

**MICROBIOLOGIA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA REGION SUR DEL
MUNICIPIO DE VALLEDUPAR-CESAR.**

**DIANA PAOLA QUINTERO RODRIGUEZ
INDIRA BEATRIZ HERRERA VILLAZON**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA MICROBIOLOGIA
2009**

**MICROBIOLOGIA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA REGION SUR DEL
MUNICIPIO DE VALLEDUPAR-CESAR.**

**DIANA PAOLA QUINTERO RODRIGUEZ
INDIRA BEATRIZ HERRERA VILLAZON**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el titulo de
Microbiólogo**

Asesor técnico y metodológico:

PEDRO JOSE FRAGOSO CASTILLA

Bacteriólogo Enf. Microbiología Agroindustrial

Candidato a Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Asesor Estadístico:

ARNALDO PERALTA

Estadístico

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA MICROBIOLOGIA
2009**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Valledupar, Marzo 3 2009

A Dios quien ilumina mi vida y es todo para mí, guía mis pasos y me da fortaleza,

A mis padres Xenia Del Rosario y William por su apoyo incondicional, por guiarme y estimularme para salir adelante, por sus buenos consejos, por su amor, respaldo y dedicación,

A mis hermanas Shyrlee y Andrea por su gran compañía y por su gran amor,

A mis sobrinos Sebastián y Catalina por darle alegría a mi vida,

A mi familia y amigos por la fuerza impartida para seguir adelante.

A todos ellos les dedico este triunfo

Muchas gracias.....

DIANA PAOLA

A Dios todopoderoso quien llena mi vida de puras bendiciones, y me fortalece con vigor en mi alma.

A mis padres Almis y Jorge por su amor y apoyo incondicional en toda mi carrera y por querer lo mejor para mí.

A mis hermanas Greisy y Vanessa por el cariño y afecto.

A mi novio Expedito por su dedicación y amor.

A ellos les dedico este triunfo

Gracias...

INDIRA BEATRIZ

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos al Dr. Virgilio Calderón Director de la Corporación Autónoma Regional del Cesar Corpocesar, al Ingeniero especializado Jorge Armenta Jiménez por la ayuda en las visitas en campo.

Al gerente de la empresa de servicios Públicos de Agustín Codazzi Emcodazzi ESP Dr. Juan De la Cruz Mejía por facilitarnos el acceso al Laboratorio de control de calidad de Aguas.

A la Universidad Popular del Cesar, por la formación impartida, al programa de Microbiología, a la Dra. Aura Lucia Parada Castro; por su dedicación en esta carrera.

A los profesores Pedro José Fragoso y Arnaldo Peralta, por su paciencia y dedicación

A familiares y amigos por el apoyo y ánimo brindados durante todo este tiempo

CONTENIDO	pág.
INTRODUCCION	14
1.PROBLEMA	16
1.1 TITULO	16
1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICACION	18
1.4 DELIMITACIONES	18
1.4.1 Conceptuales	18
1.4.2 Espacio-Temporales	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
3. MARCO TEORICO	21
3.1 ANTECEDENTES	21
3.2 BASES TEORICAS	23
3.2.1 EL AGUA SUBTERRANEA Y SU IMPORTANCIA	23
3.2.2 POZOS ARTESIANOS	24
3.2.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRANEA	25
3.2.4 PRINCIPALES CONSTITUYENTES QUÍMICOS	25
3.2.4.1 NITRATO NITRITO Y AMONIOS	26
3.2.4.2 EL HIERRO	27
3.2.4.3 EL MANGANESO	27
3.2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS	27
3.2.5.1TURBIEDAD	28
3.2.5.2 COLOR	28
3.2.5.3 OLOR Y SABOR	28
3.2.5.4 TEMPERATURA	29
3.2.5.5CONDUCTIVIDAD RESIDUO SECO Y SOLIDOS DISUELTOS	29
TOTALES	
3.2.5.6 ALCALINIDADES	30
3.2.5.7 DUREZA	30
3.2.6 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIANA DE LAS	31
AGUAS SUBTERRANEAS	
3.2.7 BACTERIAS	31

3.2.8 MICROORGANISMOS MESÓFILOS AEROBIOS	32
3.2.9 CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLOGICA DE LAS AGUAS	32
3.3 MARCO LEGAL	32
4.0 MATERIALES Y METODOS	35
4.1 POBLACION Y MUESTRA	35
4.2 TIPO DE ESTUDIO	35
4.3 TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS	36
4.3.1 Toma de muestras	36
4.3.2 Análisis Microbiológicos	36
4.3.2.1 Recuento de Coliformes Totales y Fecales	37
4.3.2.2 Recuento de Aerobios Mesófilos	37
4.3.2.3 Recuento de Enterococos	37
4.3.3 Análisis Fisicoquímicos	37
4.4 TECNICAS DE ANALISIS DE RESULTADOS	37
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	38
5.1 ANALISIS MICROBIOLOGICOS	38
5.2 ANALISIS FISICOQUIMICOS	45
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	63
ANEXOS	65

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Valores establecidos por la normatividad colombiana vigente	34
Tabla 2. Numero de muestras, fincas de los sitios de muestreo	36
Tabla 3. Resultados Coliformes Totales en los Muestreos	39
Tabla 4. Resultados Coliformes Fecales en los muestreos	41
Tabla 5. Resultados Mesofilos Aerobios en los muestreos	42
Tabla 6. Resultados <i>Streptococos Fecales</i> en los muestreos	44
Tabla 7. Resultados Dureza en los muestreos.	45
Tabla 8. Resultados Nitratos en los muestreos	46
Tabla 9. Resultados Nitritos en los muestreos	48
Tabla 10. Resultados Turbiedad en los muestreos	50
Tabla 11. Resultados Hierro en los muestreos	51
Tabla 12. Resultados Manganese en los muestreos	53
Tabla 13. Resultados pH en los muestreos	54
Tabla 14. Resultados Conductividad en los muestreos	56
Tabla 15. Resultados Temperatura en los muestreos	57
Tabla 16. Resultados SDT en los muestreos	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa puntos de muestreos	19
Figura 2. Contaminación por Coliformes Totales en muestras de aguas examinadas	38
Figura 3. Contaminación por Coliformes Fecales en muestras de aguas examinadas	40
Figura 4. Contaminación por Mesófilos Aerobios en muestras de aguas examinadas	42
Figura 5. Contaminación por Enterococos en muestras de aguas examinadas	44
Figura 6. Contaminación por Dureza en muestras de aguas examinadas	46
Figura 7. Nitratos en muestras de aguas examinadas	47
Figura 8. Nitritos en muestras de aguas examinadas	49
Figura 9. Contaminación por Turbiedad en muestras de aguas examinadas	49
Figura 10. Contaminación por Hierro en muestras de aguas examinadas	51
Figura 11. Contaminación por Manganeso en muestras de aguas examinadas	52
Figura 12. pH en muestras de aguas examinadas	54
Figura 13. Contaminación por Conductividad en muestras de aguas examinadas	55
Figura 14. Temperatura en muestras de aguas examinadas	57
Figura 15. Contaminación por SDT en muestras de aguas examinadas	58
Figura 16. Toma de muestras de agua subterránea en los aljibes para análisis microbiológicos y fisicoquímicos	66
Figura 17. Realizando los análisis microbiológicos	67
Figura 18. Toma de muestras de agua subterránea en aljibes para análisis fisicoquímicos	71
Figura 19. Equipo espectrofotómetro HACC DR2800	72
Figura 20. Kit para determinar Dureza (HANNA INSTRUMENTS)	72
Figura 21. Turbidímetro utilizado para los análisis de turbiedad (HANNA INSTRUMENTS)	73
Figura 22. Equipo multiparametro utilizado en campo	73
Figura 23. Colonias de Coliformes Totales y Fecales	74
Figura 24. Colonias de Enterococos	74
Figura 25. Colonias de mesófilos aerobios.	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Toma de muestra para análisis microbiológicos y fisicoquímicos	66
ANEXO B. Toma de muestras para análisis microbiológico	67
ANEXO C. Protocolo para análisis coliformes totales y coliformes fecales.	68
ANEXO D. Protocolo para análisis mesófilos aerobios	69
ANEXO E. Protocolo para análisis Enterococos.	70
ANEXO F. Procedimiento para análisis fisicoquímicos	71
ANEXO G. Resultados microbiológicos.	74

RESUMEN

De los sectores rurales en la zona sur del municipio de Valledupar, como son los Venados y Caracolí, fueron aleatoriamente seleccionados diez aljibes para determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas subterráneas almacenadas en estos aljibes, empleando como indicadores Coliformes totales, Coliformes fecales, Mesófilos Aerobios y Enterococos (*Streptococos Fecales*) cuantificados por el método de filtración por membrana utilizando medios de cultivo como fueron: Chromocult, Standard Plate Count y Enterocococell

Se encontró que el 100 % de los aljibes presentes no cumple las características higiénicas adecuadas para almacenar agua en condiciones microbiológicas óptimas.

Las muestras de aguas subterráneas presentaron contaminación microbiológica, principalmente por Coliformes totales 2600 UFC/100 ml, Coliformes fecales 2600 UFC/100 ml Mesófilos Aerobios 2600 UFC/100ml, y Enterococos 2600 UFC/100 ml, considerándose no aptas para el consumo humano según la resolución 2115 de 2007 y el decreto 1594/84 ya que la población de estas zonas las utilizan en un 85% para consumo.

Palabras claves: Aguas subterráneas, Coliformes totales, Coliformes fecales, microorganismos.

SUMMARY

Ten reservoirs wells were selected aleatorily of rural sectors in the south area of the municipality of Valledupar, like they are the Venados and Caracolí, to determine the quality microbiological and physiochemical of the underground waters stored in these reservoirs, using as indicative total Coliformes, fecal Coliformes, Aerobic Mesófilos and Enterococos (Fecal Streptococci) quantified by the method of membrane filter using cultivation means like they were: Chromocult, Standard Plate Count and Enterocococell

All the samples of underground waters presented contamination microbiological, mainly for total Coliformes 2600 UFC/100 ml, fecal Coliformes 2600 UFC/100 ml, Aerobic Mesofilos 2600 UFC/100 ml, and Enterococos 2600 UFC/100 ml, being not considered capable for the human consumption according to the resolution 2115 since the population of these areas uses them in 85% for consumption.

Key words: Underground waters, total Coliformes, fecal Coliformes, and microorganisms.

INTRODUCCION

En los países en desarrollo aproximadamente el 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las muertes son causadas por el consumo de agua contaminada y en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se pierde con las enfermedades asociadas con el agua. El estudio de Coliformes como indicadores de contaminación, es una práctica establecida desde hace muchos años, ya que las bacterias constituyen el grupo más importante de agentes patógenos contaminantes del agua y la principal causa de epidemias que tienen su origen en la contaminación fecal. (Pajares, Orlando, 2000).

Los estudios bacteriológicos se han orientado, en su mayor parte a evaluar los efectos de las enfermedades de origen hídrico. Uno de los criterios mas utilizados para determinar la calidad sanitaria del agua, es establecer la clase y número de bacterias que se encuentran presentes en una muestra de agua. El grupo de bacterias Coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; en este caso aguas subterráneas, el número de Coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. (Pajares, Orlando, 2000).

El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad microbiológica de aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar ya que son utilizadas primordialmente para el consumo humano y actividades agrícolas y/o ganaderas, lo cual constituye un riesgo altamente significativo para la salud de los habitantes de esta zona, debido a que las aguas de estos pozos no han sido tratadas previamente y pueden ser susceptibles a contaminación por microorganismos, los cuales pueden causar enfermedades epidémicas como el tifo, el cólera, disentería,

etc. (Mondaca, Campos, 2004). Asimismo, se hace necesario la realización de un estudio de calidad microbiológica y fisicoquímica que sirva como base para el diseño de estrategias para controlar y disminuir la carga microbiana presente en las aguas subterráneas en los sectores rurales de los Venados y Caracolí.

1. PROBLEMA

1.1 TITULO

MICROBIOLOGIA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA REGION SUR DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR

1.2 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Las aguas subterráneas constituyen un recurso estratégico de primera magnitud, siendo ampliamente utilizadas en la actividad agrícola, uso domestico y riego en muchas partes del mundo. Alrededor de la tercera parte del agua que se usa en las ciudades y la industria y la cuarta parte de la que se usa en agricultura son aguas subterráneas. (Gerard, 1999)

Las aguas subterráneas suele ser más difícil de contaminar que las superficiales, en este caso las subterráneas de la región sur del municipio de Valledupar tienen condiciones propicias para la recontaminación por la acumulación de polvo e impurezas que provocan la formación de sedimentos en su interior, convirtiéndose en reservorios de microorganismos patógenos. (Mondaca, Campos, 2004).

En el estudio de evaluación Hidrogeoquímica del agua subterránea en los municipios de Bosconia, Copey, Valledupar, La Paz y San diego ecorregion del valle del río cesar, a través de la ejecución de análisis físico – químicos y microbiológicos realizado por Pedro Fragozo en el año 2007 se encontraron valores mínimos de 280 UFC/100ml de Coliformes y máximos de 599.000 UFC/100ml de Coliformes por lo que es necesario evaluar la presencia de este grupo de microorganismos.

1.3 JUSTIFICACION

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales se deben principalmente al consumo de agua insalubre. La falta de higiene y la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios son algunas de las razones por las que la EDA continúa representando un importante problema de salud en países en vía de desarrollo. (Bolívar, 2004)

El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus y/o parásitos, dado que puede producir la contaminación del agua (si ésta no se trata adecuadamente) al consumirla, provocando que estos microorganismos patógenos que prosperan en ambientes acuáticos, puedan provocar diferentes enfermedades como el cólera, fiebre tifoidea, disenterías, poliomielitis, hepatitis, salmonelosis, entre otras. (Pajares, Orlando, 2000).

Las aguas subterráneas ubicadas en la región sur del municipio de Valledupar, son utilizadas para el consumo humano, actividades agrícolas y/o ganaderas no han sido tratadas, ni se ha hecho un diagnóstico de estas, se hace necesaria la realización de un estudio que permite determinar la calidad microbiológica de esta agua, para que sirva como base para el control y tratamiento de ellas, ya que estas aguas son susceptibles a ser contaminadas por material orgánico que conllevan a la contaminación por microorganismos.

Por estas razones, la realización de este estudio, tendrá como finalidad fundamental determinar la calidad microbiológica de las aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar

1.4 DELIMITACIONES

1.4.1 Conceptuales. Esta investigación está enmarcada en la línea de investigación: Microbiología, del programa de Microbiología, Facultad Ciencias de la Salud de la Universidad Popular del Cesar.

1.4.2 Espacio-Temporales.

Los puntos de muestreos se encuentran en las zonas rurales de los Venados y Caracolí corregimientos del municipio de Valledupar.

Los análisis de esta investigación se realizaron en el laboratorio de Control de calidad de aguas de la Empresa de Servicios Públicos de Codazzi, ubicado en el municipio de Codazzi, departamento del Cesar.

En el periodo comprendido entre abril a septiembre de 2008. Determinando la calidad microbiológica del agua y las características fisicoquímicas de las aguas subterráneas de los pozos artesianos, ubicados en la zona sur de la ciudad de Valledupar.

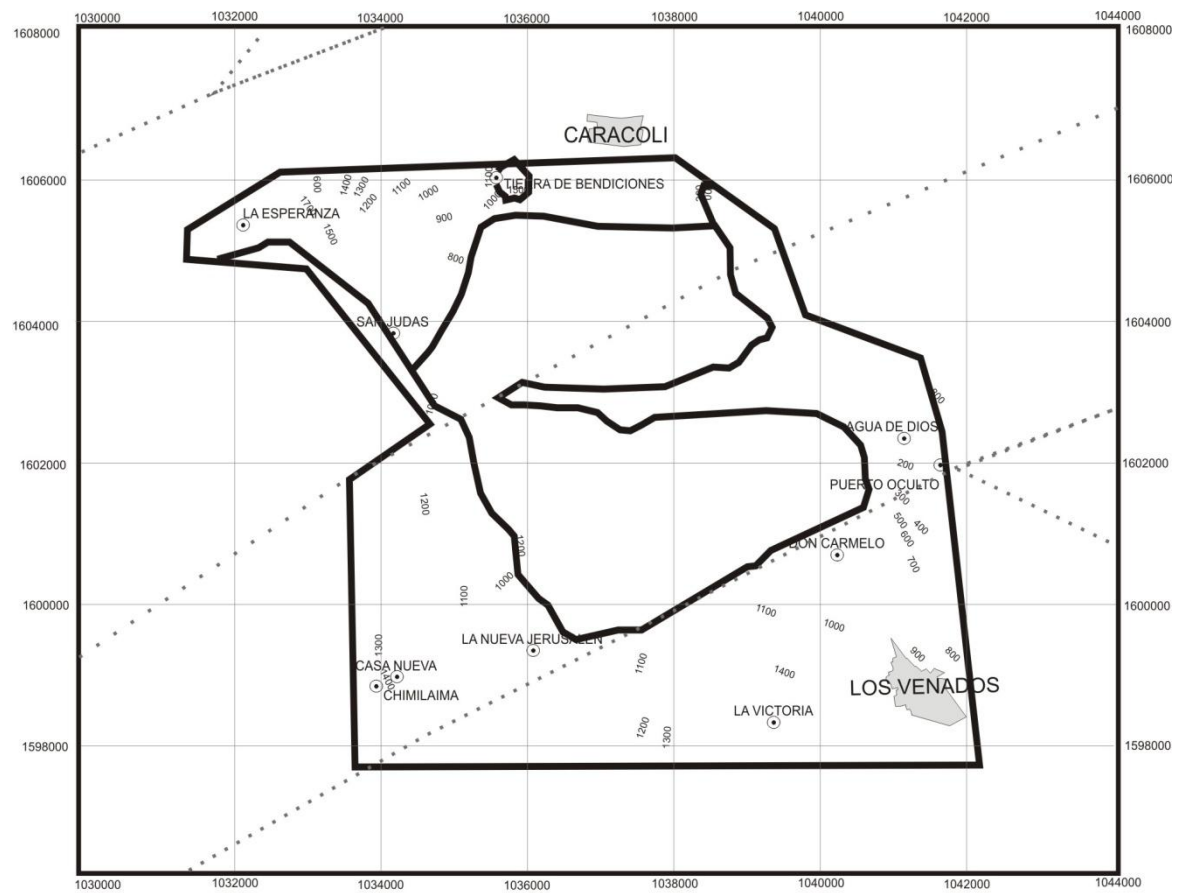


Figura 1. MAPA PUNTOS DE MUESTREO.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad microbiológica de las aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar índices de Coliformes Totales y Fecales, Mesófilos Aerobios y Enterococos
- Realizar pruebas fisicoquímicas de las aguas subterráneas en la región sur del municipio de Valledupar.
- Interpretar los resultados obtenidos y comparar con la normatividad colombiana vigente.

3. MARCO TEORICO

3.1 ANTECEDENTES

En el ámbito mundial se han realizado múltiples investigaciones en este tema, al respecto en el 2001, Nelson Cuéllar, Roberto Duarte realizaron un estudio sobre, la alteración del ciclo hidrológico en el Salvador, donde plasmaron que las aguas subterráneas suele ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación. Existen unos pozos en donde están contenidas estas aguas llamados pozos artesianos que son aquellos tipos de pozo que alcanza un manto cautivo de agua, de forma que como el nivel freático del líquido está por encima de la superficie del pozo, éste mana por si solo elevándose hasta un nivel equivalente al del punto de alimentación de la capa cautiva menos un tanto debido a la pérdida de carga. (Cuellar, Duarte, 2001)

De igual forma en Julio de 2007 Pedro Fragozo realizo una investigación titulada Evaluación Hidrogeoquímica del agua subterránea en los municipios de Bosconia, Copey, Valledupar, La Paz y San diego ecorregion del valle del río cesar, a través de la ejecución de análisis físico – químicos y microbiológicos donde muestreo 160 muestras de agua subterránea y por tanto los resultados de este estudio de caracterización constituyen un soporte técnico para las autoridades ambientales en sus planes de diagnostico del recurso hídrico.

Asimismo, en Uruguay en el 2001 Perdomo C.H, Casanova O.N, Ciganda V.S. Realizaron un estudio sobre: Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y Coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay donde pudieron determinar la identificación del grupo coliforme como indicadores. Éstos son organismos habitualmente asociados al tracto intestinal, cuya presencia en el agua indica que el agua ha recibido una contaminación de origen intestinal; como se ha mencionado anteriormente, el grupo de bacterias Coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; en este caso de aguas subterráneas, el número de Coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. (Perdomo, Casanova, Ciganda, 2001)

Tradicionalmente se han usado ensayos para la determinación de microorganismos indicadores más que para la determinación de patógenos. Los métodos usados para el aislamiento y el recuento de los microorganismos patógenos en agua, alimentos, etc. pueden no ser eficaces debido a que dichos microorganismos se encuentran en muy baja cantidad, sobre todo en presencia de números altos de otros microorganismos, o tienen una distribución irregular en el producto en un estudio realizado en Perú en el 2000 por Pajares Orlando. (Pajares, Orlando, 2000).

En 1999 Kiely Gerard realizo un estudio sobre la contaminación del agua subterránea. Estas constituyen un recurso estratégico de primera magnitud, siendo ampliamente utilizadas en la actividad agrícola, uso domestico y riego en muchas partes del mundo. (Gerard, 1999).

En México en el 2005 Ocampo, Escobedo realizaron un estudio sobre protección de aguas subterráneas donde concluyeron que la circulación subterránea tiende a

depurar el agua de partículas y microorganismos, pero en ocasiones estos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas o residuos agrícolas. El agua subterránea puede contaminarse por otras causas antropogénicas (debidas a los seres humanos), como la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, que suele ser una causa grave de contaminación de los suministros en llanuras de elevada productividad agrícola y densa población. (Ocampo, Escobedo, 2005).

3.2 BASES TEORICAS

3.2.1 EL AGUA SUBTERRANEA Y SU IMPORTANCIA

Las formaciones geológicas que permiten el paso de agua y que permiten su explotación se les conoce como agua subterránea.

Las aguas subterráneas constituyen un recurso estratégico de primera magnitud, siendo ampliamente utilizadas en la actividad agrícola, uso domestico y riego en muchas partes del mundo. Alrededor de la tercera parte del agua que se usa en las ciudades y la industria y la cuarta parte de la que se usa en agricultura son aguas subterráneas. En muchos lugares en los que las precipitaciones son escasas e irregulares pero el clima es muy apto para la agricultura son un recurso vital y una gran fuente de riqueza, ya que permiten cultivar, productos muy apreciados en los mercados internacionales. Su contaminación provoca un impacto directo sobre los ríos y humedales, además de incrementar el costo del tratamiento del agua para el consumo humano y amenazar la seguridad de su suministro. La realización inadecuada en la aplicación de determinadas sustancias, como fertilizantes o fitosanitarios, puede producir la contaminación de esta agua (Gerard, 1999)

Las aguas subterráneas suele ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar. Sucede esto porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. Se calcula que mientras el tiempo de permanencia medio del agua en los ríos es de días, en un acuífero es de cientos de años, lo que hace muy difícil su purificación. Existen unos pozos en donde están contenidas estas aguas llamados pozos artesianos que son aquellos tipos de pozo que alcanza un manto cautivo de agua, de forma que como el nivel freático del líquido está por encima de la superficie del pozo, éste mana por si solo elevándose hasta un nivel equivalente al del punto de alimentación de la capa cautiva menos un tanto debido a la pérdida de carga (Cuellar, Duarte, 2001)

La circulación subterránea tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos, pero en ocasiones estos llegan al acuífero por contaminación debida a los usos humanos, como fosas sépticas, residuos agrícolas. El agua subterránea puede contaminarse por otras causas antropogénicas (debidas a los seres humanos), como la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, que suele ser una causa grave de contaminación de los suministros en llanuras de elevada productividad agrícola y densa población. (Ocampo, Escobedo, 2005)

3.2.2 POZOS ARTESIANOS

Los pozos artesianos son aquellos por donde el agua asciende por su presión hidráulica propia hasta salir a la superficie del terreno o a sus cercanías. Esto sucede siempre que se haya encontrado una corriente del agua subterránea, que circule entre dos capas geológicas impermeables del terreno y que el agua proceda de un punto más alto. Así debido a la ley hidráulica de los vasos comunicantes, el agua llegara a subir por el pozo perforado hasta una altura casi

igual al nivel superior del agua de donde procede. La ventaja de los pozos artesianos es que no necesitan de bomba para elevar el agua. Para la exploración en busca de estos pozos se debe tener en cuenta la configuración geográfica y geológica, pero en todo caso es de difícil descubrimiento. (Castany, 1971)

3.2.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRANEA

Algunos contaminantes se originan de la erosión natural de las formaciones rocosas. Otros contaminantes provienen de descargas de fábricas, productos agrícolas, o químicos utilizados por las personas en sus hogares y patios. Los contaminantes también pueden provenir de tanques de almacenamiento de agua, pozos sépticos, lugares con desperdicios peligrosos y vertederos.

Actualmente, los contaminantes del agua subterránea que más preocupan son los compuestos orgánicos industriales, como disolventes, pesticidas, pinturas, barnices o los combustibles, como la gasolina. (Bosch, 2000)

Pueden encontrarse aguas de pésima calidad (muy sulfatadas, cloruradas, o duras, etc.) sin que por ello se encuentren contaminadas, incluso el hecho de introducir sustancias extrañas puede llegar a mejorar la calidad del agua para un uso determinado (es el caso del exceso de nitratos en la agricultura).

3.2.4 PRINCIPALES CONSTITUYENTES QUÍMICOS.

A pesar de la gran variabilidad de los elementos presentes en el agua subterránea y de la de sus concentraciones estos han sido clasificados completando la clasificación de Freeze y Cherry (1979) por su frecuencia de aparición y valor de concentración decrecientes.

Constituyentes mayoritarios o fundamentales

Aniones: Carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y nitratos

Cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+

Otros: CO_2 , O_2 , SiO_4H_4 , o SiO_2

Constituyentes minoritarios o secundarios

Aniones:

Cationes. Mn , Fe , Li^+ , Sr , Zn .

Constituyentes traza

F^- , S , SH , Br , NO , PO_3 , Al , Ti^+ , Co , Cu , Pb , Ni , Cr , etc.

En condiciones particulares un constituyente minoritario puede alcanzar rangos de concentración que permitan incluirlo dentro de los mayoritarios. En un agua natural dulce estos constituyentes aparecen por lo general en forma iónica (sales casi totalmente disociadas) con menor frecuencia se presentan en forma molecular parcialmente disociadas o como iones complejos de sustancias orgánicas o inorgánicas

3.2.4.1 NITRATO NITRITO Y AMONIOS

Los compuestos nitrogenados presentes en las aguas naturales están íntimamente relacionados con el ciclo del nitrógeno, la mayor parte del nitrógeno aparece en forma gaseosa en la atmósfera (78% en volumen) en forma oxidada constituye una relativamente importante fracción en los suelos y sustancias orgánicas (tejidos de animales o vegetales que lo extraen de la atmósfera para su metabolismo).

El nitrógeno puede aparecer en forma de NH_3 , NH_4 y, por oxidación, estas formas reducidas pueden transformarse en N_2 (gas) y, finalmente en NO_3^- ; que es la forma más usual y estable en que el nitrógeno se presenta en las aguas subterráneas.

Los nitratos pueden estar presentes en las aguas subterráneas bien como resultado de la disolución de rocas que los contengan o por la oxidación bacteriana de materia orgánica. (Freeze, Cherry, 1979)

3.2.4.2 EL HIERRO

Es un elemento esencial para el metabolismo de animales y plantas, en aguas subterráneas suele encontrarse en forma de Fe^{2+} contenido en oxígeno y dependiendo a menudo del contenido del agua en otros elementos (carbonatos, bicarbonato, sulfatos.)

La concentración de este elemento en el agua está controlada por procesos de equilibrio químico como oxidación-reducción, precipitación y disolución de hidróxidos, carbonatos y sulfuros formación de complejos especialmente con materia orgánica y también por la actividad metabólica de animales y plantas. (Freeze, Cherry 1979).

3.2.4.3 EL MANGANESO

Es esencial para el metabolismo de las plantas, se puede encontrar en forma de Mn o en forma de complejo, en cantidades apreciables produce sabor desagradable en el agua lo que evita a menudo su ingestión en grandes dosis, que podría afectar al sistema nervioso central. (Freeze, Cherry 1979).

3.2.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS

El agua subterránea natural como consecuencia de su composición química y de acciones naturales externas presenta una serie de propiedades o características fisicoquímicas como: color, turbidez, sabor, temperatura, conductividad eléctrica, dureza, etc.

Características Físicas:

3.2.5.1 TURBIEDAD

La turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua, es decir, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión.

La turbiedad en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían de tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc. (Romero, 1996).

3.2.5.2 COLOR

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición, y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales.

La determinación del color es importante para evaluar las características del agua, la fuente del color y la eficacia del proceso usado para su remoción; cualquier grado de color es objetable por parte del consumidor y su remoción es el objetivo esencial del tratamiento. (Romero, 1996).

3.2.5.3 OLOR Y SABOR

Los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos, muchas pueden ser las causas, entre las más comunes se encuentran: materia orgánica en

solución, cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas y hongos.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación. (Romero, 1996).

3.2.5.4 TEMPERATURA

La temperatura del agua subterránea, en un punto y momento determinado, representa un estado de equilibrio entre los "aportes" y las "extracciones" caloríficas en ese punto.

A efectos prácticos, puede considerarse que en los acuíferos existe una "zona neutra" de temperatura constante, por encima de la cual la influencia térmica más significativa es la de las variaciones diarias o estacionales de la temperatura ambiente, por debajo de esta zona el factor preponderante es el "gradiente geotérmico" o variación de la temperatura con la profundidad que en áreas continentales, se considera normal cuando es de 3°C/100 m. (Romero, 1996).

Características Químicas:

3.2.5.5 CONDUCTIVIDAD, RESIDUO SECO Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Como consecuencia de su contenido iónico el agua se hace conductora de la electricidad a medida que la concentración iónica aumenta, aumenta también hasta cierto límite la conductividad (C) o capacidad de un agua para conducir la

corriente eléctrica. La unidad de medida de conductividad es $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o mho/cm (mho/cm) ambas equivalentes.

Se denomina "residuo seco" (RS) a las sustancias que permanecen después de la evaporación de un volumen determinado de agua, generalmente un litro, una vez eliminadas las que hubieran estado en suspensión.

El total de sólidos disueltos (TSD) mide el peso de todas las sustancias disueltas en el agua, sean o no volátiles. Aunque residuo seco y total de sólidos disueltos suelen tomarse como sinónimos, no son exactamente equivalentes debido a los procesos de deshidratación, pérdida de CO_2 etc. que se producen al calentar el agua hasta 110°C para determinar el residuo seco. (Castany, 1971)

3.2.5.6 ALCALINIDADES

La alcalinidad de un agua determina su capacidad para neutralizar ácidos esta capacidad debe definirse para ciertos rangos de pH. Así la alcalinidad TAC mide la capacidad de neutralización hasta $\text{pH} = 4.5$ y la alcalinidad TA hasta $\text{pH} = 8.3$. En la mayoría de las aguas naturales la alcalinidad está producida prácticamente por los iones carbonato y bicarbonato aunque, en ocasiones, otros ácidos débiles como el silícico, fosfórico, bórico y ácidos orgánicos pueden contribuir de forma notable al desarrollo de esta propiedad. (Castany, 1971)

3.2.5.7 DUREZA

La dureza de un agua mide la capacidad de ésta para consumir jabón o producir incrustaciones, Aunque en la reacción con jabón para producir compuestos insolubles puede intervenir Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Na, Zn, etc. actualmente la dureza se define en términos de contenido en Ca y Mg (dureza total) menos

utilizados son los términos dureza permanente y dureza temporal que representan la parte de la dureza asociada al cloruro, sulfatos y la parte asociada a las especies carbónicas respectivamente. (Castany, 1971)

3.2.6 INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIANA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La búsqueda de Coliformes como indicadores de contaminación de origen fecal del agua es una práctica establecida desde hace muchos años. En 1895 se propuso una prueba de *Escherichia coli* como índice para determinar la potabilidad del agua de bebida, marcando así el inicio del uso de los Coliformes como indicadores de patógenos práctica que hasta hoy aplican muchos países para la calificación sanitaria. Las bacterias constituyen el grupo más importante de agentes patógenos contaminantes del agua y la principal causa de brotes epidémicos registrados que han tenido su origen en la contaminación fecal son con frecuencia bacterias intestinales patógenas como *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* y también, en menor grado, *Shigella spp.*, *Vibrio cholerae*, *Clostridium spp* y *Bacillus anthracis*. (Gesche, Vallejos, Sáez, 2003).

3.2.7 BACTERIAS

Las bacterias que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se ha buscado un grupo alternativo de indicadores que sean de más rápida y fácil detección. El grupo más utilizado es el de las bacterias coliformes.

3.2.8 MICROORGANISMOS MESÓFILOS AEROBIOS:

Los microorganismos aerobios mesófilos son la flora total compuesta por bacterias, hongos filamentosos y levaduras, aerobios estrictos o facultativos que presentan unas características térmicas intermedias. Este grupo incluye a las bacterias que crecen en aerobiosis con temperatura de incubación entre 15 y 40°C, pudiendo detectar su presencia después de una incubación a 35°C +/- 2°C por 48 horas. (Madigan et al, 1999).

La presencia de estos microorganismos se considera indicador del grado de contaminación de las aguas y como medio de transmisión de enfermedades.

3.2.9 CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLOGICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

A causa de las enfermedades de origen hídrico y el interés de controlarlas, los estudios bacteriológicos del agua se han orientado, en su mayor parte, hacia sus aspectos sanitarios. Uno de los criterios, utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua, es la clase y número de bacterias que se encuentran presentes. En general, los métodos utilizados están diseñados para detectar el grado de contaminación del agua con desechos de origen humano y/o animal. (Mondaca, 2004).

3.3 MARCO LEGAL

La presente investigación se fundamenta en bases legales contenidas en la constitución política de Colombia, las leyes, decretos, resoluciones y normas legislativas entre las que se quiere destacar:

Decreto 1594 de 1984 mediante el cual se expidieron las normas técnicas de calidad de agua potable y para el caso cumplir específicamente con lo ordenado

por el artículo 30 del citado decreto el cual dice “Las instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua para determinar su calidad física, química y microbiológica, serán señaladas por el ministerio de protección social.

Que con el fin de establecer los usos del agua el artículo 29 del decreto 1594 de 1984 establece los valores para determinar la calidad física, química y microbiológica del agua y de esta manera direccionar a las autoridades ambientales sobre los diferentes usos que se le puede brindar al agua.

Para pozos artesianos todavía no hay normas colombianas vigentes (no aplica)
La norma técnica de calidad de Agua potable en Colombia reglamentada en el decreto 1575 de 2007 expedido por el Ministerio de Protección Social.

A continuación se muestran los valores permisibles para los parámetros analizados acorde con la normatividad colombiana ambiental vigente.

Tabla # 1. Valores establecidos por la normatividad ambiental colombiana vigente.

Parámetros	Decreto 1594 1984	Art 38 1594/1984	Art 39 1594/1984	Uso Agrícola	Uso Pecuario	Uso Industrial	Decreto 1575/2007 resol 2115
Temperatura °C	Hasta 40	Hasta 40	NR	NR	Hasta 40	Hasta 40	NR
PH	6,5 -9.0	5,0 - 9,0	6,5 - 8,5	4,5 - 9,0	5,0 - 9,0	5,0 - 9,0	6.5-9.0
Conductividad US/CM	Hasta 1000	NR	NR	NR	NR	NR	Hasta 1000
Sólidos disueltos mg/l	Hasta 500	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Sulfatos mg/l	Hasta 250	Hasta 400	Hasta 400	NR	NR	NR	Hasta 250
Fosfatos mg/l	Hasta 0,2	NR	NR	NR	NR	NR	Hasta 0.5
Hierro mg/l	Hasta 0,3	NR	NR	Hasta 5	NR	NR	Hasta 0.3
Nitratos mg/l	Hasta 10	Hasta 10	Hasta 10	NR	NR	NR	Hasta 10
Nitritos mg/l	Hasta 1,0	Hasta 1,0	Hasta 1,0	NR	NR	NR	Hasta 0.1
Nitrógeno amoniacal mg/l	NR	Hasta 1,0	NR	NR	NR	NR	NR
Nitrógeno total mg/l	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Acidez mg/l	Hasta 50	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Alcalinidad mg/l	Hasta 100	NR	NR	NR	NR	NR	Hasta 200
Dureza cálcica mg/l	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Dureza magnésica	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Dureza total mg/l	Hasta 160	NR	NR	NR	NR	NR	Hasta 300
Manganeso mg/l	Hasta 0,2	NR	NR	Hasta 0,2	NR	NR	Hasta 0.1
Sulfuro mg/l	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Fenol mg/l	Hasta 0,002	Hasta 0,002	Hasta 0,002	NR	Hasta 0,002	Hasta 0,002	NR
Sólidos suspendidos	NR	No	No	NR	NR	NR	NR
Color Hz	Hasta 15	Hasta 75	20	NR	NR	NR	Hasta 15
Turbiedad UNT	Hasta 5	NR	10	NR	NR	NR	Hasta 2
Sólidos sedimentables	Hasta 10	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Sólidos totales mg/l	No	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Coliformes totales	0	20000	1000	5000	1000	1000	0
Coliformes fecales	0	2000	NR	1000	200	200	0
Mesofilos Aerobios	NR	NR	NR	NR	NR	NR	Hasta 100 UFC/100ml

NR: No referenciado

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 POBLACION Y MUESTRA

Este trabajo tomo en consideración las muestras almacenadas en aljibes ubicados en los sectores rurales de los Venados y Caracolí, corregimientos de la ciudad de Valledupar, se seleccionaron 10 aljibes, el estudio incluyo la identificación de Coliformes totales, Coliformes fecales, Enterococos, Mesófilos Aerobios y análisis fisicoquímicos.

Los nombres de los predios son los siguientes: Agua de Dios, Puerto Oculto, Don Carmelo, Chimilaima, La Victoria, Nueva Jerusalén, Casa Nueva, San judas, La esperanza y Tierra de Bendiciones.

Para los fines del presente trabajo de investigación se seleccionaron de manera aleatoria y representativa para su estudio los diez aljibes de los sectores rurales de los Venados y Caracolí, corregimientos de la ciudad de Valledupar, según la información obtenida por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar).

El muestreo se realizo desde los meses de abril hasta septiembre del año 2008.

4.2 TIPO DE ESTUDIO

Este trabajo se desarrolló mediante un estudio exploratorio y prospectivo.

4.3 TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS

4.3.1 Toma de muestras. Las fincas de los sectores rurales de los Venados y Caracolí que participaron en el estudio se encuentran consignados en la tabla 2, junto con el número de muestras, diez aljibes o pozos artesianos fueron examinados y tomar las muestras para análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Las muestras de agua fueron tomadas de acuerdo a las especificaciones del Standard Methods (APHA, 1998). (Anexo A.)

Tabla 2. Numero de muestras, fincas de los sitios de muestreo

NUMERO DE MUESTRAS	FINCAS
8	Agua de Dios
8	Puerto oculto
8	Don Carmelo
8	La victoria
8	Nueva Jerusalén
8	Casa nueva
8	Chimilaima
8	San judas
8	La esperanza
8	Tierra de bendiciones

4.3.2 Análisis Microbiológicos. Las muestras fueron transportadas al laboratorio en unas cavas de icopor con hielo para realizar el análisis de los siguientes parámetros microbiológicos: recuento de Coliformes totales y Coliformes fecales, Enterococos y Mesófilos Aerobios según método de filtración por membrana. (Anexo B.)

4.3.2.1 Recuento de Coliformes totales y Coliformes fecales. Se empleó el método de filtración por membrana del Standard Methods (APHA, 1998). (Anexo C)

4.3.2.2 Recuento de Mesófilos Aerobios. Se empleó el método de filtración por membrana del Standard Methods (APHA, 1998). (Anexo D)

4.3.2.3 Recuento de Enterococos. Se empleó el método de filtración por membrana del Standard Methods (APHA, 1998). (Anexo E)

4.3.3 Análisis Fisicoquímicos. Las muestras fueron transportadas al laboratorio en cavas de icopor con hielo, para realizar los análisis de los siguientes parámetros fisicoquímicos:

Dureza, Nitratos, Nitritos, Turbiedad, Hierro, Manganeseo, y los siguientes fueron analizados en campo: pH, Conductividad, Temperatura, SDT (sólidos disueltos totales). (Anexo F)

4.4 TECNICAS DE ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron analizados haciendo uso de la estadística descriptiva evaluando los datos obtenidos para cada variable con distribuciones de frecuencias representadas como tablas y gráficos.

Se empleo el método estadístico STATGRAPHICS plus (Anova Simple)

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

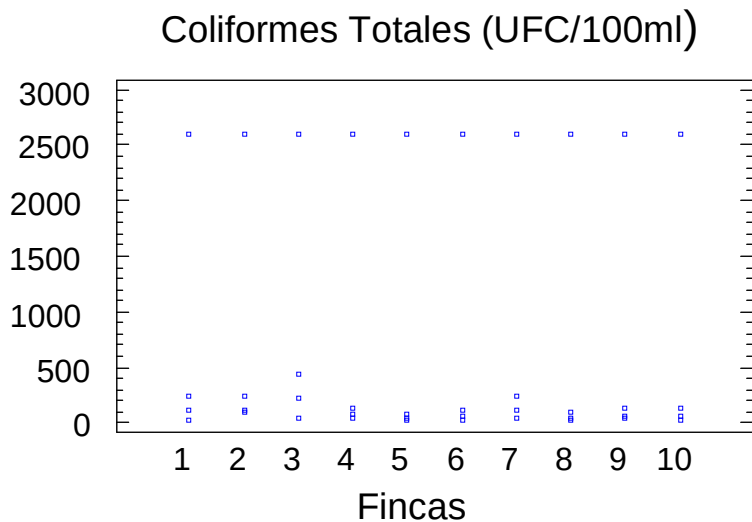
Las observaciones realizadas a nivel de campo sumado a los análisis efectuados en el laboratorio permitieron obtener los siguientes resultados

5.1 ANALISIS MICROBIOLOGICOS

La figura 2, se observa que todas las muestras de aguas examinadas presento algún tipo de contaminación microbiológica, principalmente por Coliformes Totales; 440 UFC/100ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100ml en el segundo muestreo, 225 UFC/100ml en el tercer muestreo y 105 UFC/100ml en el cuarto muestreo. Resultados similares por Fragozo (2007) donde se encontraron valores mínimos de 280 UFC/100ml de Coliformes y máximos de 599.000 UFC/100ml de Coliformes.

Siendo estas aguas no aptas para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico, ya que el valor estipulado en los decretos 1575 resolución 2115/2007 y 1594/84 para Coliformes Totales es de 0UFC/100m.

Figura 2. Contaminación por Coliformes Totales en muestras de aguas examinadas



En la tabla 3 se observan los datos obtenidos por Coliformes totales en todos los muestreos

Tabla 3. Resultados Coliformes Totales en los muestreos

Parámetro (Coliformes Totales UFC/100ml)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	233	2600	122	22
Puerto oculto	234	2600	117	105
Don Carmelo	440	2600	225	51
La victoria	136	2600	70	40
Nueva Jerusalén	85	2600	43	17
Casa nueva	114	2600	58	29
Chimilaima	232	2600	116	42
San judas	94	2600	47	20
La esperanza	125	2600	63	37
Tierra de bendiciones	131	2600	65	25

Fuente: Quintero Diana, Herrera Indira.

Existe una contaminación microbiológica por organismos coliformes fecales en los acuíferos, ya que se detectó la presencia de estas bacterias en todos los pozos y en todos los meses en que se realizaron los muestreos. (Figura 3); 346 UFC/100ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100ml en el segundo muestreo, 86 UFC/100ml en el tercer muestreo, y 33 UFC/100ml en el cuarto muestreo. Este resultado es comparable al reportado por Perdomo C.H *et al* (2001) y por Fragoso (2007), quienes detectaron presencia de Coliformes fecales en rangos de 50-1200 UFC/100ml, valores mínimos de 280 UFC/100ml de Coliformes y máximos de 599.000 UFC/100ml de Coliformes.

Todos los valores de Coliformes fecales están por encima en lo estipulado en los decretos 1575 (resolución 2115/2007) y 1594/84 que debe estar en el siguiente valor, 0UFC/100ml (Tabla 4); exceptuando una sola muestra de agua.(Nueva Jerusalén cuarto muestreo)

Estas aguas resultan ser no aptas para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico ya que sobrepasan los valores permisibles estipulados en estos decretos colombianos.

Figura 3. Contaminación por Coliformes Fecales en muestras de aguas examinadas

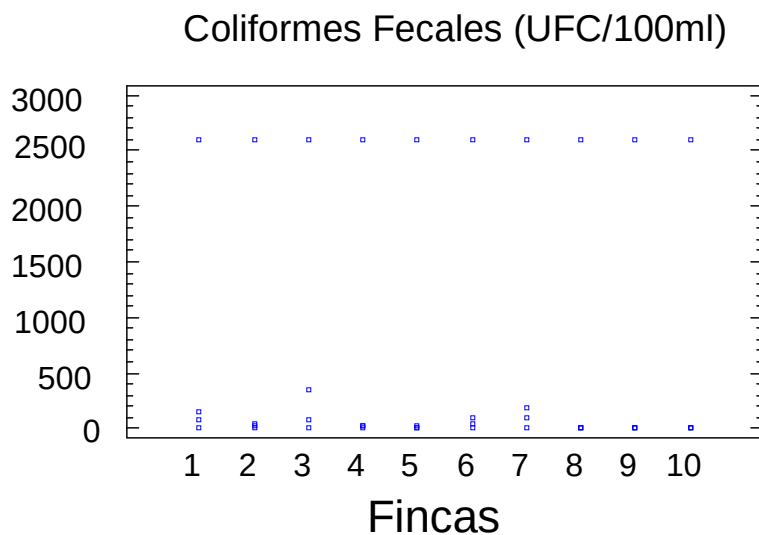


Tabla 4. Resultados Coliformes Fecales en los muestreos

Parámetro (Coliformes Fecales UFC/100ml)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	147	2600	73	10
Puerto oculto	49	2600	23	5
Don Carmelo	346	2600	86	11
La victoria	28	2600	13	33
Nueva Jerusalén	22	2600	10	0
Casa nueva	98	2600	50	13
Chimilaima	191	2600	95	13
San judas	8	2600	6	7
La esperanza	10	2600	7	7
Tierra de bendiciones	5	2600	3	6

En la figura 4, se aprecia los mesófilos aerobios en las aguas subterráneas ya que la presencia de estos microorganismos se considera indicador del grado de contaminación de las aguas y como medio de transmisión de enfermedades (Madigan et al, 1999). 109 UFC/100ml en el primer muestreo, 2600 UFC/100ml en el segundo muestreo, 74 UFC/100ml en el tercer muestreo y 181 UFC/ 100ml en el cuarto muestreo. Estos valores son los mas altos en este estudio. (Tabla 5)

La normatividad colombiana vigente (Resolución 2115/2007) estipula que los Mesofilos Aerobios deben estar entre 0-100 UFC/100ml, en este estudio pocas muestras no cumplen con esta resolución. pero el decreto 1594/84 no hace referencia a los mesófilos aerobios. Sin embargo es de suma importancia tener en cuenta a este grupo de microorganismos ya que son indicadores de contaminación fecal.

Figura 4. Contaminación por Mesófilos Aerobios en muestras de aguas examinadas

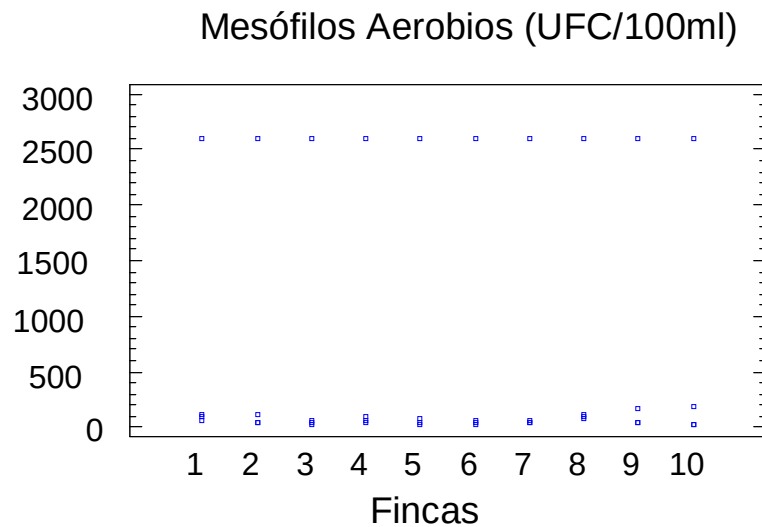


Tabla 5. Resultados Mesófilos Aerobios en los muestreos

Parámetro (Mesófilos Aerobios UFC/100ml)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	109	2600	62	90
Puerto oculto	40	2600	35	106
Don Carmelo	52	2600	21	50
La victoria	89	2600	43	67
Nueva Jerusalén	50	2600	19	84
Casa nueva	36	2600	23	60
Chimilaima	68	2600	34	50
San judas	94	2600	74	110
La esperanza	44	2600	35	162
Tierra de bendiciones	25	2600	17	181

Tomando como referencia la normatividad colombiana vigente para agua potable establecida en la resolución 2115 /2007, la cual no admite unidades formadoras de colonias tanto para coliformes totales, como para *E.coli*, y mesófilos Aerobios, las muestras de aguas analizadas resultaron no ser aptas para el consumo humano, situación que se incrementa teniendo en cuenta a *Streptococos Fecales* indicador que no es considerado por la norma colombiana para agua potable.

En la figura 5, puede observarse este tipo de microorganismos indicadores de contaminación fecal Enterococos (*Streptococos Fecales*).

En el segundo muestreo, los resultados microbiológicos dieron el mismo resultado 2600 UFC/100ml, debido a época de lluvias y se incremento la población microbiana.

En la tabla 6 se resume los datos obtenidos en todos los muestreos por *Streptococos Fecales*.

Figura 5. Contaminación por *Streptococos Fecales* en muestras de aguas examinadas

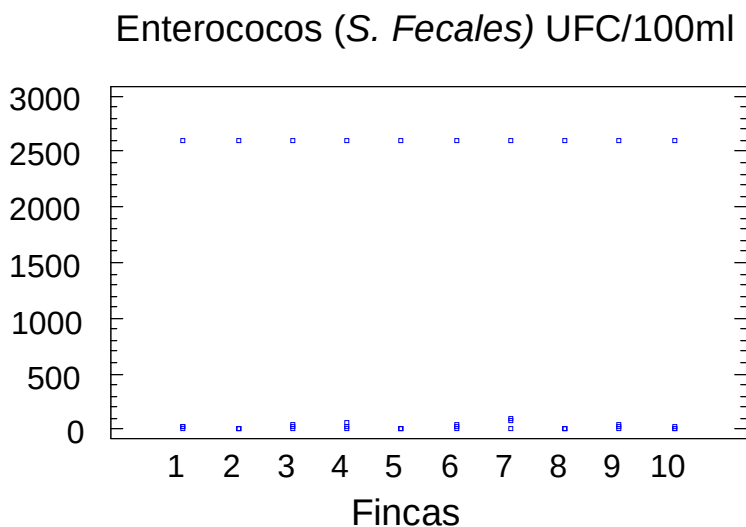


Tabla 6. Resultados *Streptococos Fecales* en los muestreos

Parámetro (Enterococos <i>Streptococos fecales</i> UFC/100ml)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	19	2600	12	33
Puerto oculto	11	2600	9	6
Don Carmelo	38	2600	16	4
La victoria	58	2600	24	7
Nueva Jerusalén	11	2600	7	1
Casa nueva	41	2600	27	2
Chimilaima	102	2600	76	5
San judas	14	2600	10	0
La esperanza	44	2600	23	15
Tierra de bendiciones	20	2600	11	6

5.2 ANALISIS FISICOQUIMICOS

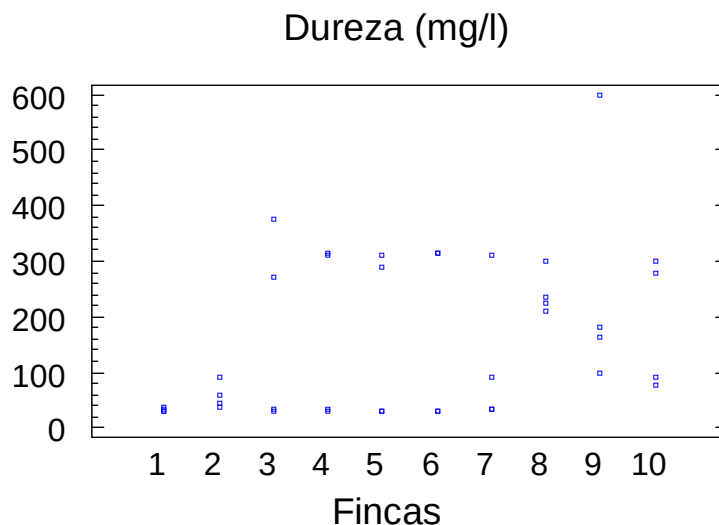
La tabla 7, presenta los resultados obtenidos de la dureza en todos los muestreos

Tabla 7. Resultados Dureza en los muestreos.

Parámetro (Dureza mg/l)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	36	34	30	30
Puerto oculto	45	36	90	60
Don Carmelo	30	33	375	270
La victoria	30	33	312	315
Nueva Jerusalén	30	30	291	312
Casa nueva	30	30	315	315
Chimilaima	33	33	90	312
San judas	234	224	210	300
La esperanza	180	162	100	600
Tierra de bendiciones	93	78	279	300

La figura 6, muestra el comportamiento de las aguas subterráneas con relación a la dureza que es la presencia de sales alcalino-terrosas, como las de calcio y magnesio. (Castany, 1971). En el tercer y cuarto muestreo algunas muestras resultaron estar por encima de los valores estipulados en la normatividad colombiana vigente (resolución 2115/2007); que debe ser hasta 300mg/l. y en el decreto 1594/84 estos valores deben estar hasta 160mg/l.

Figura 6. Contaminación por Dureza en muestras de agua examinadas



Por otro lado, en la tabla 8, se resume los datos obtenidos en todos los muestreos por Nitratos. Los nitratos son sales que contaminan las aguas subterráneas, originado por el uso de fertilizantes nitrogenados (Freeze, Cherry, 1979)

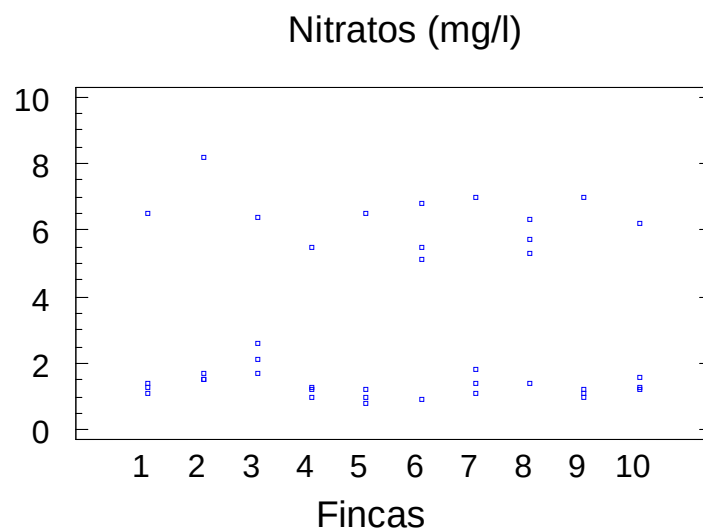
Tabla 8. Resultados Nitratos en los muestreos.

Parámetro (Nitratos mg/l)				
Fincas	Primer Muestreo	Segundo Muestreo	Tercer Muestreo	Cuarto Muestreo
Agua de Dios	1.4	1.3	1.1	6.5
Puerto oculto	1.7	1.5	1.5	8.2
Don Carmelo	2.6	2.1	1.7	6.4
La victoria	1.3	1.2	1.0	5.5
Nueva Jerusalén	1.2	1.0	0.8	6.5
Casa nueva	5.5	5.1	0.9	6.8
Chimilaima	1.8	1.4	1.1	7.0
San judas	5.7	5.3	1.4	6.3
La esperanza	1.2	1.1	1.0	7.0
Tierra de bendiciones	1.2	1.3	1.6	6.2

En la figura 7, puede observarse que los resultados de los muestreos de aguas subterráneas de todos los pozos presentaron una importante variación en su concentración de nitratos.

Según la normatividad colombiana vigente estipulada en los decretos 1575/2007 resolución 2115 y el 1594/84, los nitratos deben estar hasta 10mg/l en este estudio no se presento contaminación.

Figura 7. Nitratos en muestras de aguas examinadas



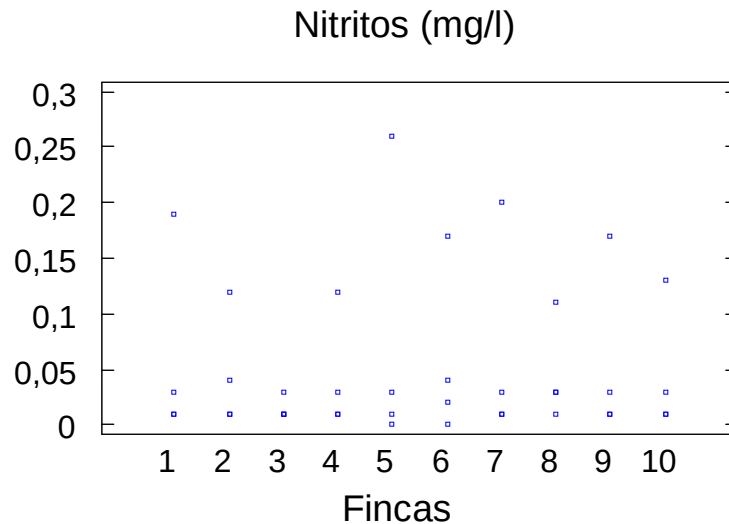
Otro parámetro analizado en este estudio fueron los nitritos, en la tabla 9 se encuentran los resultados de este parámetro en todos los muestreos

Tabla 9. Resultados Nitritos en los muestreos.

Parámetro (Nitritos mg/l)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	0.008	0.186	0.005	0.029
Puerto oculto	0.009	0.122	0.008	0.035
Don Carmelo	0.013	0.014	0.009	0.029
La victoria	0.006	0.123	0.005	0.025
Nueva Jerusalén	0.008	0.255	0.004	0.030
Casa nueva	0.023	0.173	0.004	0.038
Chimilaima	0.011	0.195	0.006	0.031
San judas	0.028	0.106	0.007	0.028
La esperanza	0.007	0.167	0.006	0.031
Tierra de bendiciones	0.008	0.133	0.008	0.028

En la figura 8, puede observarse que los resultados de los muestreos de aguas subterráneas de todos los pozos presentaron contaminación por nitritos según el decreto 1575/2007 resolución 2115, los nitritos deben estar hasta 0.1mg/l. Y en el decreto 1594/84 deben estar hasta 1.0 mg/l

Figura 8. Nitritos en muestras de aguas examinadas



Por otro lado como se observa en la figura 9, la turbiedad en las muestras analizadas fue variada, aunque algunas muestras de agua resultaron óptimas. Según el decreto 1575 resolución 2115/2007, estipula que la Turbiedad debe estar hasta 2UNT. Y en el decreto 1594/84 la turbiedad debe estar hasta 5UNT. Los resultados pueden observarse en la tabla 10.

Figura 9. Contaminación Turbiedad en muestras de agua examinadas

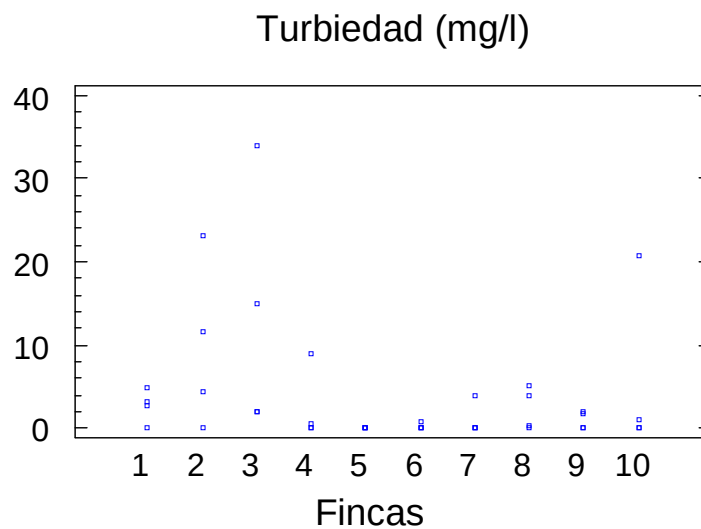


Tabla 10. Resultados Turbiedad en los muestreos

Parámetro (Turbiedad UNT)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	4.88	0.00	3.18	2.73
Puerto oculto	4.28	0.00	11.69	23.06
Don Carmelo	33.93	2	14.96	2.09
La victoria	0.51	9	0.00	0.00
Nueva Jerusalén	0.00	0.00	0.00	0.00
Casa nueva	0.76	0.00	0.00	0.00
Chimilaima	0.06	4	0.00	0.00
San judas	0.35	5	4	0.00
La esperanza	1.76	2	0.00	0.00
Tierra de bendiciones	0.19	1	20.76	0.00

En cuanto a las concentraciones de Hierro, las muestras de agua analizadas en el tercer y cuarto muestreo (Tabla 11), resultaron no estar en lo estipulado en los decretos 1575/2007 resolución 2115 y el 1594/84 que debe estar hasta 0,3 mg/l. La figura 10 muestra el comportamiento de las aguas subterráneas con relación al Hierro.

Aunque el Hierro no se considera sustancia contaminante, puesto que no presenta peligro para la salud de la población, contenidos superiores a 3 mg/l conllevan un sabor y olor demasiado fuerte (Torres, 2006).

Figura 10. Contaminación por Hierro en muestras de aguas examinadas

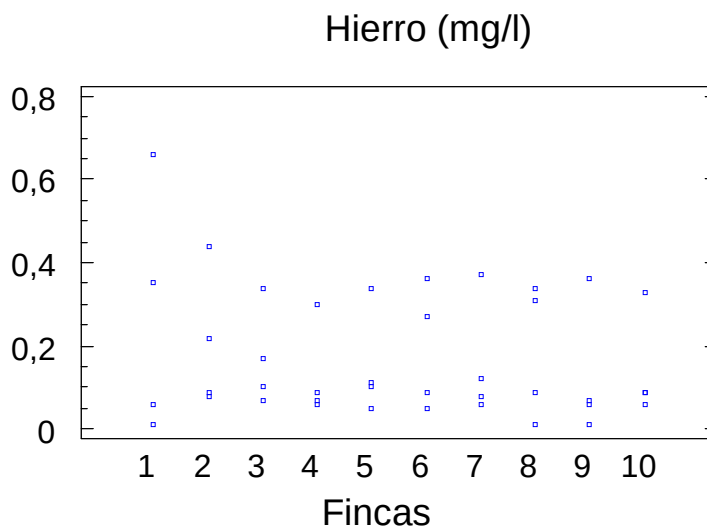


Tabla 11. Resultados Hierro en los muestreos

Parámetro (Hierro mg/l)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	0.66	0.01	0.06	0.35
Puerto oculto	0.08	0.22	0.09	0.44
Don Carmelo	0.17	0.07	0.10	0.34
La victoria	0.07	0.09	0.06	0.30
Nueva Jerusalén	0.10	0.11	0.05	0.34
Casa nueva	0.27	0.09	0.05	0.36
Chimilaima	0.12	0.08	0.06	0.37
San judas	0.31	0.01	0.09	0.34
La esperanza	0.07	0.01	0.06	0.36
Tierra de bendiciones	0.06	0.09	0.09	0.33

De otra parte las muestras analizadas presentaron niveles de manganeso elevados, (figura 11) resultados que no cumplen con los decretos colombianos 1594/84 que debe estar hasta 0.2 mg/l, y el decreto 1575/2007 resolución 2115 debe estar hasta 0,1 mg/l, este parámetro también ocasiona problemas de olor y sabor en el agua (Torres, 2006). En la tabla 12 se observa los valores arrojados en los muestreos.

Figura 11. Contaminación por Manganeso en muestras de aguas examinadas

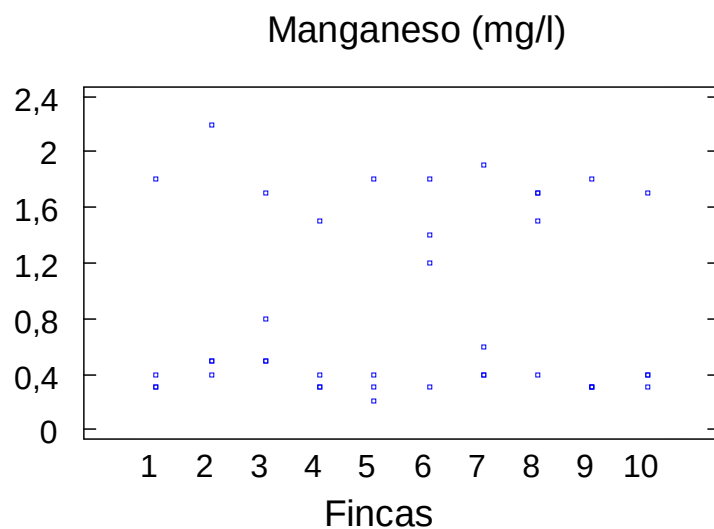


Tabla 12. Resultados Manganese en los muestreos

Parámetro (Manganese mg/l)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	0.4	0.3	0.3	1.8
Puerto oculto	0.5	0.4	0.5	2.2
Don Carmelo	0.8	0.5	0.5	1.7
La victoria	0.3	0.4	0.3	1.5
Nueva Jerusalén	0.4	0.3	0.2	1.8
Casa nueva	1.4	1.2	0.3	1.8
Chimilaima	0.6	0.4	0.4	1.9
San judas	1.7	1.5	0.4	1.7
La esperanza	0.3	0.3	0.3	1.8
Tierra de bendiciones	0.3	0.4	0.4	1.7

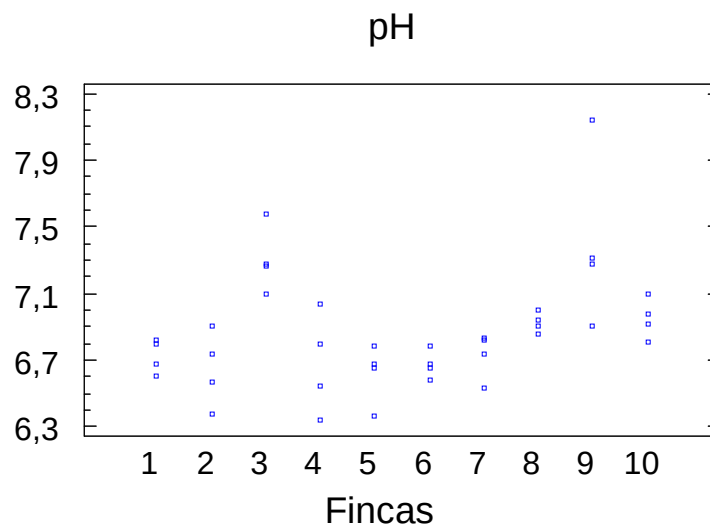
En la tabla 13, se observa los resultados del pH en las muestras de agua analizadas, el pH se define como el potencial de hidrogeno.

La figura 12 muestra el comportamiento del pH en las muestras de agua examinadas, sin embargo no se presento niveles elevados de este parámetro ya que se encuentra en los rangos permisibles de la norma colombiana en los decretos 1575/2007 resolución 2115 y 1594/84 debe estar entre 6.5 a 9.0. Los resultados obtenidos cumplen con lo estipulado en la resolución.

Tabla 13. Resultados pH en los muestreos

Parámetro (pH)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	6.68	6.61	6.82	6.80
Puerto oculto	6.57	6.38	6.90	6.74
Don Carmelo	7.26	7.58	7.10	7.28
La victoria	6.8	7.04	6.34	6.54
Nueva Jerusalén	6.68	6.65	6.37	6.79
Casa nueva	6.79	6.65	6.58	6.68
Chimilaima	6.82	6.74	6.53	6.83
San judas	6.94	7.0	6.86	6.91
La esperanza	7.31	7.28	6.91	8.14
Tierra de bendiciones	6.98	7.10	6.81	6.92

Figura 12. pH en muestras de agua examinadas



En la figura 13, se observa el alto contenido de conductividad en la mayoría de las muestras; la conductividad está relacionada con el gran contenido de sales presentes en el agua subterránea (Castany, 1971). Los resultados se encuentran contenidos en la tabla 14.

La norma colombiana vigente estipula que la conductividad debe estar hasta $1000\mu s/cm$. (Decretos 1575/2007 resolución 2115 y 1594/84)

Figura 13. Contaminación por Conductividad en muestras de agua examinadas

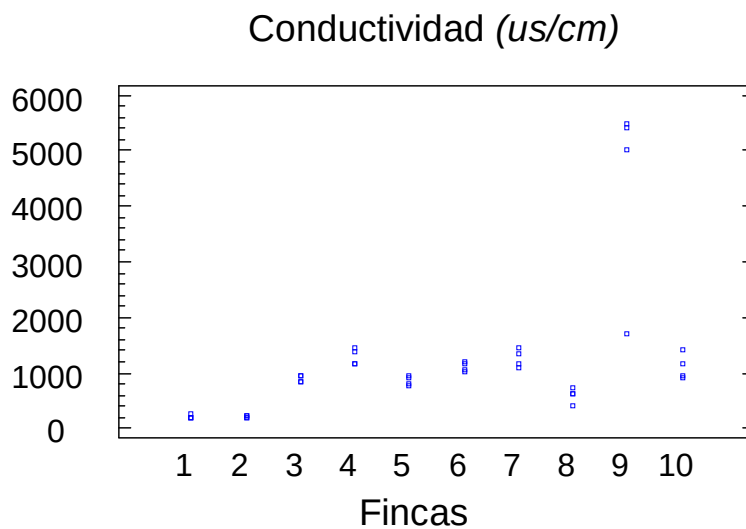


Tabla 14. Resultados conductividad en los muestreos.

Parámetro (Conductividad us/cm)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	184.2	249	194.8	195.1
Puerto oculto	196.5	243	187.3	218
Don Carmelo	946	960	845	840
La victoria	1440	1383	1165	1147
Nueva Jerusalén	940	920	796	751
Casa nueva	1208	1169	1055	1025
Chimilaima	1455	1353	1150	1102
San judas	729	423	634	614
La esperanza	1703	5010	5400	5480
Tierra de bendiciones	1429	1179	936	905

La temperatura del agua subterránea, en un punto y momento determinado, representa un estado de equilibrio entre los "aportes" y las "extracciones" caloríficas en ese punto. (Romero, 1996).

En este estudio los resultados de la temperatura se encuentran entre los rangos permisibles en el decreto 1594/84 donde debe estar hasta 40°C. Estos resultados cumplen con la norma colombiana (Figura 14).

Para el Decreto 1575/2007 este parámetro no esta referenciado.

Los resultados obtenidos están contenidos en la tabla 15

Figura 14. Temperatura en muestras de agua examinadas

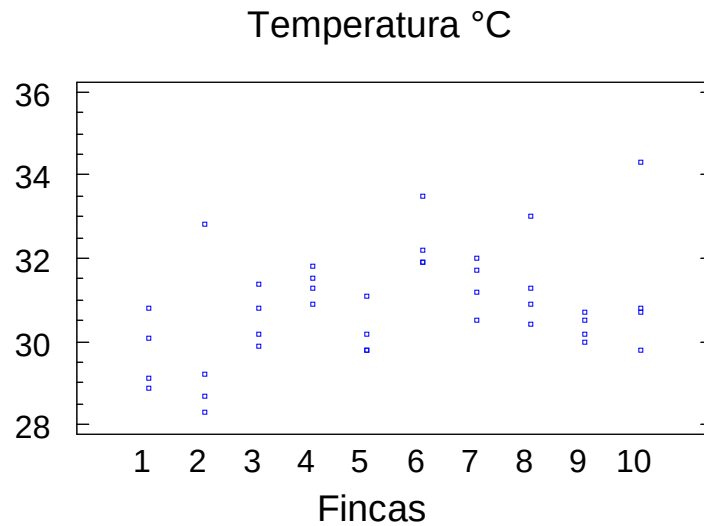


Tabla 15. Resultados temperatura en los muestreos

Parámetro (Temperatura)				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	30.1	30.8	28.9	29.1
Puerto oculto	29.2	32.8	28.3	28.7
Don Carmelo	29.9	31.4	30.8	30.2
La victoria	31.8	30.9	31.5	31.3
Nueva Jerusalén	31.1	30.2	29.8	29.8
Casa nueva	33.5	31.9	32.2	31.9
Chimilaima	31.2	31.7	32.0	30.5
San judas	30.4	33.0	31.3	30.9
La esperanza	30.0	30.2	30.7	30.5
Tierra de bendiciones	34.3	30.8	29.8	30.7

La figura 15, muestra la presencia de SDT (Sólidos disueltos totales), en todos los muestreos, en casi todas se estima que se encuentran por encima de los valores estipulados en la norma colombiana vigente decreto 1594/84, debe estar hasta 500mg/l. En el decreto 1575/2007 no hace referencia a este parámetro.

Los resultados de los sólidos disueltos se encuentran en la tabla 16.

Figura 15. Contaminación por SDT en muestras de agua examinadas

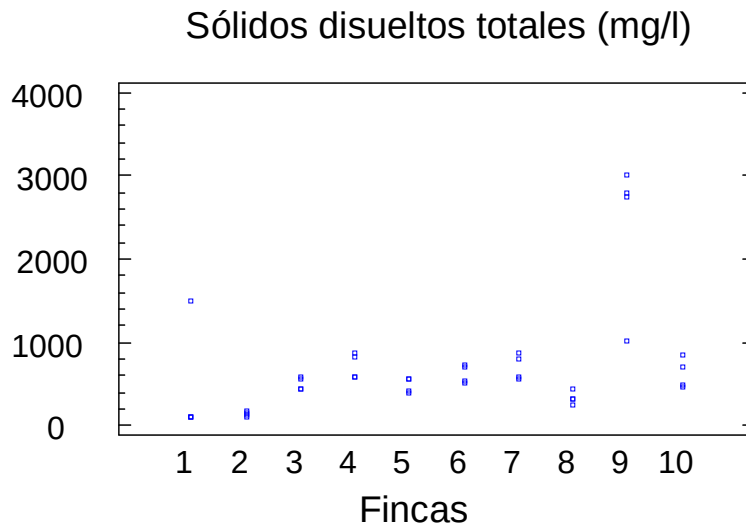


Tabla 16. Resultados SDT en los muestreos.

Parámetro (SDT mg/l) Sólidos Disueltos Totales				
Fincas	Primer muestreo	Segundo muestreo	Tercer muestreo	Cuarto muestreo
Agua de Dios	110.3	1497	99.4	99.4
Puerto oculto	117.9	145.8	185.4	111.1
Don Carmelo	568	576	433	428
La victoria	862	832	594	585
Nueva Jerusalén	564	553	406	384
Casa nueva	725	703	538	523
Chimilaima	875	812	585	561
San judas	438	249	323	313
La esperanza	1025	3010	2750	2800
Tierra de bendiciones	857	706	477	461

CONCLUSIONES

De acuerdo a los decretos 1575/2007 resolución 2115 y 1594/84 todas las muestras analizadas resultaron ser no aptas para el consumo humano, desde el punto de vista microbiológico y fisicoquímico en algunos casos exceptuando el pH, y la temperatura, que cumplieron con lo estipulado en la resolución 2115; situación que se incrementa si consideramos a Enterococos (*Streptococos Fecales*), indicador que no es incluido en la norma colombiana para agua potable.

Los pozos artesianos carecen de condiciones adecuadas de higiene, con suciedad en el interior, algas, vectores, objetos extraños, transformándose de tal forma en focos infecciosos para la proliferación de microorganismos, representando riesgos potenciales para la salud.

Una de las razones de que estas aguas están contaminadas por coliformes totales, fecales y Enterococos (*Streptococos Fecales*) es que existen letrinas o pozas sépticas cerca de los aljibes lo que hace que las heces estén en contacto con los acuíferos.

En cuanto al Hierro y Manganeseo hasta el momento no se conocen efectos nocivos para la salud, sin embargo las concentraciones elevadas de manganeseo pueden acelerar el crecimiento biológico en los sistemas de distribución y contribuir a los problemas de sabor y olor en el agua, asimismo aumentan la demanda de cloro y otros oxidantes aplicados en la desinfección. (*Remoción de Hierro y Manganeseo en fuentes de agua subterránea para abastecimiento publico*)

RECOMENDACIONES

Conforme a los resultados obtenidos en la presente investigación se sugiere:

Adelantar campañas preventivas en los sectores rurales de los Venados y Caracolí, para concientizar a las personas de la contaminación de las aguas subterráneas y que al ser consumidas estas pueden ser un riesgo para la salud de estas comunidades.

Sería recomendable cuantificar la cantidad de materia sedimentada en los aljibes con el objetivo de establecer correlaciones entre este factor y la presencia de microorganismos indicadores. También es recomendable la cuantificación sobre microorganismos presentes en el sedimento ya que este puede ser un factor que este limitando los recuentos bacterianos en un nivel superior del agua.

Que los habitantes de las fincas realicen jornadas de limpieza continua a los aljibes para que estos no sean focos de contaminación microbiológica.

Es recomendable realizar un estudio donde se le haga un seguimiento a diferentes aljibes o pozos donde se tomen muestras antes y después del lavado de estos pozos, lo cual podría generar información útil que permitan describir el comportamiento de los microorganismos y de las diferentes variables antes y después de los lavados de los aljibes.

A la corporación autónoma regional del Cesar Corpocesar, para que continúe con esta importante investigación en otras zonas, para que los resultados sirvan de base para el control y el posible tratamiento de estas aguas.

A la comunidad en general que se concientice en el problema de salud pública que se le puede presentar al consumir estas aguas ya que no son aptas para el consumo humano, lo cual constituye un riesgo altamente significativo para la salud de los habitantes de estas zonas, debido a que estas aguas no son tratadas y son susceptibles a contaminación por microorganismos, los cuales pueden causar enfermedades epidémicas como el tifo, el cólera, disentería.

Es necesario sensibilizar a la población para que elimine las causas más evidentes de contaminación de aguas subterráneas como son los basureros y las letrinas comunitarias,

Una alternativa de tratamiento para estas aguas es utilizar cloro para eliminar la carga microbiana.

A la Universidad Popular Del Cesar para que brinde apoyo económico, y siga continuando con estos estudios que son de gran importancia para resolver problemas de tipo ambiental y con su solución generar mejor calidad de vida a la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

APHA, Wef, Awwa, 1998, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Washington D.C.

Bolívar, C. La contaminación y el sobre uso que amenazan el agua subterránea, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Segunda edición, Ecoe ediciones. Bogota. 2004.

Byamukama et al, Determination of *Escherichia coli* Contamination with Chromocult Coliform Agar Showed a High Level of Discrimination Efficiency for Differing Fecal Pollution Levels in Tropical Waters of Kampala, Uganda, Applied and Environmental Microbiology, 1999, 66(2): 864-868 p.

Castany, G., Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas. Ed. Omega, Barcelona, 1971.

Ceballos, R. Pacheco, J. Vulnerabilidad del agua subterránea a la contaminación de nitratos en el estado de Yucatán. Ingeniería Revista Académica, enero-abril/ vol.8 No 001. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. Pág.33-42.

Cuéllar, N. Duarte, R. Alteración del ciclo hidrológico en El Salvador Tendencias y desafíos para la gestión territorial. Programa salvadoreño de investigación sobre desarrollo y medio ambiente (PRISMA). Informe sobre el desarrollo humano sostenible. El Salvador, Nicaragua. 2001, Cáp. 44.

Fragoso, P. Evaluacion Hidrogeoquimica del agua subterránea en los municipios de Bosconia, Copey, Valledupar, La Paz y San diego ecorregion del valle del Rio Cesar. 2007

Freeze, R.A. and J.A. Cherry. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 604 pp.

Gerard, K. La contaminación del agua subterránea. Ed. Mc Graw Hill. 1999. Pág. 286-301. Vol., 1

Gesche E, Vallejos, A, Sáez, M. La Eficiencia de Anaerobios sulfito-reductores como indicadores de calidad sanitaria de agua. Método de Número Más Probable (NMP). Instituto de Medicina Preventiva Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia Chile. 2003. Arch. Med. Vet. XXXV, N° 1.

Madigan M. T., Martinko J. M. Y Parker J. Brock, Biología de los Microorganismos Octava edición, Prentice -Hall Iberia, Madrid, 1999

Mondaca, M. Campos, V. El riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Departamento de Microbiología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Concepción. Chile. 2004. Cáp. 13.

Ocampo. Escobedo. Protección de aguas subterráneas. Conocimiento tradicional y estrategias campesinas para el manejo y conservación del agua de riego. Colegio de postgrado puebla, México 2005.

Pajares, M. Orlando, E. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2000

Perdomo, C. Casanova, O Ciganda, V. Contaminación de aguas subterráneas con nitratos y coliformes en el litoral sudoeste del Uruguay. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. Agrociencia (2001), Vol. V, No 1, Pág. 10—22.

Pulido, A. La explotación de las aguas subterráneas y su implicación en la desertización. Departamento de Hidrogeología, Universidad de Almería. Revista científica de España V.111, N.5, 2000.

Romero, J, Acuiquímica, Calidad del Agua. Ed, Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogota, DC, Colombia. 2002. Cáp. 4.

TORRES, A. El problema de la contaminación de las aguas subterráneas para el abastecimiento rural en los países de África subsahariana. 2006

ANEXOS

ANEXO A.
TOMA DE MUESTRA PARA ANALISIS MICROBIOLOGICOS Y
FISICOQUIMICOS

Diez aljibes o pozos artesianos fueron examinados y tomamos las muestras para análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Las muestras de agua fueron tomadas de acuerdo a las especificaciones del Standard Methods (APHA, 1998)

Figura 16. Toma de muestras de agua subterránea en los aljibes para análisis microbiológicos y fisicoquímicos



ANEXO B.

TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS MICROBIOLOGICO

se tomó un volumen aproximado de 300 ml de muestra, en frascos de vidrio tapa rosca esterilizados a 15 libras de presión a 121 grados centígrados, dejando un espacio de aire suficiente dentro de la botella que permitiera mezclar la muestra antes de examinarla.

El muestreo se realizó introduciendo el frasco al nivel donde estaba el agua en los aljibes aproximadamente de 20 a 30 mts con la ayuda de un beiler o también motobomba en algunos casos; con el empleo de guantes y material estéril a fin de evitar la introducción de contaminantes dentro del agua.

Figura 17. Realizando los análisis microbiológicos (Técnica Filtración por membrana).

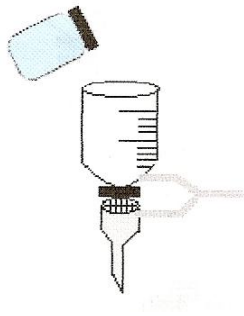


ANEXO C.

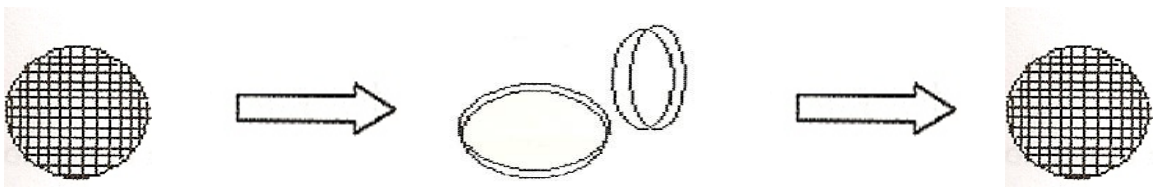
PROTOCOLO PARA ANALISIS COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES FECALES.



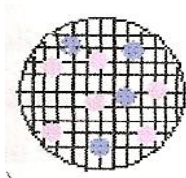
1. Tomar muestra de agua para análisis Microbiológicos
(Coliformes Totales y Fecales)



2. Filtrar 100 ml de agua a través de membrana de 0.45u de
Poro para retener los posibles microorganismos



3. Colocar la membrana sobre agar Chromocult e incubar a 37°C por 24 horas.



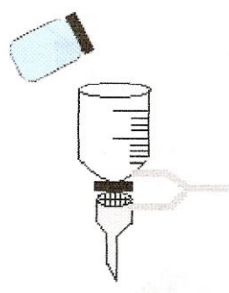
4. Realizar el recuento de UFC; colonias rojas Coliformes totales, colonias azules *E. coli*

ANEXO D.

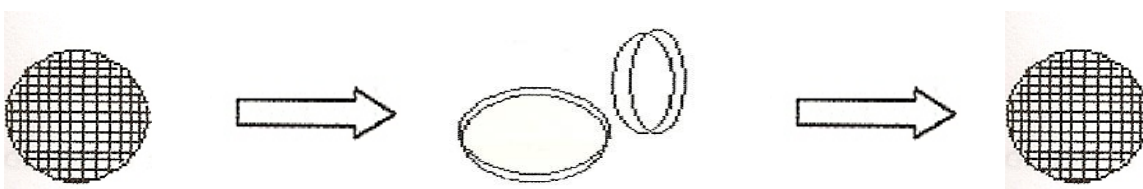
PROTOCOLO PARA ANALISIS MESOFILOS AEROBIOS



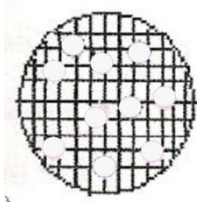
1. Tomar muestra de agua para análisis Microbiológicos
(Coliformes Totales y Fecales)



2. Filtrar 100 ml de agua a través de membrana de 0.45u de
Poro para retener los posibles microorganismos



3. Colocar la membrana sobre agar Plate Count e incubar a 37°C por 24 horas.

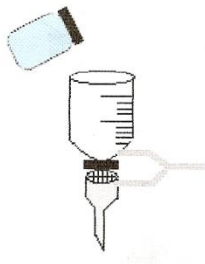


4. Realizar el recuento de UFC; colonias blanquecinas determinan la presencia de mesófilos aerobios.

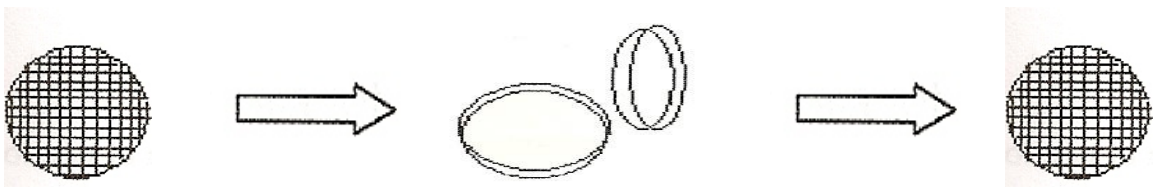
ANEXO E.
PROTOCOLO PARA ANALISIS ENTEROCOCOS.



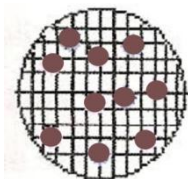
1. Tomar muestra de agua para análisis Microbiológicos
(Coliformes Totales y Fecales)



2. Filtrar 100 ml de agua a través de membrana de 0.45u de
Poro para retener los posibles microorganismos



3. Colocar la membrana sobre agar Enterocococell e incubar a 37°C por 24 horas.



4. Realizar el recuento de UFC; colonias café-rojizas determinan la presencia de enterococos.

ANEXO F.

PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS FISICOQUIMICOS.

Se tomó un volumen aproximado de 2 litros en botellas de propiestileno. El muestreo se realizó introduciendo el frasco al nivel donde estaba el agua en los aljibes aproximadamente de 20 a 30 mts con la ayuda de un beiler o también motobomba en algunos casos.

Figura 18. Algunos aljibes en estudio



Se utilizó el espectrofotómetro HACC DR2800 para realizar los siguientes parámetros fisicoquímicos: Nitratos, Nitritos, Hierro, y Manganeso

Figura19. Equipo espectrofotómetro HACC DR2800



Para el análisis de Dureza se utilizo el siguiente kit especial.

Figura 20. Kit para determinar Dureza (HANNA INSTRUMENTS)



Para el análisis de Turbiedad se utilizo el siguiente turbidímetro

Figura 21. Turbidímetro utilizado para los análisis de turbiedad (HANNA INSTRUMENTS)



Los siguientes fueron analizados en campo: pH, Conductividad, Temperatura
Temperatura, SDT (sólidos disueltos totales).

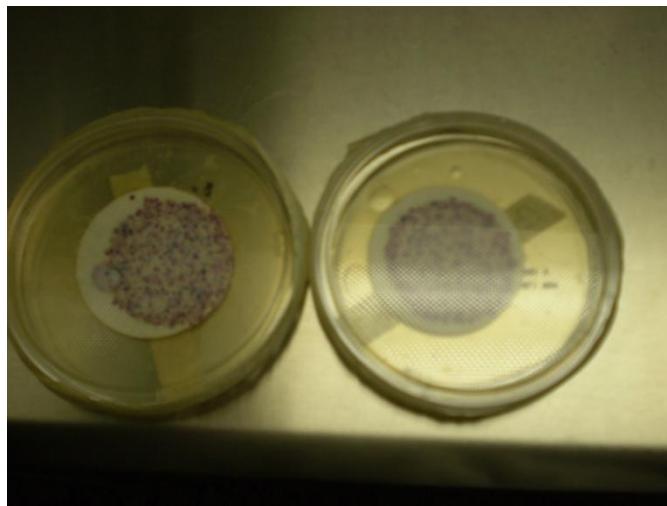
Figura 22. Equipo utilizado en campo



ANEXO G.

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Figura 23. Colonias de Coliformes Totales y Fecales



Fuente. Quintero Diana, Herrera Indira

Figura 24. Colonias de Enterococos



Fuente. Quintero Diana, Herrera Indira

Figura 25. Colonias de mesófilos aerobios.



Fuente. Quintero D, Herrera Indira