



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NUCLEO DE BOLIVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
“Dr. Francisco Virgilio Battistini Casalta”
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS**

**CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DEL ACUEDUCTO
“TORO MUERTO”- CIUDAD GUAYANA, MARZO-ABRIL 2009**

**Asesoras:
Lcda. Yida Orellán
Lcda. Carmen Rodríguez**

**Trabajo de grado presentado por:
Br. Jiménez Millán, Geraldine Daniela
C.I 18.247.087
Br. Lezza Martín, Vanessa Angeline
C.I. 18.368.260**

Como requisito parcial para obtener el título de Licenciadas en Bioanálisis

Ciudad Bolívar, Noviembre del 2009.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	11
OBJETIVOS.....	12
Objetivo General	12
Objetivos Específicos.....	12
METODOLOGÍA	13
Diseño de la investigación	13
Universo	13
Muestra.....	13
Materiales.....	13
Equipos.....	14
Métodos.....	15
Recolección de la muestra.....	15
Transporte de las muestras	16
Procesamiento de las muestras.....	16
Análisis Estadístico	19
RESULTADOS.....	20
Tabla 1.....	21
Tabla 2.....	22
Tabla 3.....	23
DISCUSION	24
CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	28
BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO	36
APÉNDICE.....	38

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser nuestro máximo guía y protector.

A nuestros padres por inculcarnos el valor del estudio, hacernos unas mujeres perseverantes y decididas a conseguir el éxito.

A la licenciada Carmen Rodríguez por conducirnos con dedicación, paciencia y profesionalismo al logro de esta meta.

A la licenciada Yida Orellán, por su asesoramiento y observaciones oportunas.

Al Sr. Domingo Mata, por ser una persona atenta, cordial y por tendernos la mano.

A la licenciada Naylet Valdivieso, licenciada Rosa Cristina Vásquez y a los Ingenieros Lenny Moya y Tairuma Lathulerie, quienes laboran en Hidrobolívar, por su valiosa colaboración.

Al profesor Campero, por permitirnos realizar el estudio en la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz” y brindarnos su colaboración.

GRACIAS A TODOS

DEDICATORIA

A ti Dios, por ayudarme en los estudios, por las oportunidades brindadas, por cuidar de mí en todos los aspectos y por siempre escucharme. Por darme unos padres y familia como los que tengo, por colocar en mi camino a mis amigos que también son parte de mi familia.

A ti mamá Yoaly, porque desde donde estés siempre me cuidas y me ayudas en todo. Te llevo en mi corazón y en mi mente. Este logro también es tuyo.

A ti Pucho, por apoyarme siempre, por ser tan cariñoso, pana y por darme los medios necesarios para convertirme en una profesional.

A ti mamá Yani, por estar siempre allí pendiente de todo, apoyarme y quererme tanto.

A ustedes hermanos Cesar e Iván, los amo!

A mi hermana Maribel, por ser mi amiga fiel. Te quiero Little!

A mis tías Rosa, Mireya, Alicia y a mi madrina, por quererme como una hija y estar pendiente de mí y al resto de mi familia por su cariño.

A ti compa, por ser tan constante, por tus esfuerzos, por tu ayuda y por tus actitudes tomadas ante este proyecto.

Geraldine Jiménez.

DEDICATORIA

Dedico este logro a quienes desde el inicio de mi carrera me brindaron su apoyo:

A Dios todopoderoso y a la Virgen María por guiar mis pasos y llenarme de sabiduría y fortaleza.

A mis padres, Nancy y Cruz, por darme la vida, por su amor, entrega, comprensión y enseñarme que con constancia y dedicación se llega al éxito. Gracias por inculcarme el valor del estudio, sin ustedes esto no fuese posible!!

A mi hermana Marjorie, por su cariño y sus palabras de aliento.

A mi compita “Geraldine”, porque juntas hicimos la llave perfecta. Gracias por tu alegría, positivismo y por ser como eres!!

A mis amigas y compañeros de estudios por los momentos que vivimos y compartimos a lo largo de nuestra carrera.

A todas y cada una de las personas que contribuyeron con el cumplimiento de esta meta profesional.

Vanessa Lezza.

RESUMEN

CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA DEL ACUEDUCTO “TORO MUERTO”- CIUDAD GUAYANA, MARZO-ABRIL 2009

Jiménez M, Geraldine D y Lezza M, Vanessa A.

Tener acceso a un agua segura es fundamental para la salud de las personas, ya que si está contaminada se convierte en uno de los principales vehículos de transmisión de enfermedades que afectan a los grupos más desprotegidos de la población, entre ellos, a los niños, influyendo de manera negativa en su aprendizaje, crecimiento y desarrollo. El presente estudio es descriptivo, transversal y de campo. Se llevó a cabo en el Acueducto “Toro Muerto” de Hidrobolívar y en la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”. El objetivo fue determinar la calidad bacteriológica del agua del acueducto. El procesamiento de las muestras se realizó siguiendo los parámetros establecidos en las normas COVENIN para la calidad del agua potable, empleándose como indicadores de contaminación la presencia de coliformes totales y fecales, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococos* y *Clostridium* sulfito-reductores; así mismo el recuento de bacterias aerobias mesófilas. Las muestras fueron recolectadas en 2 tomas de agua del Acueducto “Toro Muerto” de Hidrobolívar y en 8 tomas de agua de diferentes espacios de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”, realizándose 2 muestreos. Las mismas fueron procesadas en el Laboratorio Bacteriológico “Toro Muerto” y en el Laboratorio Bacteriológico de Aguas de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Se obtuvo como resultado un recuento de hasta 100 UFC/ml de aerobios mesófilos en dos muestreos correspondientes a cada institución. Con respecto a los coliformes totales y fecales en el agua del acueducto “Toro Muerto” el hallazgo fue $\leq 2,2$ UFC/ml mientras que el agua del tanque de la escuela en su segundo muestreo alcanzó valores de 6,2 UFC/ml de coliformes totales y fecales. Todas las muestras analizadas resultaron negativas para *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus*. En el caso de *Clostridium* se evidenció el crecimiento de 1UFC/ml en una de las aguas correspondientes a la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz” lo cual no resulta significativo. En conclusión el agua analizada es apta para el consumo humano.

Palabras claves: Calidad bacteriológica del agua, acueducto, *Escherichia coli*, coliformes.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido sin color e insípido que cubre aproximadamente el 71% de la tierra, el 97% de ésta es salada y sólo el 3% es dulce (Sancho-Sanz, 2007). Esta agua se encuentra en ríos, formando lagos, humedales y en los pantanos o embalses, éstas son las aguas conocidas como aguas superficiales; o bien infiltrándose en la tierra, que corresponde al agua de lluvia y se almacena en los poros de la tierra (Instituto Nacional del Agua, 2005).

El agua ha sido importante en el planeta desde que se inició la vida, reflejándose en la historia. Los antiguos griegos consideraban que el agua era uno de los cuatro elementos básicos del universo. Esta creencia viajó por todo el mundo durante siglos sin perder fuerza, hoy los científicos afirman que el agua existió desde la formación de la tierra y que en los océanos se originó la vida (PROBEA, 2006).

El griego Tales de Mileto, Empédocles, seguido de Platón y Aristóteles consideraban que el agua era el principio de todas las cosas existentes. De este modo, a finales del siglo XVIII, nadie puso en duda que el agua fuera un elemento simple. En 1715, el químico francés Macquer obtuvo algunas gotas de agua por combustión del hidrógeno, pese a ello, tres años después escribía que el agua parecía ser “una sustancia inalterable e indestructible” que no podía ser descompuesta (García *et al.*, 2001).

La combinación del agua se resume en la simple fórmula H_2O . Una de sus propiedades más importantes es su papel como solvente, es decir, su facilidad para disolver o solubilizar una gran cantidad de sustancias, de ahí que rara vez se la encuentre pura (IDEAM, 2006).

Fue en 1741 cuando se determinó que el agua estaba formada por hidrógeno y oxígeno. El experimento del fisicoquímico inglés Henry Canvendish, al estudiar

los gases demostró que el agua es una combinación del hidrógeno con el oxígeno de la atmósfera. Grandes científicos como Monge, Priestley y Watt contribuyeron al descubrimiento de la composición del agua. Es al químico francés Lavoisier, a quien corresponde el mérito de haber comprendido y explicado la verdad, el 24 de julio de 1783, logró una verdadera síntesis del agua a partir de oxígeno e hidrógeno, demostrando que es un compuesto de dos elementos. Poco tiempo después realizó la experiencia inversa, la descomposición del agua (García *et al.*, 2001).

El agua del planeta siempre se encuentra formando un ciclo, el agua dulce de la superficie se obtiene como resultado de la lluvia, por el fenómeno conocido como precipitación. Parte de esa precipitación cae sobre la tierra infiltrándose en el suelo, otra parte de ella se evapora y así retorna a la atmósfera para caer otra vez cuando vuelve a llover. El agua proveniente de la precipitación se llama agua superficial, fluye directamente hacia los ríos, lagos, humedales y reservorios. Las precipitaciones se infiltran en el suelo a través de los poros, la lluvia se acumula y llega a formar aguas subterráneas que se mueven lentamente hacia aguas superficiales como ríos y lagos. Eventualmente toda la precipitación puede terminar en un punto de agua superficial. La capa superior de la misma se evapora formando las nubes. Cuando la presión debido al incremento en su cantidad aumenta, comienza a llover. El ciclo completo se repite una y otra vez (Instituto Nacional del Agua, 2005a).

Las aguas superficiales están expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar su calidad biológica y ocasionar cambios simples o complejos y con diferentes niveles de intensidad. Esta alteración se puede originar en eventos naturales o en actividades antropogénicas entre las que se encuentran la presencia o ausencia de fuentes de abastecimiento naturales de agua, la infraestructura de redes de almacenamiento y distribución, los aspectos culturales y socioeconómicos que condicionan la aceptación o rechazo a ciertas formas de

abastecimiento y potabilización y, por último factores políticos que afectan la normativa relativa a la inversión en el desarrollo y mantenimiento de sistema de abastecimiento de agua potable (Sánchez *et al.*, 2000; Aurazo, 2002).

La contaminación fecal de las fuentes de aguas superficiales para abastecimiento de consumo humano es uno de los problemas más preocupantes en los países en vías de desarrollo. En las grandes ciudades esta contaminación se debe principalmente al vertimiento de los desagües sin ningún tratamiento, en ocasiones provenientes de los corrales de engorde de bovinos y de las avícolas. También aportan contaminantes los lixiviados de rellenos sanitarios, los efluentes de aguas residuales con tratamiento deficiente, las infiltraciones de tanques sépticos, entre otras. Así mismo, la escorrentía pluvial y las inundaciones ocasionan el deterioro de la calidad del agua de los recursos hídricos. En las zonas rurales, la contaminación fecal se origina por la defecación a campo abierto y por la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos (Aurazo, 2002).

El agua tal como se encuentra en la naturaleza, no puede ser utilizada directamente para el consumo humano ni para usos industriales, dado que no es lo suficientemente pura ni biológica, ni químicamente (Piedrola *et al.*, 1988). El agua potable es la de la superficie que ha sido tratada y, el agua no tratada pero sin contaminación que proviene de manantiales naturales, pozos sanitarios y otras fuentes (Grupo del Banco Mundial, 2002). El suministro de agua a la población en las debidas condiciones sanitarias, se realiza mediante los servicios de abastecimiento. Un abastecimiento bien concebido deberá satisfacer tanto en calidad como en cantidad, las necesidades de la población (Piedrola *et al.*, 1988).

La planta de tratamiento es un sistema ambiental que forma parte de un sistema de abastecimiento el cual tiene como objetivo suministrar agua potable que cumpla con un conjunto de condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas que la hagan apta para el consumo de la humanidad (OPS, 1985).

Se considera como agua potable o apta para el consumo humano aquella cuya ingestión no causa efectos nocivos en la salud. Desde el punto de vista bacteriológico, el agua potable deberá dar como resultado un recuento de menos de 200 colonias bacterianas de mesófilos aerobios por ml de muestra; un máximo de 2 organismos coliformes totales en 100 ml de muestra; y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra (Flores *et al.*, 1995).

Por su parte, las Normas de Calidad para Agua Potable, establecidas por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, en Venezuela, indican que dicha agua no debe tener organismos mesófilos aerobios en densidad mayor a 100 UFC/ml (Unidades Formadoras de Colonias por mililitro), ninguna muestra de 100 ml deberá indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes o coliformes fecales, el 95% de las muestras de 100 ml analizadas en la red de distribución no deberá indicar la presencia de organismos coliformes totales durante cualquier periodo de doce meses consecutivos, y en ningún caso deberán detectarse organismos coliformes totales en dos muestras consecutivas de 100 ml, provenientes del mismo sitio (MSAS, 1998). La norma bacteriológica de calidad establece que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico y parasitario intestinal, que son los responsables de transmitir enfermedades como salmonelosis, shigelosis, amebiasis, entre otras (Apella y Araujo, 2000).

El más importante requerimiento individual del agua de consumo es que debe estar libre de cualquier microorganismo que pueda transmitir enfermedades al consumidor. En casos en los que no se dispone de otros métodos de tratamiento, se puede recurrir a la desinfección como único tratamiento contra la contaminación bacteriana del agua potable para destruir, o al menos desactivar completamente los microorganismos dañinos presentes en el agua. Para ello se emplea cloro y sus compuestos, yodo u ozono (CEPIS, 2002).

En promedio, una persona necesita unos veinte litros de agua potable todos los días para satisfacer sus necesidades metabólicas, higiénicas y domésticas. Sin agua potable, la población no puede llevar una vida sana y productiva. Se calcula

que cada año, 900 millones de personas sufren de enfermedades diarreicas relacionadas con el agua, y mueren por estas causas aproximadamente 2 millones de personas por año, siendo los más afectados los niños y ancianos (Grupo del Banco Mundial, 2002).

Más de un billón de personas alrededor del mundo consumen agua contaminada y cada año 3,4 millones mueren a causa de enfermedades de transmisión hídrica; de estas muertes 2,2 millones son causadas por enfermedades diarreicas, de los cuales el 90% está representado por niños principalmente en países en vías de desarrollo. La diarrea puede reducirse a 26% cuando se implementan medidas básicas de higiene y descontaminación del agua, por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) está promoviendo la implementación de soluciones tecnológicas de bajo costo tales como la cloración del agua, la descontaminación del agua por luz solar y estimular cambios de comportamiento en la población (Valiente, 2005).

El cloro posee gran capacidad para destruir patógenos con bastante rapidez y su amplia disponibilidad lo hace muy adecuado para la desinfección. Su costo es moderado y es, por esta razón, ampliamente usado como desinfectante. En muchos casos, la cloración efectiva de los abastecimientos de agua ha logrado una reducción sustancial de aquellas enfermedades entéricas que primariamente están relacionadas con el agua. Estudios recientes, aún en progreso, han enunciado la posibilidad de que los compuestos orgánicos ("halogenados") formados cuando se añade cloro al agua, puedan causar ciertas formas de cáncer en el hombre. Debido al número de variables involucradas, hasta ahora no se dispone de ninguna evidencia definitiva (CEPIS, 2002).

Históricamente los microorganismos indicadores de la calidad del agua se han clasificado de acuerdo a determinados criterios, algunos de ellos son: deben estar universalmente presente en gran número en las heces de los seres humanos y animales de sangre caliente, deben ser fáciles de detectar por métodos sencillos y no deben desarrollarse en el agua en condiciones naturales. Además, es

indispensable que su persistencia en el agua y grado en que se eliminen durante el tratamiento de ésta, sean similares a los de los patógenos. Los indicadores más usados son coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, estreptococos fecales y esporas de anaerobios sulfito-reductores (Gesche *et al.*, 2003).

Las bacterias coliformes son un grupo de microorganismos que se encuentran normalmente en la zona intestinal de los seres humanos y de otros animales de sangre caliente, y en el agua superficial (Instituto Nacional del Agua, 2005). Se caracterizan por su capacidad de fermentar lactosa a 35°C. Los géneros que componen este grupo son *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Citrobacter* y *Edwardsiella*. Todas pueden existir como saprofitas independientemente, o como microorganismos intestinales, excepto el género *Escherichia* cuyo origen es sólo fecal. Esto ha llevado a distinguir entre coliformes totales (grupo que incluye a todos los coliformes de cualquier origen) y coliformes fecales (término que designa a los coliformes de origen exclusivamente intestinal) con capacidad de fermentar lactosa también a 44,5°C. Por tanto, la existencia de una contaminación microbiológica de origen fecal se restringe a la presencia de coliformes fecales, mientras que la presencia de coliformes totales que se desarrollan a 35°C, sólo indica existencia de contaminación, sin asegurar su origen (Apella y Araujo, 2000).

Los coliformes fecales y los *Enterococcus* son los indicadores más apropiados para determinar la presencia de contaminación de origen fecal en el cuerpo de agua. *Escherichia coli* y enterococos son ubicuos y pueden persistir por largos periodos de tiempo en agua y suelos tropicales y subtropicales. Por su parte, las bacterias del género *Enterococcus* se encuentran en el intestino del ser humano y animales, previamente fueron clasificadas como estreptococos del Grupo D y consideradas como un subgrupo de estreptococos fecales. Crecen en un rango de temperatura de 10 a 45°C y en cloruro de sodio al 6,5% (Vergaray *et al.*, 2007).

Los clostridios sulfito-reductores son bacterias de morfología bacilar, Gram positivas, anaerobias estrictas, capaces de formar esporas (UAM, 2007). Son deteriorantes, producen malos olores y, con mucha frecuencia, ennegrecimiento del producto cuando éste contiene hierro, formando un precipitado oscuro de sulfuro de hierro. Estos microorganismos tienen la capacidad de reducir los sulfitos a sulfuros a partir de aminoácidos y compuestos azufrados (Gesche *et al.*, 2003).

La presencia de *Pseudomonas* en agua potable señala el deterioro en la calidad del agua o una recontaminación. Estas bacterias son bacilos aerobios Gram negativos móviles, algunos de los cuales producen pigmentos solubles en agua. Una de las propiedades de este microorganismo es la gran variedad de compuestos orgánicos que usan como fuente de carbono y energía (Marchand, 2002).

Para hacer frente al problema de contaminación de agua superficial por parte de la actividad humana, es necesario someter al agua a una serie de operaciones o procesos unitarios, los cuales, son procesos químicos, físicos y/o biológicos mediante los cuales las sustancias objetables que contiene el agua, son removidas o transformadas en sustancias inocuas (Cánepa, 2004). Un tratamiento eficiente debe producir agua sin bacterias coliformes, sin importar cuán contaminada haya estado originalmente. Sin embargo, aunque el agua reúna las condiciones de potabilidad al ingresar al sistema de distribución, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor, ya sea por contaminación del mismo sistema de distribución o por manejo intradomiciliario deficiente, el cual se agrava por el almacenamiento en cisternas u otros depósitos (Flores *et al.*, 1995).

Para conocer la cantidad de microorganismos presentes en el agua es necesario realizar su análisis microbiológico, para ello existen diferentes metodologías. Las técnicas convencionales para el análisis de agua se basan en la inoculación de alícuotas de la muestra problema en medios de cultivo adecuados.

Entre estas técnicas se encuentran el método de recuento en placas y el método del Número Más Probable (NMP) (Gutiérrez y Pedrique, 2002).

El NMP es la cantidad de organismos por unidad de volumen que, de acuerdo a la teoría estadística, produce el resultado analítico observado con mayor probabilidad que cualquier otra cantidad, o bien que produce el resultado analítico observado con la mayor frecuencia. Se expresa como densidad de organismos/100ml. Los resultados se calculan a partir del número de hallazgos positivos de organismos del grupo coliforme producido por siembra, realizado con diluciones decimales múltiples. Generalmente se utiliza para las bacterias coliformes (Norma Venezolana COVENIN, 2002).

Son diversas las investigaciones realizadas a los diversos tipos de agua. En Chile se estudió la calidad bacteriológica del agua de bebida utilizada en 18 establecimientos educacionales de la Comuna de Coelemu, Provincia de Ñuble. Las fuentes de agua de estos establecimientos correspondieron a 4 norias, 4 vertientes, 1 arroyo y 9 tomas abastecidas por redes de agua potable. Se realizó un doble muestreo con un intervalo de un mes entre ambos y utilizaron la técnica de tubos múltiples. Se tomaron dos muestras por escuela, una de la cocina y otra de la fuente, lo que permitió comparar la contaminación entre ellas. Se obtuvo que de las escuelas con abastecimiento propio, un 100% presentaron coliformes totales y un 44,44% evidenciaron coliformes fecales. De las escuelas con abastecimiento proveniente de agua de red, un 22,2% presentó coliformes totales y un 11,1% coliformes fecales (Chacón, 1989).

En Argentina, se llevó a cabo un estudio para determinar un control bacteriológico del agua almacenada en tanques o reservorios ubicados en establecimientos escolares de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. De las 51 escuelas visitadas, 6 tenían provisión de agua por conexión directa de red, es decir, carecían de tanques o en algunos casos presentaban tanques pero estaban inhabilitados, y 2 escuelas se encontraron cerradas por un sismo ocurrido

en la época del muestreo. En las restantes 43 escuelas, se investigó la presencia de aerobios mesófilos, coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* y hallaron que el 46,5% (n=20) de las muestras resultaron no aptas para el consumo por la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* (Porcú *et al.*, 2004).

En Venezuela, Ramírez *et al.* (2004) evaluaron 30 muestras de agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo. Determinaron microorganismos indicadores de calidad sanitaria como coliformes totales, fecales y aerobios mesófilos. Recolectaron muestras de agua potable de dos marcas comerciales (A y B), cada una representada por 15 botellones de 20 litros de capacidad. Las muestras analizadas, tanto del agua potable marca A como de la marca B, arrojaron presencia de microorganismos indicadores de calidad sanitaria, indicando contaminación de las mismas y evidente peligro para la salud de los consumidores.

Marcano y Zan (2006) realizaron un estudio para determinar la calidad sanitaria del agua potable de los tanques del conjunto residencial Bloques de la Paragua ubicados en Ciudad Bolívar, estado Bolívar. Recolectaron 20 muestras de agua de los tanques, seleccionados de manera aleatoria y hallaron que algunas de ellas estaban fuera del criterio para agua potable establecido por la OMS.

La desinfección del agua es necesaria antes de que llegue al usuario de este vital líquido. En Puerto Ordaz, estado Bolívar el sistema de Acueducto “Toro Muerto” tiene como fuente las aguas de los ríos Caroní y Orinoco, que llegan hasta la Planta Potabilizadora de Agua del mismo nombre, ubicada en la parroquia Universidad, en el sector Toro Muerto. El agua en esta planta atraviesa básicamente por dos procesos importantes que son la clarificación, que consiste en la eliminación de partículas finas, que originan la turbiedad; y la desinfección que consiste en la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. Es abastecida por bombeo desde una torre-toma ubicada en el margen derecho del río Caroní. Este sistema consta de 8 posiciones

para equipos hidráulicos y actualmente existen 5 bombas distribuidas a ambos lados de los primeros 17 metros de la tubería matriz, así como de 2 tanques de aire para evitar el Golpe de Ariete en la misma. La planta actualmente produce 1400 L/seg de agua para la región (Hidrobolívar, 2007ab).

En las escuelas existe una población cautiva, de niños y jóvenes con fuentes comunes de agua para consumo y además, la contaminación del agua puede provenir no sólo de depósitos de almacenamiento, sino también de los acueductos que la conducen desde las plantas potabilizadoras hasta los centros educativos, por ello se planteó esta investigación con la intención de determinar la calidad bacteriológica del agua del Acueducto “Toro Muerto” analizando el agua de la planta potabilizadora del mismo nombre y el agua que ingresa a la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”, que es abastecida por este sistema de acueducto, en el mes de marzo del 2009

JUSTIFICACIÓN

El agua es un elemento vital para la existencia humana, dependiendo de su calidad sanitaria se verá afectada la salud, alimentación y producción agrícola (Félix *et al.*, 2007). Es por ello que la salubridad de la misma debe estar garantizada por medio de la correcta aplicación de una serie de operaciones de tratamiento, al igual que una adecuada gestión de los sistemas de distribución de redes, tuberías entre otros; para mantener y proteger la calidad del agua tratada. Si no se garantiza la salubridad del agua, puede exponerse a la comunidad al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de bebida, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, posiblemente a una gran proporción de la comunidad (OMS, 2004).

Una escuela que provea agua potable totalmente segura para el consumo estará contribuyendo al desarrollo físico e intelectual de sus alumnos, tanto como un maestro dedicado que enseña los principios fundamentales de las matemáticas y el lenguaje (Solsona *et al.*, 2003). La calidad del agua en la escuela es necesaria porque posibilita la salud y evita enfermedades que podrían disminuir las posibilidades de aprendizaje, crecimiento y desarrollo normales de los estudiantes.

El agua aunque sea completamente transparente, incolora e inodora, puede estar contaminada con microorganismos capaces de vivir en ella sin alterar sus características organolépticas, por lo que es importante determinar su calidad sanitaria (UAM, 2007).

Lo antes dicho reflejó la importancia de investigar la calidad bacteriológica del agua de consumo del Acueducto “Toro Muerto”, tomando en cuenta la calidad del agua que egresa de la Planta Potabilizadora de Agua “Toro Muerto” y la que ingresa a la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”, Marzo 2009.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la calidad bacteriológica del agua del Acueducto “Toro Muerto”, mediante estudios de la planta potabilizadora y un punto del Acueducto. Puerto Ordaz, en el período marzo-abril, 2009.

Objetivos Específicos

- Cuantificar bacterias aerobias mesófilas en el agua de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” y en la de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”.
- Determinar el número más probable de coliformes totales y fecales en el agua de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” y en la de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”.
- Cuantificar *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus* y clostridios sulfito-reductores en el agua de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” y en la de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”.
- Comparar la calidad sanitaria del agua de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” y del agua de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”.

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

Se realizó una investigación descriptiva, transversal y de campo.

Universo

El universo estuvo representado por toda el agua del Acueducto “Toro Muerto”.

Muestra

Estuvo conformada por 20 muestras de agua distribuidas de la siguiente manera: cuatro (4) de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” y dieciséis (16) de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”.

- a) Planta Potabilizadora: dos (2) del tanque y dos (2) de una toma de agua destinada al control de calidad diario de la misma.
- b) Escuela: dos (2) muestras de agua de grifo de la cantina, cuatro (4) de grifos de la cocina, seis (6) muestras de bebederos de agua, dos (2) de grifo del pasillo y dos (2) muestras de agua de tanque.

Se realizaron dos muestreos durante los meses Marzo y Abril del 2009

Materiales

- Guantes y tapaboca.
- Cava portátil.

- Frascos de vidrios estériles de 100 ml.
- Tubos de ensayo.
- Gradillas.
- Pipetas serológicas de 1, 5, y 10 ml.
- Encendedor de propano.
- Placas de Petri.
- Campana de Durham
- Asas microbiológicas.
- Mechero de Bunsen.
- Fenol al 5%.

--Medios de cultivo (marca comercial HiMedia Laboratorio):

- Agua peptonada al 0,1%.
- Agar Plate Count.
- Caldo Lauril Sulfato Triptosa.
- Caldo Lactosa Bilis 2% Verde Brillante (CLBVB).
- Agar Cetrimide.
- Agar M-Enterococcus.
- Agar SPS con parafina líquida.

Equipos

- Autoclave marca Felisa.
- Nevera.
- Estufa marca Gemmy 35 litros.
- Baño de María marca comercial Memmert 10 litros.
- Contador de colonias.

Métodos

Se diseñó un instrumento para la recolección de los datos y emisión de los resultados (Apéndice A).

Recolección de la muestra

(Norma Venezolana COVENIN 2614:1994)

Los envases para recolectar el agua fueron de vidrio, con capacidad de 100 ml, y se esterilizaron a 121°C de temperatura y 15 libras de presión durante 15 min.

En el caso de las muestras de agua de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto”, éstas fueron recolectadas por el personal de dicha planta. Las aguas dispuestas en tanques, se recogieron con un dispositivo de muestreo diseñado comercialmente para tal fin; se llevó el envase a cierta profundidad para evitar el contacto de la muestra con la nata y espuma de la superficie, y así el agua fluyó a través de un tubo hasta el envase de recepción. El mismo sólo se abrió cuando se dispuso dentro del tanque de depósito de agua. Para la captación de agua de los grifos se tomaron muestras de aquellas que no presentaron fugas entre el vástago y el cuello para evitar contaminación, se eliminó cualquier dispositivo del mismo como boquillas, regaderas, gomas, entre otros. Se dejó drenar el agua durante 5 min y se cerró la salida de agua para desinfectarlo con alcohol y flamearlo con mechero. Se abrió de nuevo el grifo durante 2 min y rápidamente se procedió a captar la muestra llenando unas 2/3 partes del envase. Se tapó con prontitud y se rotuló indicando procedencia, fecha y número de muestreo.

Transporte de las muestras

Las muestras de agua pertenecientes a la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” fueron procesadas inmediatamente a su recolección, en el Laboratorio Bacteriológico de la planta, ubicado en las mismas instalaciones, por lo cual no requirieron condiciones especiales de traslado. En el caso de las muestras de agua de Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”, el traslado se realizó hasta el Laboratorio Bacteriológico de Aguas de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, en cavas portátiles con hielo seco y se procesaron a la mayor brevedad posible, debido a que después de un tiempo aproximadamente de 48 horas la población real de bacterias presentes en la muestra se ve alterada.

Procesamiento de las muestras

1. Preparación de diluciones (Norma Venezolana COVENIN 1126:1989).

De la muestra de agua original se trasvasó 1 ml a un tubo de ensayo estéril que contenía 9 ml de agua peptonada al 0,1%, así se obtuvo una dilución 1:10. Se repitió este procedimiento a partir de esta dilución, una vez más, para preparar la dilución 1:100. Se tuvo entonces, una muestra sin diluir y dos diluciones de ella 10^{-1} , 10^{-2} . Se procesaron todas las muestras por duplicado.

2. Método para recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de Petri (Norma Venezolana COVENIN 902:1987).

Se colocó 1 ml de la muestra de agua sin diluir y de las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} respectivamente, en placas de Petri por duplicado, se añadieron 15 ml de Agar Plate Count previamente fundido y temperado a 45-50°C. Se mezclaron por rotación suave y se dejaron solidificar sobre una superficie plana. Se incubaron a 37 +/- 1°C por 24 a 48 h. Se contaron las colonias y se calculó la cuenta total de microorganismos en la muestra tomando en cuenta el promedio del duplicado

(UFC/ml) y la dilución respectiva. En el caso de no haber colonias en ninguna placa, el recuento se reportó como “menos de 1” multiplicándolo por la primera dilución de la muestra y se expresa como “Estimado del Recuento Estándar”.

3. Recuento de Coliformes Totales (Norma Venezolana COVENIN 3047:1993).

Prueba presuntiva: Se inoculó 1 ml de muestra de agua sin diluir y 1ml de las muestras correspondientes a las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} respectivamente a tubos que contenían caldo lauril sulfato triptosa doble concentrado (con tubo de fermentación invertido). Se incubaron a 35°C por 24 h, los tubos negativos se re incubaron 24 h más. La positividad se evidenció por presencia de turbiedad y gas.

Prueba confirmatoria: De cada tubo positivo de los anteriores se transfirió una asada a tubos con Caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (CLBVB), con tubo de fermentación invertido, y se incubaron a 35°C por 48 h. Con el número de tubos positivos se calculó el Número Más Probable (NMP) de bacterias coliformes por 100 ml de muestra según la tabla que correspondía. En el caso de que todos los tubos resultaron negativos el resultado se expresó como “menos de 2,2” NMP/100 ml. En caso de estar todos positivos debía expresarse como “mayor de 16” NMP/ml.

4. Recuento de Coliformes Fecales y *Escherichia coli* (Norma Venezolana COVENIN 1104:1996).

De los tubos que resultaron positivos en CLBVB, se sembró una asada en tubos que contenían este mismo caldo, por duplicado con tubo de fermentación invertido, y una asada a un tubo con agua peptonada. Se incubaron en Baño de María a 44°C por 24 h. Para tubos con CLBVB se tomó en cuenta la dilución respectiva de la cual fueron sembrados y se añadió reactivo de Kovacs al tubo con agua peptonada para comprobar si había *E. coli*. Para coliformes fecales la

positividad se evidenció por presencia de turbiedad y gas en el medio CLBVB; y para *E. coli* la positividad se observó por la aparición de un anillo color rojo en la superficie del medio, y la negatividad por la presencia de un anillo amarillo en el tubo con agua peptonada.

5) Determinación de *Pseudomonas aeruginosa*:

Se usó la misma técnica empleada para la determinación bacterias aerobias mesófilas, pero solo se trabajo con la muestra de agua pura. En este caso se uso el Agar Cetrimide y se incubó 24-48 h a 35°C. La positividad de esta prueba se evidenció por crecimiento de colonias en el medio con pigmento verde azulado alrededor; pudiendo observarse fluorescencia en presencia de una lámpara de luz UV de onda larga.

6) Determinación de Enterococos:

Se inocularon las muestras de agua sin diluir, de la misma forma en que se realizó la técnica para determinar bacterias aerobias. Se uso el Agar KF Streptococcus y se incubaron a 35°C por 24-48 h. La positividad de esta prueba se evidenció por crecimiento de colonias en el medio.

7) Determinación de clostridios sulfito-reductores:

Se estimuló la formación de esporas de *Clostridium* sulfito-reductores calentando la muestra de agua a 80°C por 15 min. Se inocularon 1 ml de muestra en Agar SPS fundido y temperado a 45-50°C, se selló con parafina líquida y se incubaron a 35°C por 24-48 h. La positividad se observó como puntos negros a través del tubo.

Para la comparación de resultados se tomaron en cuenta los “Estándares microbiológicos establecidos por la OMS para agua potable en Europa y

América” que establecen la cantidad de ≤ 100 UFC/ml para conteo de colonias aerobias a 35°C, y ausencia de *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus* en agua potable (OMS, 2005).

Análisis Estadístico

Se utilizó estadística descriptiva y los resultados se presentaron en tablas de frecuencia, se usó la media aritmética como medida de tendencia central, haciendo uso de hojas de cálculo.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los resultados bacteriológicos del agua proveniente de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” que se utiliza para el control de calidad diario de la misma. Se observa que éstos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la OMS.

En la tabla 2 se presenta el recuento de bacterias aerobias mesófilas en el agua de consumo de las distintas áreas de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”. Se observan los resultados de los dos muestreos realizados, y en todos los casos el recuento de estos microorganismos no sobrepasa las 100 UFC/ml que es el límite máximo permitido por la OMS.

La tabla 3 muestra el número más probable de coliformes totales y fecales del agua del tanque de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz” y del tanque de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto”. Se evidenció presencia de estos microorganismos en el agua del tanque de la escuela (0,6 NMP/ml en el primer muestreo y 6,2 NMP/ml en el segundo), con ausencia de *Escherichia coli* en ambos casos. No hubo desarrollo de coliformes en el agua del tanque de la planta potabilizadora, tal como lo refiere el criterio microbiológico de la OMS.

Otros indicadores de calidad como *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus* no fueron hallados en las muestras examinadas. La presencia de *Clostridium* no fue significativa ya que el hallazgo fue de 1 UFC para dos muestras pertenecientes al grifo de la cantina y al grifo de pasillo respectivamente

Tabla 1

Bacteriología del agua de control diario. Planta Potabilizadora “Toro Muerto”.
Puerto Ordaz. Marzo-Abril 2009

MICROORGANISMO	RECuento EN UFC/ml	RECuento EN NMP/100ml
Coliformes totales		$\leq 2,2$
Coliformes fecales		$\leq 2,2$
Aerobios mesófilos	Ausente	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausente	
<i>Enterococcus</i>	Ausente	
<i>Clostridium</i> sulfito- reductores	Ausente	
<i>Escherichia coli</i>	Ausente	

Tabla 2

Bacterias aerobias mesófilas en el agua de consumo según áreas de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”. Puerto Ordaz. Marzo-Abril 2009.

PROCEDENCIA	BACTERIAS MESÓFILAS (UFC/ml)		n	%
	1^{er} muestreo	2^{do} muestreo		
Cantina	0,1x10	0,1x10	2	12,5
Cocina I	0,3x10	0,1x10	2	12,5
Cocina II	0,2x10	0,2x10	2	12,5
Bebedero I	0,6x10	0,4x10	2	12,5
Bebedero II	0,1x10	0,1x10	2	12,5
Bebedero III	0,1x10	0,1x10	2	12,5
Grifo I	5,0x10	4,2x10	2	12,5
Tanque	3,0x10	8,5x10	2	12,5
TOTAL			16	100

-Límite máximo permisible para aerobios mesófilos \leq 100 UFC/ml (OMS, 2005)

Tabla 3

Coliformes totales y fecales en el agua del tanque de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz” y del tanque de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto”. Puerto Ordaz. Marzo-Abril de 2009.

PROCEDENCIA	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES
	(NMP/ml)		(NMP/ml)	
	1er muestreo		2do muestreo	
Tanque Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”	0,6	0,6	6,2	6,2
Tanque Planta Potabilizadora “Toro Muerto”	$\leq 2,2$	$\leq 2,2$	$\leq 2,2$	$\leq 2,2$

La ausencia de Coliformes totales y fecales debe expresarse como $\leq 2,2$ de NMP/100 ml (Norma Venezolana COVENIN 3047-93).

DISCUSION

Las enfermedades hídricas son provocadas por el consumo del agua contaminada con restos fecales de humanos o animales y que contiene microorganismos patógenos. El estudio de la relación agua/salud y la prevención de enfermedades es de suma importancia ya que se evita la propagación de enfermedades a través de un medio tan empleado y elemental (CEPIS, 2003). El agua que sale por los grifos es un producto que pretende, no desencadenar ningún problema de salud pública. Este objetivo se ha conseguido, después de muchos siglos en los que había estado implicada en el inicio o transmisión de una gran cantidad de brotes epidémicos (Castan, 2008).

El agua proveniente de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto”, mostró todos sus parámetros dentro de los criterios que establece la OMS para agua potable. No se encontraron publicaciones similares que evalúen el agua recién tratada de plantas de tratamiento. Sin embargo, Mujica y Solis, (2008) analizaron el agua de consumo del Hospital Uyapar, de Puerto Ordaz, de una fuente directa proveniente de Hidrobolívar que no se deposita en tanques de almacenamiento, y hallaron también que todos los parámetros cumplían los criterios bacteriológicos.

El recuento de aerobios mesófilos en las 16 muestras de agua de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”, se encontró en el orden de la primera dilución decimal, es decir, no sobrepasó el valor de 100 UFC/ml, considerado límite máximo por la OMS para agua potable. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Porcu *et al.*, (2004) quienes evaluaron el agua de 51 escuelas que resultaron negativas para este parámetro. A diferencia de esta investigación, en el estudio realizado por González *et al.* (2000) al agua de grifos, filtros, pipotes, tanques y botellones, de 31 muestras de agua provenientes de diferentes fuentes de captación, 22 de ellas mostraron elevado nivel de contaminación, y 26

presentaron recuento de aerobios mesófilos por encima del establecido para este parámetro.

Por otra parte, el hallazgo de coliformes totales y fecales en ambos muestreos del agua proveniente del tanque de la escuela, está fuera del criterio de la OMS el cual establece la ausencia de coliformes en agua potable. Resultados similares son reportados por diversos autores; Chacón (1989) evaluó bacteriológicamente el agua de 18 establecimientos educacionales, de los cuales el 100% presentó coliformes totales en tanques destinados al abastecimiento de agua y en menor porcentaje en el agua proveniente de redes de agua potable. Welch *et al.* (2000) hallaron bacterias del grupo coliforme, sin reporte de *Escherichia coli* en más del 60% de muestras de agua potable. En vista de que en la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz” no se evidenció *Escherichia coli*, que constituye el indicador sanitario que determina la inocuidad o no del agua, se atribuye como posibles causas de presencia de coliformes a la falta periódica de mantenimiento y desinfección del tanque de almacenamiento.

Los resultados obtenidos en esta investigación con relación a la ausencia de *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococcus*, y presencia de clostridios en número no significativo, en el agua proveniente del centro educativo, coincide con los criterios de la OMS y con los autores anteriores quienes no reportan patógenos en el agua evaluada. *Enterococcus* y *Clostridium* son usados como indicadores de contaminación fecal ya que se encuentran formando parte de la flora intestinal del hombre y en los animales de sangre caliente, por tanto son excretados en sus heces.

La planta potabilizadora evaluada en esta investigación, forma parte del llamado Acueducto Toro Muerto, un complejo dependiente de Hidrobolívar, el cual es responsable del abastecimiento de agua potable a la ciudad de Puerto Ordaz a través de dos estaciones de bombeo, ubicadas en las zonas de Unare y en la avenida Las Américas, que también forman parte de este complejo. En vista de

la buena calidad del agua recién tratada en esta planta y de la calidad que se mantiene en el agua que se consume en el centro educativo evaluado, el Acueducto “Toro Muerto” cumple la función de prestar un servicio aceptable a los habitantes de la ciudad de Puerto Ordaz.

CONCLUSIONES

- Para el periodo estudiado, el agua de la Planta Potabilizadora “Toro Muerto” y de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz” cumple con los estándares de calidad para agua potable que exige la OMS.
- El hallazgo de coliformes totales y fecales en el agua del tanque de la escuela, con ausencia de *Escherichia coli*, denota ausencia de contaminación fecal reciente y falta de limpieza y desinfección del mismo.
- El Acueducto “Toro Muerto” perteneciente a la empresa Hidrobolívar, a través de la calidad del agua que llega a determinados destinos de la ciudad de Puerto Ordaz, ofrece un servicio de calidad llevando a los habitantes de esta región un producto inocuo, apto para el consumo humano y que no constituye factor de riesgo para la salud.

RECOMENDACIONES

- Ejecutar el debido mantenimiento y desinfección periódica del tanque de la escuela, para evitar una contaminación mayor que ponga en riesgo la salud de la comunidad escolar.
- Realizar otras investigaciones para evaluar la calidad bacteriológica del agua del Acueducto “Toro Muerto”, con muestreos más distantes de la planta potabilizadora.
- Fomentar la práctica de análisis del agua de consumo en las diferentes instituciones educativas.

BIBLIOGRAFÍA

- Apella, M., Araujo, P. 2000. Microbiología de agua. [En línea]. Disponible: http://horus.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/02Capitulo_02.pdf [Julio, 2008]
- Aurazo, M. 2002. Aspectos Biológicos de la Calidad del Agua. [En línea] Disponible: <http://www.cepis.org.pe/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomol/dos.pdf> [Junio, 2008].
- Cànepa, L. 2004. Procesos unitarios y plantas de tratamientos. [En línea]. Disponible: <http://www.cepis.org.pe/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomol/tres.pdf> [Agosto, 2008].
- Castan, T. 2008. La higienización del agua, ¿una necesidad o un riesgo? [En línea]. Disponible: <http://www.agua10.com/amplianoticia.asp?cod=31> [Septiembre, 2009].
- CEPIS. El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2003. Guía de promoción de calidad del agua para escuelas de países en desarrollo. [En línea]. Disponible: <http://74.125.155.132/scholar?q=cache:kkA85SfE4toJ:scholar.google.com/+calidad+bacteriologica+del+agua+escolar&hl=es> [Septiembre, 2009].
- CEPIS. El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. 2002. Desinfección. [En línea]. Disponible: http://bvsde.per.paho.org/es/www/fulltext/re_pind55/desinf/desin.html [Junio, 2008].

- Chacón, T. 1989. Estudio de la calidad bacteriológica del agua de bebida de las escuelas de la comuna de Coelemu. [En línea]. Disponible: <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=TESISCH.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn000292> [Marzo, 2009].
- Félix, A., Campas, O., Guadalupe, A., Meza, M. 2007. Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del sur de Sonora-México. *Respyn*. 8: 10-21.
- Flores, J.J., Suárez, G., Puc, M., Heredia, M., Vivas, M., Franco, J. 1995. Calidad bacteriológica del agua potable de la ciudad Mérida, México. *Biomed*. 3:127-124.
- García, M., Sánchez, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo N. 2001. El agua. [En línea]. Disponible: <http://www.ideam.gov.co/publica/medioamb/cap4.pdf> [Mayo, 2008].
- Gesche, E., Vallejos, A., Saez, M. 2003. Eficiencia de anaerobios sulfito-reductores como indicadores de calidad sanitaria de agua. Método de número más probable. *Arch Med Vet*. 35 (1):103- 112.
- González *et al.*, 2000. Determinación de la calidad del agua de consumo mediante análisis bacteriológico y parasitológico en la comunidad Francisco de Miranda, Edo. Aragua. *Rev Fac Farm* 40:150-157.
- Grupo del Banco Mundial. 2002. Acceso a agua potable. [En línea]. Disponible: <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/modules/environm/water/print.html> [Junio, 2008].

- Gutiérrez, S., Pedrique, M. 2002. Agua. Indicadores de la calidad microbiológica de las aguas de consumo y de proceso. Tratamientos. Métodos de control microbiológico. [En línea]. Disponible: <http://www.ucv.ve/Farmacia/Microweb/Catedras02/tema16.pdf> [Agosto, 2008].
- Hidrobolivar. 2007a. Plantas de tratamiento. [En línea]. Disponible: http://www.hidrobolivar.gob.ve/DI_infraestructura/AR_plantas.php [Marzo, 2009].
- Hidrobolivar. 2007b. Acueducto Toro Muerto. [En línea]. Disponible: http://www.hidrobolivar.gob.ve/DI_infraestructura/AR_acueducto_toro_muerto.php [Marzo, 2009].
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2006. Ciclo del Agua. [En línea] Disponible: http://www.ideam.gov.co/ninos2/glos_02.htm [Mayo, 2008].
- Instituto Nacional del Agua. 2005a. Ciclo del agua [En línea]. Disponible: http://www.ina.gov.ar/cartillas_edu/cartilla_3.htm [Mayo, 2008].
- Instituto Nacional del Agua. 2005b. Agua potable. [En línea]. Disponible: http://www.ina.gov.ar/cartillas_edu/cartilla_7.htm [Julio, 2008].
- Marcano, Y., Zan, A. 2006. Calidad sanitaria del agua potable de los tanques del conjunto residencial bloques de Paragua. Trabajo de Grado. Dpto. de Parasitología y Microbiología. Esc. Cs. Salud. Bolívar U.D.O. pp 32 (Multígrafo)

Marchand, E. 2002. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en la lima metropolitana. [En línea]. Disponible: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd56/marchand.pdf> [Julio, 2008].

MSAS. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. 1998. Normas sanitarias de calidad del agua potable. [En línea]. Disponible: http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/nor_mas2/Norma-Ven.pdf [Junio, 2008].

Mujica, M., Solis M, 2008. Indicadores bacteriológicos de la calidad sanitaria del agua de consumo del Hospital Uyapar. Puerto Ordaz- Edo. Bolívar, Septiembre 2008. . Trabajo de Grado. Departamento de Parasitología y Microbiología. Escuela de Ciencias de la Salud. Bolívar UDO. pp 31 (Multígrafo).

Norma Venezolana COVENIN 2614, 1994. Calidad del agua y procesamiento de muestra para determinación de coliformes fecales. 1^{era} revisión. Fondonorma. Caracas. Venezuela.

Norma Venezolana COVENIN 1126, 1989. Preparación de medios de cultivo para estudio microbiológico. 1^{era} revisión. Fondonorma. Caracas. Venezuela.

Norma Venezolana COVENIN 902, 1987. Método para recuento de colonias y bacterias aerobias en placas de Petri. Fondonorma. Caracas. Venezuela.

Norma Venezolana COVENIN 3047, 1993. Agua potable. Método de determinación del número más probable de bacterias coliformes. Fondonorma. Caracas. Venezuela.

- Norma Venezolana COVENIN 1104, 1996. Determinación del número más probable de coliformes, de coliformes fecales y de *Escherichia coli*. 2^{da} revisión. Fondonorma. Caracas. Venezuela.
- Norma Venezolana COVENIN. 2002. Aguas naturales, industriales y residuales. Definiciones. [En línea]. Disponible: http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/nor_mas/2634-02.pdf[Agosto, 2008].
- OMS.Organización Mundial de la Salud. 2004. Guías para la calidad del agua potable. [En línea]. Disponible: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq_3sp.pdf [Agosto, 2008].
- OMS.Organización Mundial de la Salud. 2005. Guías para la calidad del agua potable. [En línea]. Disponible: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/ [Agosto, 2008].
- OPS.Organización Panamericana de la Salud. 1985. Guías para la calidad del agua potable, recomendaciones. Publicación científica.
- Piedrola, G., Gálvez, R., Sierra, A., Saenz, M., Gómez, L., Fernández, J., *et al.* 1988. Medicina Preventiva y Salud Pública. Salvat Edit. España. 8va edición (Tomo I). 13 (14): 157-177.
- PROBEA. Proyecto Bioregional de Educación Ambiental. 2006. Importancia del agua para la vida [En línea]. Disponible: <http://www.sdnhm.org/education/binational/curriculums/agua/act1ante.html> [Mayo, 2008].
- Porcú, E., Salcedo, A., Vergara, J., Díaz, A. 2004. Control bacteriológico de agua almacenada en tanques o reservorios ubicados en establecimientos

escolares de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. [En línea].

Disponible:

<http://www.editorial.unca.edu.ar/Investigaci%C3%B3n%20Cient%C3%A9fica/Alimentos/Control%20Bacteriol%C3%B3gico.pdf> [Marzo, 2008].

Ramírez, L., Silva, J., Alfieri, A., Rivas, G., Sánchez, M. 2004. Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Rev Soc Ven Microb.* 24 (1-2):46-99.

Sánchez H., Vargas, M., Méndez, J. 2000. Calidad bacteriológica del agua de consumo humano en zonas de alta marginación en Chiapas. *Rev Salud Pub.* 42(5):39-406.

Sancho-Sanz, J. 2007. Agua es vida. *Rev Real Acad Cienc.* 5(62): 65-74.

Solsona, F., Fuertes, C. 2003. Guía para la promoción de la calidad del agua en escuelas de los países en desarrollo. [En línea]. Disponible: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/fulltext/escuelas/escuelas.pdf> [Marzo, 2009].

Universidad Autónoma Metropolitana. U.A.M. 2007. Microbiología aplicada, manual de laboratorio. [En línea]. Disponible: http://www.azc.uam.mx/cbi/quimica/_microbiologia/p20.pdf [Agosto, 2008].

Universidad Autónoma Metropolitana. U.A.M. 2007. Microbiología aplicada, manual de laboratorio. [En línea]. Disponible:

<http://www.azc.uam.mx/cbi/quimica/microbiologia/p16.pdf> [Agosto, 2008].

Valiente, C. 2005. Grado de riesgo sanitario en acueductos y su impacto en la salud de la población costarricense. *Rev Evol.* 3 (1): 8-27.

Vergaray, G., Méndez, C., Morante, H., Heredia, V., Béjar, V. 2007. *Enterococcus* y *Escherichia coli* como indicadores de contaminación fecal en playas costeras de Lima. *Rev del Instituto de Investigaciones FIGMMG.* 10 (20): 82-86.

Welch, P., David, J., Clarke, W., Trinidad, A., Penner, D., Bernstein, S *et al.*,2000. Calidad microbiológica del agua en comunidades rurales de Trinidad. *Rev Panam Salud Pública* 8 (3): 172-180 [Septiembre, 2009].

ANEXO

Tabla de probabilidad para la determinación del número de bacterias por la técnica de las diluciones en tubo.

Valores del NMP para 2 tubos inoculados a partir de tres diluciones decimales sucesivas.

Número de tubos positivos observados en cada dilución			
1ra.dilución	2da.dilución	3era.dilución	NMP de microorganismos por ml de la 1ra.dilución
0	0	0	0
0	0	0	0,45
0	1	1	0,46
1	0	0	0,6
1	0	1	1,2
1	1	0	1,3
1	1	1	2,0
1	2	0	2,1
2	0	0	2,3
2	0	1	5,0
2	1	0	6,2
2	1	1	13
2	1	2	21
2	2	0	24
2	2	1	70
2	2	2	100+

Los límites de confianza aproximados al 95 % pueden calcularse de la siguiente forma:

NMP a NMPX6,61

Fuente: Harrigan, 1979.

APÉNDICE



Reporte de los Resultados del Análisis Bacteriológico del Agua.

N° de muestra: _____ **Localidad:** _____
Fecha de Análisis: _____ **Procedencia:** _____
Fecha de toma de muestra: _____ **Punto de muestreo:** _____
Hora de toma de muestra: _____ **Tipo de muestra:** _____
Encargado de la toma de muestra: _____

Análisis	Resultados	Unidades	Limite max. permisible. Agua Potable	Limite max. permisible. Agua Natural
Aerobios mesófilos 37°C		UFC/ml	≤100 UFC/ml	≤200 UFC/ml
Coliformes totales		NMP/100ml	≤2,2 UFC/100ml	≤10.000UFC/100ml
Coliformes fecales		NMP/100ml	≤2,2 UFC100/ml	≤10.000UFC/100ml
<i>Escherichia coli</i>		UFC/ml	Ausentes	Ausentes
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		UFC/ml	Ausentes	Ausentes
<i>Enterococos</i>		UFC/ml	Ausentes	Ausentes
<i>Clostridium</i>		UFC/ml	Ausentes	Ausentes

*La ausencia de coliformes totales y fecales debe expresarse como <2,2 NMP/100ml
(Norma Venezolana COVENIN 3047-93).

Interpretación de Resultados:

Firma del Analista de Control de
Calidad

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	Calidad bacteriológica del agua del acueducto de “toro muerto”. Ciudad guayana, estado bolivar.
---------------	--

AUTOR (ES):

Apellidos y nombres	Codigo cedula/ e mail
Jimenez m, geraldine d	Cvlac:18247087 Email: canelag87@hotmail.com
Lezza m, vanessa v	Cvlac:18368260 E mail: vangeline@hotmail.com

PALABRAS O FRASES CLAVES:

Calidad bacteriológica del agua

Acueducto

Escherichia coli

Coliformes totales y fecales.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBAREA
Microbiología	Bacteriología

RESUMEN (ABSTRACT)

Tener acceso a un agua segura es fundamental para la salud de las personas, ya que si está contaminada se convierte en uno de los principales vehículos de transmisión de enfermedades, las que afectan a los grupos más desprotegidos de la población, entre ellos, a los niños, influyendo de manera negativa en su aprendizaje, crecimiento y desarrollo. El presente estudio es descriptivo, transversal y de campo. Llevado a cabo en el acueducto “Toro Muerto” de Hidrobolívar y la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz” El objetivo fue determinar la calidad bacteriología del agua del acueducto. El procesamiento de las muestras se realizó siguiendo los parámetros establecidos en las normas COVENIN para la calidad del agua potable, empleándose como indicadores de contaminación la presencia de coliformes totales y fecales, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococos* y *Clostridium* sulfito-reductores; así mismo el recuento de bacterias aerobias mesófilas. Las muestras fueron recolectadas en 2 tomas de agua del acueducto “Toro Muerto” de Hidrobolívar y en 8 tomas de agua de diferentes espacios de la Escuela Básica Nacional “Puerto Ordaz”, realizándose 2 muestreos. Las mismas fueron procesadas en el Laboratorio de Bacteriológico “Toro Muerto” y en el Laboratorio de Bacteriológico de Aguas de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Se obtuvo como resultado un recuento de hasta 100UFC/ml de aerobios mesófilos en dos muestreos correspondientes a cada institución. Con respecto a los coliformes totales y fecales en el agua del acueducto “Toro Muerto” el hallazgo fue $\leq 2,2$ UFC/ml mientras que el agua del tanque de la escuela en su segundo muestreo alcanzó valores de 6,2 UFC/ml de coliformes totales y fecales. Todas las muestras analizadas resultaron negativas para *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterococos*. En el caso de *Clostridium* se evidenció el crecimiento de 1UFC/ml en una de las aguas correspondientes a la escuela básica Nacional “Puerto Ordaz” lo cual no resulta significativo. En conclusión el agua analizada es apta para el consumo humano.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

Apellidos y nombres	Rol/ codigo cvlac/ e_mail				
	Rol	Ca	As	Tu x	Ju x
Lic. Yida Orellan	Cvlac	4.404.887			
	E_mail	Yidavorellan@hotmail.com			
	E_mail				
	Rol	Ca	As	Tu x	Ju x
Lic. Carmen Rodríguez	Cvlac	8.871.518			
	E_mail	Carmenrb@hotmail.com			
	E_mail				
	Rol	Ca	As	Tu x	Ju x
Dr. Armando Guevara	Cvlac	9.460.962			
	E_mail	Agvillefort@yahoo.com			
	E_mail				
	Rol	Ca	As	Tu x	Ju x
Lic. Rosa maría Tedesco	Cvlac	13.016.709			
	E_mail	Tedesco25@gmail.com			
	E_mail				
	Rol	Ca	As	Tu x	Ju x

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACION:

2009	11	13
AÑO	MES	DIA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
	Application/word

ALCANCE

ESPACIAL: E.B.N. "Puerto Ordaz". Ciudad Guayana

TEMPORAL: 3 años

TITULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

LICENCIADAS EN BIOANALISIS

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

LICENCIATURA EN BIOANALISIS

AREA DE ESTUDIO:

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA Y MICROBIOLOGIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS FISIOLOGICAS

INSTITUCION:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

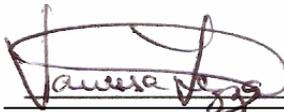
DERECHOS

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado “Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo, quien lo participara al Consejo Universitario”



Geraldine Jiménez

AUTOR



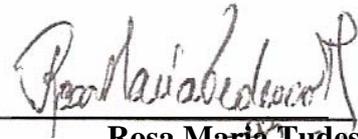
Vanesa Lezza

AUTOR



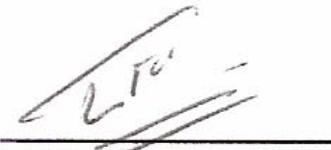
Yida Orillan

TUTOR



Rosa María Tudesco

TUTOR



Armando Guevara

JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS