los lodos del pozo, levantando permanentemente malos olores.

4.5. PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN LOS POZOS SÉPTICOS.

Ecuación 2. Porcentaje de Remoción de Coliformes Totales y Fecales.



Donde:

C_{afluente} : Concentración del afluente $\left(\frac{NMP}{100} ml\right)$

C_{efluente} : Concentración del efluente $\left(\frac{NMP}{100} ml\right)$

Tabla 8. TABLA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES

Fuente: Autoría Propia

PREDIO	% REMOCIÓN Coliformes Totales
1.Villa Dani	34,9
2.San José	57,1
3.Villa Laura	-70,4
4.San Martín	54,5
5.San Sebastián	68,2
6.Villa Camila	50
7.La Marcelita	67,1
8.La Pradera	82,8

9.Villa Sonia	67,4
10.Villa Mariana	-54,3
11.El Sinaí	73,9
12.El Balso	69,6
13.La Rosita	70,9
14.El Saret	63,2

El 79% del total de las muestras, presenta una remoción de coliformes totales mayor al 50% (equivalentes a 11 muestras). Dos de los pozos sépticos arrojan resultados negativos en cuanto a la remoción, esto debido a que la carga microbiana, es más alta en el efluente del pozo que en el afluente, el anterior valor corresponde al 14% del total muestreado.

Cabe resaltar que uno de los predios (Villa Dani) presentó una remoción de 35% concerniente al 7% del total de las muestras; lo anterior debido a que a mayor número de habitantes mayor caudal y menor tiempo de retención, lo que disminuye considerablemente el contacto con los microorganismos descomponedores y por ende el nivel de eficiencia de dicha remoción.

Tabla 9. TABLA DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES

Fuente: Autoría Propia

PREDIO	% REMOCIÓN Coliformes Fecales
1.Villa Dani	72,9
2.San José	47,6

3.V illa L a u r a	- 2 8 , 6
4.S a n M a r t í n	9 0
5.S a n S e b a s t i á n	9 1 , 3
6.V illa C a m i l a	6 7 , 8
7.L a M a r c e l i t a	8 4 , 5
8.L a P r a d e r a	9 1 , 6
9.V illa S o n i a	8 4 , 5
1 0.V illa M a r i a n a	4 2 , 5 (a t í p i c o)
1 1.E l S i n a í	4 6 , 2
1 2.E l B a l s o	6 8 , 5
1 3.L a R o s i t a	7 6 , 1
1 4.E l S a r e t	5 8 , 8

El 71% del total de las muestras, presenta una remoción de coliformes fecales mayor al 50% , lo que equivale a 10 muestras. Uno de los pozos sépticos arroja resultados negativos en cuanto a la remoción, esto debido a que la carga microbiana, es más alta en el efluente del pozo que en el afluyente, el anterior valor corresponde al 7% del total muestreado. Cabe resaltar que dos de los predios (San José y El Sinái) presentaron una remoción menor del 50% .

Por otra parte un predio (Villa Mariana) que representa al 7% del total de la muestra, corresponde a un punto atípico ya que el porcentaje de coliformes totales da negativo y el porcentaje de coliformes fecales arroja resultados positivos. Siendo este resultado incoherente; posiblemente se debe a un error en el procedimiento hecho por los analistas.

C A P Í T U L O 5 . C O N C L U S I O N E S

1. Para la evaluación de la contaminación por coliformes totales y fecales se llevó a cabo los análisis microbiológicos de los Afluentes y Efluentes de 14 pozos sépticos objeto de estudio por el método del NMP, los cuales arrojaron resultados donde se evidencia que del 100% de las muestras, el 86% que corresponden a 12 de ellas se encuentran dentro de los parámetros de referencia establecidos por la EPA, siendo más alta la concentración de microorganismos en el Afluente que en el Efluente y el 14% que representa 2 muestras (a pesar de que se encuentra dentro de lo establecido por la EPA), es más alto el crecimiento de los microorganismos en el efluente que en afluente. Esto nos permite observar que el pozo está funcionando de una manera ineficiente, puesto que hay más microorganismos a la salida.

• En cuanto al predio Villa Dani, los resultados de los análisis microbiológicos de Coliformes Totales y Fecales, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la EPA; al aplicar la lista de chequeo, se evidenció que el pozo fue diseñado y construido por un Ingeniero competente; adicional a ello como mantenimiento se lleva a cabo la remoción de lodos anualmente y la inoculación de microorganismos de forma bimestral. No obstante, la remoción de Coliformes Totales es menor del 35%, por lo que se sugiere calcular los tiempos de retención para determinar con mayor claridad las causas de la baja eficiencia. Para este estudio, dichos tiempos de retención no fueron calculados debido a que los caudales de entrada al pozo son desconocidos, ya que el tener acceso a estos, representa hacer un rompimiento del tubo saliente de la caja de inspección.

Vale la pena resaltar que en la vivienda Villa Dani permanentemente habitan 4 personas, pero la población flotante los fines de semana alcanza hasta los 8 individuos. De esta forma, se aclara que las muestras fueron recolectadas el día sábado, siendo esta la posible razón de la baja remoción de coliformes, ya que los tiempos de retención disminuyen, por el aumento de caudal que se presenta.

Como estrategia de mejoramiento en la remoción, se le sugiere al dueño del predio analizar técnicamente las dimensiones del sistema séptico con el ingeniero que lo diseñó y

construyó, confrontando las dimensiones reales con el uso actual del sistema, teniendo como antecedente que el condominio no cuenta con agua potable y no se tiene un soporte físico del consumo de agua. Para lo anterior, se propone buscar la forma de calcular el caudal para hallar así el tiempo de retención y determinar con mayor claridad las causas de la baja eficiencia de remoción. También se plantea la instalación de un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) para mejorar dicha eficiencia.

- En el caso de Villa Mariana, los análisis microbiológicos de coliformes totales son más altos en el efluente que en el afluente, lo que significa que las bacterias anaerobias no están realizando la degradación de la materia orgánica de una manera óptima, causando la ineficiencia del pozo y arrojando valores negativos en lo que a porcentaje de remoción se refiere. Cabe resaltar que los coliformes fecales a diferencia de los totales, arrojan un porcentaje de remoción positivo, presentando una incoherencia que muy probablemente se trata de un error del analista; para este caso es necesario tomar nuevamente la muestra. Al contrastar los resultados con la lista de chequeo, se evidenció que es un tanque prefabricado de plástico y sólo anualmente se hace la limpieza de la trampa de grasas, adicionalmente en los 5 años que lleva construido, no se le ha extraído los lodos ni se ha llevado a cabo el inoculo de bacterias. Vale la pena anotar que a pesar de cumplir con los límites máximos permisibles en el efluente estipulados por la EPA, el pozo es ineficiente.

Como estrategia de mejoramiento, dicho sistema séptico debe ser recuperado y puesto en marcha por personal competente; también se recomienda realizar el mantenimiento apropiado para conservar la vida útil del mismo y por ende su funcionalidad. Si posterior a la puesta en marcha de las estrategias planteadas con anterioridad; se evidencia que hay menor cantidad de microorganismos en el efluente que en el afluente, pero aun se tiene un porcentaje bajo en la remoción, se sugiere como última instancia la implementación de un FAFA.

- Respecto al caso de Villa Laura sucede lo mismo que en Villa Mariana; existe una mayor cantidad de coliformes totales y Fecales en el efluente que en el afluente. Se contrastaron

los análisis microbiológicos con la lista de chequeo y se observó que el pozo al estar construido con material de fibrocemento y permanecer en uso durante un periodo de 10 años, ha perdido sus características estructurales dejando de remover coliformes y presentando un ineficiente funcionamiento.

Las causas por las cuales posiblemente el sistema séptico de Villa Laura no remueve biológicamente las cargas contaminantes son:

- Los componentes de dicho tanque con el tiempo se degradan perdiendo la capacidad estructural y por lo tanto la efectividad funcional; dejando pasar grasas e inhibiendo la digestión de las bacterias anaerobias.
- La extracción de lodos se realiza cada dos años y el mantenimiento de la trampa de grasas anualmente, lo que impide la digestión óptima de las bacterias anaerobias.
- El pozo fue diseñado con una capacidad menor, ya que el número estimado fue de 6 a 8 habitantes y desde el inicio de la instalación, hacen uso de éste, 10 personas.

Como estrategias de mejoramiento se propone reemplazar el pozo y construirlo preferiblemente en material de mampostería a la luz de la norma del RAS 2000 y por una persona competente para tal fin. De igual forma, tener en cuenta el dimensionamiento adecuado, por medio de la utilización del tiempo de retención teóricamente recomendado y el caudal real entrante al pozo, para hallar el volumen del tanque requerido y obtener un óptimo funcionamiento. Si posterior a la puesta en marcha de las estrategias planteadas con anterioridad no se evidencia una mejoría en la remoción, se sugiere como última instancia la implementación de un FAFA; siempre y cuando los microorganismos del afluente se encuentren en mayor cantidad que los del efluente.

Para los 12 pozos sépticos correspondientes al 86% de las muestras que si cumplen con los valores requeridos por la EPA, que fueron construidos y han sido mantenidos por personal competente, como complemento para un estudio posterior, se recomienda calcular los tiempos de retención y medir los caudales reales, para hallar el volumen ideal para cada uno de ellos y verificar si el volumen actual cumple con dicho volumen ideal (Esto no se

realiza debido a la complejidad y al costo que conllevaría el rompimiento de los tubos y el reemplazo de los mismos).

2. OTRAS ESTRATEGIAS IMPLEMENTADAS

- Por medio de charlas y talleres (Anexo 6) se realizó actividades para sensibilizar a la comunidad, se empodere y asuman la responsabilidad de construir los pozos sépticos a la luz de la norma, como también hacer el mantenimiento adecuado y buen uso de los mismos.
- En una de las reuniones de la junta de Acción Comunal (Anexo 9), se socializó los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto y se hizo entrega de una información sencilla (Anexo 5), acerca del mantenimiento, precauciones que se debe tener en cuenta para preservar la vida útil de los pozos y las principales enfermedades que pueden ser transmitidas a la población por la contaminación de las aguas a partir de los pozos sépticos ineficientes, ya sea por el mal diseño y construcción como por la falta de mantenimiento de los mismos. Esta misma información fue entregada y socializada a todos los aprendices del programa de técnico en gestión ambiental del SENA Regional Quindío, como cumplimiento al compromiso adquirido por el apoyo al préstamo del laboratorio de microbiología para la realización de los análisis microbiológicos (Anexo 10).

3. Es importante resaltar que a pesar que la mayoría de los resultados de los análisis microbiológicos de los afluentes como de los efluentes, se encuentran dentro de los valores establecidos por la EPA y guardan concordancia con la lista de chequeo aplicada a los propietarios de los predios objeto de estudio, se encontraron pozos que aunque arrojaron valores mayores en los efluentes que en los afluentes, dichos valores se encuentran dentro de los parámetros máximos establecidos por la EPA; lo que permite concluir que la comparación de los análisis microbiológicos de coliformes con los valores establecidos por la EPA, no son suficiente evidencia para determinar la eficiencia de los pozos sépticos con vertimiento puntual al suelo; siendo importante incluir otros factores de evaluación como pruebas fisicoquímicas (DBO, DQO, sólidos suspendidos), análisis de los planos y dimensiones del sistema (volumen, caudal, tiempo de retención).

4. En vista que los parámetros de comparación de los resultados microbiológicos fueron tomados de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), donde la topografía, fauna, flora, costumbres socioculturales y económicas son diferentes a las de Colombia, estos valores se encuentran caracterizados dentro del rango establecido para las condiciones propias del país que llevó a cabo el estudio. Lo anterior evidencia que Colombia debe hacer sus propios análisis, con el fin de definir y establecer los parámetros microbiológicos de coliformes totales y fecales en los efluentes de pozos sépticos que vierten sus aguas puntualmente en el suelo y establecer una norma que pueda utilizarse como soporte legal y llenar de esta forma el vacío jurídico existente.

5. Se pudo evidenciar un vacío legal frente a los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos máximos permisibles para pozos sépticos con vertimiento puntual al suelo, viéndose reflejado en la falta de control y veeduría por parte de las instituciones gubernamentales, siendo este un potencial riesgo en la salud pública; lo anterior debido a que el sector rural toma como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domiciliarias, los pozos sépticos mencionados.

BIBLIOGRAFÍA

*METCALF-EDDY, *tratamiento y depuración de las aguas residuales*, Editorial Labor
S.A primera edición Mayo de 1979

*GORDON MASKEW, JHON CHARLES GEYER, DANIEL ALEXANDER OKUN, *Abastecimiento
de agua y remoción de aguas residuales*, Editorial Noruega 1999

*MIGUEL RIGOLA LAPEÑA, *Tratamiento de aguas industriales, Aguas de proceso y residuales*,
Editorial Alfaomega, 1999

*ULRIC P GIBSON, *Manual de los pozos pequeños*, Editorial, Centro Regional de ayuda técnica
Agencia para el desarrollo Internacional AID, México/Buenos Aires 1969

*METCALF-EDDY, *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y Reutilización*,
Editorial MCGRAW -HILL 1996

*MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y
SANEAMIENTO BÁSICO, (s.f.) *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y
Saneamiento Básico. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales
Domésticas y Pluviales.*

*DECRETO 1594. (26 de JUNIO de 1984). *Usos del agua y residuos líquidos. Recuperado de*
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=18617>

*DECRETO-LEY 2811. (18 de DICIEMBRE de 1974). *Código Nacional de Recursos Naturales
Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Recuperado de*
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1551>

*DECRETO 1541. (28 de JULIO de 1978). *Concesiones de Aguas. Recuperado de*
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1250>

*LEY 9 DE 1979. (24 de ENERO de 1979). *Por el cual se dictan las Medidas Sanitarias.*
Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1177>

*DECRETO 1594. (26 de JUNIO de 1984). *Por el cual se reglamenta parcialmente en cuanto a
usos del agua y residuos líquidos. Recuperado de*
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=18617>

*LEY 99. (22 de DICIEMBRE de 1993). *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se
reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y*

los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=297>

**DECRETO 1600 (27 de JULIO de 1994). Por el cual se reglamenta parcialmente el Sistema Nacional Ambiental (SINA) en relación con los Sistemas Nacionales de Investigación*

Ambiental y de Información Ambiental. Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=21606>

**LEY 373 (06 de JUNIO de 1997). Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Recuperado de*

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=342>

**RESOLUCIÓN 1096 (17 de NOVIEMBRE de 2000). Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Recuperado de*

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=38541>

**CONPES 3177 DE 2002. Define las acciones prioritarias y los lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR) Recuperado de*

http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/6/40506/1a_Colombia_DNP_2002_Conpes_3177_Aguas_residuales.pdf

**DECRETO 1729 (06 de AGOSTO de 2002). Por el cual se reglamenta la ordenación de las cuencas hidrográficas bajo liderazgo de la Autoridad Ambiental competente. Recuperado de*

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=5534>

**RESOLUCIÓN 1433 (13 de DICIEMBRE de 2004). Reglamenta una metodología para la formulación, desarrollo y evaluación de los Planes de Saneamiento y Manejo de*

Vertimientos – PSM V. Recuperado de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=15603>

**DECRETO 1200 (20 de ABRIL de 2004). Por el cual se determinan los instrumentos de planificación ambiental y se adoptan otras disposiciones. Recuperado de http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto1200_20040420.htm*

**RESOLUCIÓN 2145 (23 de DICIEMBRE de 2005). Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSM V. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18536>*

**Organismos Presentes En Las Aguas Residuales Regeneradas Que Pueden Afectar La Salud Humana. (s.f.) Tomado de <http://mie.esab.upc.es/arr/T9E.htm>*

**Calidad del Agua. Repositorio Institucional del Sena. (s.f.) Recuperado de http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/*

**Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas. (s.f.) Tomado de <https://es.scribd.com/doc/64265589/2-1218-guia-tecnica-de-diseno-y-ejecucion-de-proyectos-de-agua-y-saneamiento-con-tecnologias-alternativas>*

**Vertimientos y Tratamiento de Aguas. (s.f.) Tomado de <https://es.scribd.com/doc/230348663/Vertimientos>*

**Especificaciones técnicas para la construcción de Tanques Sépticos. (s.f.) Tomado de <http://www.bvsde.paho.org/sde/ops-sde/bvsde.shtml>*

**ADRIANO, C.C., D.F. PRATT y S.E. BISHOP. 1971. Fate of inorganic forms of nitrogen and sat from land disposed manures from dairies. En: Livestock Waste Management and Pollution Abatement. Proceedings of the 2nd Int. Symposium on Livestock Wastes, American Society of Agricultural Engineers Proceedings No. 271.*

- *AKIN, E.W., W.HY. BENTON y W.F. HILL. 1971. *Enteric viruses in ground and surface waters: A review of their occurrence and survival. Proc. 13th Water Quality Conference, Virus and Water Qual. Occurrence and Control. Univ. Illinois.*
- *BINNIE y PARTNERS. 1975. *Water supply and sanitation for Male (Maldives). Final report.. Binnie y Partners Consulting Engineers, London.*
- *BITTON, G., J.M. DAVIDSON y S.R. FARRAH. 1979. *On the value of soil columns for assessing the transport pattern of viruses through soils: A critical outlook. Water, Air and Soil Pollution 12,*
- *GLORIA RUIZ, (s.f.) *Monitoreo del agua para crear conciencia. Tomado de <http://www.elnuevodia.com/monitoreodelaguaparacrearconciencia-954331.html>*
- *ALEJANDRA M. GARCÉS JARAMILLO, *Operación y Mantenimiento del Sistema de tanque Séptico – FAF A (s.f.).*
- *MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales.*
- *Gurrumia. (s.f.). *Recuperado el 12 de 06 de 2014, de gurrumia: <http://gurrumina.galeon.com/aficiones1692939.html>*
- *Lewis, W. J., Foster, S. S., & Drasar, B. S. (1988). *Textos Completos. Recuperado el 12 de 09 de 2014, de [Textos Completos: http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/repind46/analisis/analisis.html](http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/repind46/analisis/analisis.html)*
- *Tolcachier, A. J. (s.f.). *Libro Virtual IntraMed. Recuperado el 16 de 09 de 2014, de Libro Virtual IntraMed: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/salud_ambiente/File/5.pdf*

* *University of Quintana Roo Programa MIRC. (1999). Pasos Para Construir Tu Propia Fosa Séptica. Recuperado el 07 de 10 de 2014, de Pasos Para Construir Tu Propia Fosa Séptica: http://www.crc.uri.edu/download/septicmanual_ok.pdf*

* *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP) (s.f.). Obtenido de depa.fquim.unam.mx: depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/P7_NMPcoliformes_19617.pdf*

* *Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP) (09 de Mayo de 2013). Obtenido de depa.fquim.unam.mx: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Analisis_Agua_NMP_22309.pdf*

* *Giraldo, M. S. (26 de Octubre de 2013). Repositorio Institucional Universidad de Manizales. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Manizales: <http://ridum.manizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/547>*

* *Salento-quindio.gov.co. (s.f.). Obtenido de salento-quindio.gov.co: http://salentoquindio.gov.co/apc-a/files/37643334643038666139343436343766/COMPONENTE_RURAL.pdf*

* *United States Environmental Protection Agency. (Septiembre de 1999). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Obtenido de Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/septic_fs_septage_sp.pdf*

* *Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud. (2003). Obtenido de*

http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/ettanque_septico.pdf

*Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud. (2003). *bvsde*. Obtenido de *bvsde*:

http://www.bvsde.paho.org/tecapro/documentos/sanea/etTrampa_grasa.pdf

*Dávila, R. F. (2013). Obtenido de

<http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTM Lobj744/sistemaSepticoconstruccion.pdf>

*Dávila., R. F. (s.f.). Universidad de Puerto Rico. Obtenido de Universidad de Puerto Rico:

<http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTM Lobj-744/sistemaSepticoconstruccion.pdf>

*El Colombiano. (06 de Marzo de 2012). Obtenido de El Colombiano:

http://www.elcolombiano.com/historico/cuatro_millones_de_colombianos_continuan_sin_agua_potable-BBEC_172627

*Insumos y Tecnología Para La Industria Alimentaria. (13 de Julio de 2013). *Insumos y Tecnología Para La Industria Alimentaria*. Obtenido de *Insumos y Tecnología Para La Industria Alimentaria*: <http://www.cimpaltda.com/modulo/quimicos/tego%2051.pdf>

*INVIMA. (1998). *Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológico*. En *INVIMA, Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológico* (pág. 128). Santafé de Bogotá.

*Junta Directiva Condominio Costa del Campo. (2015). *Condominio Costa del Campo*. Obtenido de *Condominio Costa del Campo*:

<http://www.condominiocostadelcampo.com/descargas/otros/gu%C3%ADa-cuidadopozo-septico.pdf>

*López, K. S. (26 de Mayo de 2010). *Slideshare*. Obtenido de *Slideshare*:

<http://es.slideshare.net/ditadna/pruebas-bioquimicas-4317750>

*M aritza Hidalgo Santana, E. M. (2010). Universidad de Antioquia. Obtenido de Universidad de Antioquia:

<http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/1304/1/DiagnosticoContaminacionAguaResidualesDomesticasCuencaBajaQuebradaMacanaSanAntonioPrado.pdf>

*Miliarium. (s.f.). Obtenido de Miliarium:

<http://www.miliarium.com/Proyectos/Depuradoras/manuales/tesis/uasbII.asp>

*Nordeste, U. N. (2006). Biología. Obtenido de Biología:

<http://www.biologia.edu.ar/microgeneral/portada-TP1.pdf>

*Pinto, A. (2013). Ingeniería Real. Obtenido de Ingeniería Real:

<http://ingenieriareal.com/comohacer-un-pozo-septico-en-pocos-pasos/>

*Rotoplast. (s.f.). Obtenido de Rotoplast: www.rotoplast.com.co/wp-content/uploads/SistemaSeptico-domiliario-diagrama.jpg

*Universidad de Salamanca. (s.f.). Centro De Investigación Y Desarrollo Tecnológico Del Agua.

Obtenido de Centro De Investigación Y Desarrollo Tecnológico Del Agua:

<http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

*Universidad del Valle, I. C. (10 de Octubre de 2005). Obtenido de

http://objetos.univalle.edu.co/files/Programa_de_Saneamiento_ambiental_rural_en_el_departamento_del_Valle_del_Cauca_Sanear.pdf

*Vergara, J. A. (05 de Septiembre de 2012). Instituto Nacional de Salud. Obtenido de Instituto

Nacional de Salud: [http://www.ins.gov.co/lineas-de-](http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/SubdireccionVigilancia/Informe%20de%20Evento%20Epidemiologico/EDA%202012.pdf)

[accion/SubdireccionVigilancia/Informe%20de%20Evento%20Epidemiologico/EDA%202012.pdf](http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/SubdireccionVigilancia/Informe%20de%20Evento%20Epidemiologico/EDA%202012.pdf)

BIBLIOGRAFÍA PARA IMÁGENES

[1] Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Citado Enero 2016).
Recuperado de:

<http://ssiglwps.igac.gov.co/ssig12.0/visor/galeria.req?mapaId=7&title=Mapa%20Base>

[2] Metcalf & Eddy (1985). (Citado Feb 2015).

[3] Rotoplast (Citado Feb 2015) Recuperado de:

www.rotoplast.com.co/wpcontent/uploads/Sistema-septico-domiciliario-diagrama.jpg

[4] Aguasaludable.net. (Citado Feb 2015) Recuperado de:

<http://aguasaludable.net/MyImages/Amenija1%2046.jpg>

[5] Universidad Nacional Abierta Y A Distancia – UNAD (2013). (Citado Feb 2015).

Recuperado de: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/Modulo_verson_julio_2013.pdf

CAPITULO 6. ANEXOS

ANEXO 1. PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO.

• PEPTONA BACTERIOLÓGICA

Preparación

Disolver 1 gramo de Peptona bacteriológica en 1 litro de agua destilada y esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121°C. pH: 7.2 +/- 0.1 El medio se consigue en el comercio en forma deshidratada

• CALDO LAURIL SULFATO:

Preparación

Disolver 35,6 g de caldo lauril sulfato en 1 litro de agua destilada, distribuir 10 ml en tubos de ensayo provistos de campanas Durham invertidas y esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121°C. pH: 7.2 +/- 0.1 El medio se consigue en el comercio en forma deshidratada.

Fundamento:

Por la presencia de Sodio Laurilsulfato queda inhibida la totalidad de la flora secundaria. El resto de los componentes constituyen los soportes nutritivo, energético, salino y regulador del pH necesario para el buen desarrollo de los Coliformes. La detección de gas se hace con campanas de Durham.

• **CALDO LACTOSADO BILIS VERDE BRILLANTE AL 2% (BRILLA)**

Preparación

Disolver 40 g en un litro de agua destilada, distribuir 10 ml en tubos de ensayo provistos de campanas de Durham invertidas y esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121°C. pH: 7.2 +/- 0.1
El medio se consigue en el comercio en forma deshidratada.

• **AGAR ENDO**

Preparación

Disolver 39 g en un litro de agua destilada, esterilizar 15 minutos en autoclave y verter en placas. pH: 7.4 +/- 0.2, El medio se consigue en el comercio en forma deshidratada

ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DE POZOS SÈPTICOS POR EL MÈTODO DEL NÙMERO M ÁS PROBABLE (NMP)

PRINCIPIO :

La técnica del número más probable (NMP) utiliza una dilución múltiple de una población hasta su extinción para obtener un valor aproximado que se ha probado en poblaciones estimadas de microorganismos especialmente en casos donde la densidad encontrada es muy baja.

En la técnica de fermentación por tubos múltiples, los resultados se expresan en términos de Número Más Probable (NMP) en 100 ml. Este número está basado en ciertas fórmulas de probabilidad y es un estimado de la densidad media de Coliformes en la muestra.

La técnica de tubos múltiples no debe ser considerada como ejercicio estadístico sino como un medio de valorar la densidad de coliformes en un agua y su calidad sanitaria.

El medio utilizado contiene verde brillante que inhibe los organismos Gram positivos (+) mientras que el grupo coliaerogenes se le reconoce por la rápida formación de gas por fermentación de la lactosa.

GENERALIDADES:

Se entiende por Coliformes (Coliformes totales) a un grupo de bacterias clasificadas dentro de la familia Enterobacteriaceae con forma de bacilos Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas dentro de las 24 a 48 horas de incubación a temperatura entre 35-37 °C, Flora normal del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente, por lo tanto son expulsadas en las heces, aunque también se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, agua y suelo.

Si se considera este grupo en relación con la familia Enterobacteriaceae incluye los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. (*Técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP)*)

El grupo de Coliformes **fecales**, está constituido por bacterias Gram -negativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 24- 48 h de incubación a $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$, a este grupo pertenece la *Escherichia coli*. Cabe anotar que cuando se determina la presencia de Coliformes Totales se debe identificar si hay presencia de Coliformes fecales. (*Técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP)*, 2013)

Escherichia coli es un bacilo corto Gram negativo que se encuentra clasificado dentro de la familia Enterobacteriaceae (bacterias entéricas), existe como comensal en el intestino delgado de humanos y animales. Sin embargo, existen algunas cepas de *E. coli* patógenas que provocan enfermedades diarreicas. Estas se clasifican con base en las características que presentan sus factores de virulencia únicos, cada grupo provoca enfermedad mediante un mecanismo diferente. Se sabe que

sus propiedades de adherencia a las células epiteliales de los intestinos grueso y delgado son codificadas por genes situados en plásmidos. De manera similar las toxinas son mediadas por plásmidos o fagos.

FUNDAMENTO :

La determinación de microorganismos Coliformes totales por el método del Número más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad que tiene la mayoría de las bacterias de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 24-48 horas de incubación, utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares.

Esta determinación consta de tres fases, la fase presuntiva, confirmativa y final.

En la **fase presuntiva** se utiliza el caldo lauril triptosa o caldo lactosa, la **fase confirmativa** para Coliformes totales utiliza el caldo verde bilis brillante y para Coliformes fecales el agar Endo.

La **fase completa** se realiza para llevar un control de calidad y permite establecer o no la presencia de Coliformes

En la fase **presuntiva** el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio o caldo lactosa, el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar la lactosa como fuente de carbono.

Durante la fase **confirmativa** se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante, el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante.

La determinación del número más probable de microorganismos Coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $44.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 h.

En la fase **final** se evidencia colonias en su mayoría verdes con brillo metálico en un agar selectivo para bacterias Gram negativas (MacConkey, Endo) incubado a 37°C por 24-48 horas y en caldo triptófano por el mismo periodo de incubación a una temperatura de 44.5 °C (*Técnica de diluciones en tubo múltiple (número más probable o NMP), 2013*)

PRECAUCIONES EN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA:

- Es prohibido comer, beber y fumar en la mesa del laboratorio
- Las mesas de trabajo deben tener superficies lisas para limpiar y desinfectar con facilidad antes y después de terminar el trabajo diario. Se pueden desinfectar con hipoclorito de sodio al 2% , fenol al 5% o tego³.
- Colocar tapones de algodón a las pipetas antes de esterilizar
- Una vez utilizadas las pipetas, colocarlas inmediatamente en una solución desinfectante (hipoclorito de sodio al 2%)
- Enfriar el asa de inoculación dejándola airear de 10-15 segundos para no crear aerosoles microbianos al introducirla caliente a los cultivos.
- Colocar en un recipiente adecuado todo el material contaminado para esterilizar en el autoclave, antes del proceso de lavado
- Si el material contaminado se derrama, agregar hipoclorito de sodio al 2% sobre el área contaminada y cubrir con toallas de papel absorbente por lo menos 15 minutos antes de limpiar.
- Ser cuidadoso. La mayoría de los microorganismos que se manejan en el laboratorio pueden ser patógenos.
- Los elementos para el estudio microbiológico deben ser cuidadosamente lavados con Extran⁴ y hacerles un enjuague final con agua destilada para posteriormente ser esterilizados.

³ Tego: Desinfectante. Posee un efecto comprobado contra las bacterias gram positivas y gram negativas, mohos, levaduras y contra un espectro limitado de virus. (Insumos y Tecnología Para La Industria Alimentaria, 2013)

⁴ Extran: Jabón neutro para el lavado del material de vidrio. Se caracteriza por no dejar residuos ácidos o alcalinos que puedan interferir en el crecimiento de los microorganismos.

RECOMENDACIONES TÉCNICAS PREVIAS A LOS ANÁLISIS:

- Iniciar el análisis tan pronto como sea posible, después de haber llegado la muestra al laboratorio
- En caso de no poder realizar el análisis en las primeras horas después de haber sido recolectadas las muestras, estas deben ser refrigeradas entre 0-5°C, y deben analizarse en un plazo máximo de 3 días.
- El material a utilizar en el análisis, debe ser esterilizado con anterioridad al procesamiento o análisis de las muestras.
- Se deben preparar los medios de cultivo de acuerdo con el número de muestras a analizar.
- Marcar los tubos con el número correspondiente a cada muestra por analizar.
- Trabajar lo más cerca posible del mechero, flameando la boca de los frascos y tubos.
- En lo posible trabajar en una cabina de flujo laminar
- Desinfectar con alcohol antiséptico, el sitio donde se vaya a extraer la muestra para la preparación de las diluciones.
- Utilizar pipeta por dilución.
- No calentar las pipetas en el mechero.
- El tiempo transcurrido entre la preparación de las diluciones y el vertido del medio no debe superar los 20 minutos, es preferible que sea inferior a los 10 minutos.
- La temperatura del medio debe ser la correcta (45-50°C) de tal manera, que al mezclarlo con la dilución del alimento no sean inactivados los gérmenes.
- Hacer siempre controles de esterilidad del medio de cultivo y del agua de dilución empleada.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los microorganismos patógenos se presentan en las aguas residuales y contaminadas en cantidades muy pequeñas y, además, resultan difíciles de aislar y de identificar. Por ello se emplea el organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar. El tracto intestinal humano contiene innumerables bacterias con forma de bastoncillos, conocidas como organismos coliformes. A parte de otras clases de bacterias, cada ser

humano evacua de 100.000 a 400.000 millones de organismos coliformes cada día. Por ello, se considera que la presencia de coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquéllos es un indicador de que las aguas están libres de organismos que puedan causar enfermedades. Los organismos coliformes patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería bacilar y profusas diarreas. Debido a la alta infecciosidad de estos organismos, cada año son responsables de un gran número de muertes en países con escasos recursos sanitarios, especialmente en zonas tropicales. (Universidad de Salamanca)

ANEXO 3. PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES POR EL MÉTODO NMP.

PRUEBA PRESUNTIVA

Con una pipeta estéril tomar una alícuota de 10 ml de la muestra original y pasarla a un frasco bacteriológico que contiene 90 ml de peptona bacteriológica obteniendo de esta manera una dilución de 10^{-1} .

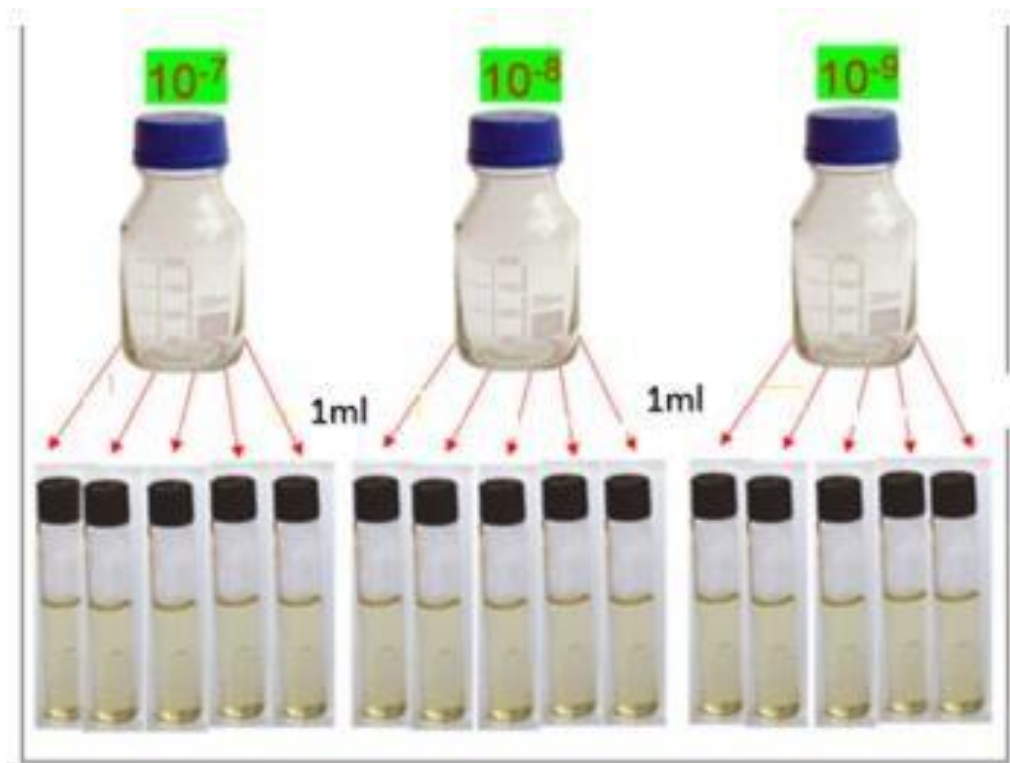


Ilustración 14. Diluciones.

Fuente: Autoría Propia.

- Agitar el frasco de la dilución 10^{-1} con otra pipeta estéril tomar una alícuota de 10 ml y llevarlo a otro frasco con 90 ml de peptona bacteriológica estéril para obtener una dilución de 10^{-2}
- Agitar el frasco de la dilución 10^{-2} y con otra pipeta estéril tomar una alícuota de 10 ml y llevarlo a otro frasco con 90 ml de peptona bacteriológica para obtener la dilución 10^{-3}

- Proceder de la misma manera hasta obtener las diluciones 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9}
- Inocular asépticamente con pipeta de 1 ml, 1 ml de muestra por quintuplicado en tubos taparrosca que contienen cada uno 10 ml de caldo laurilsulfato y campanas de fermentación a partir de las diluciones 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9}
- Incubar a 35-37 °C por 24 a 48 horas. De acuerdo a las técnicas nacionales e internacionales, a las primeras 24 horas se lleva a cabo una lectura para ver si ha habido crecimiento de microorganismos. En caso de que en la primera lectura (a las primeras 24 horas) no se haya presentado crecimiento, se deja otras 24 horas debido a que pueden haber microorganismos de crecimiento lento. Si al cabo de las 48 horas no se hay evidencia de crecimiento microbiológico, se informa de acuerdo a la técnica establecida por las normas del INVIMA o NTC⁵.



⁵ NTC: Norma Técnica Colombia.

Ilustración 15. Siembra de las respectivas diluciones

Fuente: Autoría Propia

- Después de 24 horas de incubación, efectuar una primera lectura para observar si hay tubos positivos, es decir, turbios con producción de ácido y gas en el interior de la campana Durham.
- Al hacer esta verificación es importante asegurarse que la producción de gas sea del resultado de la fermentación de la lactosa o de carbohidratos, en cuyo caso se observará turbidez en el medio de cultivo, y no confundir con burbujas de aire.
- Para evitar este tipo de confusiones es recomendable revisar las campanas Durham antes de proceder a la inoculación y desechar aquellos tubos cuyas campanas contengan burbujas de aire o de alguna manera eliminar éstas y así poder utilizarlos.

INTERPRETACIÓN:

Negativo: No hay presencia de gas en las campanas de fermentación ni turbidez en los tubos y el examen se da por terminado, reportando la ausencia de Coliformes Totales y Fecales en la muestra analizada menor de 2 NMP/100ml



Ilustración 16. Tubo de Ensayo

Negativo

Positivo: Todos los tubos que dan positivos para la prueba presuntiva (turbio y con gas) se anotan y se procede a realizar la prueba confirmativa para Coliformes fecales.



Ilustración 17. Tubo de Ensayo Positivo

Ejemplo: Si en la siembra anterior, se evidencia un crecimiento de la siguiente manera:

Dilución 10^{-7} → 5 tubos positivos

Dilución 10^{-8} → 3 tubos positivos

Dilución 10^{-9} → 1 tubo positivo

Tabla 10. NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) PARA SERIE DE CINCO TUBOS (INVIMA, 1998)

Cabe aclarar que no existe un manual gubernamental estandarizado, diferente al que presenta la tabla citada a continuación.

TUBOS POSITIVOS				TUBOS POSITIVOS				TUBOS POSITIVOS			
10	1	0.1	N M P	10	1	0.1	N M P	10	1	0.1	N M P
0	0	0	< 2	1	0	0	2	2	0	0	5
0	0	1	2	1	0	1	4	2	0	1	7
0	0	2	4	1	0	2	6	2	0	2	9
0	0	3	5	1	0	3	8	2	0	3	12
0	0	4	7	1	0	4	10	2	0	4	14
0	0	5	9	1	0	5	12	2	0	5	16
0	1	0	2	1	1	0	4	2	1	0	7
0	1	1	4	1	1	1	6	2	1	1	9
0	1	2	6	1	1	2	8	2	1	2	12
0	1	3	7	1	1	3	10	2	1	3	14
0	1	4	9	1	1	4	12	2	1	4	17
0	1	5	11	1	1	5	14	2	1	5	19
0	2	0	4	1	2	0	6	2	2	0	9
0	2	1	6	1	2	1	8	2	2	1	12
0	2	2	7	1	2	2	10	2	2	2	14

0	2	3	9	1	2	3	12	2	2	3	17
0	2	4	11	1	2	4	15	2	2	4	19
0	2	5	13	1	2	5	17	2	2	5	22
0	3	0	6	1	3	0	8	2	3	0	12
0	3	1	7	1	3	1	10	2	3	1	14
0	3	2	9	1	3	2	13	2	3	2	17
0	3	3	11	1	3	3	15	2	3	3	20
0	3	4	13	1	3	4	17	2	3	4	22
0	3	5	15	1	3	5	19	2	3	5	25
0	4	0	8	1	4	0	11	2	4	0	15
0	4	1	9	1	4	1	13	2	4	1	17
0	4	2	11	1	4	2	15	2	4	2	20
0	4	3	13	1	4	3	17	2	4	3	23
0	4	4	15	1	4	4	19	2	4	4	25
0	4	5	17	1	4	5	22	2	4	5	28
0	5	0	9	1	5	0	13	2	5	0	17
0	5	1	11	1	5	1	15	2	5	1	20
0	5	2	13	1	5	2	17	2	5	2	23
0	5	3	15	1	5	3	19	2	5	3	26
0	5	4	17	1	5	4	22	2	5	4	29
0	5	5	19	1	5	5	24	2	5	5	32

TUBOS POSITIVOS

TUBOS POSITIVOS

TUBOS POSITIVOS

10	1	0.1	N M P	10	1	0.1	N M P	10	1	0.1	N M P
3	0	0	8	4	0	0	13	5	0	0	23
3	0	1	11	4	0	1	17	5	0	1	31
3	0	2	13	4	0	2	21	5	0	2	43
3	0	3	16	4	0	3	25	5	0	3	58
3	0	4	20	4	0	4	30	5	0	4	76
3	0	5	23	4	0	5	36	5	0	5	95
3	1	0	11	4	1	0	17	5	1	0	33
3	1	1	14	4	1	1	21	5	1	1	46
3	1	2	17	4	1	2	26	5	1	2	64
3	1	3	20	4	1	3	31	5	1	3	84
3	1	4	23	4	1	4	36	5	1	4	110
3	1	5	27	4	1	5	42	5	1	5	130
3	2	0	14	4	2	0	22	5	2	0	49
3	2	1	17	4	2	1	26	5	2	1	70

3	2	2	20	4	2	2	32	5	2	2	95
3	2	3	24	4	2	3	38	5	2	3	120
3	2	4	27	4	2	4	44	5	2	4	150
3	2	5	31	4	2	5	50	5	2	5	180
3	3	0	17	4	3	0	27	5	3	0	79
3	3	1	21	4	3	1	33	5	3	1	110
3	3	2	24	4	3	2	39	5	3	2	140
3	3	3	28	4	3	3	45	5	3	3	180
3	3	4	31	4	3	4	52	5	3	4	210
3	3	5	35	4	3	5	59	5	3	5	250
3	4	0	21	4	4	0	34	5	4	0	130
3	4	1	24	4	4	1	40	5	4	1	170
3	4	2	28	4	4	2	47	5	4	2	220
3	4	3	32	4	4	3	54	5	4	3	280
3	4	4	36	4	4	4	62	5	4	4	350
3	4	5	40	4	4	5	69	5	4	5	430
3	5	0	25	4	5	0	41	5	5	0	240
3	5	1	29	4	5	1	48	5	5	1	350
3	5	2	32	4	5	2	56	5	5	2	540
3	5	3	37	4	5	3	64	5	5	3	920
3	5	4	41	4	5	4	72	5	5	4	1600
3	5	5	45	4	5	5	81	5	5	5	>1600

Se busca en la Tabla 10 (NÚMERO MÁS PROBABLE (NMP) PARA SERIE DE CINCO TUBOS)

5.3.1

Equivale a 110

Se aplica la fórmula

Donde: $10^{-1} = 1$

$$10^{-2} = 0,1$$

$$10^{-3} = 0,01 \quad 10^{-4}$$

$$= 0,001 \quad 10^{-5} =$$

$$0,0001 \cdot 10^{-6} =$$

$$0,00001 \cdot 10^{-7} =$$

$$0,000001$$

$$10^{-8} = 0,0000001$$

$$10^{-9} = 0,00000001$$

$$\text{Valor en la tabla del NMP} \times \frac{10}{\text{Valor de la } \frac{d}{l} \text{ Inicial}} = \text{NMP/100 ml}$$

$$110 \times \frac{10}{0,000001} = 1.100.000.000 \text{ NMP/100 ml}$$

Coliformes Totales = 1.100.000.000 NMP/100 ml

Coliformes Totales = 11×10^8 NMP/100 ml

PRUEBA CONFIRMATIVA

1. Repicar los tubos positivos de la fase presuntiva en

- Caldo Brilla
- Caldo Triptófano
- Agar eosina azul de metileno (EMB)

2. De cada tubo positivo de la prueba presuntiva se replica 1 ml en un tubo que contiene campana de fermentación y 10 ml de caldo verde bilis brillante al 2% .

3. De cada tubo positivo de la prueba presuntiva se replica 1 ml en un tubo que contiene 5 ml de caldo triptófano

4. De cada tubo positivo de la prueba presuntiva se siembra por estría una asada en la superficie de una placa de Agar eosina azul de metileno

5. Incubar los tubos de caldo Brilla y caldo triptófano a 44.5 °C por un periodo de 24 a 48 horas (dichas horas de acuerdo a las Normas técnicas del INVIMA). Cabe aclarar que si a las 24 horas no se ha presentado crecimiento de microorganismos se dejan otras 24 horas más, de aquí que sea de 24 a 48 horas.

6. Incubar las cajas Petri invertidas a 35°C +/- 2°C por 24 horas

Cabe anotar que a las incubadoras se les debe realizar control de temperatura como mínimo 3 veces al día.

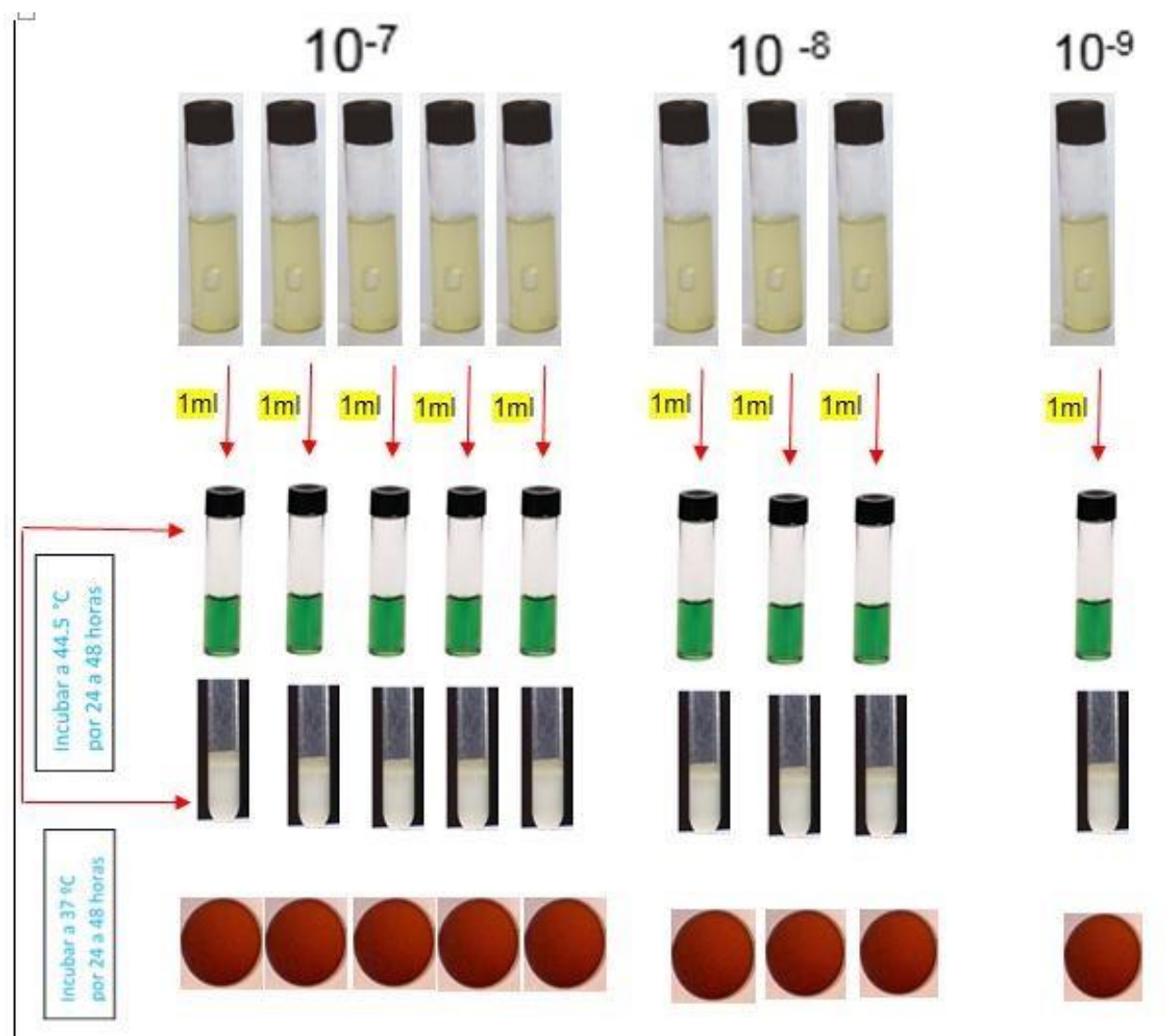


Ilustración 18. Repique de muestras positivas para llevar a cabo la confirmación de los coliformes fecales.

Fuente: Autoría Propia

La lectura final de la prueba se hace una vez terminado el tiempo de incubación de la fase confirmativa.

1. La turbiedad y producción de gas en los tubos de caldo Billa significa que la prueba confirmativa es positiva para Coliformes fecales.

2. Revelar el caldo Triptófano, de los tubos gas positivo, adicionando 0.2 ml del reactivo de Kovac's, agitar suavemente y observar la presencia de un anillo rojo cereza en la superficie indicando la presencia de indol⁶ y se interpreta como **Positivo**, y **negativo** cuando queda el color original de medio.

3. En el medio de cultivo agar Endo identificar colonias verdes con brillo metálico.

Considerar como Coliformes de origen fecal los que demuestren:

Caldo Brilla: Turbio y con gas

Caldo Triptófano: Indol Positivo

Endo: Colonias verdes con brillo metálico

⁶ **Indol:** Es uno de los productos de degradación metabólica del aminoácido triptófano. Las bacterias que poseen la triptofanasa son capaces de hidrolizar y desaminar el triptófano con producción de Indol, ácido pirúvico y amoníaco. La producción de Indol es una característica importante para la identificación de muchas especies de microorganismos. La prueba de Indol está basada en la formación de un complejo rojo, cuando el Indol reacciona con el grupo aldehído del p-dimetilaminobenzaldehído; de tal manera que al adicionar el reactivo de Kovac's al medio de cultivo se forma un alo fucsia en la interfase de estos. (López, 2010)



Metabolizan los Carbohidratos y Producen gas a 44.5 °C.



Indol positivo, la echerichia coli posee la enzima triptofanasa que reacciona con el triptófano del medio de tal manera que al adicionarle dos gotas del reactivo de kovacs, se forma un halo color fucsia en la parte superior del medio.



Colonias Verdes con brillo Metálico.

Ilustración 19. Interpretación de los resultados.

Fuente: Autoría Propia

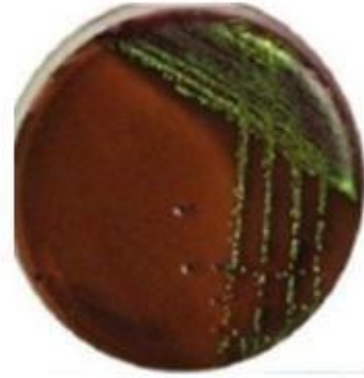
Brilla



Caldo Triptófano



Endo



Turbio y con gas Halo Fucsia en la superficie Colonias Verdes con brillo Metálico

Ilustración 20. Interpretación de resultados.

Fuente: Autoría propia

ANEXO 4. FORMATO ENCUESTAS APLICADAS A LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO.

LISTA DE CHEQUEO

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE POZOS SÉPTICOS

Fecha:

Nombre del predio:

Propietario:

Dirección:

1. El diseño del pozo séptico fue hecho por:

Ingeniero Maestro de Obra otro

¿Cuál?

2. ¿Posee las memorias de cálculo del sistema de disposición de aguas residuales?

SI NO

3. ¿Posee la documentación exigida por la CRQ para la legalización del sistema?

SI NO

4. ¿Cada cuánto limpia la trampa de grasas?

Mensualmente Bimestralmente Semestralmente

A n u a l m e n t e

5. ¿Cada cuánto le hace mantenimiento al pozo séptico (Extracción de lodos)?

Cada Año Cada dos Años

No hace ningún tipo de mantenimiento

6. ¿Realiza inoculación de bacterias anaeróbicas como parte del mantenimiento del pozo séptico?

S I N O

7. Si realiza la inoculación lo hace:

Bim e s t r a l m e n t e S e m e s t r a l m e n t e A n u a l m e n t e

FIRMA DEL ENCUESTADO

FIRMA DEL ENCUESTADOR

**INFORMACIÓN BÁSICA ACERCA DEL MANTENIMIENTO - CUIDADO DEL POZO
 SÉPTICO Y CONSECUENCIAS PARA LA SALUD.**

MANTENIMIENTO DEL POZO SÈPTICO
1. El tanque séptico debe inspeccionarse como mínimo cada año
2. Se debe limpiar cuando los sólidos llegan a la mitad o las dos terceras partes de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo
3. Se recomienda extraer los lodos una vez al año
4. Limpiar la trampa de grasas mensualmente
5. Inocular bimestralmente microorganismos con el fin de que haya una multiplicación continua
6. Se recomienda contratar personal especializado para realizar dicho mantenimiento

CUIDADOS DEL POZO SÈPTICO
1. Utilice agua de manera restringida para no saturar el sistema séptico.
2. Evitar evacuar compuestos como acetona, aceites, alcohol o líquidos en seco al tanque séptico, pues no se descomponen fácilmente.
3. Nunca utilizar cerillos o antorchas para inspeccionar un tanque séptico
4. Cuando se haga la limpieza no se debe extraer la totalidad de los lodos, dejar un volumen que sirva de semilla.
5. No lavar ni desinfectar el tanque después de la extracción de lodos.
6. Utilizar desinfectantes u otras sustancias químicas en el lavado y desinfección de actividades caseras perjudican el funcionamiento del pozo, por lo tanto no se recomienda emplearlos
7. Los lodos extraídos deben ser dispuestos adecuadamente y siguiendo las recomendaciones indicadas para tal fin.

**PRINCIPALES MICROORGANISMOS TRANSMITIDOS AL HOMBRE A TRAVÉS DE LAS AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS**

CONSECUENCIA DE LOS POZOS SÈPTICOS INEFICIENTES A NIVEL DE SALUD
COLIFORMES TOTALES: Dolor abdominal, Inflamación, Diarreas, Disentería bacilar.
ECHERICHIA COLI ENTEROPATOGENA: colitis hemorrágicas puede desarrollar el síndrome urémico hemolítico caracterizado por falla renal y anemia temporal, cólicos severos, dolor abdominal, diarrea sanguinolenta, puede haber o no fiebre, puede llevar a una pérdida permanente de la función renal, deshidratación y muerte.
CLOSTRIDIUM BOTULINUM: Produce el Botulismo, náuseas, vómito, en ocasiones diarreas, fatiga, cefaleas, estreñimiento persistente, visión borrosa, dificultad para tragar y hablar, debilidad muscular, en los casos más graves los músculos involuntarios se paralizan, extendiéndose la parálisis al sistema respiratorio y al corazón, la muerte se produce finalmente por falla respiratorio o cardíaca. En los casos graves se presenta la muerte en el tercero y sexto día de la contaminación. La tasa de mortalidad es alta.
SALMONELLA THYPI: Fiebre, dolor abdominal, Aumento en el tamaño del Bazo y el hígado, cefalea intensa, perforación del intestino con hemorragia.
LEPTOSPIRA: fiebre, dolor de cabeza, escalofrío, dolor muscular (mialgia), altrargía (dolor en las articulaciones), vómito, diarrea, ictericia (color amarillo en la piel y ojos por compromiso hepático) si no se trata a tiempo se presenta daño renal, hepático, meningitis y dificultad para respirar; a esta fase de la leptospirosis se le conoce como enfermedad de weil.
VIBRIO CHOLERA: Si logra atravesar la acidez del estómago, coloniza el intestino delgado causando una grave inflamación del tracto intestinal y comienza produciendo una descarga casi continua de heces líquidas arrastrando la mucosa intestinal, la diarrea contiene sangre y moco, secreción de líquidos y electrolitos trayendo como consecuencia una grave deshidratación; otros síntomas son anorexia, dolor abdominal y vómito, en las formas más graves la pérdida de líquidos por las heces puede superar los 500- 1000 ml/hora y por lo tanto se produce una deshidratación severa, shock hipovolémico y muerte.
HEPATITIS: Produce inflamación del hígado, comienza con una temperatura elevada y de forma repentina, debilitamiento del cuerpo, pérdida del apetito, náusea y disconfort abdominal, seguido de ictericia en casos graves puede producir la muerte.
AMEBIASIS: Dolor abdominal, estreñimiento o diarreas, fiebre, escalofríos, náuseas, vómitos, debilidad, fatiga, fiebre, Deshidratación.
ASCARIS LUMBRICOIDES: Dolor abdominal, anorexia, diarrea, formas severas de la enfermedad se debe, sobre todo, a la obstrucción intestinal y a la migración de los nematodos a conductos biliar y pancreático. Las infecciones crónicas contribuyen a la desnutrición de los escolares y retardo en el crecimiento,

ANEXO 6. TALLER DE SENSIBILIZACIÓN: IMPORTANCIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS POZOS SÈPTICOS DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

C	O	M	R	F	E	O	H	F	T	L	H	B	S	E	M	I	L	L	A
W	N	B	J	G	T	R	Y	L	H	M	K	P	I	U	C	W	S	R	Q
Y	O	L	F	R	W	T	S	C	H	O	L	E	R	A	0	Q	F	T	A
U	M	E	N	S	U	A	L	M	E	N	T	E	G	L	M	S	T	U	D
D	I	M	N	V	B	R	U	Ñ	P	U	A	C	D	K	P	D	U	J	G
R	E	C	J	H	G	F	Q	W	A	N	X	V	L	J	E	F	V	H	T
D	A	S	L	A	P	A	R	O	T	I	Z	T	A	N	T	H	J	D	U
O	D	A	I	T	P	O	C	S	I	M	K	E	V	P	E	J	O	S	O
P	R	D	O	N	B	Z	J	P	T	O	L	D	A	O	N	K	P	W	P
I	E	T	R	Y	F	N	M	D	I	L	O	T	R	G	T	I	H	R	L
M	F	R	F	V	V	E	H	S	S	T	P	F	S	U	E	V	F	Q	G
R	T	U	Y	D	I	R	C	V	R	F	I	H	D	Y	P	C	W	F	B
I	M	H	U	C	O	F	S	T	Y	Z	U	V	R	D	O	D	S	M	F
S	Y	I	X	Z	Ñ	Q	A	U	A	X	J	N	F	W	K	H	Z	X	G
T	O	O	R	E	P	O	G	L	O	N	D	W	T	Q	V	S	A	Ñ	O
R	Ñ	J	P	T	Y	H	U	J	I	O	T	P	G	Y	K	I	M	C	A
E	L	K	L	I	J	Y	H	G	T	F	R	E	K	B	F	U	E	R	T
T	B	I	M	E	S	T	R	A	L	M	E	N	T	E	U	J	L	T	G
E	C	H	E	R	I	C	H	I	A	C	O	L	I	Y	J	E	Q	T	F
T	O	E	N	U	F	T	Y	H	N	M	J	K	L	P	W	I	K	N	C

1. Se recomienda extraer los lodos como mínimo una vez cada
2. El personal para realizar el mantenimiento debe ser
3. ¿Cada cuánto se recomienda limpiar la trampa de grasas?
4. ¿Cada cuánto se recomienda inocular microorganismos?
5. Ya que se puede matar las bacterias anaeróbicas se recomienda no lavar los baños con
6. Después de la extracción de lodos, el tanque no se debe desinfectar ni 7.
Cuando se haga la limpieza no se debe extraer la totalidad de los lodos, dejar un volumen que sirva de
8. ¿Qué produce el Síndrome Urémico Hemolítico?
9. ¿Qué produce inflamación del hígado e ictericia?
10. ¿Qué produce deshidratación severa?

7. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA TOMA DE MUESTRAS EN LA ZONA
OBJETO DE ESTUDIO.



Ilustración 21. Toma de Muestras Villa Dani.

Fuente: Autoría Propia.



Ilustración 22. Toma de Muestras Villa Mariana

Fuente: Autoría Propia .



Ilustración 23. Toma de Muestras Villa Laura.

Fuente: Autoría Propia



Ilustración 24. Toma de Muestras El Saret.

Fuente: Autoría Propia

8. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES.



Ilustración 25. Lectura microbiológica de coliformes totales y fecales.

Fuente: Autoría Propia



Ilustración 26. Lectura serie de cinco tubos.

Fuente: Autoría Propia



Ilustración 27. Tubo Negativo Vs. Tubo Positivo (turbio y con gas)

Fuente: Autoría Propia

9. REGISTRO FOTOGRÁFICO SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS
OBTENIDOS ANTE LA JUNTA DE ACCIÓN COMUNAL.



Ilustración 28. Junta de Acción Comunal Vereda San Juan De Carolina, Colinas del Río.

Fuente: Autoría Propia

10. REGISTRO FOTOGRÁFICO SOCIALIZACIÓN Y ENTREGA DE INFORMACIÓN A APRENDICES SENA, ACERCA DEL MANTENIMIENTO - CUIDADO DE LOS POZOS SÉPTICOS Y CONSECUENCIAS PARA LA SALUD.



Ilustración 29. Socialización del proyecto a estudiantes SENA.

Fuente: Autoría Propia



Ilustración 30. Entrega de información acerca del mantenimiento cuidado del pozo séptico y consecuencias para la salud.

Fuente: Autoría Propia