



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
CÁTEDRA: COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD SANITARIA DE MUESTRAS DE AGUA
POTABLE DEL SECTOR CAMPO DE ORO DE LA
CIUDAD DE MÉRIDA ESTADO-MÉRIDA.

bdigital.ula.ve

Autora:

Br. González P. Liseth Y.

Tutor:

Andueza Félix

Cotutora:

Araque Yudith

Mérida, Diciembre 2015.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
CÁTEDRA: COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD SANITARIA DE MUESTRAS DE AGUA
POTABLE DEL SECTOR CAMPO DE ORO DE LA
CIUDAD DE MÉRIDA ESTADO-MÉRIDA.

bdigital.ula.ve

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

Autora:

Br. González P. Liseth Y.

Tutor:

Andueza Félix

Cotutora:

Araque Yudith

Mérida, Diciembre 2015.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE GRAFICOS	viii
DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. MARCO TEORICO	3
I.1 Historia del agua	3
I.2 Agua Potable	4
I.3 Tratamiento del agua potable	4
I.4 Bacterias	5
I.5 Enfermedades relacionadas con el agua	6
I.5.1 Enfermedades transmitidas por ingesta de agua	6
I.5.2 Enfermedades transmitidas por contacto con el agua	6
I.5.3 Enfermedades relacionadas con la higiene y el agua	7
I.5.4 Enfermedades transmitidas por vectores acuáticos	7
I.6 Microorganismos presentes en el agua	7
I.7 Indicadores de calidad sanitaria	11
I.7.1 Grupo coliforme	13
I.7.1.1 Coliformes	13
I.7.1.2 Coliformes fecales	14
I.7.1.3 <i>Escherichia coli</i>	14
I.7.2 Grupo Enterobacteriaceae	15
I.7.3 Grupo Enterococcus	15

CAPITULO II. ANTECEDENTES DE LA HIPÓTESIS	17
II.1 HIPOTESIS	21
II.2 OBJETIVOS	22
- Objetivo general	22
- Objetivos específicos	22
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
III.1 MATERIALES	23
III.1.1 Población y muestra	23
III.1.2 Medios de cultivo	24
III.1.3 Reactivos	24
III.2 METODOLOGÍA	25
III.2.1 Recolección de la muestra	25
III.2.2 Cuantificación de las bacterias aerobias	25
mesófilas	
III.2.3 Cuantificación de las bacterias coliformes totales	25
y coliformes fecales	
III.2.4 Identificación de las colonias aisladas	26
III.2.5 Tratamiento estadístico de los resultados	26
CAPITULO IV. RESULTADOS	28
CAPITULO V. DISCUSIÓN	33
CONCLUSIONES	40
RECOMENDACIONES	41
ANEXO	42
BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	Transmisión de enfermedades hídricas	10
2	Ubicación geográfica del Sector Campo de Oro	23
3	Diseño experimental	27

bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
1	Algunas enfermedades transmitidas por el agua	14

bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pág.
1	Bacterias que generalmente se encuentran en el agua	9
2	Número de bacterias aerobias mesófilas presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida	28
3	Número de bacterias coliformes totales y coliformes fecales presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida	30

bdigital.ula.ve

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO		Pág.
1	Porcentaje de bacterias aerobias mesófilas presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida	29
2	Porcentaje de bacterias coliformes totales presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida	31
3	Porcentaje de bacterias coliformes fecales presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida	31

bdigital.ula.ve

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por protegerme y darme la fortaleza necesaria para continuar adelante.

A mis padres y hermanos, por sus sabios consejos y acompañamiento sin igual.

A mis familiares, porque siempre me acompañaron y me brindaron durante mi etapa de profesionalización.

A mi novio, quien siempre me acompañó, ayudó, aconsejó, y me brindó su apoyo incondicional, durante la última etapa de profesionalización.

bdigital.ula.ve

“No se inquieten por nada; más bien, en toda ocasión, con oración y ruego, presenten sus peticiones a Dios y denle gracias. Y la paz de Dios que sobre pasa todo entendimiento, cuidará sus corazones y sus pensamientos en Cristo Jesús.”

Filipenses 4:6-7

AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso por guiarme durante toda mi vida, levantarme cuando fallaba y darme motivos para seguir adelante. A Él, el honor y la gloria por siempre.

A mis padres, hermanos y familiares por amarme y apoyarme en este trayecto de mi carrera universitaria, por estar siempre atentos a mis necesidades y suplirlas, por sus palabras de aliento y motivación.

A la ilustre Universidad de los Andes, especialmente a la Escuela de Bioanálisis con su plantilla de profesores, a ellos les agradezco desde el corazón el tiempo y acompañamiento académico que me regalaron para que Yo alcanzara el perfil de Bioanalista.

A mi tutor y co-tutora, por su paciencia, dedicación, motivación, criterio, consejos y aliento.

A mi novio, por su apoyo incondicional, paciencia, ayuda.

Liseth Yadira González Pérez.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOANÁLISIS
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
CÁTEDRA: COMPONENTE DE INVESTIGACIÓN

CALIDAD SANITARIA DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE DEL SECTOR
CAMPO DE ORO DE LA CIUDAD DE MÉRIDA ESTADO-MÉRIDA.

Autora:

Br. González P. Liseth Y.

Tutor:

Andueza Félix

Cotutora:

Araque Yudith

RESUMEN

Se ha estudiado la calidad sanitaria de muestras de agua potable del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida Estado Mérida, detectando un grupo de bacterias contaminantes que están dentro del número máximo permisible. Se tomaron 10 muestras, al obtener resultados de las diferentes determinaciones microbiológicas, se obtuvo que las bacterias aerobias mesófilas estuvieron presentes en 2 de las muestras analizadas con valores promedio de $>6.4 \times 10^3$ UFC/mL, coliformes totales y fecales, el 100% fueron negativas. De las 10 muestras procesadas, se aislaron 2 cepas bacterianas de las cuales mediante la identificación con galerías API resultaron ser de la especie de *Pseudomonas aeruginosa*, esto demuestra que es indicativo de una contaminación del agua que se consume en dicha casa, por lo que podemos decir que se encuentra en una cantidad que no se puede tomar como apta para el consumo humano. Dando por hecho que el agua potable suministrada para ese Sector si tiene las condiciones requeridas para su uso pero puede ser afectada por la falta de higiene, rupturas en las tuberías, construcción de nuevos baños, entre otros.

Palabras clave: Calidad sanitaria, agua potable, agentes patógenos, indicadores, bacterias aerobias mesófilas, bacterias coliformes totales y bacterias coliformes fecales.

I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de origen hídrico son producidas por la ingesta del agua contaminada ya que actúa como portador pasivo del agente infeccioso. Algunos agentes patógenos son bacterias de origen ambiental que son capaces de sobrevivir y proliferar en los sistemas de distribución del agua (1).

En un estudio realizado en Perú por Klein y col., en el año 1991 se evidenció que el agua de consumo puede ser una vía importante de adquisición de la infección en países en vías de desarrollo, especialmente en aquellos casos en que las condiciones sanitarias la hacen vulnerable a la contaminación (2).

El uso de palabras operativas tales como "transmitidas por el agua" y "enfermedad" se justifica para los informes de brotes o casos de enfermedades asociadas con el agua potable debido a la investigación epidemiológica tradicional se basa en la aparición de la enfermedad, los cuales para el agua potable es principalmente transmitidas por el agua. El uso de "transmitidas por el agua" como un término genérico abarca todas las infecciones derivadas de la utilización del agua, sin embargo, es demasiado simplista y plantea dificultades cuando se intenta un análisis teórico de las infecciones relacionadas con el agua, porque no todos se desarrollan a partir de la ingestión de agua. Del mismo modo, "enfermedad" no debe ser utilizado como sinónimo de "infección", el cual puede ser asintomática (sin expresión clínica) o sintomática (síndrome clínicamente observables y, por tanto, una "enfermedad", cuando se identificó el agente causal). Se podría argumentar que si la "enfermedad" no es el resultado final de una infección relacionada con el agua con un agente patógeno entonces el papel del agua en su epidemiología no es importante. Sin embargo, muchas de las bacterias y virus que pueden extenderse en niveles bajos por la ruta del agua producen infecciones asintomáticas (1).

Muchas clases de agentes patógenos excretados en las heces son capaces de iniciar las infecciones transmitidas por el agua. Hay bacterias patógenas, como bacterias entéricas y acuáticas, virus entéricos y los protozoos intestinales que son muy resistentes en el medio acuático y para la mayoría de los desinfectantes (1). En Venezuela, las diarreas representan una de las causas más frecuentes de morbilidad y son numerosos los agentes y factores involucrados de los cuales el agua es el vehículo de transmisión (3).

Diversos estudios, realizados en diferentes partes del mundo así como en nuestro país, han demostrado que la calidad de las fuentes de agua destinadas para el consumo humano representa un problema para la salud del público consumidor debido a la contaminación microbiana que poseen (4,5,6,7).

Resulta difícil o imposible llevar a cabo los controles rutinarios de la calidad del agua, esto debido a la gran diversidad de agentes patógenos que existen en ella y a la complejidad de los ensayos de aislamiento de especies potencialmente peligrosas a la salud humana, es por ello que la búsqueda de microorganismos patógenos se centra en indicadores de contaminación fecal y/o coliformes totales, como las Enterobacterias, siendo *Escherichia coli* el microorganismo más frecuente e indicador universal de contaminación fecal (7).

Con el fin de detectar bacterias patógenas en los sistemas de distribución de agua potable, se planteó determinar la calidad sanitaria de muestras de agua potable del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida Estado Mérida.

CAPITULO I. MARCO TEORICO

I.1 Historia del agua

El hombre no ha dejado de interrogarse sobre la naturaleza del agua. Entre filósofos griegos, Parménides (ca. 515-440a.c.), tenía su explicación: el agua era uno de los cuatro elementos de la realidad universal junto con el aire, la tierra y el fuego (8).

Este era solo el prelude de un sistema de explicaciones que duro varios siglos, hasta que en el siglo XIX, una explicación científica surgió y desplazo así, más de dieciocho siglos de interpretaciones míticas que colocaban acento primero en el orden cosmológico y después en la acción divina, donde el agua era creada por un Dios y aparecía asociada al mito y al ritual. En efecto, la primera edad del agua fue de orden cosmológico, cuando el curandero, el santo y el radiestesista se confunden; cuando se celebra el culto de las aguas mágicas, sagradas y religiosas. Dos elementos representativos de esta edad del agua los encontramos en la Biblia y en Homero. En el Génesis, por ejemplo, se dice que “al comienzo Dios crea los cielos y la tierra”, “Dios crea el firmamento y separa las aguas”, “el espíritu de Dios cubría la superficie de las aguas” (8), y es en la historia de “La Creación” (Génesis 1:1-25, el primer libro de Moisés), donde se menciona el agua en ocho ocasiones (9).

En *la Ilíada*, Homero presenta al dios Océano como el padre de los dioses. Es un rio poderoso que rodea el mundo, lo irriga y lo fertiliza; también encarna el “poder generador de todos los seres”. Su esposa Tethys es marina y “creadora de vida”. Detrás de estas imágenes cosmogónicas que encontramos en los mitos y que presentan profundas diferencias, el tema mayor es el del agua como principio de vida (8).

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien nociva y esta degradación de las aguas viene de años atrás, ya que ha habido un gran número de contaminantes del agua entre estos están las bacterias (9).

I.2 Agua Potable:

Es aquella que al ser consumida no causa daño a la salud de los usuarios, para lo cual debe cumplir con requisitos físico-químicos y microbiológicos establecidos por la respectiva norma nacional de calidad del agua potable (9).

I.3 Tratamiento del agua potable

El propósito de tratar el agua para su potabilización es suministrar a los consumidores un líquido libre de patógenos (10). Un tratamiento eficiente, debe producir agua sin bacterias coliformes, sin importar cuan contaminada haya estado el agua natural en su estado original. La cloración se aplica desde el siglo XIX con el fin de detener la diseminación de microorganismos patógenos (11) reduciendo con ello enfermedades como la fiebre tifoidea. La presencia de virus y bacterias en el agua se ve favorecida cuando se añaden dosis insuficientes de desinfectante durante su tratamiento, cuando se dan fallas en la presión dentro de las tuberías de distribución o porque se encontraban en el agua niveles altos de estos microorganismos antes de ser tratadas (12).

La normativa venezolana COVENIN 1431:93 establece como parámetros microbiológicos a evaluar, los siguientes: Bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y *Pseudomonas aeruginosa* (13). Esta normativa recomienda 0,5 mg/L de cloro residual libre para el agua de consumo suministrada por la red, con el fin de garantizar bajos niveles de estas bacterias (14).

Es por eso que, la estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos. En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves) ya que pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos (1).

I.4 Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares que representan un tamaño de algunos micrómetros de largo (entre 0,5 y 5µm, por lo general) y diversas formas incluyendo esferas; barras y hélices. Las bacterias son procariotas y, por lo tanto, a diferencia de las células eucariotas (de animales, plantas, etc.), no tienen núcleo ni orgánulos internos. Poseen una pared celular compuesta de peptidoglicano. Muchas bacterias disponen de flagelos o de otros sistemas de desplazamiento y son móviles (15).

Las bacterias son los organismos más abundantes del planeta. Son ubicuas, se encuentran en todos los hábitats terrestres; crecen hasta en los más extremos como en los manantiales de aguas calientes y acidas, en desechos radioactivos, en las profundidades tanto del mar y como de la corteza terrestre. En el cuerpo humano hay aproximadamente diez veces tantas células bacterianas como células humanas, con una gran cantidad de bacterias en la piel y en el tracto digestivo (15).

I.5 Enfermedades relacionadas con el agua:

El agua puede estar involucrada en la transmisión de enfermedades mediante cuatro diferentes mecanismos, a saber:

I.5.1 Enfermedades transmitidas por ingesta de agua:

El agua puede transmitir enfermedades cuando la ingerimos y contiene microorganismos patógenos (virus, bacterias, protozoarios y otros) o sustancias químicas tóxicas (metales pesados, pesticidas, etc.) (9).

I.5.2 Enfermedades transmitidas por contacto con el agua:

Las enfermedades ocasionadas por contacto con el agua se transmiten a través de la piel, los oídos, la nariz o la garganta, al nadar o bañarse en aguas contaminadas con organismos patógenos (9).

I.5.3 Enfermedades relacionadas con la higiene y el agua:

Estas enfermedades son aquellas cuya incidencia, prevalencia o gravedad pueden reducirse usando regularmente agua en cantidad y calidad suficientes para mejorar la higiene personal y el entorno, como por ejemplo la interrupción del ciclo ano-mano-boca causante de la mayoría de parasitosis y diarreas en el país (9).

I.5.4 Enfermedades transmitidas por vectores acuáticos:

Son enfermedades causadas por organismos que durante parte de su ciclo de vida dependen de vectores animales que viven toda o parte de su vida en un hábitat acuático (9).

I.6 Microorganismos presentes en el agua:

Existe controversia sobre el efecto que puede tener la microbiota del agua para consumo humano, la mayoría de estos organismos son patógenos en condiciones normales, pero han sido responsables de infecciones oportunistas en pacientes hospitalizados, siendo los de más alto riesgo aquellos con tratamientos inmunosupresores, tanto el agua como los alimentos contaminados, se consideran vehículos de transmisión de microorganismos que habitualmente crecen en el tracto intestinal y abandonan el cuerpo mediante la excretas de heces, al estar en contacto el agua o los alimentos con la materia fecal y posteriormente ser ingeridos e allí el origen de las conocidas enfermedades hídricas (16).

Hay gran variedad de ambientes acuáticos, dependiendo de sus propiedades fisicoquímicas. El “agua atmosférica” condensada en nubes, generalmente contiene pocos microorganismos que son arrastrados del aire, cuando el agua cae en forma de lluvia. El “agua dulce” comprende el “agua superficial”, en forma de corriente como arroyos, ríos, etc., y el “agua edáfica o subterránea”. El ambiente acuático más estudiado es el “agua salada o marina”, la cual representa, aproximadamente, un 72% de la superficie terrestre. El número y variedad de microorganismos en los ambientes acuáticos está relacionado con la cantidad de nutrientes, temperaturas, concentración de oxígeno, entre otros (17).

Los gérmenes patógenos sobreviven durante más tiempo en agua fría y limpia que en agua relativamente caliente y que contenga abundante materia orgánica. El desarrollo de los microorganismos que forman la población microbiana normal del agua puede hacerla poco adecuada para consumo humano. Si se desarrollan en el agua bacterias encapsuladas o gelatinosas, pueden producir masas floculares difíciles de separar. El desarrollo de estos microorganismos, de ciertas algas y protozoos puede producir sabores y olores poco deseables en el agua (8).

La contaminación del agua con microorganismos patógenos o provenientes de excrementos animales o humanos, representa un peligro potencial de enfermedades; por lo tanto, es fundamental que el agua utilizada para el consumo y de riego de plantaciones sea de buena calidad fisicoquímica y bacteriológica (17).

De los muchos microorganismos infecciosos que se encuentran en el medio ambiente, en el agua se pueden hallar bacterias (*Shigella*, *Escherichia coli*, *Vibrio* y *Salmonella*), virus y protozoos, estos microorganismos pueden provocar síntomas como náuseas, vómitos, diarrea y calambres estomacales en las personas adultas con un buen estado de salud, estas enfermedades suelen ser leves y duran poco tiempo. En bebés, niños, ancianos y personas con el sistema inmunológico deprimido, pueden revestir mayor gravedad (19).

Tabla 1.- Bacterias que generalmente se encuentran en el agua (19)			
Agente Patógeno	Importancia para la Salud	Resistencia al Cloro	Grado de Inefectividad
<i>Campylobacter jejuni</i>	Alta	Baja	Moderado
<i>Escherichia coli</i>	Alta	Baja	Alto
<i>E. coli</i> enteropatógena	Alta	Baja	Alto
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Alta	Baja	Alto
<i>Legionella</i> spp	Alta	Baja	Moderado
Micobacterias no tuberculosa	Baja	Alta	Bajo
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Medio	Moderada	Bajo
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Baja	Bajo
<i>Salmonella</i> sp.	Alta	Baja	Bajo
<i>Shigella</i> sp.	Alta	Baja	Alto
<i>Vibrio cholerae</i>	Alta	Baja	Bajo
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Alta	Baja	Bajo
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Alta	Moderada	Moderado

El hombre es el reservorio de algunos agentes etiológicos de enfermedades infecciosas, los cuales pueden ser eliminados por las heces. La contaminación del agua con materia fecal es una fuente de propagación de dichas enfermedades, directa o indirectamente (Figura 1) (17).

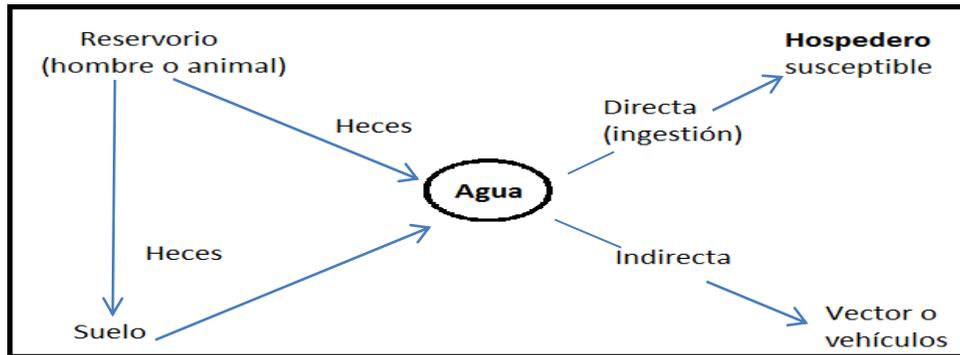


Figura 1.- Transmisión de enfermedades hídricas: (17)

“En los países donde gran parte de la población no dispone de conducciones de agua y no ha sido adoptada decisión alguna para la eliminación de las materias usadas, se puede producir una contaminación del agua potable por materias fecales, excretas y orín, con riesgo de transmisión de enfermedades infectocontagiosas; el problema de la polución interesa por igual a los países desarrollados y a los países en vías de desarrollo” (20).

Para conseguir el objetivo de suministrar agua potable a la población se han diseñado los acueductos y plantas de tratamiento, donde se realiza el proceso de purificación del agua (17), para así controlar la contaminación bacteriológica estableciendo un programa de mantenimiento en todo el sistema e incluso en los tanques de almacenamiento. También es necesario el control de la corrosión y de los niveles de nutrientes y realizar prácticas apropiadas de desinfección; estas medidas deben ser aplicadas por un personal capacitado, el cual debe mantenerse en constante entrenamiento (21).

I.7 Indicadores de calidad sanitaria:

Dado al grado de importancia que tiene consumir agua potable (exenta de patógenos) a lo largo de los años se han implementado exámenes que evalúan la calidad bacteriológica del agua de consumo, estos tienen como objeto determinar la presencia o ausencia de ciertos grupos de bacterias que revelan una contaminación con materia fecal, siendo el criterio más usado, la determinación de la clase y el número de microorganismos que esta contiene.

Los microorganismos indicadores de calidad sanitaria del agua son aquellas que nos permiten determinar si el agua es apta o no para el consumo humano, existen una serie de microorganismos indicadores de la calidad sanitaria, cuya presencia o ausencia en el agua y alimentos ponen en evidencia sus condiciones higiénicas, entre ellos tenemos: *Aeromonas*, bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales (Enterobacteriaceae), coliformes fecales cuando se encuentran en grandes concentraciones y nos arrojan una idea de cómo ha sido tratada y manipulada el agua (19).

Se han sugerido numerosos criterios para seleccionar un grupo o especies de bacterias como indicadores de la presencia de patógenos causantes de enfermedades entéricas de origen alimentario. Algunos de ellos se describen y explican en la siguiente lista (22).

1. El indicador debería contener, de preferencia, una sola especie, o pocas de ellas, con algunas características bioquímicas y de otro tipo, comunes y distintivas, con el fin de poder distinguirlos de los diferentes tipos de microorganismos que pueden hallarse en un alimento.

2. El indicador debe ser de origen entérico, es decir, debe compartir el mismo hábitat que los patógenos entéricos, y por lo regular debe estar presente al mismo tiempo y en el mismo lugar donde tal vez se encuentran los patógenos.
3. El indicador no ha de ser patogénico, para que su manejo en el laboratorio no requiera las precauciones de seguridad que se requieren para los patógenos.
4. El indicador tiene que estar presente en la materia fecal, en números mucho más altos que los patógenos, con el fin de que su detección sea fácil (contados y aislados), aun cuando el alimento este contaminado con pequeñas cantidades de materia fecal.
5. El indicador debe detectarse (contacto y aislado) e identificarse en poco tiempo, fácil y económicamente, para que después del procesamiento de un producto este pueda ser distribuido rápidamente, y se puedan probar diversos lotes.
6. El indicador tiene que ser detectado con el uso de una o más de las técnicas de biología molecular que se han desarrollado en años recientes para identificación rápida.
7. El indicador ha de poder detectarse (contacto y aislado), incluso en presencia de una gran número de microorganismos asociados, lo que se puede lograr mediante el uso de compuestos que inhiben el crecimiento de estos, pero no del indicador.
8. El indicador debe tener un alto índice de crecimiento y supervivencia en el alimento, similar al de los patógenos entéricos.

9. El indicador no ha de sufrir más lesiones subletales (en grado) que los patógenos cuando son expuestos a estrés físico y químico.

10. De preferencia, el indicador debe hallarse en los alimentos al mismo tiempo que los patógenos; por lo contrario, no deberá estar presente cuando los patógenos entéricos se encuentren ausentes.

11. El nivel de un indicador, presente en un alimento, debe tener de preferencia relación directa con la probabilidad de que un patógeno entérico esté presente en el mismo alimento, ya que esto ayudará a establecer estándares o especificaciones para que, con base en el indicador, sea posible aceptar o rechazar un alimento que será consumido.

Es evidente que ningún grupo o especie de bacterias puede satisfacer todos los criterios de lo que debe ser un indicador ideal (22).

I.7.1 Grupo coliforme:

I.7.1.1 Coliformes:

Este grupo comprende coliformes, coliformes fecales y *E. coli*. No se les considera por separado, dado que los fecales (principalmente *E. coli*) pertenecen al grupo de los coliformes. Según la situación, se examinan muestras de alimentos, agua y ambientes para detección de uno o más de ellos. El término coliforme carece de valor taxonómico; de hecho, representa un grupo de especies de diversos géneros, entre ellos *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* y tal vez *Aeromonas* y *Serratia*. (22).

El grupo coliforme comprende aquellos bacilos gramnegativos aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas. Su presencia en el agua, así como la de *Enterococcus faecalis*, es indicio de contaminación fecal y de la posible presencia de patógenos intestinales como *Salmonella thyphi*, especies de *Shigella*, enterovirus y algunos protozoarios que pueden causar enfermedades. (Cuadro 1) (17).

Cuadro 1.- Algunas enfermedades transmitidas por el agua: (17)

<i>Origen</i>	<i>Enfermedad</i>	<i>Agente Etiológico</i>
<i>Bacteriano</i>	Fiebre tifoidea	<i>Salmonella typhi</i>
	Desentería bacilar	<i>Shigella sp.</i>
	Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>
	Síndromes diarreico	<i>Escherichia coli</i>
		<i>Campylobacter jejuni</i>
		<i>Costridium difficile</i>
		<i>Yersinia entero,colítica</i>
	Leptospirosis	<i>Leptospira interrogans.</i>

I.7.1.2 Coliformes fecales:

También constituyen un grupo de bacterias e incluyen a los coliformes cuya especificad como contaminantes fecales es mucho más alta que la de los demás grupos. Entre ellos están, principalmente, *E. coli*. (22).

I.7.1.3 *Escherichia coli*:

Es un microorganismo entérico que se trasmite por vía fecal-oral y es el microorganismo más frecuente en infección humana por comidas contaminadas como carnes, ensaladas, leche y agua. Puede causar infecciones intestinales y extraintestinales como las del aparato excretor (19).

I.7.2 Grupo Enterobacteriaceae:

Los métodos recomendados para detectar coliformes, coliformes fecales y *E. coli* se basan en la capacidad de estos microorganismos para fermentar lactosa, producir gas y ácido. En contraste, algunos patógenos entéricos no fermentan lactosa, como es el caso de la mayor parte de serovares de *Salmonella*. Por ello, se aduce que, en vez de solo contar coliformes o coliformes fecales en un alimento, se contabilicen todos los géneros y especies de la familia Enterobacteriaceae (22).

Ya que esta familia incluye no solo coliformes, sino muchos géneros y especies que patógenos entéricos, la cuenta del grupo completo puede ser un mejor indicador del nivel de higienización, posible contaminación fecal y presencia de patógenos entéricos (22).

I.7.3 Grupo *Enterococcus*:

Este género es relativamente nuevo e incluye numerosas especies, entre ellas está *Streptococcus faecalis* conocida actualmente como *Enterococcus*. Son cocos o cocobacilos Gram positivos, no formadores de esporas, no móviles, negativos para catalasa y facultativos anaerobios. Crecen a temperaturas entre 10 y 45°C y algunas especies incluso a 50°C.

Se introdujo el concepto indicador bacteriano para medir las cualidades higiénicas. Su objetivo es indicar la posible presencia de patógenos entéricos. Con el tiempo, se ha considerado la conveniencia de usar varios grupos de bacterias (22).

Desde entonces, pues, los microorganismos indicadores han venido siendo empleados para determinar una condición microbiana inadmisibles en un alimento, sea por contaminación fecal, por la presencia de patógenos potenciales o por el potencial deterioro de aquel, sea por las condiciones sanitarias del tratamiento, producción o almacenamiento del mismo.

El recurso a microorganismos indicadores tiene por objeto obviar los laboriosos procesos y el vasto equipo necesarios para aislar las bacterias patogénicas y los virus de los alimentos (23).

bdigital.ula.ve

CAPITULO II. ANTECEDENTES DE LA HIPÓTESIS

El agua potable es una importante fuente de microorganismos patógenos en las regiones en desarrollo y por esto, son cada vez más frecuentes los estudios que buscan determinar la presencia de patógenos entéricos en este medio (24).

Es por ello, que Iriarte y Gómez (2008) en el Estado Nueva Esparta, Venezuela, evalúa la potabilidad del agua para uso doméstico en las islas de Margarita y Coche, de muestras captadas entre los años 1999 a 2006. De los cuales se analizaron 757 muestras que están registradas en los Libros de Certificado de Ensayo del Laboratorio de Microbiología (Fundación La Salle de Ciencias Naturales). Se hicieron análisis de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, estreptococos fecales y *Pseudomonas aeruginosa* (NMP/100 mL), y recuentos de organismos heterótrofos aerobios (UFC/mL) según Normas COVENIN y APHA. También se midió pH, temperatura y cloro residual libre. En el agua recién llegada del continente los porcentajes de incumplimiento fueron inferiores (cloro residual libre 64%; coliformes totales 27% y organismos heterótrofos aerobios 17%) a los promedios encontrados una vez ingresada a la red de distribución estatal (cloro residual libre 84%; coliformes totales 60% y organismos heterótrofos aerobios 40%). Se hallaron relaciones negativas significativas entre los valores de cloro residual y coliformes totales, coliformes fecales, *P. aeruginosa* y organismos heterótrofos aerobios ($r = -0,27$; $-0,19$; $-0,41$ y $-0,38$ respectivamente; $p < 0,0001$), resaltando la importancia de la cloración para mantener la potabilidad del agua (25).

Por el contrario, relaciones positivas significativas ($p < 0,0001$) se constatan entre los valores de cada uno de los grupos estudiados, lo que indicaría que tienen un origen común, principalmente de origen fecal. Se concluye que un porcentaje elevado de las muestras de agua evaluadas incumplieron las normas de potabilidad, lo que implica riesgos potenciales a la salud (25).

Así como también, en la investigación de De Sousa y col., en el año 2008 en Valencia- Edo Carabobo, Venezuela., tuvo como propósito un análisis de las estrategias para el control de la contaminación bacteriológica, basado en los factores que afectan el deterioro de los sistemas de distribución de agua potable, así como su influencia sobre la calidad del agua suministrada al consumidor. El sistema de distribución es de vital importancia para establecer la calidad final del agua, siendo las biopelículas que se forman en las paredes de las tuberías la causa de su deterioro (21).

En estudios más recientes Abad y col., (2010) efectuó la investigación sobre la Calidad del agua potable en los Edificios Sector 5 Urb. El Perú, Ciudad Bolívar, Edo. Bolívar., aplicando las normas COVENIN para la calidad del agua potable empleando como indicadores *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus* y *Clostridium*, así como el recuento de aerobios mesófilos y determinó el número más probable de coliformes totales y fecales. Realizaron dos muestreos para un total de 12 muestras, las mismas fueron procesadas en el laboratorio bacteriológico de la Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar. Obteniéndose como resultado la ausencia de *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus*, *Clostridium* y *Escherichia coli*. El hallazgo de los aerobios mesófilos se encontró dentro de los criterios microbiológicos $< 100\text{UFC/ml}$ en los dos muestreos correspondientes a cada tanque (26).

El número más probable de coliformes totales y fecales estuvieron fuera de los criterios establecidos por la OMS; en el primer muestreo el resultado fue >16 NMP/ml en cuatro de los seis tanques, mientras que en el segundo muestreo se encontraron valores entre $\leq 2,2$ NMP/ml hasta ≥ 16 NMP/ml. Se concluye que aunque existe la presencia de coliformes totales y fecales con ausencia de *Escherichia coli*, el agua de estos tanques no está apta para el consumo humano, ya que no cumplen con los indicadores de sanidad de agua potable dentro de lo establecido por los criterios de la OMS (26).

En otra investigación, Rodríguez C, (2012) determinaron los indicadores bacteriológicos y la caracterización fisicoquímica de cuerpos de agua en dos Municipios del Estado Bolívar. Se realizó una investigación cuantitativa, descriptiva, transversal y de campo. La muestra estuvo conformada por el agua cruda de 28 fuentes naturales de los ríos Orinoco y Caroní. Se cuantificaron bacterias heterótrofas totales, coliformes totales, fecales, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Clostridium* y *Pseudomonas* según Normas Venezolanas COVENIN. Se realizó examen fisicoquímico parcial: pH, turbiedad, alcalinidad, cloruros, sulfato, dureza total, calcio, magnesio, manganeso, nitritos, hierro total, sílice; por Método Estándar. Los resultados mostraron recuentos bacterianos que exceden la normativa venezolana oficial en tres sectores del río Orinoco-tramo Ciudad Bolívar, así como en 50% y 20% de los balnearios muestreados en los Municipios Heres y Caroní respectivamente. Los resultados del examen fisicoquímico parcial se hallaron dentro de los criterios de referencia establecidos para ello y fueron clasificadas como aguas de baja dureza (27).

Posteriormente, en el año 2013 se realizó un estudio para evaluar la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas y botellas que se venden en la Ciudad de Maracaibo del Estado Zulia, Venezuela. Seleccionaron 10 marcas comerciales de agua envasada, obtenidas en distintos puntos de venta de la Ciudad. El análisis microbiológico se realizó de acuerdo a normas COVENIN, mediante el método del Número más Probable (NMP), para determinar coliformes totales, coliformes fecales, aerobios mesófilos y *Pseudomonas aeruginosa*. Los valores de NMP para coliformes totales estuvieron entre 9,2 y < 2,2, coliformes fecales entre 5,1 y < 2,2 NMP y para *Pseudomonas*, la muestra B mostró el valor más alto con un NMP de 28. Se concluye que solo 2 marcas (A y G) cumplieron con todos los requisitos microbiológicos, siendo éstas aptas para consumo humano (8).

bdigital.ula.ve

II.1 HIPÓTESIS

En el agua potable que surte las viviendas del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida existe una alta concentración de bacterias indicadoras de calidad sanitaria.

bdigital.ula.ve

II.2 OBJETIVOS

Objetivo general

Valorar la cantidad de bacterias aerobias mesófilas y bacterias coliformes en muestras de agua potable del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida.

Objetivos específicos

1. Cuantificar la cantidad de bacterias aerobias mesófilas presente en la muestra de agua potable del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida.
2. Enumerar la cantidad de bacterias coliformes totales y fecales presente en la muestra de agua potable del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida.
3. Identificar las cepas bacterianas más representativas presentes en las muestras de agua potable del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

III.1 MATERIALES

III.1.1 Población y Muestra

La población objeto del presente estudio estuvo constituida por un aproximado de 300 viviendas familiares ubicadas en el Sector Campo de Oro, pertenecientes al Municipio Libertador, Parroquia Domingo Peña del Estado Mérida.



Figura 2.- Ubicación geográfica del Sector Campo de Oro.
(<http://bit.ly/1QJGnrY>)

El tamaño de la muestra se determinó consultando el censo familiar realizado en ese Sector de la Ciudad durante el año 2011, por el Instituto Nacional de Estadística, de donde se tomó el 1 % de viviendas a las cuales se les realizó el muestreo del agua utilizada en las mismas. La selección de las viviendas se realizó de manera aleatoria. (29)

En cada una de las viviendas seleccionadas, se tomaron de manera aséptica, muestras de aguas de 250 mL procedente del grifo de la cocina y del baño previamente higienizado. Las muestras se recolectaron en recipientes estériles. Se realizaron tres muestreos en cada una de las viviendas seleccionadas. Las muestras se mantuvieron bajo refrigeración hasta su procesamiento en el laboratorio. Realizándole las determinaciones microbiológicas correspondientes.

III.1.2 Medios de cultivos

En el análisis microbiológico se utilizaron medios de cultivos preparados en el laboratorio tales como Agar Plate Count, así como los medios directamente por el fabricante, como los medios Petri film. En el caso de los medios deshidratados, se esterilizaron a 15 PSI de presión y 120 °C, durante 15 minutos.

III.1.3 Reactivos

Todos los reactivos que se utilizaron fueron de grado analítico.

III.2 METODOLOGÍA

III.2.1 Recolección de la muestra

Se recolectaron muestras del 1-5% de las viviendas del Sector Campo de Oro, en cada una se accedió a la parte de la cocina y baño desinfectando con alcohol los grifos y se dejó circular el agua por cinco minutos, se obtuvo 250mL en frascos estériles los cuales se transportaron bajo refrigeración hasta el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis del Estado Mérida.

III.2.2 Cuantificación de las bacterias aerobias mesófilas

Se utilizó el método de siembra por profundidad utilizando el agar Plate Count. De cada muestra se tomó 1mL y se colocó en una caja de Petri estéril y se le añadió 20mL del agar Plate Count, se incubó a 30 °C por 24-48 horas, terminando el tiempo de incubación se procedió al recuento de las colonias; las colonias aisladas fueron repicadas en agar Trypticase Soya para posteriormente identificarla (30).

III.2.3 Cuantificación de las bacterias coliformes totales y fecales

Se realizó la siembra en placas rehidratables de Petrifilm. Se colocó la placa Petrifilm en una superficie plana, levantando el film superior. Con una pipeta colocada de forma perpendicular a la placa, se le agregó 1 mL de la muestra en el centro del film inferior. Bajando el film superior con cuidado evitando introducir burbujas de aire, no dejándolo caer (31).

Seguido a esto, se colocó el aplicador en el film superior sobre el inóculo para así distribuir la muestra ejerciendo una ligera presión sobre el mango del aplicador, no girando ni deslizando el aplicador, esperando de 2 a 5 minutos a que solidifique el gel (31). Luego se incubó a 37° C por 48 horas, se procedió al recuento de las colonias; las colonias aisladas fueron repicadas en agar Tripticasa Soya para su posterior identificación (10).

III.2.4 Identificación de las colonias aisladas

A las diferentes colonias aisladas en cada uno de los medios utilizados se les realizó una serie de pruebas bioquímicas para lograr su identificación taxonómica de acuerdo a los esquemas propuestos por Barrow y Feltham (1993) (32) y utilizando las galerías API de la Empresa Biomerux.

III.2.5 Tratamiento estadístico de los resultados

Se realizó un estudio de media, desviación estándar, varianza, error típico por medio del programa Microsoft office Excel y los valores se agruparon en rangos. De igual forma se realizaron gráficas y tablas para agrupar y sistematizar los resultados.

ESQUEMA DE METODOLOGÍA

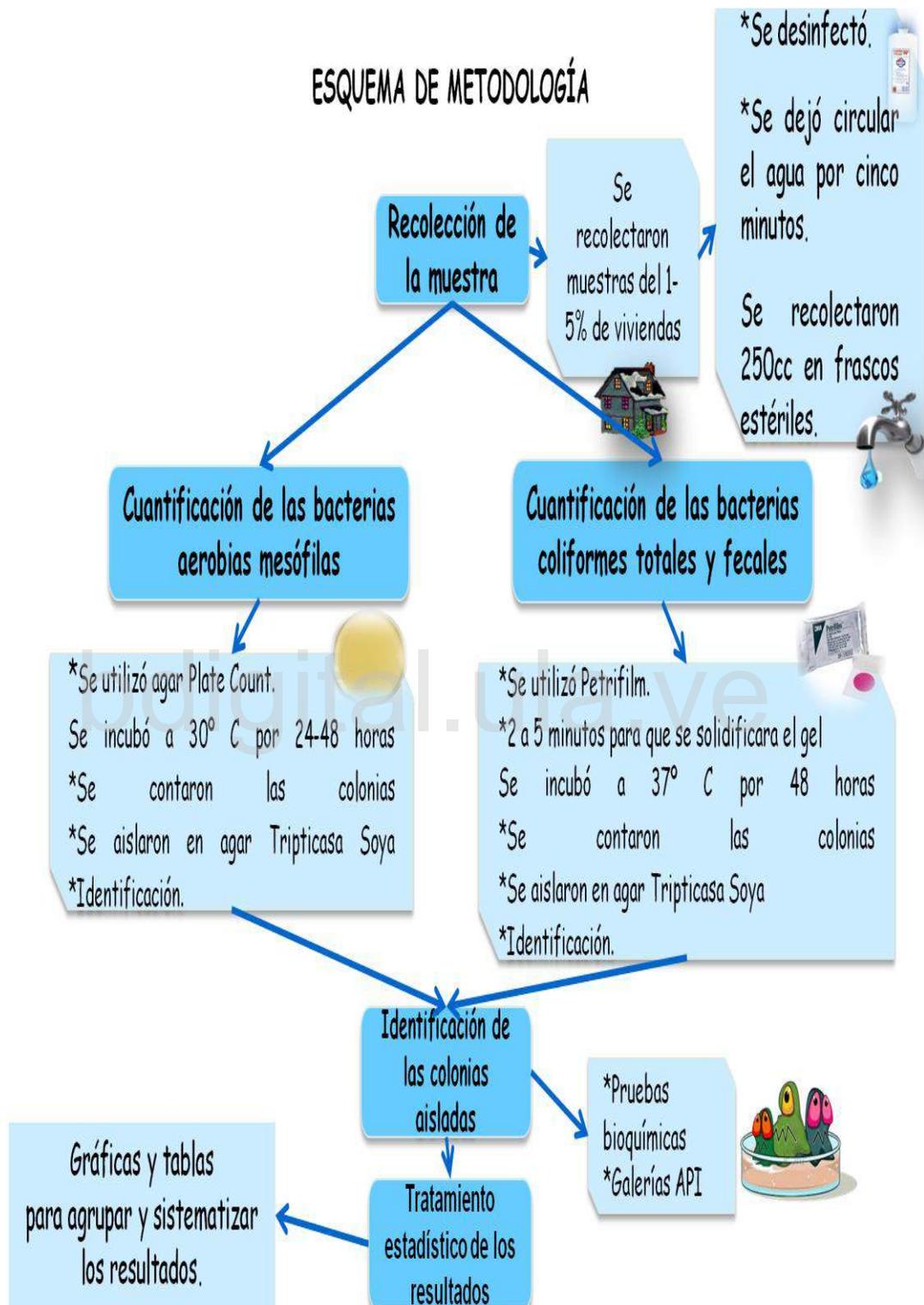


Figura 3.- Diseño experimental.

CAPITULO IV. RESULTADOS

A continuación presentamos los resultados obtenidos de cada una de las muestras analizadas para determinar la calidad sanitaria mediante la presencia o ausencia de bacterias potencialmente patógenas en el agua que se consume en el Sector Campo de Oro- Estado Mérida, dichos resultados serán presentados y explicados en resúmenes estadísticos (tablas y gráficos) para su mejor comprensión, cabe destacar que los mismos fueron realizados de manera inédita con los datos recolectados durante la investigación con las bases del protocolo a seguir.

Tabla 2.- Número de bacterias aerobias mesófilas presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida.

#	MUESTRA	BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS (UFC/ML)	%
1	1 ^a	<1	0
2	1b	<1	0
3	2 ^a	>6.4x10 ³	10
4	2b	>6.4x10 ³	10
5	3 ^a	<1	0
6	3b	<1	0
7	4 ^a	<1	0
8	4b	<1	0
9	5 ^a	<1	0
10	5b	<1	0
			20

a: Cocina.

b: Baño.

UFC/mL: UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS POR MILILITRO.

%: Porcentaje de bacterias aerobias mesófilas presentes.

Fuente: Cuaderno de laboratorio.

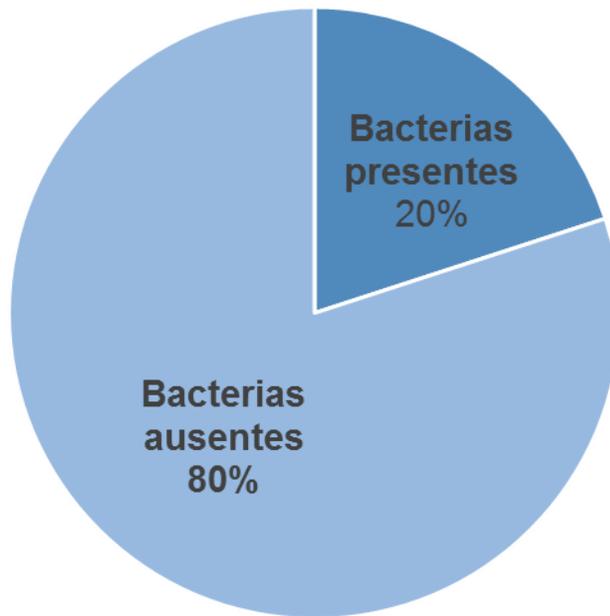


Gráfico 1.- Porcentaje de bacterias aerobias mesófilas presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida.

En la tabla 2 y el gráfico 1, se representa la cuantificación de las bacterias heterótrofas aerobias mesófilas para cada una de las muestras analizadas, podemos observar que del 100% de las muestras, el 20% tiene un valor de $>6.4 \times 10^3$ UFC/mL, estando dentro del número máximo permisible para considerar el agua como apta para su consumo.

Tabla 3.- Número de bacterias coliformes totales y coliformes fecales presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida.

#	MUESTRA	COLIFORMES TOTALES (UFC/ML)	COLIFORMES FECALES (UFC/ML)	%
1	1 ^a	<1	<1	10
2	1b	<1	<1	10
3	2 ^a	<1	<1	10
4	2b	<1	<1	10
5	3 ^a	<1	<1	10
6	3b	<1	<1	10
7	4 ^a	<1	<1	10
8	4b	<1	<1	10
9	5 ^a	<1	<1	10
10	5b	<1	<1	10
				100

a: Cocina.

b: Baño.

%: Porcentaje de coliformes totales y fecales ausentes.

UFC/mL: UNIDADES FORMADORAS DE COLONIAS POR MILILITRO.

Fuente: Cuaderno de laboratorio.

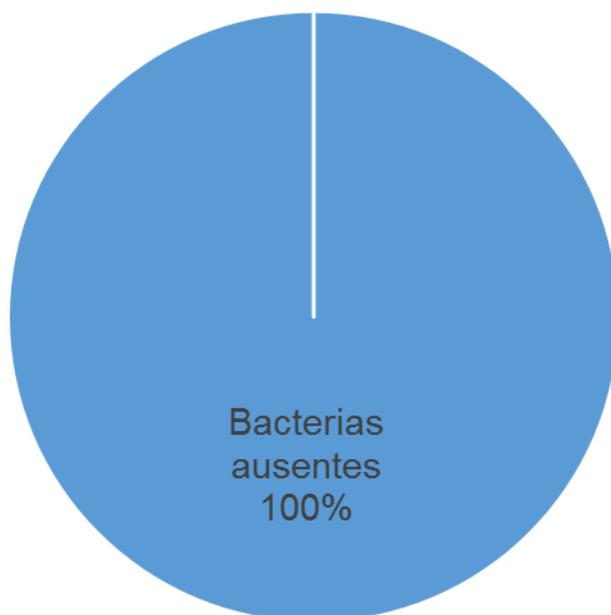


Gráfico 2.- Porcentaje de bacterias coliformes totales presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida.

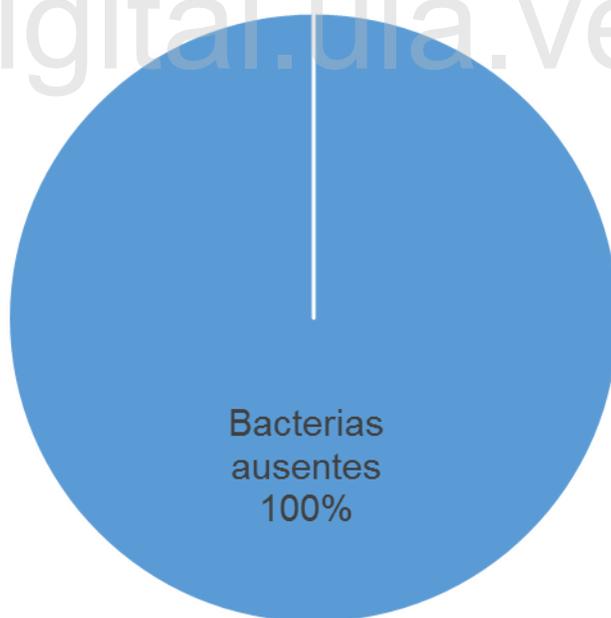


Gráfico 3.- Porcentaje de bacterias coliformes fecales presentes en muestras del agua potable del Sector Campo de Oro- Estado Mérida.

En la tabla 3 y el gráfico 2, se representan los valores de la cuantificación de los coliformes totales y los coliformes fecales para cada una de las muestras analizadas. Podemos observar que el 100% está ausente, los cuales están dentro del número máximo permisible para considerar el agua como apta para su consumo.

Se pudieron aislar, purificar e identificar 2 colonias, las cuales luego de realizadas la coloración de Gram y las pruebas bioquímicas indicadas en el esquema de Macffaden y las Galerías api 20 NE, resultaron pertenecer a la especie pruebas *Pseudomonas aeruginosa*.

bdigital.ula.ve

CAPITULO V. DISCUSIÓN

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. En algunas regiones, se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria son superiores al costo de las intervenciones. Las posibles consecuencias para la salud de la contaminación microbiana son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial y nunca debe comprometerse (8).

En el presente trabajo se determinó la presencia de la población bacteriana en muestras de agua potable del Sector Campo de Oro.

En los resultados presentados se determinó la calidad sanitaria y la presencia de bacterias potencialmente patógenas en el agua que se consume en el Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida, podemos notar que de 10 muestras analizadas según los datos expuestos en la tabla 2 y gráfico 1, el 80% no presentan crecimiento de colonias de bacterias aerobias mesófilas (0 UFC/mL), por lo cual significantes de acuerdo lo establecido en el artículo 11 de la Norma nacional sanitaria de calidad del agua potable (1998) que indica que el nivel de presencia de dichos organismos en este recurso no debe ser mayor a 100 UFC/mL (14), mientras que 2 de las muestras, el porcentaje restante que corresponde al 20% de las muestras están en $>6.4 \times 10^3$ UFC/mL, por lo que se puede afirmar que hay un porcentaje no significativo que no cumple con el parámetro establecido en la misma.

El conteo de Bacterias Aerobias Mesófilas, o también llamadas Bacterias Heterotróficas, provee un estimado del número total de bacterias viables del agua (33). De igual forma, permite juzgar la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable para asegurar que esta no contenga microorganismos transmisores o causantes de enfermedades (9). La Agencia de Protección al Ambiente de Norteamérica (USEPA) reconoce la importancia de monitorear el número de Bacterias Aeróbicas Mesófilas, ahora llamadas Bacterias Heterotróficas (33).

Estos resultados coinciden con la investigación de Bohórquez, (2013) quien determinó la calidad sanitaria y la presencia de bacterias potencialmente patógenas en el agua que se consume en los Barrios El Chama y el Chamita de la Ciudad de Mérida, Estado Mérida, notando que de 20 muestras analizadas el 100% de las muestras se encontró la presencia de Bacterias Aerobias Mesófilas de las cuales, se observó que un 20% oscilaban en un rango de 3 a 4.9×10 UFC/mL, un 10% en un rango bastante elevado de 11 a 20×10 UFC/mL y la mayor parte el 70% de las muestras se encuentran dentro de 5 a 7.9×10 UFC/mL, los cuales están dentro del número máximo permisible para considerar el agua como apta para su consumo (34).

Vargas y col. (2013), quienes estudiaron la calidad microbiológica del agua potable en viviendas del Sector Don Perucho de la Ciudad de Mérida, demostró que el 85,71% de las 14 viviendas estudiadas presentaron una media de $1,2 \times 10$ UFC/mL de agua, por tanto, el agua de consumo está en las condiciones adecuadas para ser utilizada para consumo humano (35).

En 2005, Gómez y col., analizaron la calidad microbiológica del agua en 48 muestras de distintos puntos de la Unidad de Hemodiálisis en el Instituto de Nefrología (La Habana, Cuba), durante el periodo de 7 meses. Se obtuvo que en el mes de agosto, el conteo total de bacterias heterótrofas fuera más elevado, con un valor de 100 UFC/mL. No obstante los resultados obtenidos no trascienden las 200 UFC/mL, que es el límite máximo reportado para este tipo de agua por la Asociación para el Progreso los Instrumentos Médicos de los EE.UU (AAMI), comparándolo con los resultados obtenidos en nuestra investigación, se entiende la calidad microbiológica que presenta el agua potable de este Sector, debido a que se muestran niveles aceptables (36).

Félix A. y col., estudiaron sobre la calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del Sur de Sonora (México) en el 2007, donde sus resultados arrojaron la presencia de mesófilos aerobios iguales o mayores a 200 UFC/mL de agua que indica una calidad deficiente de esta. Si comparamos con los resultados obtenidos en nuestra investigación, podemos decir que a diferencia de este, hay un porcentaje elevado de las muestras de agua evaluadas que cumplieron las normas de potabilidad (37).

Se interpreta que cuando el resultado del número de Bacterias Aeróbicas Mesófilas es superior a 200 UFC/mL, se ha desarrollado algún problema bacteriano durante el almacenamiento o distribución del agua. La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de Norteamérica recomienda que el límite de Bacterias Aeróbicas Mesófilas en un agua potable deba ser de un máximo de 300 UFC/mL (8).

La estimación de las bacterias del grupo de los coliformes en los cuerpos de agua se ha utilizado a nivel mundial durante varias décadas como indicadores de su calidad bacteriológica. En Venezuela se han seguido las tendencias internacionales en ese sentido, estableciéndose los límites permitidos en diferentes leyes y decretos que establece el uso de los coliformes totales y fecales como indicadores bacteriológicos de contaminación en los cuerpos de agua (8).

En cuanto a los resultados sobre la presencia de bacterias coliformes totales (BCT) y fecales, en nuestro estudio, resaltado en la tabla 3, se obtuvo que de las 10 muestras, el 100% no hubo crecimiento de colonias (0 UFC/mL) y se evidencia la ausencia de bacterias coliformes totales y coliformes fecales, basándonos en el artículo 9 de las normas sanitarias de calidad del agua potable (1998), se puede dar por cierto el cumplimiento de este parámetro ya que en ningún caso debe encontrarse presentes en el agua estos microorganismos (14).

Así como a los obtenidos por Mora y col. (2006), quienes no encuentran coliformes en el agua, en las etapas de tratamiento en planta de potabilización entre la estación de bombeo en el río Orinoco y la mezcla rápida en planta, da lugar a que la potabilidad del agua se encuentre dentro de la escala aceptable. (39).

Y a su vez, Cepeda R, en el 2007 ejecuto un estudio sobre la calidad sanitaria del agua consumida en diferentes secciones del Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes (I.A.H.U.L.A.) podemos observar una similitud con respecto a nuestros resultados en cuanto a Bacterias Coliformes Totales, ya que el agua de dicha institución no presenta contaminación. Esta diferencia en los resultados se puede basar en que el agua de consumo es

clorada a diferencia de la localidad en nuestro carente de cualquier tratamiento adecuado para la potabilidad del agua (40).

En comparación con el estudio que realizó Vargas y col. (2013), sobre la calidad microbiológica del agua potable en viviendas del Sector Don Perucho de la Ciudad de Mérida, Estado Mérida, evidencia la presencia significativa de coliformes totales indicando una contaminación microbiológica a diferencia de nuestra investigación que en la cual están ausentes dichos microorganismos (35).

En Brasil, de acuerdo a un trabajo realizado por Carmo y col. (2008), en donde se analizó la red de distribución, se tiene que se presentaron muestras positivas para coliformes totales por encima de la recomendada por la ley (presente en más de 5% de las muestras analizadas mensual) (41).

Por otro lado, en los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua de México, en sus niveles máximos presenta que los coliformes fecales es de 1000 (NMP/100mL) en las fuentes de abastecimiento de agua potable (42).

En el análisis del agua que consume el Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida Estado Mérida nos encontramos con un número de cepas de *Pseudomonas aeruginosa*, la cual estaba presente en 2 muestras de las 10 analizadas, lo que es indicativo de una contaminación del agua que se consume en dicha casa, por lo que podemos decir que se encuentra en una cantidad que no se puede tomar como apta para el consumo humano. Dando por hecho que el agua potable suministrada para ese Sector si tiene las condiciones requeridas para su uso pero esta puede verse afectada en dicha casa por falta de higiene, rupturas en las tuberías, construcción de nuevos baños, entre otros.

En lo relativo a la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* según la norma nacional en su artículo 10, el agua potable no debe contener agentes patógenos como bacterias, argumentándonos en esta norma e afirmamos que el agua de una casa no cumple en su totalidad con las normas de potabilidad (14). Según la guía para la calidad del agua potable de la OMS, indica que la importancia para la salud sobre la presencia de esta bacteria en el agua es moderada (8).

Es importante destacar que la presencia de estos microorganismos son indicadores de baja calidad de este recurso basándonos nuevamente en las normas sanitarias de calidad del agua potable (1998) (14).

Dichos resultados obtenidos en el presente trabajo, respecto a la presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, son similares a los señalados por investigadores en diversas partes del mundo.

En un estudio realizado por Marchan (2002), del total de muestras de agua de inmuebles, 18 (8,03%) presentaron contaminación por *Pseudomonas aeruginosa* (PA), habiéndose encontrado en el 55,55% de muestras solo este microorganismo, no considerando este último criterio (de acuerdo a nuestra NTN) para considerar la muestra como inapta, si se considerara este indicador como criterio para declarar una muestra de agua como no apta para el consumo humano, el porcentaje de muestras no aptas se elevaría al 22,32% (43).

En el 2005, Gómez y col., analizaron la calidad microbiológica del agua en 48 muestras de distintos puntos de la Unidad de Hemodiálisis en el Instituto de Nefrología (La Habana, Cuba), durante el periodo de 7 meses, en el mes de agosto no se observaron *Pseudomonas aeruginosa* en las muestras analizadas, a diferencia de nuestra investigación que si se presentaron (36).

Pseudomonas aeruginosa es un patógeno oportunista, están presentes naturalmente en el medio ambiente y no están catalogados como agentes patógenos en sentido propio, aunque pueden causar enfermedades a las personas cuyos mecanismos de defensa locales o generales son deficientes, por ejemplo a los ancianos, a los lactantes, quienes han sufrido quemaduras o heridas extensas, a los enfermos sometidos a un tratamiento inmunosupresor o a los que padecen el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA). Si el agua que esas personas utilizan para la bebida o el baño contiene un gran número de estos microorganismos oportunistas puede producirles diversas infecciones cutáneas y de las membranas mucosas del ojo, oído, nariz y garganta (8).

bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES

El análisis del agua que consumen los habitantes del Sector Campo de Oro de la Ciudad de Mérida, presento niveles aceptables de microorganismos patógenos, demostrando que el agua que se distribuye en dicho Sector es apta para su consumo, desde el punto de vista bacteriológico debido a los niveles en los indicadores de contaminación, ya que cumple con los requisitos que exigen las **normas sanitarias del agua potable** y las normas del **Comité Venezolano de Normas Industriales (COVENIN)**, siendo las más importantes en cuanto a la calidad sanitaria del agua potable en nuestro país.

Se ha llegado a esta conclusión debido a los resultados presentados a continuación:

- En el 100% de las muestras se observó que el 20% se encuentran bacterias aerobia mesófilas, con un valor de $>6.4 \times 10^3$ UFC/mL, estando dentro del número máximo permisible, considerando apta para su consumo.
- El 100% de las muestras no presentaron coliformes totales (BCT) en el agua potable.
- El 100% de las muestras no presentaron coliformes fecales en el agua potable.
- *Pseudomonas aeruginosa* se presentó en 2 muestras de las 10 analizadas.

RECOMENDACIONES

La gestión preventiva es el mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo y se debe tener en cuenta de las características del sistema de abastecimiento de agua; en vista de las condiciones en las que se encuentra el agua que consumen los habitantes del Sector Campo de Oro –Mérida se presenta a continuación algunas sugerencias que se pueden emplear para mejorar la calidad microbiológica:

- Realizar un llamado de atención y solicitar a las autoridades competentes la dotación de un buen sistema de tratamiento, almacenamiento y distribución.
- Realizar un mantenimiento y tratamiento químico de emergencia a los tanques que abastecen la población.
- Hacer como mínimo cada seis meses la limpieza, desinfección de tanques y vigilancia en las redes de distribución.
- Fomentar la educación sanitaria tanto en hogares como en instituciones públicas y privadas, así como también incentivar a la población el uso de agua hervida.
- Informarle a la comunidad sobre el uso indebido de materiales textiles como filtro en las boquillas que dispensan agua.

ANEXO
CONSENTIMIENTO

En la Universidad de Los Andes (U.L.A) de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis se está realizando el proyecto titulado "CALIDAD SANITARIA DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE DEL SECTOR DE CAMPO DE ORO DE LA CIUDAD DE MÉRIDA ESTADO-MÉRIDA."

Yo _____

C.I _____

Nacionalidad _____

Estado Civil _____

Domiciliado en _____

Siendo mayor de 18 años en USO pleno mis facultades mentales y sin que medie coacción ni violencia alguna en completo conocimiento de la naturaleza, forma, duración, propósito, inconvenientes y riesgos relacionados con el estudio que más abajo índico, declaro mediante la presente:

1.- Haber sido informado de manera objetiva, clara y sencilla, por parte de la Universidad de Los Andes (U.L.A), del proyecto titulado ""CALIDAD SANITARIA DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE DEL SECTOR DE CAMPO DE ORO DE LA CIUDAD DE MÉRIDA."

2.- Tener conocimiento claro de que el objetivo fundamental del trabajo antes señalado.

3.- Haber sido informado de que mi participación en el proyecto consiste en acceder en la parte de la cocina para recolectar 250cc de agua potable.

5.- Que el equipo de investigadores me ha garantizado confidencialidad relacionada tanto a mi identidad como de cualquier información relativa a mi persona a la que tengan acceso por concepto de mi participación en el proyecto antes mencionado.

6.- Que estoy de acuerdo en el USO, para fines académicos, de los resultados obtenidos en el presente estudio.

7.-Que mi participación en dicho estudio no implica riesgo ni inconveniente alguno para mi salud.

8.- Que cualquier pregunta que yo tenga en relación con este estudio, me será respondida oportunamente por parte del equipo de investigadores antes mencionado.

9.- Que bajo ningún concepto se me ha ofrecido ni pretendo recibir algún beneficio de tipo económico producto de los hallazgos que puedan producirse en el referido proyecto de investigación.

DECLARACIÓN DEL VOLUNTARIO:

Luego de haber leído, comprendido y recibido las respuestas a mis preguntas con respecto a este formato de consentimiento y por cuanto mi participación en este estudio es totalmente voluntaria acuerdo:

A.- Aceptar las condiciones estipuladas en el mismo y a la vez autorizar a la Universidad de Los Andes (U.L.A) a realizar el referido.

B.- Reservarme el derecho de revocar esta autorización así como mi participación en el proyecto, en cualquier momento, sin que ello conlleve algún tipo de consecuencia negativa para mi persona.

Firma del Investigador_____

Nombres_____

C.I.C.I._____

Lugar_____

Fecha_____

Firma Testigo: _____

Nombres_____

C.I.C.I._____

Lugar_____

Fecha_____

DECLARACIÓN DEL INVESTIGADOR:

Luego de haber explicado detalladamente al voluntario la naturaleza del protocolo mencionado. Certifico mediante la presente que, a mi leal saber, el sujeto que firma este formulario de consentimiento comprende la naturaleza, requerimientos, riesgos y beneficios de la participación en este estudio. Ningún problema de índole médica, de idioma o de instrucción ha impedido al sujeto tener una clara comprensión de su compromiso con este estudio.

Lugar y Fecha: _____

bdigital.ula.ve

BIBLIOGRAFÍA

1. Leclerc H, Schwartzbrod L, Dei-Cas E. Microbial Agents Associated with Water borne Diseases Critical Reviews in Microbiology. 2002, 28 (4): 371-409.
2. Sousa AL, Vásquez L, Velasco J. Características clínicas y epidemiológicas de la infección por *Helicobacter pylori* en una población de los Andes Venezolanos. Revista de la Facultad de Farmacia 2004 Julio; 46 (2): 2-7.
3. Larrea, F. Enfermedades transmitidas por el agua. Situación en Venezuela. Ciclo recursos hídricos en Venezuela. II Seminario Agua Potable y Abastecimiento. Comisión de Estudios Interdisciplinarios. Caracas, Venezuela: Publicaciones, UCV 1999; 2 (5):101-118.
4. Kranitz, J. Quantitative Bacterial Examination of Domestic Water Supplies for Microbial Contamination in the Lesotho Highlands. Bull World Health Organ 1999; 77 (10):829-836.
5. Botero, L. Quintero, W. Calidad bacteriológica del agua que surte a la Ciudad de Maracaibo. Boletín SVM-Volumen Extraordinario-XXV Jornadas Venezolanas de Microbiología "Dr. Gustavo Prieto". 1998.
6. Madrazo, L. Iriarte, M. Condición del agua para beber y preparar alimentos de la población Warao de la Barra de Makareo, Municipio Tucupita, Estado Delta Amacuro, Venezuela. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel 2005; 36(1) 13-60.
7. Barrientos, Y. Suarez C. Pacheco H. Calidad microbiológica del agua y riesgo sanitario de dos acueductos rurales en el Estado Vargas, Venezuela. Investigación y Postgrado 2005; 20(1):115-141.
8. Tortolero A. El agua y su historia. Primera edición. México: Umbrales de México; 2000.
9. Mora D. Agua. Primera Edición. San José, Costa Rica: Editorial

- Universidad Estatal a Distancia; 2009.
10. Stanfield G, Lechevallier M, Snozzi M. Treatment efficiency. En: *Assesing microbial safety of drinkinh wáter: improving approaches and methods*. London 2003; 159-178.
 11. Schoenen D. Role of disinfection in suppressing the spread of pathogens with drinking wáter: possibilities and limitations”. *Water Res* 2005; 39 (18):4287-4298.
 12. Carter MJ. Enterically infecting viruses: pathogenicity, transmission and significance for food and waterborne infection. *Journal of Applied Microbiol* 2005; 98 (6): 1354-1380.
 13. Comité Venezolano de Normas Industriales (COVENIN). Norma Venezolana. Agua envasada para consumo humano. Esquema 1. 1431 (R). Primera revisión. ICS 67.100.10 COVENIN 1993; 1431:93.
 14. Normas sanitarias de calidad del agua potable. (Resolución SG-018-98 del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social). *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 36.395, febrero 11, 1998.
 15. Bacteria. [Wikipedia, la enciclopedia libre, en Línea]. Disponible en la Web: <https://es.wikipedia.org/wiki/Bacteria>. Consultado: 26/11/2015.
 16. Torres, Y. Calidad bacteriológica del agua de consumo en el Sector San José de las Flores de la Ciudad de Mérida, Estado Mérida. Venezuela. [Tesis]. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de Los Andes; 2012.
 17. Barrios A. *Bacteriología y virología básicas*. Primera Edición. Mérida, Venezuela: Editorial Venezolana C.A; 1998.
 18. Sarles WB, Frazier WC, Wilson JB, Knight SG. *Microbiología general y aplicada*. Primera edición española. Barcelona: Editorial Salvat Editores, S.A; 1963.
 19. Velazco, J. Araque, M. Longa, A. Araujo, E. Ramires, A. Sánchez, K.

- Velazco, E. Manual Práctico de Bacteriología Clínica. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de Los Andes.
20. De la Puente C. Bacteriología y potabilidad del agua. Primera edición. Madrid- España: Editorial Blume; 1972.
 21. De Sousa C, Colmenares MC, Correia A. Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. Boletín de Malariología y Salud Ambiental 2008 Enero-Julio; 48 (01): 17-26.
 22. Ray B, Brunia A. Fundamentos de microbiología de los alimentos. Cuarta edición. México, D. F: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A; 2010.
 23. Banwart G. Microbiología básica de los alimentos. Primera edición. Barcelona: Anthropos, Editorial del hombre; 1982.
 24. Ashbolt NJ. Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. Toxicology. 2004 May 20; 198(1-3):229-38.
 25. Iriarte MM, Gómez A. Potabilidad del agua de uso doméstico en el Estado Nueva Esparta, Venezuela. Revista del Instituto de Higiene "Rafael Rangel" 2008; 39 (2): 23-34.
 26. Abad G, Enidel y Maneiro P, Ysabel P. Calidad del agua potable en los Edificios Sector 5 Urb. El Perú, Ciudad Bolívar, Edo. Bolívar Diciembre 2009-2010. [Tesis de Grado]. Universidad De Oriente: Estado BOLÍVAR; 2010.
 27. Rodríguez C. Calidad de cuerpos de agua: Municipios Heres y Caroní del Estado Bolívar, Venezuela Marzo-Abril 2010. Universidad, Ciencia y Tecnología 2012 Marzo; 16 (62): 3-11.
 28. Benítez BM, Ferrer KJ, Rangel LC, Ávila AG, Barboza Y y Levy A. Calidad microbiológica del agua potable envasada en bolsas y botellas que se venden en la Ciudad de Maracaibo, Estado Zulia-

- Venezuela. Multiciencias 2013; 13 (1): 16-22.
29. Instituto Nacional de Estadística. República Bolivariana de Venezuela, XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Resultados Básicos, Total Nacional y entidades Federales. N° de Depósito Legal: Ifi36820143102053. [En línea]. Consultado: 11/11/2015. Disponible en: <http://www.ine.gov.ve/documentos/Demografia/CensodePoblacionyVivienda/pdf/merida.pdf>.
 30. Ramírez A, Recavarren S, Arias J, Gilman R, León R, Garrido K, Biber M, Rodríguez C, Chinga E. Helicobacter pylori, Gastritis Crónica, Úlcera Gástrica y Úlcera Duodenal: Estudio de 1638 pacientes. Revista Gastroenterología 1999; 19 (3): 196-201.
 31. Petrifilm. Guía de interpretación. 1999. Versión 1.0. [En línea]. Consultado: 06/11/2015. Disponible en: https://system.netsuite.com/core/media/media.nl?id=4020&c=3339985&h=b19b8b8bebaef3555baa&_xt=.pdf.
 32. Barrow G, Feltham R.K.A. Cowan and Steel's. Manual for the identification of medical bacteria. Ed. Cambridge University Press. Cambridge. UK. 1993.
 33. Andueza F. Calidad bacteriológica del agua mineral envasada expedida en la Ciudad de Mérida: Estudio transversal Julio-agosto año 1998. Revista de la Facultad de Farmacia 1998; 38: 9-19.
 34. Bohórquez W. Calidad microbiológica del agua potable proveniente de viviendas ubicadas en los Sectores Chama y Chamita de la Ciudad de Mérida, Venezuela. [Tesis de Pregrado]. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Mérida- Venezuela 2013.
 35. Vargas H, Ávila H, Andueza F. Calidad microbiológica del agua potable en viviendas del Sector Don Perucho de la Ciudad de Mérida, Estado Mérida. [Tesis Pregrado]. Facultad de Farmacia y

- Bioanálisis. Mérida- Venezuela. 2013.
36. Gómez D, Yamiris T, González, Chiroles R, García S, Cosset C. Calidad microbiológica del agua utilizada en la Unidad Hemodiálisis del Instituto de Nefrología [Tesis Pregrado]. Unidad Nacional de Salud Ambiental del Ministerio de Salud Pública. 2005.
 37. Félix A, Campas ON, Aguilar MG, Meza MM. Calidad microbiológica del agua de consumo humano de tres comunidades rurales del Sur de Sonora (México). RESPYN 2007; 8(3):1-13.
 38. Herrera A. Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. Interciencia 2005 Marzo; 30: (3): 1-11.
 39. Mora V, Cedeño J. Determinación Físicoquímica y Bacteriológica del agua en las Etapas de Tratamiento en Planta de Potabilización. Universidad, Ciencia y Tecnología 2006 Marzo; 10 (37): 41-45.
 40. Cepeda R. Calidad sanitaria del agua consumida en diferentes secciones del Instituto Autónomo Hospital Universitario de Los Andes (I.A.H.U.L.A.) [Tesis Pregrado]. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Mérida- Venezuela. 2007.
 41. Carmo R, Bevilacqua P y Xavier R. Monitoreo de la calidad del agua para el consumo humano: el enfoque cualitativo de la identificación del peligro. Ingeniería Sanitaria y Ambiental 2008 Diciembre; 13 (4): 426-434.
 42. Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología) Gaceta Ecológica, Mayo 25, 1989.
 43. Marchand E. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Lima-Perú; 2002.