



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE SUCRE
ESCUELA DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS

DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y
Vibrio sp. EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO, PROVENIENTES DE
POZOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO SAN
FERNANDO, SAN FERNANDO, ESTADO APURE
(Modalidad: Investigación)

ANAIS DEL CARMEN ROJAS SPECA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOANÁLISIS

Cumaná, agosto de 2010

DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y
Vibrio sp. EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO, PROVENIENTES DE
POZOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO SAN
FERNANDO, SAN FERNANDO, ESTADO APURE

APROBADO POR:

Profa. Elvia Michelli
Asesora Académica

Rosa Martínez
Jurado

Yasmina Araque
Jurado

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE TABLAS	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA	6
Toma de muestra.....	6
Diagnóstico presuntivo de coliformes y determinación del NMP/100 ml.....	6
Diagnóstico presuntivo de coliformes.....	8
Diagnóstico confirmatorio de coliformes.....	8
Recuento de colonias coliformes	9
Identificación bioquímica de los aislados	10
Diagnóstico presuntivo de <i>Vibrio</i> sp.....	11
Diagnóstico confirmatorio de <i>Vibrio</i> sp.....	12
Análisis de datos	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
CONCLUSIONES	30
RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA	32
HOJA DE METADATOS	38

DEDICATORIA

A

Dios, por darme fortaleza, valor, entendimiento en los momentos más difíciles durante mi carrera y por proveerme la salida a mis problemas.

El Doctor José Gregorio Hernández, por guiarme en todo momento.

Mis hijos Gean y Gendelc, por el sacrificio que hicieron alejados de mí para que alcanzara esta meta, por ser mis incentivos, mi fuente de ilusión, y lucha en la vida, en especial Gean que vivió todos esos momentos; a mi esposo Gerardo Dávila, por su paciencia, tolerancia, constancia y dedicación, a ustedes este logro.

Mi mami, por su fe y apoyo incondicional en la vida, a ti este logro.

Mi papi, por su colaboración.

Mi hermana Yanitza, por su apoyo y este triunfo alcanzado sirva de estímulo para lograr lo que se proponga en la vida.

Mi hermana Casandra, por darme ánimo en los momentos más necesitados.

Mis amigas: Martha Méndez, Petra Planché y Rosmarían Moya, por su invaluable amistad y momentos compartidos.

AGRADECIMIENTOS

A

Mi tutora la profesora Elvia Michelli, por ser excelente profesional, persona, por creer en mí y brindarme la confianza para llegar hasta aquí.

Licdo. Radamés Hernández, por su colaboración.

Todo el personal del Laboratorio del Hospital Dr. Pablo Acosta Ortiz, en especial a la Licda. Zulima Soto, al Asistente Carlos Ojeda, a la Licda. Ixuis Yáñez y a la Licda. Norka Navarro por su colaboración y dedicación en el transcurso de la ejecución de esta investigación.

El personal de Hidrollanos C.A, en especial al Ing. José Wualdrón, a la TSU Mónica Gamarra, a la Ing. Yoselín García y al Sr. Simón Curuco, por su cooperación desinteresada.

Candy Patiño, por su ayuda en los momentos más necesitados.

El TSU Moisés Matamoros, al Ing. José Gregorio García y al Perito Forestal Yuri Cedeño, por su colaboración.

Profesora Rosario de Gedeón, por su invaluable apoyo.

Sr. Manuel Torres por brindarme su ayuda en todo cuanto fue necesario✠.

Dr. Sergio de los Santos, por brindarme su contribución desinteresada.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Referencias geográficas de las zonas muestreadas. Municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre, 2006 y enero 2007.	7
Tabla 2. Resultados del análisis estadístico (ANOVA) aplicado a la cuantificación del NMP/100 ml de coliformes totales y fecales determinados en muestras de pozos de almacenamiento, plantas de tratamiento y grifos para las diferentes orígenes de muestra de agua.....	16
Tabla 3. Recuento de coliformes totales y fecales (UFC/ml), en muestras de agua obtenidas en nueve (9) pozos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007.....	19
Tabla 4. Recuento de coliformes totales y fecales (UFC/ml), en muestras obtenidas en seis (6) plantas de tratamiento de agua, del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007.....	20
Tabla 5. Recuento de coliformes totales y fecales (UFC/ml), en muestras obtenidas en seis (6) grifos, del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007.....	20
Tabla 6. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en nueve (9) pozos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 1.....	25
Tabla 7. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en nueve (9) pozos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 2.....	25
Tabla 8. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) plantas de tratamiento del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 1.	26
Tabla 9. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) plantas de tratamiento del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 2.	26
Tabla 10. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) grifos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 1.....	27
Tabla 11. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) grifos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 2.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo del municipio San Fernando,.....	7
Figura 2. Número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales y fecales determinados en dos muestras de agua de pozos.	13
Figura 3. Número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales y fecales determinados en dos muestras de agua de plantas de tratamiento.	14
Figura 4. Número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales y fecales determinados en dos muestras de agua de grifo.....	15

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue cuantificar el número de coliformes totales, fecales y *Vibrio sp.* en muestras provenientes de pozos de almacenamiento y agua potable del municipio San Fernando, San Fernando de Apure. Durante los meses noviembre-diciembre de 2006 y enero de 2007, se recolectaron dos muestras de agua mensuales, en las diferentes estaciones seleccionadas, distribuidas en nueve (9) pozos, seis (6) plantas de tratamiento y seis (6) grifos. En cada estación de toma de muestra se recogieron 100 ml de agua, los cuales fueron procesados por la técnica de tubos múltiples para determinar el número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales, coliformes fecales y *Vibrio sp.* expresados en NMP/100 ml. Se realizó la cuantificación de unidades formadoras de colonias por mililitro de agua (UFC/ml) de las muestras positivas para coliformes totales y coliformes fecales. A las cepas aisladas en las muestras positivas, se les realizó la identificación bioquímica, de acuerdo con los procedimientos estándares de enterobacterias y especies del género *Vibrio sp.* Los resultados obtenidos evidenciaron la presencia de coliformes totales y fecales en todas las estaciones de muestreo evaluadas, sin que se recuperaran cepas de *Vibrio sp.* en las mismas. Los mayores valores de NMP/100 ml para coliformes totales y fecales se obtuvieron en el pozo, la planta de tratamiento y grifo ubicados en la urbanización El Recreo. En general, se observó que las muestras obtenidas en pozos tuvieron los mayores valores de NMP/100 ml de agua, para coliformes totales y fecales, seguidas por las muestras provenientes de grifos, y por último, se ubicaron las tomadas en las plantas de tratamiento. Al aplicar el análisis estadístico (ANOVA) a estos resultados, se observaron diferencias significativas en los valores de NMP/100ml de acuerdo con el origen de las muestras, tanto de coliformes totales como de coliformes fecales. En el estudio se identificaron siete especies de enterobacterias; de éstas, *Enterobacter aerogenes* y *Escherichia coli* fueron las más frecuentemente aisladas en todas las estaciones de muestreo. En conclusión, todas las muestras evaluadas presentaron indicios de contaminación fecal y mostraron niveles de coliformes no permisibles para el agua potable según las normas sanitarias del agua potable de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela de 1998, por lo que requieren un proceso de desinfección previo al consumo humano.

Palabra y/o Frases Claves: Agua para el consumo humano, Coliformes, *Vibrio sp.*

INTRODUCCIÓN

Históricamente, el agua juega un rol de vital importancia para el consumo humano, y es considerada apta cuando al ser ingerida, no origina efectos dañinos para la salud (Gesche *et al.*, 2003). El agua puede también ser un medio para la transmisión de microorganismos que causan enfermedades infecciosas, por la ingesta o por contacto directo con aguas contaminadas; de tal modo que, los factores relacionados con el comportamiento humano también son decisivos en la transmisión de enfermedades provocadas por aguas contaminadas (Reiff, 1995; De Lima, 2005).

El criterio de calidad bacteriológica del agua para el consumo humano se define como una reacción causa efecto, entre el nivel del indicador de calidad de agua y los riesgos potenciales para la salud asociados con el uso de la misma (EPA, 2000). Desde el punto de vista bacteriológico, para que el agua sea considerada apta para el consumo humano, debe contener menos de 200 bacterias por ml de muestra, y de éstas, deben estar presentes un máximo de 2 coliformes totales/ml (OMS, 1998).

En cuanto a su procedencia, la calidad y cantidad del agua potable derivada de aguas subterráneas es buena, por lo que usualmente se pueden aprovechar con poco o ningún procedimiento previo; mientras que el agua superficial suele requerir un amplio tratamiento antes de su consumo, en especial si está contaminada (Pomposiello y Panarello, 2007).

Las aguas residuales representan una vía de contaminación importante para las aguas superficiales, domésticas e industriales (Claret *et al.*, 2007). La introducción de estas aguas se produce a través de receptores de lluvias, que luego son descargados en las masas naturales de aguas; otras de las causas de contaminación de aguas superficiales son los derrames petroleros, desechos sólidos y la contaminación térmica por plantas

termoeléctricas que transforman sus características físico-químicas (FUNDAMBIENTE *et al.*, 1998).

Dentro de los contaminantes hídricos se encuentran los desperdicios orgánicos, conformados por desechos degradables domésticos, residuos provenientes de procesadoras de pulpa vegetal y de alimentos, químicos pesticidas, detergentes, disolventes y aceites. El segundo grupo está conformado por sustancias inorgánicas como químicos, metales tóxicos, sales, ácidos y nutrientes agrícolas, como nitrato y fósforo. Finalmente, están los contaminantes no materiales como radiactividad y calor (AlOtaibi, 2009).

Una extensa variedad de microorganismos pueden encontrarse en los suministros de agua y en aguas residuales, por lo que los brotes de enfermedades infecciosas causadas por tan vital líquido son frecuentes. Dentro de las bacterias potencialmente patógenas que pueden ser transmitidas por el agua están: *Salmonella* sp., causante de gastroenteritis, fiebre tifoidea, fiebre paratifoidea; *Shigella* sp., agente etiológico de shigelosis, gastroenteritis y disentería bacilar; *Campylobacter jejuni*, que causa campilobacteriosis; *Escherichia coli* productoras de infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal y enfermedades intestinales y *Vibrio cholerae* causante del cólera (Hurst *et al.*, 2002).

Otros microorganismos patógenos que se pueden encontrar en las aguas de consumo humano son los de origen parasitario, como *Entamoeba histolytica*, protozooario que se aloja en el intestino humano, causante de amibiasis, enfermedad que de no ser tratada puede producir alteraciones intestinales graves (OMS, 1998; Ballester y Sunyer, 2000; Mora y Portuguez, 2001) y *Cryptosporidium parvum* que produce afección gastrointestinal en humanos y en animales, los quistes de este protozooario se emiten en las heces y se han asociado los brotes infecciosos que generan, con el abastecimiento de agua (Ottonson y Stenstrom, 2003). Dentro de los helmintos, el más frecuente es *Ascaris lumbricoides*, nemátodo que parasita el intestino humano (Figuera,

1997). Los virus de mayor relevancia transmitidos por el agua se encuentran los Rotavirus y el virus de la hepatitis A (Mims *et al.*, 1999).

Durante más de medio siglo, se ha utilizado el grupo de coliformes como indicador del grado de contaminación de aguas residuales y de consumo humano; estas bacterias pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae* y se definen como el grupo bacteriano con morfología bacilar, Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que fermentan lactosa con la producción de ácido y gas (Koneman *et al.*, 1999). Su presencia se considera indicativa de contaminación del agua, mientras que su ausencia indica que el agua se encuentra libre de patógenos (APHA, 1992).

Los coliformes se localizan en la naturaleza, así como en el tracto gastrointestinal del hombre y animales de sangre caliente, cada persona excreta de 1 000 000 a 4 000 000 de coliformes por día, así como otras clases de bacterias; dentro de este grupo se encuentran los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*, los cuales son indicadores por excelencia de contaminación fecal del agua, bien sea por heces de origen animal o de origen humano (Stevens *et al.*, 2003).

La densidad de microorganismos coliformes, presentes en el agua de consumo, se ha utilizado como indicador de contaminación (APHA, 1992), básicamente la diferenciación entre coliformes totales y fecales se fundamenta en su capacidad o incapacidad para crecer a una temperatura de $44,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; asimismo, el recuento de estreptococos fecales u otro tipo de bacterias intestinales, más abundantes en los animales que en humanos, suele hacerse en conjunto con los coliformes fecales y la razón de ambos grupos se utiliza para diferenciar la fuente de la contaminación; de tal forma que una razón de 4,0 indica que la contaminación es debida a desechos humanos, y las razones menores de 0,7 suelen revelar contaminación por desechos animales. Para fines de evaluación de la calidad sanitaria del agua y alimentos para consumo humano, la presencia de cualquier bacteria coliforme los hace potencialmente peligrosos para la salud de la persona que los ingiera (APHA, 1998).

En general, el análisis bacteriológico de aguas residuales y de consumo humano permite el aislamiento e identificación de los microorganismos indicativos de contaminación fecal, alertando así sobre los riesgos de contraer enfermedades bacterianas transmitidas por el agua (Iabichella, 1993; Silva, *et al.*, 2004).

Frecuentemente, se utilizan marcadores para determinar la cantidad de bacterias presentes en un cuerpo hídrico. Entre éstos, se encuentra el cálculo del número más probable en 100 ml de agua (NMP/100 ml), consistente en una técnica de uso habitual en procedimientos de control microbiológico de agua, la cual permite estimar, aproximadamente, el nivel de coliformes en la muestra evaluada (Stevens *et al.*, 2003).

Otro marcador para definir la calidad microbiológica de agua es el recuento de coliformes totales y fecales, el cual expresa el número de unidades formadoras de colonias por ml de agua (UFC/ml), obtenido después de la aplicación de determinadas condiciones de cultivo en medio sólido e incubado en aerobiosis (APHA, 1995). Según los estándares normalizados para el agua residual y agua potable (APHA, 1992), el número de coliformes totales reportado en el agua de consumo humano debe ser, idealmente, inferior a 500 por 100 ml de agua y no debe llegar a 10 000 por 100 ml de agua. En cuanto al recuento de coliformes fecales, éste debería ser menor de 100 por 100 ml de agua y no alcanzar los 2 000 por cada 100 ml de agua procesada; tanto para coliformes totales como fecales, el primer número tiene valor indicativo y el segundo es de cumplimiento obligatorio.

En la Gaceta Oficial de la República de Venezuela (1998), decreto 36 395, en la cual se establecen las Normas Sanitarias del Agua Potable, en su capítulo II, artículos 9^{no} al 11^{avo}, especifica las condiciones microbiológicas para clasificar el agua como potable. En el documento oficial anteriormente citado, se resalta que el resultado de los análisis microbiológicos de una muestra de 100 ml de agua potable no debe indicar la presencia de coliformes fecales; el 95,0% de las muestras de 100 ml, analizadas en la red de distribución no deberá indicar la presencia de coliformes totales durante cualquier

periodo de 12 meses consecutivos; en ningún caso deberá detectarse coliformes totales en dos muestras consecutivas de 100 ml, provenientes del mismo sitio. Asimismo, dictamina que el agua potable no debe contener agentes patógenos, tales como virus, bacterias, hongos, protozoarios y helmintos; y que la concentración de organismos heterótrofos aerobios presentes en 100 ml de agua no superará las 100 UFC/ml.

En los últimos 10 años, se ha observado en el estado Apure un alarmante déficit en el servicio de conducción de aguas servidas, donde la mayoría de las redes cloacales han excedido su capacidad de servicio, lo que conduce a su desborde. Concomitantemente, la demanda habitacional elevada hace que un porcentaje de la población se ubique en áreas del estado en las cuales no hay planes de urbanismo organizado, por lo que realizan la deposición de las aguas servidas en los canales abiertos que cercan los centros poblados principales de San Fernando, y en otros canales cuya construcción se efectuó con el propósito de evacuar las aguas de lluvias; este comportamiento produce un elevado volumen de aguas contaminadas, que descargan en los ríos y lagunas donde desaguan los canales (MARN, 2003). De acuerdo con los datos recabados en el censo poblacional de 2001, el Instituto Nacional de Estadística (INE) reporta que la población censada en el estado Apure fue de 73 201 habitantes, de éstos 32,0% disponen sus excretas en sumideros y 30,0% de las viviendas poseen pozos profundos particulares como fuentes de agua para consumo, hechos que representan un riesgo de contraer enfermedades de origen hídrico para la población (MARN, 2003; Contraloría social, 2008).

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se consideró importante evaluar el número de coliformes totales, coliformes fecales y *Vibrio* sp. por ml de agua, provenientes de pozos de almacenamiento y agua potable, del municipio San Fernando, San Fernando de Apure.

METODOLOGÍA

Toma de muestra

Durante los meses noviembre-diciembre de 2006 y enero de 2007, se recolectó un total de cuarenta y dos (42) muestras de cuerpos hídricos, procedentes de nueve (9) pozos de almacenamiento de agua, seis (6) plantas de tratamiento y seis (6) de grifos, obtenidas en zonas urbanas, en el municipio San Fernando, en San Fernando, estado Apure. Las estaciones evaluadas (pozos de almacenamiento y plantas de tratamiento de agua) están ubicadas en las zonas Casco San Fernando, El Recreo, La Guamita, Lomas del Este, Llano Alto, Santa Rufina, Luís Herrera, El Tocal, Las Maravillas, La Morenera y Los Centauros (Figura 1, Tabla 1).

Las zonas urbanas fueron seis (6) elegidas al azar, según el cálculo del tamaño de la muestra (Wayne, 2002), entre las que se benefician del agua potable proveniente de los diferentes pozos y plantas de tratamiento incluidas en el estudio, en estas zonas las muestras de agua se recolectaron directamente de los grifos ubicados dentro de viviendas. Este procedimiento se llevó a cabo simultáneamente con la recolección de muestras del pozo y/o planta de tratamiento que surten de agua potable el área. El volumen de cada muestra de agua recolectada fue de 100 ml, éstas se recogieron en envases plásticos estériles de 250 ml inmediatamente se colocaron en cavas de anime refrigeradas a 4°C, para limitar el crecimiento bacteriano. Todas las muestras fueron recolectadas por duplicado, 2 veces al mes.

Diagnóstico presuntivo de coliformes y determinación del NMP/100 ml

Las muestras de agua se procesaron en el Laboratorio de Bacteriología del Hospital

“Dr. Pablo Acosta Ortiz” de San Fernando, antes de las seis (6) horas después de haber sido colectadas, cumpliendo las recomendaciones del método estándar para el análisis de agua y aguas residuales (APHA, 1995).

El procedimiento seguido fue el siguiente:

Diagnóstico presuntivo de coliformes

La cuantificación de coliformes totales y fecales, se determinó mediante el número más probable (NMP) a través de la técnica de fermentación de tubos múltiples (APHA, 1995).

Para determinar presuntivamente coliformes totales y fecales, se realizaron diluciones seriadas por triplicado, desde la muestra de 100 ml de agua se colocó una alícuota de 1 ml en tubos que contenían 9 ml de caldo lactosado con campana de Durham invertida, obteniéndose la dilución de 10^{-1} y a partir de esta se llevó hasta 10^{-5} , se descartó 1 ml de esta última. Se incubaron a 37°C para coliformes totales y a $44,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para coliformes fecales por 24 horas. Después se valoraron las características de los tubos, tomándose la producción de gas y/o turbidez como evidencia de un cultivo positivo; mientras que la ausencia de gas y turbidez fue indicativa de un resultado negativo, lo cual excluyó la presencia del grupo de coliformes en la muestra estudiada.

Diagnóstico confirmatorio de coliformes

A partir de cada uno de los tubos que resultaron positivos en la prueba presuntiva, se inocularon los tubos que contenían caldo lactosa de bilis verde brillante al 2% (CLBVB), se incubaron en aerobiosis a 37°C para enterobacterias y a $44,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para *E. coli* por 24 horas. Después de la incubación se observó la presencia de turbidez y de gas de los tubos.

A partir de las muestras positivas se determinó el NMP/100 ml, aplicando la siguiente relación (Hurst, 2002):

$$\text{NMP/100 ml} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tubos positivos} \times 100}{\text{ml de tubos negativos} \times \text{ml del total de tubos}}$$

Para la detección de coliformes se realizó la resiembra, a partir del caldo lactosa de bilis verde brillante (CLBVB), en los medios selectivos agar Mac Conkey (AMAcK) y agar eosina azul de metileno (AEMB), aplicando la técnica de disseminación en cuatro cuadrantes, para obtener colonias aisladas. Una vez sembradas, las placas fueron incubadas en aerobiosis a 37°C para coliformes totales y a 44,5 ± 0,5°C para coliformes fecales, durante 24 horas. Luego se evaluaron las características macroscópicas de las colonias típicas en AMAcK (color rosadas a rojas con halo turbio, mucosas, confluentes); y en AEMB (oscuras de color rosadas, a verdosas con brillo metálico, centro negro o azulado); y la fermentación de lactosa en los medios utilizados (Koneman *et al.*, 1999; Murray *et al.*, 1999).

Recuento de colonias coliformes

Este recuento por dilución se realizó una vez que transcurrió el tiempo de incubación de los medios selectivos diferenciales, y después de la valoración de las características macroscópica de los cultivos, mediante la cual se seleccionaron las colonias predominantes, con morfología sugestiva de cepas coliformes.

El recuento de colonias bacterianas, el cual permitió estimar el número de microorganismos vivos presentes en agua, se realizó según los parámetros estándar para agua potable segura, de la agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2000) y por métodos estándar descritos por la APHA (1995), a través de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Número total de colonias (UFC/ml)}}{\text{Mililitros de muestra}} = \text{N}^{\circ} \text{ c. c.} \times \text{N}^{\circ} \text{ cd.} \times \text{N}^{\circ} \text{ dil.}$$

N° c. c.: N° de colonias contadas

N° cd.: N° de cuadrantes

N° dil.: N° de dilución

Para minimizar errores al calcular el tamaño de la población se despreciaron aquellas placas menores 30 y mayores de 300 colonias.

Identificación bioquímica de los aislados

Para la identificación bioquímica de los coliformes totales y fecales, se aplicó un esquema de trabajo basado en los métodos y procedimientos descritos por Koneman et al., (1999) y Mac Faddin (2003); para ello se utilizó las siguientes pruebas:

Previo a la aplicación de las pruebas bioquímicas para la identificación de géneros y especies bacterianos de las cepas aisladas, se realizó la siembra de las mismas en agar nutritivo.

Siembra en agar nutritivo: una vez concluida la valoración macroscópica de los cultivos en medios selectivos diferenciales, se realizó la suspensión de dos o tres colonias sospechosas en tubos con 3 ml de caldo infusión cerebro corazón (BHI), que fueron incubados en aerobiosis por 10 minutos a 37°C. A partir de estos cultivos se procedió a sembrar en placas de agar nutritivo. El medio fue inoculado con la cepa a probar por diseminación en cuatro cuadrantes y luego se incubó en aerobiosis a 37°C por 24 horas. Este cultivo se utilizó para inocular los medios de cultivo para las diferentes pruebas bioquímicas (Koneman et al., 1999).

Producción de la enzima citocromo oxidasa (Kovac, 1956).

Fermentación de los carbohidratos glucosa y lactosa, producción de ácido sulfhídrico y gas (Kliger, 1917).

Prueba de descarboxilación de los aminoácidos L-arginina, L-lisina y ornitina (Möeller, 1955).

Producción de indol, motilidad y producción de la enzima ureasa (Ederer y Clark, 1970).

Prueba de Lisina hierro agar (LIA) (Thatcher y Clark, 1973; Holt et al., 1994).

Prueba rojo de metilo-Voges Proskauer (RM-VP) (Clark y Lubs, 1915).

Utilización del citrato (Simmons, 1926).

Utilización del malonato de sodio (Ewing, 1986).

Producción de la enzima fenilalanina desaminasa (Ewing et al., 1957).

Diagnóstico presuntivo de *Vibrio* sp.

Para recuperar cepas de *Vibrio* sp., las muestras se inocularon en series de 5 tubos por triplicado con 9 ml de caldo de enriquecimiento agua peptonada alcalina (APA), los tubos por triplicados se incubaron en aerobiosis a 37°C por 24 horas. Las lecturas positivas correspondieron a tubos con presencia de turbidez.

De las muestras positivas se determinó el NMP/100 ml, aplicando la ecuación según se describió previamente (Hurst, 2002).

Producción de la enzima citocromo oxidasa (Kovac, 1956).

String test (Vargas, 1983).

Diagnóstico confirmatorio de *Vibrio* sp.

De los tubos que presentaron crecimiento (turbidez), se tomó una asada, y se inocularon en medio selectivo agar tiosulfato- citrato-sales biliares-sacarosa (ATCBS), aplicando la técnica de diseminación en cuatro cuadrantes, para obtener colonias aisladas. Las placas se incubaron a 37°C por 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo se evaluaron las características morfológicas típicas de las colonias de 1 a 2 mm de diámetro, amarillas, con borde liso, ligeramente convexas y la fermentación de sacarosa (Koneman *et al.*, 1999; Murray *et al.*, 1999).

Debido a que no se aisló *Vibrio* sp., no se continuó con la metodología.

Control de calidad: para asegurar el control de calidad de pruebas bioquímicas, se utilizaron las cepas certificadas de *Escherichia coli* ATCC 25922; CVCM 765, y *Vibrio cholerae* CVCM 1070, provenientes del Centro Venezolano de Colección de Microorganismos (CVCM, 2000).

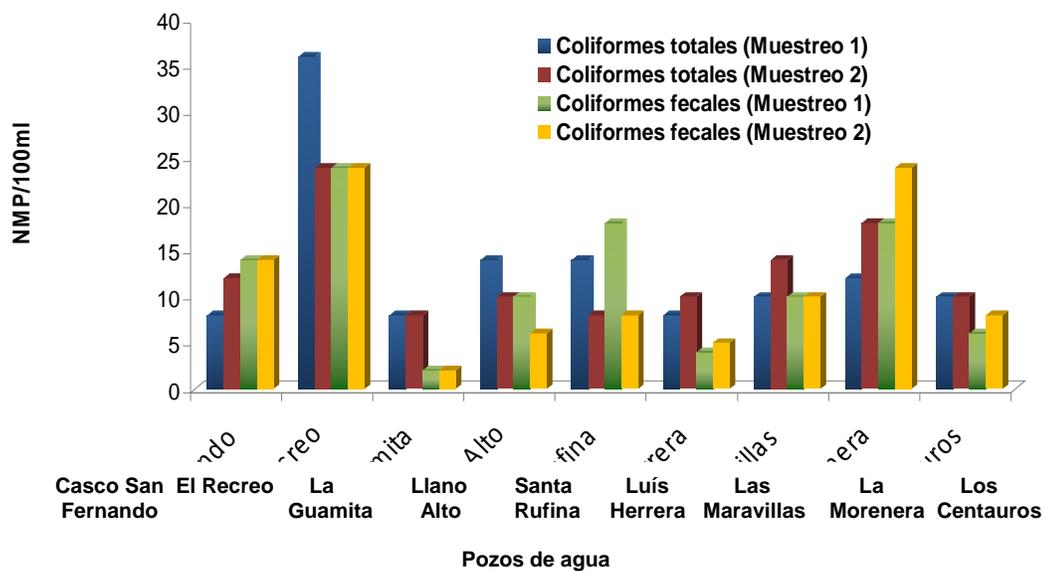
Análisis de datos

Se aplicó un análisis de varianza múltiple (ANOVA) al 95,0% de confiabilidad, para determinar si se producían discrepancias significativas en los valores del recuento de coliformes totales, coliformes fecales y *Vibrio* sp., entre estaciones y entre muestras, además se utilizaron las tablas de frecuencia para complementar el tratamiento de los datos (Wayne, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron resultados positivos para coliformes totales y fecales en todas las muestras evaluadas, sin que se evidenciara en las mismas la presencia de *Vibrio* sp.

La figura 2, muestra los resultados obtenidos en la cuantificación del número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales y fecales, en las muestras obtenidas de pozos.



C

Figura 2. Número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales y fecales determinados en dos muestras de agua de pozos.

El mayor valor de coliformes totales, tanto en el primer como el segundo muestreo (figura 2), se determinó en el pozo de El Recreo (36 NMP/100 y 24 NMP/100 ml, respectivamente). En cuanto a los coliformes fecales, para la primera toma de muestras, el pozo con mayor cantidad de NMP/100 ml fue el de El Recreo (24 NMP/100 ml),

mientras que para el segundo muestreo, se observaron los mayores valores en los pozos de El Recreo y La Morenera (24 NMP/100 ml, cada uno).

En la figura 3 se presentan los resultados obtenidos al determinar el NMP/100 ml de coliformes totales y fecales, en las muestras de plantas de tratamiento de agua.

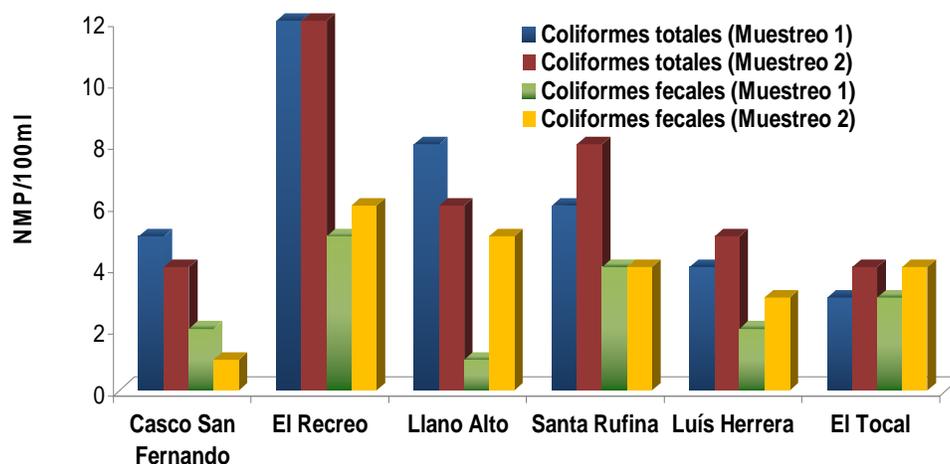


Figura 3. Número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales y fecales determinados en dos muestras de agua de plantas de tratamiento.

Similar a lo observado en las muestras de pozos, la figura 3 muestra que el mayor nivel de coliformes totales se determinó en la planta de El Recreo (12 NMP/100 ml, primer y segundo muestreo). Asimismo, al evaluar el nivel de coliformes fecales en las muestras de agua, en las provenientes de El Recreo se reportaron las determinaciones más elevadas (5 NMP/100 ml y 6 NMP/100 ml, primer y segundo muestreo, respectivamente).

La determinación de coliformes totales y fecales a partir de muestras de agua tomadas en grifos se muestra en la figura 4, destacando que en las de El Recreo el valor del NMP/100 ml de coliformes totales fue superior al de las otras zonas urbanas evaluadas, en ambos muestreos (36 NMP/100 ml y 14 NMP/100 ml, primer y segundo muestreo, respectivamente). Este patrón se repitió con la cuantificación de coliformes

fecales, observándose en los grifos de El Recreo los valores más altos (8 NMP/100 ml, tanto el primer como en el segundo muestreo).

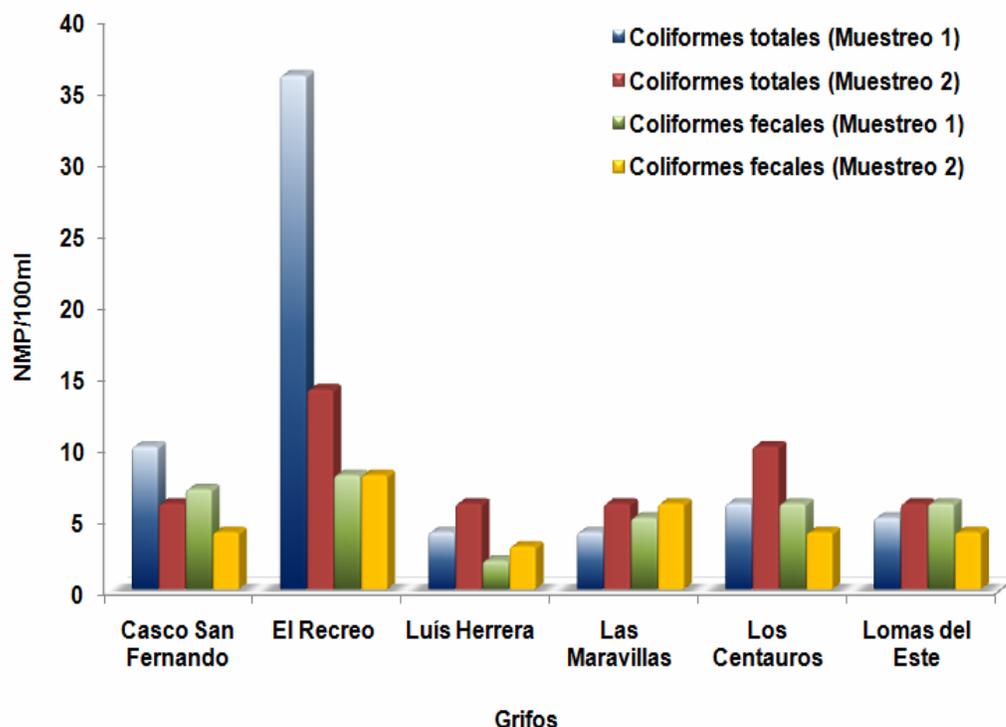


Figura 4. Número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales y fecales determinados en dos muestras de agua de grifo.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico aplicado análisis de varianza múltiple (ANOVA) a estos datos, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la determinación de coliformes totales y el origen de las muestras de agua analizadas, durante el segundo muestreo.

En cuanto a los resultados del NMP/100 ml de coliformes fecales, el análisis estadístico presentado en la tabla 2, permitió evidenciar la presencia de diferencias estadísticamente significativas entre el nivel de coliformes fecales y la procedencia de las muestras de aguas, en ambos muestreos. Tanto para el NMP/100 ml de coliformes totales, como de coliformes fecales, el mayor nivel fue obtenido en las muestras de

pozos, seguido por las de grifos y en último lugar se ubicaron las muestras de las plantas de tratamiento de agua.

Tabla 2. Resultados del análisis estadístico (ANOVA) aplicado a la cuantificación del NMP/100 ml de coliformes totales y fecales determinados en muestras de pozos de almacenamiento, plantas de tratamiento y grifos para las diferentes orígenes de muestra de agua.

Valor	Alfa	I. C.	F
Coliformes totales (1 ^{er} muestreo)	0,106	0,969	2,35
Coliformes totales (2 ^{do} muestreo)	0,003	0,996	8,21
Coliformes fecales (1 ^{er} muestreo)	0,028	0,971	4,40
Coliformes fecales (2 ^{do} muestreo)	0,030	0,969	4,30

Las muestras obtenidas en los suministros de agua evaluados, presentaron niveles de NMP/100 ml de coliformes totales y fecales no permisibles para el consumo humano, ya que superaron las especificaciones establecidas en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, Decreto 36.395. Este resultado es desalentador para los habitantes de municipio San Fernando, debido a que están consumiendo agua no apta que podría causarles enfermedades por agentes microbianos transmitidos por vía hídrica. Datos similares fueron reportados en otro estudio realizado en Venezuela por Barrientos *et al.* (2005), quienes en una investigación cuyo objetivo fue determinar la calidad microbiológica del agua en dos acueductos rurales del estado Vargas, encontraron altas concentraciones de coliformes totales y fecales, lo cual clasifica a las muestras de agua evaluadas como no aptas para el consumo humano.

Un hallazgo relevante en la presente investigación fue que en todas las muestras procesadas se aislaron bacterias coliformes, hecho que indica la presencia de contaminación fecal en estos cuerpos de agua. En este sentido, es importante señalar que el territorio venezolano está irrigado con innumerables fuentes de agua que lo califican como país privilegiado en recursos hídricos; sin embargo, el patrón de crecimiento poblacional, el proceso de urbanización, la pérdida de calidad de los cuerpos de agua, los

riesgos naturales, y la deficiente gestión y conservación del recurso, inciden en la multiplicación de los factores que contribuyen con el deterioro de estas fuentes y pueden favorecer la contaminación de las mismas (Cañizalez *et al.*, 2006).

Según (Burrows, 1993), la valoración de contaminación de origen fecal de agua destinada para el consumo humano es significativa, ya que a través de ella se logran determinar microorganismos cuya presencia indica que la muestra estuvo expuesta a condiciones que pudieran determinar la llegada a la misma de bacterias peligrosas, que lograrían permitir el crecimiento de especies patógenas; es por ello que las bacterias y otros microorganismos de origen fecal son considerados indicadores de calidad sanitaria.

En el análisis estadístico aplicado a los resultados del cálculo del NMP/100 ml de coliformes totales y fecales (Tabla 2), se observaron diferencias significativas entre el nivel de bacterias detectado y el origen de las muestras de agua procesadas, siendo las provenientes de los pozos de almacenamiento las que presentaron mayores niveles de coliformes. Según los datos reportados en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, ciertas zonas de los estados Apure, Portuguesa y Barinas se abastecen de pozos de almacenamiento de aguas y hasta el año 2006, no existía un verdadero plan de gestión de las aguas subterráneas en el país, así como tampoco un inventario actualizado de las mismas, por lo que la protección de dichas fuentes subterráneas estaba limitada (Cañizalez *et al.*, 2006).

La declaración anteriormente expuesta es clave para comprender no sólo por qué en las muestras provenientes de los pozos los niveles de coliformes, determinados en la presente investigación, fueron los más elevados, sino también la repercusión que tiene este resultado, debido a que la falta de protección adecuada estas fuentes hídricas, conlleva a un control deficiente de su nivel de contaminación; por tanto no se ejecutan los procesos de desinfección necesarios para disminuir, en gran medida, el riesgo microbiológico al que se expone la población que consume agua procedente de estos pozos.

Otro resultado obtenido en el presente estudio a ser resaltado, fue que en las muestras provenientes de grifos ubicados dentro de las viviendas, la determinación del NMP/100 ml de coliformes, fue superior a los de las plantas de tratamientos que surten de agua a las zonas urbanas estudiadas. Está bien establecido que el agua para consumo humano debe estar ausente de coliformes totales y fecales por norma, los resultados de la carga de coliformes determinada en las muestras de los grifos indican que el agua que sale de las plantas está expuesta a agentes contaminantes antes de llegar a los domicilios, hecho que podría ser atribuido principalmente a fallas en el sistema de tuberías que transportan el agua y permiten su utilización en las viviendas (Auge, 1997).

En este orden de ideas, Corbitt (2003) sostiene que el agua, al ser transportada a través de una red de distribución, puede sufrir cambios en su calidad microbiológica, ya que la proliferación de bacterias coliformes contaminantes está regida por la exposición a concentraciones residuales de desinfectantes, las fuentes de disponibilidad de nutrientes bacterianos en los depósitos de cañerías, la temperatura del agua, la acción antagónica de otros microorganismos, así las pulsaciones repentinas que frecuentemente se observan en la presión del agua.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos a partir de la cuantificación coliformes totales y fecales, en muestras provenientes de los pozos de almacenamiento de agua. Se evidencia que los valores de los dos indicadores bacterianos son elevados en el primer muestreo, sin llegar a disminuir notablemente en el segundo análisis. Los pozos que presentaron mayor cantidad de UFC/ml de coliformes totales en los dos muestreos fueron los de La Morenera y El Recreo ($1,88 \times 10^8$ UFC/ml y $2,07 \times 10^9$ UFC/ml, primer y segundo muestreo, respectivamente). En cuanto a los coliformes fecales el pozo ubicado en Santa Rufina presentó el valor más elevado ($1,89 \times 10^9$ UFC/ml) durante el primer muestreo, mientras que en el segundo el máximo contaje se obtuvo en el de La Morenera ($3,31 \times 10^8$ UFC/ml).

Tabla 3. Recuento de coliformes totales y fecales (UFC/ml), en muestras de agua obtenidas en nueve (9) pozos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007.

Pozos de agua	Muestreo 1		Muestreo 2	
	Coliformes Totales (UFC/ml)	Coliformes Fecales (UFC/ml)	Coliformes Totales (UFC/ml)	Coliformes Fecales (UFC/ml)
Casco de San Fernando	$2,16 \times 10^5$	$4,31 \times 10^3$	$9,11 \times 10^7$	$1,74 \times 10^6$
El Recreo	$1,64 \times 10^5$	$1,25 \times 10^3$	$2,07 \times 10^9^*$	$1,19 \times 10^7$
La Guamita	$1,46 \times 10^5$	$1,22 \times 10^4$	$1,91 \times 10^6$	$1,01 \times 10^{2*}$
Llano Alto	$3,89 \times 10^4$	$1,62 \times 10^5$	$1,84 \times 10^6$	$1,40 \times 10^4$
Santa Rufina	$1,45 \times 10^{2\bullet}$	$1,89 \times 10^9^*$	$1,43 \times 10^{5\bullet}$	$1,33 \times 10^5$
Luís Herrera	$6,63 \times 10^3$	$1,11 \times 10^{3\bullet}$	$1,46 \times 10^5$	$1,25 \times 10^3$
Las Maravillas	$1,81 \times 10^2$	$2,36 \times 10^7$	$2,04 \times 10^6$	$2,39 \times 10^6$
La Morenera	$1,88 \times 10^{8*}$	$2,01 \times 10^3$	$3,63 \times 10^8$	$3,31 \times 10^{8*}$
Los Centauros	$1,37 \times 10^6$	$7,45 \times 10^5$	$1,51 \times 10^6$	$1,16 \times 10^5$

*: Muestras con mayor cantidad de UFC/ml, \bullet : Muestras con menor cantidad de UFC/ml.

Los resultados obtenidos a partir de la cuantificación coliformes totales y fecales, en muestras provenientes de las plantas de tratamiento de agua, se muestran en la tabla 4. Las plantas en las cuales se reportó mayor cantidad de UFC/ml de coliformes totales fueron El Recreo ($1,11 \times 10^8$ UFC/ml) durante el primer muestreo y Santa Rufina ($6,76 \times 10^7$ UFC/ml) en el segundo muestreo. La cuantificación de coliformes fecales fue similar en las seis plantas de tratamiento evaluadas, en las cuales se obtuvo un rango estrecho de 10^2 a 10^3 UFC/ml; en el segundo muestreo el rango de cuantificación aumentó 10^2 a 10^6 UFC/ml, obteniéndose en Llano Alto el mayor nivel de cuantificación de coliformes fecales.

En la tabla 5 se reflejan los resultados de las muestras de agua obtenidas de los grifos, en éstas la de El Recreo presentó la mayor cantidad de coliformes totales ($2,12 \times 10^9$ UFC/ml) en el primer muestreo y en el segundo ($1,21 \times 10^6$ UFC/ml). La muestra de grifo de El Recreo también presentó el mayor valor de coliformes fecales en el primer muestreo ($1,31 \times 10^5$ UFC/ml), mientras que la cuantificación mayor en el segundo muestreo se observó en el grifo

de Las Maravillas ($1,98 \times 10^6$ UFC/ml).

Tabla 4. Recuento de coliformes totales y fecales (UFC/ml), en muestras obtenidas en seis (6) plantas de tratamiento de agua, del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007.

Plantas de tratamiento de agua	Muestreo 1		Muestreo 2	
	Coliformes Totales (UFC/ml)	Coliformes Fecales (UFC/ml)	Coliformes Totales (UFC/ml)	Coliformes Fecales (UFC/ml)
Casco de San Fernando	$1,48 \times 10^{2*}$	$1,72 \times 10^3$	$1,51 \times 10^{2*}$	$1,39 \times 10^{2*}$
El Recreo	$1,11 \times 10^{8*}$	$9,44 \times 10^{3*}$	$1,21 \times 10^6$	$2,16 \times 10^4$
Llano Alto	$9,62 \times 10^4$	$6,13 \times 10^2$	$1,11 \times 10^5$	$1,13 \times 10^{6*}$
Santa Rufina	$1,38 \times 10^3$	$4,38 \times 10^3$	$6,76 \times 10^{7*}$	$9,51 \times 10^2$
Luís Herrera	$6,62 \times 10^2$	$5,31 \times 10^2$	$9,97 \times 10^5$	$7,23 \times 10^2$
El Tocal	$8,28 \times 10^2$	$2,61 \times 10^{2*}$	$9,79 \times 10^4$	$7,50 \times 10^3$

*: Muestras con mayor cantidad de UFC/ml, •: Muestras con menor cantidad de UFC/ml.

Tabla 5. Recuento de coliformes totales y fecales (UFC/ml), en muestras obtenidas en seis (6) grifos, del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007.

Grifos de agua	Muestreo 1		Muestreo 2	
	Coliformes Totales (UFC/ml)	Coliformes Fecales (UFC/ml)	Coliformes Totales (UFC/ml)	Coliformes Fecales (UFC/ml)
Casco de San Fernando	$1,23 \times 10^2$	$3,27 \times 10^2$	$1,61 \times 10^{2*}$	$1,83 \times 10^{2*}$
El Recreo	$2,12 \times 10^{9*}$	$1,31 \times 10^{5*}$	$1,21 \times 10^{6*}$	$7,86 \times 10^2$
Luís Herrera	$2,85 \times 10^3$	$5,51 \times 10^2$	$9,77 \times 10^3$	$5,35 \times 10^5$
Las Maravillas	$1,21 \times 10^3$	$1,91 \times 10^4$	$1,67 \times 10^5$	$1,98 \times 10^{6*}$
Los Centauros	$1,33 \times 10^3$	$1,11 \times 10^{2*}$	$9,79 \times 10^3$	$1,46 \times 10^5$
Lomas del este	$1,01 \times 10^{2*}$	$1,11 \times 10^3$	$1,14 \times 10^4$	$1,11 \times 10^4$

*: Muestras con mayor cantidad de UFC/ml, •: Muestras con menor cantidad de UFC/ml.

Al evaluar el nivel de coliformes totales y fecales cuantificado en las muestras de agua provenientes de los pozos, se observa un rango de detección entre 10^2 y 10^9

UFC/ml, valor extremadamente elevado si se considera que el agua potable no debe contener microorganismos heterótrofos en una densidad superior a 100 UFC/ml (Gaceta Oficial, 1988). En este orden de ideas, numerosos autores han resaltado la importancia del análisis microbiológico del agua para la detección y cuantificación de coliformes totales y fecales, debido a que la sola presencia de estas bacterias es considerada un indicador de contaminación fecal y su densidad proporciona un índice general de las características sanitarias que definen la calidad del agua (Fewtrell y Bartram, 2001; Cifuentes *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2003; Stevens *et al.*, 2003; AlSalim, 2007).

En un estudio realizado sobre la calidad sanitaria de los suministros procedentes de pozos que abastecen a la población de la ciudad de Campeche, México, se encontraron bacterias mesófilas aerobias, bacterias coliformes totales y coliformes fecales, demostrando la existencia de potentes factores de contaminación localizados en los pozos así como en su entorno aledaño (Márquez *et al.*, 1994).

El riesgo primario de consumir agua no tratada es la transmisión de enfermedades infecciosas producidas por organismos patógenos. Estos se encuentran presentes en el medio ambiente acuático y pueden ser de origen natural o descargado en el mismo a través de desechos humanos y/o animales (Fewtrell y Bartram, 2001; Kistemann *et al.*, 2002); estos hechos sustentan que las aguas sometidas a evaluación microbiológica en el presente estudio, las cuales no son aptas para el consumo humano, tampoco deberían ser utilizadas para propósitos domésticos humanos, sino para otras actividades tales como sistemas de riego.

El rango de coliformes cuantificado en las muestras de agua tratada, obtenidas en las plantas de tratamiento fue el menor determinado en la presente investigación, el cual osciló entre 10^2 y 10^8 UFC/ml.

En las aguas tratadas, la presencia de coliformes totales indican que ocurrió contaminación, sin identificar el origen; las fuentes de contaminación de esta agua

podrían deberse principalmente a deficiencias en el proceso de tratamiento; por lo que la presencia de coliformes en aguas tratadas es suficiente para accionar una revisión de los mecanismos de control de calidad y procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, así como para intensificar la vigilancia en la red de distribución (Szewzyk *et al.*, 2000).

En cuanto a la cuantificación de UFC/ml de coliformes en las muestras de agua recolectadas directamente de grifos, ubicados en el interior de las viviendas, éste fue igual al determinado en las muestras de pozos, encontrándose entre 10^2 y 10^9 UFC/ml. La presencia de coliformes en el agua de consumo humano que se obtiene directamente en los hogares, a través de una red de suministro organizada, puede indicar fallas en diferentes niveles del sistema de servicio de agua potable; las cuales ocurren en la mayoría de los casos por deficiencias en el sistema de transporte del agua, desde la planta de tratamiento hasta las comunidades que se sirven de las mismas (Stevens *et al.*, 2003); los hallazgos del presente estudio sugieren que la contaminación del agua ocurrió durante el transporte desde la planta de tratamiento, hecho que alerta sobre la necesidad imperativa de aumentar la vigilancia, no sólo de los procedimientos básicos para el tratamiento de las aguas de consumo humano, sino también el mantenimiento de las tuberías que surten el líquido.

Estudios de calidad sanitaria en agua potable envasada realizados en Carabobo, evidenciaron un alto grado de contaminación haciéndose peligrosa para la salud al ser ingerida. A pesar de que la población opta por consumir agua envasada por la desconfianza hacia las aguas suministradas por la red de distribución, debido a las alteraciones organolépticas que éstas presentan; dichos resultados constatan que las aguas envasadas también se encuentran expuestas a contaminación bacteriana (Silva *et al.*, 2004).

En general, la cuantificación de coliformes en las diferentes estaciones de suministro hídrico incluidas en el presente estudio fueron consistentes entre sí, con niveles de detección en rangos similares; al respecto, otros autores resaltan la importancia del grupo de bacterias

coliformes como indicador de calidad de los diferentes tipos de agua, señalando que aún las aguas con bajos niveles de población bacteriana coliforme deben ser consideradas contaminadas (Claret *et al.*, 2003; Rubio, 2004; Coutiño, 2008).

Los resultados obtenidos en la investigación desarrollada difieren de otros trabajos, en los cuales no se encontró una correlación entre el nivel de coliformes cuantificado en las fuentes primarias, tales como pozos de almacenamiento y el agua que es finalmente surtida en los hogares; estos autores proponen que la cuantificación de coliformes podría no ser fielmente detectada en algunos de los 100 ml de muestras analizados (Kistemann *et al.*, 2002; Borchardt *et al.*, 2004; AlOtaibi; 2009).

Es importante señalar que, con el incremento de la densidad de población urbana en el área de estudio, similar a lo que ocurre en otras regiones mundiales, la contaminación de la superficie de los cuerpos de agua es un evento creciente, el cual representa un serio problema para el óptimo suministro de agua potable en las zonas que son alimentadas por dichos cuerpos de agua (Reimann *et al.*, 2003; AlSalim, 2007). Consecuentemente, el cuidado de los recursos acuáticos es un factor primordial, particularmente para la planificación de un desarrollo socioeconómico sustentable (Pomposiello y Panarello, 2007).

En el municipio San Fernando, el aporte del agua para satisfacer las necesidades de las urbanizaciones en su mayoría es de origen subterráneo, excepto la del Casco San Fernando que proviene del río Apure; por lo que el elevado nivel de bacterias coliformes en las muestras de aguas de pozos, observado en el presente estudio, es alarmante sobre todo cuando en la zona existen diversos factores favorables para la contaminación, como las aguas residuales desechadas por las viviendas cercanas, la acumulación de desechos orgánicos (basura, excremento de animales y humanos) que constituyen el mecanismo idóneo para la transmisión de bacterias coliformes y otras poblaciones microbianas, así como desechos inorgánicos y metales pesados (EPA, 2000).

En las tablas 6 y 7 se presenta el resultado de la identificación bioquímica de las enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua sin procesar, obtenidas en los dos muestreos realizados en los pozos estudiados. En total se identificaron seis especies bacterianas en el primer muestreo y cinco en el segundo (muestreo 1 y 2, respectivamente). Las especies frecuentemente identificadas fueron *Enterobacter aerogenes* y *Escherichia coli*.

La identificación de las enterobacterias aisladas en muestras de agua tratadas, provenientes de los dos muestreos que se llevaron a cabo en las plantas de tratamiento, se muestra en las tablas 8 y 9; destacando que los resultados de dicha identificación fueron exactos en los dos muestreos realizados. Las especies más identificadas fueron las mismas que en los pozos de agua, *Enterobacter aerogenes* (5 plantas en ambos muestreos) y *Escherichia coli* (4 plantas en ambos muestreos).

Las tablas 10 y 11 muestran las especies bacterianas identificadas en las muestras de agua tomadas directamente de los grifos, durante los muestreos 1 y 2. En este caso se observa un patrón de frecuencia similar al de las muestras de las plantas de tratamiento, en el cual los resultados obtenidos en ambos muestreos fueron idénticos y las especies bacterianas más reportadas *Enterobacter aerogenes* (6 plantas en ambos muestreos) y *Escherichia coli* (4 plantas en ambos muestreos).

La presencia de coliformes en el agua de consumo humano que se obtiene directamente en los hogares, por medio de una red de suministro organizada, puede indicar fallas en diferentes niveles del sistema de servicio de agua potable; las cuales ocurren en la mayoría de los casos por deficiencias en el sistema de transporte del agua, desde la planta de tratamiento hasta las comunidades que se sirven de las mismas, por ende, las aguas con bajos niveles de población coliforme deben ser consideradas contaminadas, debido a que proporciona un índice general de las características sanitarias que definen la calidad del agua (Stevens *et al.*, 2003).

Tabla 6. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en nueve (9) pozos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 1.

Especies bacterianas aisladas	Pozos de agua (Muestreo 1)									Total
	Casco San Fernando	El Recreo	La Guamita	Llano Alto	Santa Rufina	Luís Herrera	Las Maravillas	La Morenera	Los Centauros	
<i>E. coli</i> *	+	+	+	-	+	-	+	+	-	6
<i>Klebsiella</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1
<i>K. oxytoca</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	2
<i>E. aerogenes</i> *	+	+	+	+	+		+	+	+	8
<i>P. agglomerans</i>	+	+	-	-	-	+	-	+	-	4
<i>E. cloacae</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1

+: aislamiento positivo; -: aislamiento negativo

Tabla 7. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en nueve (9) pozos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 2.

Especies bacterianas aisladas	Pozos de agua (Muestreo 2)									Total
	Casco San Fernando	El Recreo	La Guamita	Llano Alto	Santa Rufina	Luís Herrera	Las Maravillas	La Morenera	Los Centauros	
<i>E. coli</i> *	+	+	+	-	+	-	+	+	+	7
<i>Klebsiella</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1
<i>K. oxytoca</i>	-	+	-	-	-	-	-	+	-	2
<i>E. aerogenes</i> *	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9
<i>P. agglomerans</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	2

+: aislamiento positivo; -: aislamiento negativo

Tabla 8. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) plantas de tratamiento del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 1.

Especies bacterianas aisladas	Plantas de tratamiento de agua (Muestreo 1)						Total
	Casco San Fernando	El Recreo	Luís Herrera	Las Maravillas	Los Centauros	Lomas del Este	
<i>E. coli</i> *	+	+	-	+	-	+	4
<i>K. oxytoca</i>	+	+	-	-	-	+	3
<i>E. aerogenes</i> *	-	+	+	+	+	+	5
<i>P. agglomerans</i>	-	-	+	-	-	-	1
<i>E. sakazakii</i>	+	-	-	-	-	-	1

+: aislamiento positivo; -: aislamiento negativo

Tabla 9. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) plantas de tratamiento del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 2.

Especies bacterianas aisladas	Plantas de tratamiento de agua (Muestreo 2)						Total
	Casco San Fernando	El Recreo	Luís Herrera	Las Maravillas	Los Centauros	Lomas del Este	
<i>E. coli</i> *	+	+	-	+	-	+	4
<i>K. oxytoca</i>	+	+	-	-	-	+	3
<i>E. aerogenes</i> *	-	+	+	+	+	+	5
<i>P. agglomerans</i>	-	-	+	-	-	-	1
<i>E. sakazakii</i>	+	-	-	-	-	-	1

+: aislamiento positivo; -: aislamiento negativo

Tabla 10. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) grifos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 1.

Especies bacterianas aisladas	Grifos de agua (Muestreo 1)						Total
	Casco San Fernando	El Recreo	Luís Herrera	Las Maravillas	Los Centauros	Lomas del Este	
<i>E. coli</i> *	+	+	-	+	-	+	4
<i>K. oxytoca</i>	+	+	-	-	-	+	3
<i>E. aerogenes</i> *	+	+	+	+	+	+	6
<i>P. agglomerans</i>	-	-	+	-	-	-	1
<i>E. sakazakii</i>	+	-	-	-	-	-	1

+: aislamiento positivo; -: aislamiento negativo

Tabla 11. Especies de enterobacterias aisladas a partir de muestras de agua obtenidas en seis (6) grifos del municipio San Fernando, estado Apure. Noviembre-diciembre 2006 y enero 2007. Muestreo 2.

Especies bacterianas aisladas	Grifos de agua (Muestreo 2)						Total
	Casco San Fernando	El Recreo	Luís Herrera	Las Maravillas	Los Centauros	Lomas del Este	
<i>E. coli</i> *	+	+	-	+	-	+	4
<i>K. oxytoca</i>	+	+	-	-	-	+	3
<i>E. aerogenes</i> *	+	+	+	+	+	+	6
<i>P. agglomerans</i>	-	-	+	-	-	-	1
<i>E. sakazakii</i>	+	-	-	-	-	-	1

+: aislamiento positivo; -: aislamiento negativo

Los resultados obtenidos a partir de la identificación bioquímica de las cepas aisladas en las muestras de agua, evidenciaron la presencia predominante en todas las estaciones analizadas de *Enterobacter aerogenes* y *Escherichia coli*.

La proliferación de microorganismos dentro de los sistemas de distribución y almacenamiento de agua se ve favorecida por la cantidad y tipos de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH y las concentraciones de desinfectantes y materiales de las tuberías; al respecto se ha demostrado que las especies de *Enterobacter* y *Klebsiella* colonizan con frecuencia las superficies interiores de las tuberías de agua y tanques de almacenamiento, creciendo en forma de micropelículas cuando las condiciones son favorables (Allen, 1996; Francy *et al.*, 2000).

La presencia de bacterias coliformes en todas las estaciones de suministro hídrico evaluadas es de vital importancia, debido a que éstos se encontraron distribuidos en concentraciones elevadas en el agua de plantas de tratamiento, pozos y grifos; haciéndose imprescindible para la población afectada del conocimiento general de las enfermedades que podrían ocasionar, por ello se describen a continuación las patologías más relevantes asociadas a los mismos.

Escherichia coli es la especie bacteriana más utilizada como indicador de contaminación fecal, debido a su capacidad de sobrevivir por mayor tiempo en el agua que otros microorganismos patógenos; en términos de salud pública, esta especie ha sido reportada frecuentemente como el agente causal de diferentes cuadros infecciosos, tales como diarrea del viajero, infección del tracto urinario, colitis hemorrágica y síndrome urémico hemolítico, entre otros (Gutiérrez *et al.*, 2003; Coutiño *et al.*, 2008).

Estudios dirigidos a determinar la asociación de la calidad del agua de consumo humano con la incidencia de diarrea endémica, principalmente en países en desarrollo, han sugerido que el tratamiento en el hogar del agua de consumo puede reducir sustancialmente la ocurrencia de episodios diarreicos en los miembros de la familia que

sigue este procedimiento (Mintz *et al.*, 2001; Sobsey 2002; Gundry *et al.*, 2004); así mismo, se ha sugerido que la sola determinación y control de coliformes en el agua no es suficiente para el control de la transmisión hídrica de microorganismos potencialmente patógenos para el hombre, ya que se estarían dejando de investigar otros agentes causales de procesos infecciosos, tales como protozoarios y virus, por lo que sugieren un control microbiológico integral del agua destinada al uso humano (Jensen *et al.*, 2004).

El conteo de indicadores fecales no discrimina entre la naturaleza de la contaminación del agua, ya que ésta puede tener diferentes orígenes, tales como prácticas de agricultura, drenajes por lluvias, fallas en tanques sépticos, fallas en el tratamiento de aguas de desecho, uso de aguas recreacionales y flora habitual del agua, es por ello que el conocimiento de las posibles fuentes de contaminación fecal es importante para la planificación y monitoreo de programas dirigidos al control de contaminantes microbianos en el agua, y por tanto para la preservación de la integridad de los cuerpos hídricos que sirven como fuentes de agua para consumo humano (Shanks *et al.*, 2006).

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan la necesidad de desarrollar medidas a corto plazo que mejoren el abastecimiento para el agua de consumo humano en las áreas estudiadas y, presumiblemente, en otras áreas en condiciones similares. Estas medidas deberán estar dirigidas tanto a las fuentes de obtención de agua como a las condiciones en que ocurre su almacenamiento. La presente investigación pretende contribuir en tal sentido debido a que el agua es un recurso natural que constituye un elemento importante para todas las formas de vida así como para el bienestar de las personas y el control bacteriológico eficiente de la misma es esencial para complementar un adecuado manejo de este recurso vital.

CONCLUSIONES

Los valores del número más probable por 100 ml para coliformes totales y fecales obtenidos en los dos muestreos realizados, en todas las estaciones de suministro de agua evaluadas, superaron los límites establecidos para el agua potable, sin que se evidenciara la presencia de *Vibrio* sp. en las mismas.

La cuantificación de bacterias coliformes aisladas, expresada en UFC/ml, fueron más elevadas en las muestras de los pozos y grifos, que en las provenientes de plantas de tratamiento de agua.

En todos los niveles del sistema de distribución hídrica estudiados, las especies bacterianas mayormente identificadas, por pruebas bioquímicas, fueron *Enterobacter aerogenes* y *Escherichia coli*.

La calidad microbiológica del agua potable, distribuida en las zonas del municipio San Fernando estudiadas, en relación a los valores de coliformes totales y fecales, no es aceptable para el consumo humano.

RECOMENDACIONES

Capacitar al personal técnico encargado del control de calidad del agua potable en el municipio San Fernando, en lo referente a la recolección de las muestras, análisis de campo e identificación de las colonias que correspondan a los indicadores microbiológicos seleccionados, haciendo énfasis en la etapa de muestreo, debido a que ésta es fundamental para un correcto análisis de la calidad del agua.

Revisar la ejecución de los programas de control de calidad sanitaria del agua en las plantas de tratamiento, para que se distribuya a la población agua potable que cumpla con los requerimientos microbiológicos mínimos. Simultáneamente, instruir continuamente al personal que labora en los pozos y plantas de tratamiento de agua en el mantenimiento y reparación de los equipos de desinfección.

Fomentar la construcción de plantas de tratamiento en todas las áreas susceptibles a la contaminación, para que los habitantes de la zona estudiada consuman agua de calidad; así como elevar la desinfección y la vigilancia de la concentración del cloro acorde con la cantidad de agua en el sistema de distribución.

Realizar nuevos estudios en esta zona, en los cuales se incluya la detección de otros agentes microbianos indicadores de la calidad del agua potable, como por ejemplo, *Enterococcus* y virus entéricos; e incorporar en dichas investigaciones la determinación de parámetros inorgánicos asociados con contaminación de cuerpos hídricos.

BIBLIOGRAFÍA

Allen, M. 1996. *La Importancia para la salud pública de los indicadores bacterianos que se encuentran en el agua potable*. CEPIS. OPS. OMS. Lima Perú.

AlOtaibi, Sh. 2009. Bacteriological assessment of urban water sources in Khamis Mushait Governorate, southwestern Saudi Arabia. *Internat. J. Health Geograp.* 8:16.

AlSalim, M. 2007. *The impact of sewage pollution on the water resources of Abha metropolitan area*. En: MA thesis King Khalid University, Geography Department. Arabia Saudita.

American Public Health Association (APHA). 1992. *American Water Works Association, water environment federation standard methods for the examination of water and waste water*. Eighteenth Edition. Washington DC, USA.

American Public Health Association (APHA). 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Nineteenth Edition. APHA-WWA. WPCI. Washington DC, USA.

American Public Health Association (APHA). 1998. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Eighteenth Edition. Washington DC, USA.

Auge, M. 1997. *Deterioro de acuíferos por sobreexplotación y contaminación*. En: Congreso Internacional Sobre Aguas, Conferencia Plenaria. Editorial Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

Ballester, F. y Sunyer, J. 2000. Drinking water and gastrointestinal disease: need of better understanding and improvement in public health surveillance. *J. Epidemiol. Comm. Health.*, 54: 2-5.

Barrientos, Y.; Suarez, C.; Pacheco, H.; Ruiz, S.; Devia, B. y Perdomo, Y. 2005. Calidad microbiológica del agua y riesgo sanitario de dos acueductos rurales en el estado Vargas, Venezuela. *Inv. Postg.*, 20(1): 115-141.

Borchart, M.; Haas, N. y Hunt, R. 2004. Vulnerability of drinking-water wells in la Crosse, Wisconsin, to enteric-virus contamination from surface water contributions. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70: 5937-5946.

Burrows, W. 1993. *Tratado de microbiología*. Editorial Interamericana. México.

Cañizalez, A.; Peñuela, S.; Díaz Martín, D.; Febres, M.; Caldera, O.; Valderrama L. y Mujica E. 2006. *Gestión integrada de los recursos hídricos en Venezuela*. Una

visión del sector, basada en la opinión de expertos, para el IV Foro Mundial del Agua a realizarse en México del 16 al 22 de marzo de 2006. *Vitalis*. 1-60.

Centro Venezolano de Colecciones de Microorganismos (CVCM). 2000. *Laboratorio nacional de apoyo al investigador. CONICIT. Catálogo CVCM 2000*. Cuarta Edición. Editorial CVCM®. UCV. Caracas, Venezuela.

Cifuentes, E.; Suarez, L.; Solano, M. y Santos, R. 2002. Diarrheal diseases in children from a water reclamation site in Mexico city. *Environ. Health Persp.*, 110(10): 619-624.

Claret, M.; Urrutia, R.; Ortega, R.; Abarzua, M.; Pérez, C. y Palacios, M. 2007. *Estudio de la contaminación en agua de pozo destinada a consumo humano y su expresión espacial en el secano mediterráneo de Chile*. Disponible en: http://www.medioambienteonline.com/site/root/resources/case_study/2076.html. Fecha de consulta 23 de Diciembre de 2007.

Clark, W. y Lubs, H. 1915. The differentiation of bacteria of the colon-aerogenes family by the use of indicators. *J. Infect. Dis.*, 1(1): 160-173.

Contraloría Social. 2008. *Gobierno socialista de Apure revisa fallas en construcción de viviendas*. Agencia Bolivariana de Noticias. 12/02/2008.

Corbitt, R. 2003. *Manual de referencia de la ingeniería ambiental*. Editorial McGraw-Hill. Aravaca. Madrid, España.

Coutiño, M.; Rodríguez, E.; Pérez, R.; De Igartúa, E. y López, F. 2008. Bacterias transmitidas por agua y alimentos que producen enfermedades. *Ciencia y Hombre.*, 21(2): 31-36.

De Lima, L. 2005. Rehuso de aguas residuales tratadas en la provincia de Jujuy, Argentina. *Aguas Serv.*, 5(8): 1-3.

Ederer, G. y Clark, M. 1970. Motility-indole-ornithine medium. *Appl. Microbiol.*, 20(5): 649-850.

Environmental Protection Agency (EPA). 2000. *Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish sampling and analysis*. Third Edition. USA.

Ewing, W. 1986. *Edwards and Ewing's identification of Enterobacteriaceae*. Fourth Edition. Elsevier. New York, USA.

Fewtrell, L. y Bartram, J. (Eds). 2001. *Water quality: guidelines, standards and health London, UK. IWA Publishing*. Londres, Reino Unido.

Ewing, W.; Davis, B. y Reavis, R. 1957. Phenylalanine and malonate media and their use in enteric bacteriology. *Public. Health Lab.*, 15: 153-161.

Figuera, L. 1997. *Helminología básica*. Editorial Departamento de producción de Publtext, C.A. Cumaná, Venezuela.

Francy, D.; Helsler, D. y Nally, R. 2000. Occurrence in groundwater and stream water. *Water Environm. Res.*, 72: 152-161.

FUNDAMBIENTE, MARN y Fundación Polar. 1998. *Principales Problemas Ambientales en Venezuela*. Caracas, Venezuela.

Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Resolución SG-018-98 del 11 de febrero 1998, publicado en GO, N° 36.395 del 13 de febrero de 1998. Normas Sanitarias de la Calidad del Agua Potable.

Gesche, E.; Vallejos, A. y Sáez, M. 2003. Eficiencia de anaerobios sulfito – reductores como indicadores de calidad sanitaria de agua. Método de Número Más Probable (NMP). *Arch. Med. Vet. Chile*, 35: 99-107.

Gundry, S.; Wright, J. y Conroy, R. 2004. A systematic review of the health outcomes related to household water quality in developing countries. *J. Water Health*, 2: 1-13.

Gutiérrez, J.; García, S.; De Jesús, M.; Grassi, C., Andrade, E. y Urdaneta, L. 2003. Estudios inmunoquímicos de cepas de *Escherichia coli* enterotoxigénicas del tipo termolábil. *INHRR, Venezuela*, 34(2): 17-21.

Holt, J.; Krieg, N.; Sneath, P.; Staley, J. y Williams, S. 1994. *Bergey's manual of determinative bacteriology*. Ninth Edition. Williams & Wilkins. USA.

Hurst, C.; Crawford, R.; Knudsen, G.; McInerney, y M. Stetzenbach, L. 2002. *Manual of environmental microbiology*. Second Edition, Washington DC, USA.

Iabichella, M. 1993. *Evaluación bacteriológica del sector marino costero San Luis – Guapo, Cumaná, según los criterios para aguas de contacto humano total y parcial*. Trabajo de post grado. Departamento de Oceanografía, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

Jensen, P.; Jayasinghe, G.; van der Hoek, S.; Cairncross, W. y Dalsgaard, A. 2004. Is there an association between bacteriological drinking water quality and childhood diarrhoea in developing countries?. *Trop. Med. Internat. Health*. 9(11): 1210-1215.

Kelly, M.; Hickman-Brenner, F. y Farmer, J. 1991. *Vibrio*. En: Balows, A. (ed.):

Manual of clinical microbiology. Fifth Edition. American Society for Microbiology. Washington DC, USA.

Kistemann, T.; Classen, T.; Koch, C.; Dangendorf, F.; Fischeider, R.; Gebel, J.; Vacata, V. y Exner, M. 2002. Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65(5): 251-264.

Kliger, I. 1917. A simple medium for the differentiation of members of the typhoide-paratyphoid group. *Am. J. Public. Health*, 7(12): 1042-1044.

Koneman, E.; Allen, S.; Dosel, V.; Janda, W.; Sommers, H. y Winn, W. 1999. *Diagnóstico microbiológico*. Quinta Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.

Kovac, N. 1956. Identification of *Pseudomonas pyocyanea* by the oxidase reaction. *Nature*, 178: 703.

Mac Faddin, J. 2003. *Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica*. Tercera Edición. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.

Márquez, I.; Lezama, D. y Tamay, P. 1994. *Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche*, 36(6): 665-61.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) Apure. 2003. *Problemática en materia de aguas servidas con énfasis sobre los municipios San Fernando, Biruaca, Achaguas, Rómulo Gallegos y Pedro Camejo*. Venezuela.

Mims, C.; Playfair, J.; Roitt, I.; Wakelin, D. y Williams, W. 1999. *Microbiología moderna*. Segunda Edición. Editorial Harcourt Brace. Madrid, España.

Mintz, E.; Bartram, J.; Lochery, P. y Wegelin, M. 2001. Not just a drop in the bucket: expanding access to point-of-use water treatment systems. *Am. J. Pub. Health*, 91: 1565-1570.

Möeller, V. 1955. Simplified test for some amino acid decarboxylases and for the arginine dihydrolase system. *Acta Pathol. Microbiol. Scand.*, 36(2): 158-172.

Mora, D. y Portuguese, F. 2001. *Situación de la cobertura y calidad del agua de consumo humano a finales del año 2000 En Costa Rica. Tres ríos, La Unión*. Informe de laboratorio nacional de aguas (A y A). Costa Rica.

Murray, P.; Kobayashi, G.; Pfalle, M. y Rosenthal, K. 1999. *Microbiología médica*. Segunda Edición. Editorial Harcourt Brace. USA.

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1998. *Guías para la calidad del agua potable: vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad*. Tercera Edición. Vol. 2. Ginebra.

Ottinson, J. y Stenstrom T. 2003. Faecal contamination of greywater and association microbial risks. *Water Res.*, 37(3): 645-655.

Pomposiello, M. y Panarello, H. 2007. Surface and groundwater quality in the northeastern region of Buenos Aries Province, Argentina. *J. South Am. Earth Scien.*, 23: 136-145.

Reiff. 1995. *Un rosario de virus y bacterias*. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Año 1, N° 12. Suplemento de Medio Ambiente para América Latina y el Caribe. Chile / Ecuador / México.

Reimann, C., Bjell, K., Frengstad, B.; Melaku, Z.; Tarele-Haimanot, R. y Siewers, U. 2003. Drinking water quality in Ethiopian section of the East African Rift Valley I- data and health aspects. *Science Total Environ.*, 311: 65-80.

Rodríguez, A.; Novoa, M. y Mieres, M. 2003. Determinación de coliformes totales y *E. coli* en aguas utilizando el Fluorocult LMX (MERCK) I: Comparación con los medios de cultivo tradicionales. *Ing. Hidrául. Amb.*, 24(3): 21-29.

Rubio, N. 2004. *Calidad microbiológica del agua de bebida en la red pública de Lima este y centro mediante la detección y recuento de coliformes convencionales*. Tesis. Maestro en Tecnología Médica. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

Shanks, O.; Nietch, C.; Simonich, M.; Younger, M.; Reynolds, D. y Field, K. 2006. Basin-wide analysis of the dynamics of fecal contamination and fecal source identification in Tillamook Bay, Oregon. *Appl. Environ. Microbiol.*, 72(8): 5537-5546.

Silva, J.; Ramírez, L.; Alfieri, A.; Rivas, G. y 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. Venezol. Microbiol.*, 24(1-2): 1-4.

Simmons, J. 1926. A culture medium for differentiating organisms of the typhoid-colon aerogenes groups and for isolation of certain fungi. *J. Infect. Dis.*, 39: 209-214.

Sobsey, M. 2002. *Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply*. World Health Organization, Geneva. Report ref: WHO/SDE/WSH/02.07.

Stevens, M.; Ashbolt, N. y Cunliffe, D. (Eds). 2003. *Review of coliforms as microbial indicators of drinking water quality-recommendations to change the use of coliforms as microbial indicators of drinking water quality*. NHMRC, Biotext Pty Ltd, Canberra, Australia.

Szewzyk, U.; Szewzyk, W.; Manz, W. y Shteifer, H. 2000. Microbiological safety of drinking water. *Ann. Rev. Microbiol.*, 54: 81-127.

Thatcher, F. y Clark, D. 1973. *Análisis Microbiológico de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España.

Vargas, C. 1983. *Método simplificado de análisis microbiológico de agua residuales y potable*. Lima, Perú.

Wayne, D. 2002. *Bioestadística*. Cuarta Edición. Editorial Limusa, S.A. México.

HOJA DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, COLIFORMES FECALES Y <i>Vibrio sp.</i> EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO, PROVENIENTES DE POZOS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO SAN FERNANDO, SAN FERNANDO, ESTADO APURE
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
ROJAS S., ANAIS DEL C.	CVLAC	13489157
	e-mail	anaispeca@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves: usuarios, servicios

Agua para el consumo humano
Coniformes
<i>Vibrio sp.</i>

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias	Bioanálisis

Resumen (abstract):

El objetivo del presente estudio fue cuantificar el número de coliformes totales, fecales y *Vibrio* sp. en muestras provenientes de pozos de almacenamiento y agua potable del municipio San Fernando, San Fernando de Apure. Durante los meses noviembre-diciembre de 2006 y enero de 2007, se recolectaron dos muestras de agua mensuales, en las diferentes estaciones seleccionadas, distribuidas en nueve (9) pozos, seis (6) plantas de tratamiento y seis (6) grifos. En cada estación de toma de muestra se recogieron 100 ml de agua, los cuales fueron procesados por la técnica de tubos múltiples para determinar el número más probable (NMP/100 ml) de coliformes totales, coliformes fecales y *Vibrio* sp. expresados en NMP/100 ml. Se realizó la cuantificación de unidades formadoras de colonias por mililitro de agua (UFC/ml) de las muestras positivas para coliformes totales y coliformes fecales. A las cepas aisladas en las muestras positivas, se les realizó la identificación bioquímica, de acuerdo con los procedimientos estándares de enterobacterias y especies del género *Vibrio* sp. Los resultados obtenidos evidenciaron la presencia de coliformes totales y fecales en todas las estaciones de muestreo evaluadas, sin que se recuperaran cepas de *Vibrio* sp. en las mismas. Los mayores valores de NMP/100 ml para coliformes totales y fecales se obtuvieron en el pozo, la planta de tratamiento y grifo ubicados en la urbanización El Recreo. En general, se observó que las muestras obtenidas en pozos tuvieron los mayores valores de NMP/100 ml de agua, para coliformes totales y fecales, seguidas por las muestras provenientes de grifos, y por último, se ubicaron las tomadas en las plantas de tratamiento. Al aplicar el análisis estadístico (ANOVA) a estos resultados, se observaron diferencias significativas en los valores de NMP/100ml de acuerdo con el origen de las muestras, tanto de coliformes totales como de coliformes fecales. En el estudio se identificaron siete especies de enterobacterias; de éstas, *Enterobacter aerogenes* y *Escherichia coli* fueron las más frecuentemente aisladas en todas las estaciones de muestreo. En conclusión, todas las muestras evaluadas presentaron indicios de contaminación fecal y mostraron niveles de coliformes no permisibles para el agua potable según las normas sanitarias del agua potable de la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela de 1998, por lo que requieren un proceso de desinfección previo al consumo humano.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
MICHELLI V., ELVIA .M.;	ROL	A <input checked="" type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> x
	CVLAC	8644673
	e-mail	elviamichelli@hotmail.com
	e-mail	
MARTÍNEZ., ROSA .M.;	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> x
	CVLAC	5871422
	e-mail	rosamimi@cantv.net
	e-mail	
ARAQUE C., YASMINA.;	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> U <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> x
	CVLAC	8000717
	e-mail	yamasi40@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2010	8	10

Lenguaje: SPA LOCAL

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
TESIS_ADCRS	Application/word

Alcance:

Espacial: Regional

Temporal: Temporal

Título o Grado asociado con el trabajo: Licenciatura en Bioanálisis

Nivel Asociado con el Trabajo: Licenciado

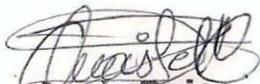
Área de Estudio: Bioanálisis

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:
UNIVERSIDAD DE ORIENTE

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso --
5/5

Derechos:

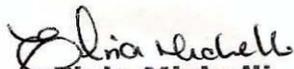
**Yo Anais del Carmen Rojas Speca, portadora de la CIV N° 13
489.157, autorizo a la Universidad de Oriente Núcleo Sucre
para que publique resumen.**


Anais Rojas

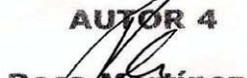
AUTOR 1

AUTOR 2

AUTOR 3


Elvia Michelli

TUTOR


Rosa Martinez

JURADO 1


Yasmira Araque

JURADO 2

POR LA SUBCOMISION DE TESIS:



