

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN – León**

**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Biología**



*DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE LA CALIDAD SANITARIA DEL AGUA EN PISCINAS DE  
USO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE LEÓN Y TELICA.*

Tesis para optar al título de Licenciatura en Biología.

Autores:

Br. Katherine Raquel Hernández Zuniga

Br. Jhorman Ramón López Juárez.

Tutor:

Dra. Aura Lyli Orozco Solórzano.

León, Nicaragua

Octubre, 2017.

## Tabla de Contenido

<b>Agradecimientos</b> .....	v
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Introducción</b> .....	1
<b>Objetivos</b> .....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
<b>Marco Referencial</b> .....	4
Clasificación de las piscinas .....	4
Importancia del monitoreo. ....	6
Transmisión de enfermedades por aguas recreativas contaminadas. ....	7
Bacterias indicadoras de calidad de agua.....	7
Mesófilos aerobios totales.....	9
Coliformes.....	10
Coliformes Totales.....	10
Coliformes fecales.....	11
<i>Escherichia coli</i> .....	12
<i>Pseudomona sp.</i> ....	13
<i>Pseudomona aeruginosa.</i> ....	13
<i>Enterococcus sp.</i> .....	14

<i>Staphylococcus sp.</i> .....	15
<i>Staphylococcus aureus</i> .....	16
Decreto N° 35309-S Reglamento sobre manejo de piscinas. Costa Rica. ....	17
<b>Metodología</b> .....	18
Zona de investigación. ....	18
Población, tamaño de muestra y tipo de muestreo .....	18
Tipo de Estudio. ....	19
Técnicas de recolección de datos aplicando encuestas. ....	19
Recolección de muestras para análisis microbiológico. ....	19
Análisis microbiológicos. ....	20
9215 B Método de placa fluida .....	20
9213 Técnica de filtro de membrana para detección de <i>Pseudomona sp.</i> .....	21
Prueba de <i>Staphylococcus aureus</i> . Prueba modificada de tubos múltiples. ....	21
9221 B Técnica estandarizada de fermentación de tubos múltiples (NMP) de coliformes totales. .....	22
9221 C Procedimiento de NMP para coliformes fécales. ....	22
9230 Prueba de <i>Enterococcus</i> del grupo Lancefield. ....	23
<b>Análisis de datos</b> .....	24
<b>Resultados y discusión</b> . ....	25

Presencia de coliformes totales y coliformes fecales de las piscinas del municipio de León y Telica.....	32
Presencia <i>Escherichia coli</i> en las piscinas del municipio de León y Telica. ....	34
Recuento aeróbico total en las piscinas del municipio de León y Telica. ....	35
Presencia de <i>Pseudomona sp.</i> en las piscinas del municipio de León y Telica. ....	36
Presencia de <i>Enterococcus faecalis</i> en las piscinas del municipio de León y Telica. ....	37
<b>Conclusiones</b> .....	44
<b>Recomendaciones</b> .....	45
<b>Bibliografía</b> .....	46
<b>Anexos</b> .....	51

## **Agradecimientos**

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi tutora, Dra. Lily Orozco, por permitirme realizar esta investigación, por el tiempo que nos dedicó y el compartir sus conocimientos con nosotros. A la Lic. Guadalupe Álvarez por su colaboración.

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirme culminar mis estudios, y haberme dado la sabiduría y la madurez a lo largo de estos años en la universidad. Todo lo puedo en Cristo que me fortalece. (Fil. Cap. 4, vers. 13)

A mis padres Sr. Misraim Hernández y Sra. Dolores Zúñiga por su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida, gracias por inculcar en mí valores y esas ganas de superarme cada día más, este triunfo es de ustedes y para ustedes, también a la familia Ramírez Zapata por su aporte en esta etapa final de mis estudios universitarios.

A cada uno de mis profesores que fueron parte fundamental en este aprendizaje, sus enseñanzas y consejos no fueron en vano, gracias por su paciencia cada día.

A mi tutora, Dra. Aura Lily Orozco por haberme dado la oportunidad de realizar esta investigación, por brindar su tiempo, consejos y sus conocimientos.

A cada una de las personas que me apoyaron en estos años, Simplemente me queda decir Gracias.

## Resumen.

Las piscinas son unos de los centros de recreación en los que entidades de salud pública deben prestar atención, debido a que en ellas se conjugan una serie de elementos que ponen en riesgo la salud de la población, pudiendo ocurrir lesiones, enfermedades como otitis, gastroenteritis, amibiasis, infecciones genitourinarias, conjuntivitis, enfermedades diarreicas, (Martínez y Alvarado, 2013). El presente estudio tuvo como objetivo realizar un diagnóstico sanitario de las piscinas públicas.

Se analizaron el 50% de las piscinas de uso público de la ciudad de León. Se aplicaron encuestas para conocer los tratamientos de desinfección aplicados. Para las pruebas bacteriológicas se empleó la técnica del número más probable, filtro de membrana y placa difusa. Los resultados fueron comparados con la norma establecido en el decreto N° 35309-S de Costa Rica. Según los resultados de la encuesta, la frecuencia de aplicación y la cantidad de tratamiento aplicado influyen en efectividad de este. El 83.3% de las piscinas del municipio de León no se encuentran aptas para el uso recreacional.

**Palabras clave:** Coliformes fecales, *Escherichia coli*, Heterótrofos, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomona sp.*

## Introducción

Las aguas de uso recreativo, término utilizado para las aguas superficiales utilizadas por la población con fines de esparcimiento (Gutiérrez, Juárez, Poma, Garcé y Rajal, 2014). Las piscinas y otras instalaciones con aguas de recreo ofrecen la posibilidad de disfrutar y mejorar la salud, pero también pueden entrañar riesgos sanitarios (Giampoali y Romano, 2014). Según un reportaje realizado por Peña (2017) en un canal nacional, el ministerio de salud (MINSa), año con año realizan pruebas bacteriológicas a piscinas durante la época del verano para asegurar la salud de bañistas antes de las celebraciones de semana santa. A excepción de este artículo no hay otro registro de estudios realizados en donde se evalúen la calidad sanitaria que presentan las piscinas en el país.

Para Delgado, Hernández, Hormigo, De la Torre y Marante, (1992), las piscinas son unos de los centros de recreación en los que entidades de salud pública deben prestar atención, debido a que en ellas se conjugan una serie de elementos que ponen en riesgo la salud de la población. Además, señalan que una de las principales condiciones que deben cumplir estos centros es la pureza bacteriológica, es decir, que el agua no debe presentar microorganismos patógenos que alteren la salud de los bañistas. Para Martínez y Alvarado (2013) el análisis bacteriológico de aguas de piscinas es de gran importancia, ya que conduce a la enumeración, aislamiento e identificación de microorganismos indicadores de contaminación fecal, bacterias que pueden controlarse eficazmente mediante la cloración.

Son varios los riesgos a la salud que se asocian con estos centros recreativos, entre las que se puede citar lesiones, enfermedades como otitis, gastroenteritis, amibiasis, infecciones genitourinarias, conjuntivitis, (Martínez y Alvarado, 2013); enfermedades diarreicas; que según estudios realizados en diferentes países por Giampoali y Romano (2014), la tasa de esta enfermedad varía entre del 3% al 8%, entre otras.



La ausencia de un marco normativo internacional para la seguridad de las piscinas y demás ambientes similares; y el hecho de que en muchos países las normas nacionales sean incompletas ponen en riesgo a las poblaciones locales y a los visitantes (Giampoali y Romano, 2014,). Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores puede comprenderse como las enfermedades adquiridas por medio de las aguas de piscinas han incrementado en la población, es por eso que se hace necesario, tomar conciencia de la importancia del tratamiento del agua para estos usos y es obligación de las autoridades sanitarias garantizar que los establecimientos públicos donde existen piscinas, se presten los servicios en condiciones óptimas de tal forma que los usuarios disfruten plenamente su recreación.(Rueda et al. 2007).

El instituto nicaragüense de acueductos y alcantarillados (INAA) estableció la norma de clasificación de los recursos hídricos, NTON 05-007-98, en donde se plantean parámetros para determinar los niveles de calidad de distintos cuerpos de agua. Esta norma, además de solicita promedios mensuales de los análisis realizados, lo que demanda mayor inversión de tiempo y recursos económicos para los análisis; no incluye aguas contenidas en estanques como las piscinas. Debido a esto se realizará el estudio preliminar bajo la norma del decreto N° 35309-S de Costa Rica, para evaluar la calidad microbiológica del agua de estas instalaciones en la temporada de invierno, puesto que durante la lluvia las gotas pueden contener esporas de algas y otros contaminantes aéreos, además de provocar el arrastre de organismos deteriorando la calidad del agua y exponiendo la salud de los visitantes. Con este estudio se verificará que la calidad del agua se encuentre en condiciones sanitarias óptimas para la recreación de sus visitantes durante esta temporada. Este estudio servirá de base para la realización de nuevas investigaciones, con nuevas y mejores técnicas para poder brindar nuevas herramientas que permitan dilucidar la presencia de patógenos, contaminantes y diferentes riesgos que puedan estar presentes en el agua protegiendo así la salud de los bañistas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diagnosticar la calidad sanitaria del agua de las piscinas de uso público en el municipio de León y Telica.

### **Objetivos Específicos**

- Conocer los procesos de limpieza y desinfección que se realizan en las piscinas por medio de una encuesta.
- Determinar la calidad bacteriológica de las piscinas muestreadas.
- Comparar los resultados obtenidos de las muestras con la norma establecida en el decreto N° 35309-S de Costa Rica.

## **Marco Referencial**

Las aguas recreativas incluyen áreas de agua dulce como estanques, corrientes y lagos, así como piscinas públicas infantiles y de natación. Estas aguas también pueden ser el origen de enfermedades, e históricamente han causado brotes de enfermedad a niveles casi comparables a los causados por el agua de bebida (Eaton et al. Citado en Madigan, Martinko, Dunlap y Clark, 2009).

El funcionamiento de las piscinas públicas infantiles y de natación está regulado por los departamentos estatales y locales de salud. Las autoridades estatales y locales pueden variar los estándares por debajo o por encima de estas pautas, y en muchos casos se emplean máximos por medida o medias de muestras para establecer el estándar y para definir los niveles de contaminación que representan una violación de las normas. Las piscinas privadas, balnearios y jacuzzis carecen de regulación y son a veces fuente de brotes de enfermedades transmitidas por el agua (Madigan et al. 2009).

Las piscinas son instalaciones formadas por un vaso o un conjunto de vasos destinados al baño, al uso recreativo, entrenamiento deportivo o terapéutico, así como las construcciones complementarias y servicios necesarios para garantizar su funcionamiento (Gómez et al. 2014).

### **Clasificación de las piscinas:**

González (2012), clasificó las piscinas de dos formas:

#### **A. Por la clase de usuarios**

- Públicas
- Semipúblicas
- Privadas.

## **B. Por el uso que se les dará:**

- De Distracción.
- De Competencia (natación)
- De Clavados
- De Aprendizaje

Gómez et al. (2014) en su investigación, clasifica los tipos de piscinas de dos formas:

## **A. Según el acceso del público:**

**Piscina de uso público:** Aquellas piscinas abiertas al público o a un grupo definido de usuarios, no destinada únicamente a la familia e invitados del propietario u ocupante, con independencia del pago de un precio de entrada. Podrán clasificarse en:

- **Tipo 1.** Piscinas donde la actividad relacionada con el agua es el objetivo principal, como en el caso de piscinas públicas, de ocio, parques acuáticos o spas.
- **Tipo 2.** Piscinas que actúan como servicio suplementario al objetivo principal, como en el caso de piscinas de hoteles, alojamientos turísticos, camping o terapéuticas en centros sanitarios, entre otras.

**Piscinas de uso privado:** Aquellas piscinas destinadas únicamente a la familia e invitados del propietario, u ocupante, incluyendo el uso relacionado con el alquiler de casas para uso familiar. Éstas a su vez se clasifican en:

- **Tipo A:** Piscinas de comunidades de propietarios, casas rurales o de agroturismo, colegios mayores o similares.
- **Tipo B:** Piscinas unifamiliares.

## **B. Según la relación temperatura del aire y el agua de baño.**

- **Climatizadas o cubiertas:** el recinto donde se encuentran los vasos está cerrado, tiene una estructura fija, y el agua se mantiene a una temperatura más o menos caliente, y en la que pueden existir vasos con agua a una temperatura ambiental o más fría que ésta.
- **No climatizadas o descubiertas:** no existe ninguna estructura que proteja los vasos del exterior, y la temperatura de los mismos suele ser la ambiental, aunque puede haber algún vaso con agua caliente.
- **Mixtas:** son piscinas que tienen una estructura móvil que las cubre, y que puede ponerse durante el invierno y quitarse durante el verano.

### **Importancia del monitoreo.**

La Organización Mundial de la Salud (2006), plantea que deben monitorearse los parámetros cuya medición impliquen un menor costo y el tomar en cuenta o no otros parámetros dependerá de la capacidad de supervisión de la gerencia, presupuesto, densidad de bañistas y uso.

Uno de estos parámetros de bajo costo son los microbiológicos, los cuales deben de ser monitoreados generalmente para determinar si han habido cambios en las características microbiológicas del agua, como la presencia de ciertos grupos de bacterias y otros organismos, que revelen una contaminación reciente por materia fecal o materia orgánica (Silva, Ramírez, Alfieri, Rivas, Sánchez, 2004), produciendo síntomas adversos al entrar en contacto con los bañistas, como: irritación de la piel, ojos y mucosas; o a mediano plazo limita el grado de desinfección del agua, que sumado a las molestias en los usuarios, predispone a un mayor riesgo de infección (Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, 1992).

### **Transmisión de enfermedades por aguas recreativas contaminadas.**

Según la WHO, 2006 y estudios realizados por Días et al. (2011); Rueda et al. (2007), son tres las principales vías de transmisión de enfermedades en piscinas:

- **Ingestión:** La cantidad de agua ingerida por los usuarios dependerá de diversos factores como la edad, la experiencia, la habilidad y tipo de actividad. En un estudio piloto realizado por Evans et al. (citado en OMS, 2006) se encontró que el consumo promedio de agua en niños es de 37 ml, siendo menor en adultos de 16 ml. Otro estudio realizado por Reiss et al. (Citado por Días et al. 2007) sugieren que el consumo de agua por hora en niños es de 49 ml y en adultos es de 21 ml.
- **Inhalación:** el volumen de aire inhalado dependerá de la intensidad del esfuerzo y del tiempo de exposición. Las concentraciones de productos químicos derivados serán mayores en piscinas cubiertas que en las piscinas desinfectadas al aire libre, puesto que el producto derivado se diluirá con el aire libre.
- **Contacto dérmico:** puede traer consecuencias directas sobre la piel, ojos y membranas mucosas. El grado de absorción de la piel dependerá del periodo de contacto con el agua, la temperatura del agua y la concentración del producto químico o agente biológico.

### **Bacterias indicadoras de calidad de agua.**

Fernández, Álvarez, Espigares, (2001), en su trabajo de Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis A, señalan que la investigación directa en el agua de los distintos microorganismos patógenos es difícil de realizar en la práctica de forma sistemática, debido a que cada uno de ellos requiere técnicas específicas, lo que ha hecho imprescindible, desde los comienzos del control microbiológico del agua, la búsqueda y aplicación de indicadores microbiológicos de contaminación fecal, aceptándose de forma universal que deberían cumplir los siguientes criterios:

- Los indicadores deberán estar presentes siempre que lo estén los patógenos, y ausentes en aguas no contaminadas.
- Deben encontrarse en número mucho mayor que los patógenos.
- Deberían presentar un mayor grado de resistencia que los patógenos a las condiciones ambientales y procesos de tratamiento.
- Su aislamiento, recuento e identificación debe ser fácil.

Arcos, Ávila, Estupiñán y Gómez, (2005); Larrea, Rojas, Romeus, Rojas y Pérez, (2013) en sus investigaciones añaden otras características que deben presentar los microorganismos considerados como indicadores de contaminación:

- Ser un constituyente normal de la flora intestinal de individuos sanos.
- Estar presente, de forma exclusiva, en las heces de animales homeotérmicos.
- Estar presente cuando los microorganismos patógenos intestinales lo están.
- Debe ser incapaz de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos.

Arcos et al. (2005), plantean que las bacterias que se encuentran frecuentemente en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal.

Hay diferentes grupos de microorganismos que pueden llegar a contaminar las aguas recreativas y que pueden ser origen de enfermedades relacionadas con su uso. Las administraciones sanitarias de las diferentes comunidades autónomas deben incluir el control analítico de algunos de estos grupos de microorganismos, como coliformes totales, *Escherichia coli*, *Enterococos*, *Clostridios*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus aureus*, etc. Su ausencia o bajo nivel, es indicativo de buena desinfección del agua y del buen funcionamiento de la instalación (Doménech, Olea, Berrocal, 2008). Para Vargas (2004) las

bacterias patógenas que tienen un alto significado para la salud son el *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli* enteropatógena, *Salmonella typhi*, *Shigella*, *Campylobacter jejune* y *Yersinia enterocolitica*, las cuales son transmitidas por vía oral y la mayoría tiene un tiempo de persistencia en el agua que va de corto a moderado, baja resistencia al cloro y una dosis infectiva alta.

Según Arcos et al. (2005), debido a que la detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se utilizan con mayor frecuencia el grupo de las bacterias coliformes como indicadores, ya que su detección es más rápida y sencilla.

### **Mesófilos aerobios totales**

A este grupo pertenecen una gran variedad de microorganismos capaces de desarrollarse entre los 20 y 37°C, dentro de la flora mesofílica aerobia a bacilos, cocos, Gram positivas y Gram negativas, aislados o agrupados (Amador, citado por Martínez, 2007). Vanderzant y Splittstoesser, los agrupa en dos géneros importantes: *Bacillus* y *Sporolactobacillus* formadores de endoesporas (Citado por Salgado, 2002).

Cano (2006) plantea, que un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena. Además, añade que, en los procesos de alimentación, un recuento elevado puede significar:

- Excesiva contaminación de la materia prima.
- Deficiente manipulación durante el proceso de elaboración.
- La posibilidad de que existan patógenos, pues estos son mesófilos.
- La inmediata alteración del producto.



## Coliformes

Son indicadores útiles de contaminación microbiana porque muchos de ellos habitan en grandes cantidades el tracto intestinal del hombre y de otros animales de sangre caliente (Arcos et al, 2005; Madigan et al, 2009) por tanto, su presencia en el agua indica contaminación fecal. Márquez, Lezama, Ku-Pech y Tamay (1994), añaden en sus investigaciones que, son incapaces de multiplicarse en aguas limpias y su presencia en el agua representa la posibilidad de que existan patógenos al momento de efectuarse el muestreo.

Muchos coliformes son miembros del grupo de bacterias entéricas como *Enterobacter* que es normalmente inocuo, al frecuente organismo intestinal *Escherichia coli* que sólo ocasionalmente es patógeno, y a *Klebsiella pneumoniae*, que es un patógeno menos frecuente que habita el intestino. En general, la presencia en una muestra de agua de coliformes totales, o especialmente de *E. coli*, indica una contaminación fecal que hace el agua no apta para el consumo humano. Cuando los coliformes se liberan al agua finalmente mueren, pero no tan rápidamente como algunos otros patógenos. El comportamiento de los coliformes y de los patógenos durante la purificación del agua es muy similar (Madigan et al. 2009).

### Coliformes Totales.

Pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, se definen como bacterias Gram negativas, anaerobios facultativos, no esporulados, con forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas (Arcos et al, 2005; Madigan et al, Larrea et al. 2013; 2009, Robert 2014); pueden presentar actividad de la enzima β-galactosidasa (Robert 2014), constituyen el 10% de los organismos intestinales de los seres humanos y otros animales. Conformados por 6 grupos de microorganismos, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*,

*Serratia*, *Edwardsiella*, *Citrobacter*, viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales (Arcos et al, 2005).

Según Robert (2014), se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos) y no están asociados necesariamente con la contaminación fecal, no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud. Son considerados indicadores de degradación de los cuerpos de agua. En aguas tratadas estas bacterias funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes.

### **Coliformes fecales.**

Subgrupo de las bacterias del grupo coliforme, denominados termotolerantes por su capacidad de soportar altas temperaturas (Arcos et al. 2005), presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Su origen es esencialmente fecal, tienen la capacidad de fermentar la lactosa, con producción de ácido y gas a  $(44,0 \pm 0,2)$  °C en 24 h de incubación. Incluye a *Escherichia* y en menor grado las especies de los géneros de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*; estas últimas tienen una importante función secundaria como indicadoras de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales. Indican la calidad del agua tratada y la posible presencia de contaminación fecal (Robert, 2014). Estas bacterias son capaces de generar infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior e inferior, además de bacteriemia, infecciones de piel y tejidos blandos, enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades severas en el ser humano (Arcos et al. 2005).

### ***Escherichia coli.***

Es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa (Larrea et al. 2013, p. 26), presenta la capacidad de producir indol a partir de triptófano, oxidasa negativa, no hidroliza la urea, presenta actividad de las enzimas  $\beta$ -galactosidasa y  $\beta$ -glucoronidasa. Además, fermentan la lactosa a temperaturas 44.5 °C. Es una bacteria estrictamente intestinal, indicadora específica de contaminación fecal (Arcos et al, 2005; Robert, 2014). Su capacidad de reproducción fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc.

Estudios efectuados han demostrado que está presente en las heces de humanos y animales de sangre caliente en concentraciones entre 10<sup>8</sup> y 10<sup>9</sup> Unidades formadoras de colonias (UFC)/g de heces. Cuando ocurren aumentos repentinos de la concentración de patógenos, aumenta de forma considerable el riesgo o se desencadenan brotes de enfermedades (Robert, 2014)

Larrea et al. (2013) en sus investigaciones plantea que la mitad de la población de *E. coli* reside en el hábitat primario del hospedante y la otra mitad en el ambiente externo (hábitat secundario). De acuerdo con esto, *Escherichia coli* crece y se divide en su hábitat primario, pero tiene una proporción neta negativa de crecimiento en el hábitat secundario, con una supervivencia de aproximadamente un día en agua, 1.5 días en sedimentos y tres días en el suelo.

Dentro de las infecciones intestinales, las *E. coli* se han clasificado en seis grupos: *E. coli* enterotoxigénica (ETEC), *E. coli* enteropatógena (EPEC), *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC) y *E. coli* de adherencia difusa (DAEC). (Cortés et al. 2002). Las 4 primeras están implicadas en intoxicaciones causadas por el consumo de agua y alimentos contaminados.

### ***Pseudomona sp.***

Según Madigan et al. 2009, son bacilos rectos o ligeramente curvados, Gram negativos cuyo tamaño oscila entre 0,5-1,0µm por 1,5-4,0µm; no formadores de esporas; móviles y con flagelos polares (tinción flagelar); oxido-fermentativo en medio con glucosa: producción de ácido en tubo abierto; pero no en tubo cerrado; no produce gas a partir de glucosa, casi siempre positivo para oxidasa; siempre positivo para catalasa; ausencia de pigmentos fotosintéticos; indol-negativo; negativo para rojo de metilo; Voges-Proskauer negativo.

Crece quimiorganotróficamente a pH neutro y a temperaturas en el rango de los mesófilos. Una de las características más llamativas de las *Pseudomonas* es su capacidad para usar numerosos compuestos orgánicos como fuentes de carbono y energía. Algunas especies utilizan más de 100 compuestos diferentes y sólo unas pocas especies pueden utilizar menos de 20. Utilizan H<sub>2</sub> o CO como único donador de electrones; algunos pueden usar nitrato como aceptor de electrones anaeróbico; algunos pueden usar arginina como fuente de energía en anaerobiosis

### ***Pseudomona aeruginosa.***

Son bacilos rectos o ligeramente curvados, Gram negativos aerobios, no formadores de esporas, con un flagelo polar, capaz de desnitrificar y con producción de piocinina (Madigan et al, 2009). Según Price y Ahearn (citado en OMS, 2006), se desarrollan en ambientes cálidos y húmedos en las cubiertas, drenajes, bancos y pisos; además con crecimientos a temperaturas de 43° C.

Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, habitando en el agua, suelo, plantas (Lujan, 214), materia orgánica en descomposición y aguas negras. Resistentes a soluciones detergentes y antisépticas (Pliego, Yáñez, López, 2005). Presentan la capacidad de desarrollar resistencia adquirida, la cual la hace resistente a la mayoría de los antibióticos. Esta resistencia se debe a que

presentan un plásmido portador de genes que codifican proteínas capaces de detoxificar varios antibióticos (Madigan et al, 2009), metales pesados y una gran variedad de agentes tóxicos tanto físicos como químicos (Alanís, Guerrero, 2004). Además, Mesaros et al. (citado en Lujan, 2014), agregan que esta resistencia a antibióticos es debido a la disminución de la permeabilidad de su membrana externa, a la expresión constitutiva de varias bombas de expulsión y a la producción de enzimas que inactivan a los antibióticos.

Patógenos no entéricos oportunistas responsable de una amplia variedad de infecciones y enfermedades (Donlan, citado en OMS, 2006; Lujan, 2014). Afectan principalmente a individuos con deficiencias en su sistema inmunológico (Pliego, Yáñez, López, 2005; Lujan D, 2014). Madigan et al, 2009, exponen que también son habituales en pacientes bajo tratamiento por quemaduras graves y otros tipos de daño traumático de la piel y en pacientes de fibrosis quística.

### ***Enterococcus sp.***

Los *Enterococcus* son cocos Gram positivos, catalasa negativa, inmóviles, anaerobios facultativos y no forman endosporas ni cápsulas. Presentan la habilidad para crecer en presencia de 6,5 % de ClNa; presentan la habilidad de crecer a 10 °C y 45 °C, y un pH 9,6. Son capaces de hidrolizar la esculina en presencia de 40 % de bilis y poseen la enzima pyrrolidonyl arylamidasa (Suárez, 2002). Estos son causantes de varios tipos de infección, tales como las del tracto urinario, bacteriemias, endocarditis, meningitis, infecciones intraabdominales (bilíares o peritoneales) y de úlceras de decúbito o isquémicas. Actualmente es una de las principales causas de infección nosocomial. (Girón y Pérez, 2003; Juliet, 2002).

Para Arcos et al. (2005), las especies de *Enterococcus* que están presentes en las heces y que se encuentran en aguas contaminadas pueden ser divididas en dos grupos: Las que se encuentran en

presentes en las heces de humanos y animales como *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* y *Enterococcus durans*; y las que no se encuentran en heces humanas como *Streptococcus bovis*, *Streptococcus equinus* y *Enterococcus avium*. Los Estreptococos fecales no se multiplican en el medio ambiente, o si esto ocurre es solamente en raras ocasiones.

Varios estudios indican que *E. faecalis* es más abundante en el tracto gastrointestinal de los humanos, las mujeres pueden portar *Enterococcus* en un número alto en la vagina de manera asintomática, y el 60 % de los hombres en el hospital son portadores de estos microorganismos en el área perineal y en el meato urinario. (Díaz, Rodríguez, Zhurbenko, 2010).

### ***Staphylococcus sp.***

Son cocos Gram positivos inmóviles, no formadores de esporas y no encapsulados (0,5-1,5  $\mu\text{m}$  de diámetro) que fermentan la glucosa y crecen aeróbicamente y anaerobiamente. Generalmente son positivos a la catalasa y se producen individualmente en parejas, tétradas, cadenas cortas y en racimos irregulares (Duerden et al., citado en OMS, 2006). Resistentes a la desecación, el calor, altas concentraciones salinas e incluso algunos antisepticos. Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, sobre todo en la piel, tracto intestinal y genitourinario, y en el aparato respiratorio superior (Negroni, 2009). Hay tres especies clínicamente importantes: *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis* y *S. saprophyticus* (Duerden et al. citado en OMS, 2006).

### ***Staphylococcus aureus***

Dentro del género *Staphylococcus*, *S. aureus* es la única especie con coagulasa positiva (Duerden et al. citado en OMS, 2006). Se encuentra en el medio ambiente externo y coloniza las narinas en el 20-40% de los adultos. Otros sitios son los pliegues cutáneos intertriginosos, el perineo, las axilas y la vagina (Winn et al. 2008). Las colonias pueden ser medianas o grandes, lisas y de bordes uniformes, translúcidas; la mayoría de las colonias presentan un pigmento amarillo cremoso. Según Robinton y Mood (citado en OMS, 2006), estas bacterias se pueden encontrar en las películas superficiales en el agua de la piscina.

Las infecciones de *S. aureus* adquiridas en aguas recreativas pueden no ser evidentes hasta 48 horas después del contacto pudiendo producir erupciones cutáneas, infecciones de heridas, infecciones del tracto urinario, infecciones oculares, otitis externa, impétigo y entre otras (Calvert y Storey citado en OMS, 2006).

### Decreto N° 35309-S Reglamento sobre manejo de piscinas. Costa Rica.

Este reglamento fue decretado con el objetivo de regular y controlar el manejo y uso de las piscinas en relación con los aspectos sanitarios y de seguridad. Al igual que los trámites pertinentes para los permisos y autorizaciones sanitarias que se requieren. En esta se establece que las piscinas públicas y privadas deben de cumplir con los aspectos de construcción y de calidad de agua.

Parámetros biológicos evaluados una vez al mes.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Límite</b>
Recuento aeróbico Total	Inferior a 200 colonias / ml
Coliformes fecales	Ausencia en 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia en 100 ml

Parámetros biológicos, evaluados una vez cada dos meses y verificados, cada vez que el control biológico mensual, muestre deterioro de la calidad del agua.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Límite</b>
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia en 100 ml
<i>Pseudomona sp.</i>	Ausencia en 100 ml
<i>Streptococos fecales</i>	Ausencia en 100 ml



## Metodología

### **Zona de investigación.**

La investigación se realizó en dos municipios del departamento de León, Telica y León. El municipio de León cuenta con una extensión territorial de 820.19 km<sup>2</sup>, ubicado 12° 26´ de latitud norte y a los 86° 53´ de latitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 109.21 msn (Instituto nacional de información de desarrollo, INIDE, 2008). El cual presenta una población aproximada de 404,471 habitantes (INIDE, 2012). El municipio de Telica tiene una extensión territorial de 400 km<sup>2</sup>, ubicado entre las coordenadas 12° 31' de latitud Norte y 86° 51' de longitud Oeste. La densidad poblacional de este municipio es de 62 hab/km<sup>2</sup> (Biblioteca Virtual en desarrollo sostenible y salud ambiental, s.f).

El estudio se realizó en el mes de Julio 2017. Se contó con el apoyo del laboratorio de microbiología de agua de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León; en donde se evaluó la calidad bacteriológica de las muestras de las piscinas de uso público.

### **Población, tamaño de muestra y tipo de muestreo**

La población de estudio está comprendida por las piscinas de uso público presente en el municipio de León y Telica. La muestra seleccionada para este estudio equivale al 50% de las piscinas encontradas en estos dos municipios. Se realizó un muestreo por conveniencia, tomando en cuenta para la selección los siguientes criterios:

- Bajos costos de acceso.
- Fácil acceso.
- Reputación.

Los sitios seleccionados se codificaron con letras del alfabeto, las muestras fueron tomadas un único día, domingo, siendo el día de mayor concurrencia de personas en estos centros. Tomando una muestra por sitio para la realización de las pruebas bacteriológicas.

### **Tipo de Estudio.**

Este estudio es de carácter exploratorio, puesto que pone en evidencia por vez primera en el país, los potenciales riesgos a la salud que presenta el agua contenida en piscinas. A través de éste, se intenta generar un conocimiento que permita la realización de otras investigaciones en el tema. Por otra parte, la investigación sigue una lógica descriptiva, pues se busca identificar ciertos microorganismos patógenos que simbolizan un potencial riesgo a la salud de la población que visita estos centros recreativos. Por lo antes dicho, el diseño que se empleará es transeccional descriptivo, además hay que destacar que la recolección de los datos se hará en un solo momento, siendo esta la principal característica de estos diseños de tipo no experimentales.

Se emplearon pruebas estandarizadas para la identificación de microorganismos.

### **Técnicas de recolección de datos aplicando encuestas.**

Las encuestas se efectuaron a los encargados de la limpieza y desinfección del 100% de las piscinas muestreadas, dando como resultado 12 encuestas. Estas fueron efectuadas el momento que se tomó la muestra para la realización de las pruebas bacteriológicas.

### **Recolección de muestras para análisis microbiológico.**

Las muestras se recolectaron en frascos de vidrio con roscas con capacidad de 1000 ml, previamente esterilizados en autoclave a 125 °C durante 15 minutos, además se le añadió un agente clorador, tiosulfato de sodio al 1% del total de la muestra (M.M. Martín Delgado et al., 1992;

Valoyes et al., 2007), dejando  $\frac{1}{4}$  de espacio libre para facilitar el mezclado de la muestra a la hora de realizar el análisis y el contacto de la muestra con el oxígeno. Las muestras recolectadas se conservaron en termos con hielo para brindarles las condiciones óptimas y evitar que los microorganismos mueran durante el traslado al laboratorio, manteniendo una temperatura aproximada de 4 °C; posteriormente se transportaron al laboratorio en un periodo de 6 horas.

### **Análisis microbiológicos.**

Para la calidad microbiológica del agua de las piscinas se realizó el conteo de coliformes totales y fecales, empleando la técnica del número más probable (NMP/100ml) y *Escherichia coli*, además se determinó *Pseudomana sp*, *Enterococcus sp.* y *Staphylococcus sp.* de acuerdo a los de métodos establecidos el decreto N° 35309-S reglamentos de manejo de piscinas de Costa Rica.

De acuerdo a los valores de los parámetros de calidad obtenidos, se clasificarán las piscinas como: seguras o no seguras.

### **9215 B Método de placa fluida**

**Medio:** Medio para recuento, PCA.

Se pipeteó 1 ml de la muestra en una placa Petri estéril sobre la que se añadió el medio con agar fundido y se mezcló con suaves movimientos de la placa sobre la superficie de la mesa antes de dejar solidifique, luego se incubó a 37°C por 24 horas.

**9213 Técnica de filtro de membrana para detección de *Pseudomona sp.***

**Medio:** Caldo Verde de Malaquita

Se realizan dos pruebas:

**Prueba presuntiva:**

Se filtraron 500 ml de agua en filtros de membrana estériles. Luego se colocó cada membrana en una placa con agar M-PA modificado, para luego invertir las placas e incubar a 41,5 °C durante 72 horas.

**Prueba confirmativa:**

Para esta prueba se empleó Caldo verde de malaquita, se utilizó una sola estría con una colonia aislada en la placa y luego incubar a 35°C durante 24 horas.

**Prueba de *Staphylococcus aureus*. Prueba modificada de tubos múltiples.**

**Medio:** *Staphylococcus* NR110 AGAR BASE

**Preparación:** Se suspendieron 149.5 gr en agua destilada, calentando suavemente de 55 a 60 °C en una placa caliente hasta disolver completamente el agar. Luego se distribuyeron en tubos de ensayo. Se esterilizaron en autoclave a 121 °C por 15 minutos. Manteniendo un p H final  $7.0 \pm 0.2$ .

Se conservó la muestra original enriquecida, aunque sembrando estrías de los tubos positivos (turbios) en placas de lipovitelina-sal-manitol-agar e incubando a  $35 \pm 1$  °C durante 48 horas.

**9221 B Técnica estandarizada de fermentación de tubos múltiples (NMP) de coliformes totales.**

**Medio:** Caldo Mc Conkey

**Prueba presuntiva:** Se inocularon volúmenes duplicados de muestras, 10 ml de muestra en cada uno de los tubos conteniendo caldo Mc Conkey con doble concentración, volúmenes de 1 y 0.1 ml en cada uno de 3 tubos con caldo Mc Conkey con concentración sencilla respectivamente. Se mezclaron suavemente. Los tubos inoculados se incubaron a  $35 \pm 0,5$  °C, por  $24 \pm 2$  horas. Se agitó cada tubo suavemente y observando si se produjo gas o un crecimiento ácido (color amarillo) y, en caso contrario, se reincubaron y se examinaron nuevamente al final de  $48 \pm 3$  horas, registrando la presencia o ausencia de gas o ácido.

**Prueba confirmatoria:** De cada tubo positivo (con formación de gas) de la prueba anterior, se agitaron suavemente para que se produjera una resuspensión de los microorganismos y con un asa estéril de 3 mm de diámetro, se pasó una asa completa del cultivo al tubo de fermentación que contenía el medio. Se Incubaron a  $35 \pm 0,5$  °C durante  $48 \pm 3$  horas. Finalizado el período de incubación se consideraron como tubos positivos en la prueba confirmatoria, aquellos que presentaron formación de cualquier cantidad de gas en el vial invertido.

**9221 C Procedimiento de NMP para coliformes fecales.**

**Medio:** Agar Levine

**Procedimiento:** todos los tubos de fermentación presuntivos que mostraron alguna cantidad de gas o un fuerte crecimiento durante las 48 horas de incubación en la prueba de confirmación.

Se agitaron los tubos de fermentación que muestran gas o un fuerte crecimiento. Con un asa estéril de metal de 3 mm de diámetro y se transfirió el cultivo de cada tubo de fermentación al medio.

Se incubaron los tubos con medio inoculados en un baño de agua a  $44,5 \pm 0,2$  °C durante  $24 \pm 2$  horas. Posteriormente se depositaron todos los tubos con el medio en un baño de agua antes de que transcurrieran 30 minutos de la inoculación y manteniendo una profundidad suficiente como para que el agua del baño esté a un nivel superior al que tiene el medio en los tubos. Se consideraron como reacción positiva la aparición de gas en un medio de Agar Levine a las 24 horas o menos de incubación.

### **9230 Prueba de *Enterococcus* del grupo Lancefield.**

**Medio:** Caldo Kanamicina Aesculina Ácida. (KAA)

En dos tubos de ensayo se agregaron 5 ml de caldo KAA (Kanamicina, Aesculina Ácida) y 5 ml de la muestra, agitándola suavemente para su homogenización. Luego se incubaron a 37 °C por 24 horas. Posteriormente los tubos con crecimiento, se pasaron 3 asas por agotamiento a una placa Agar KAAA (Kanamicina, Aesculina Ácida Agar) y se incubaron a 37° C por 24 horas.

**Análisis de datos.**

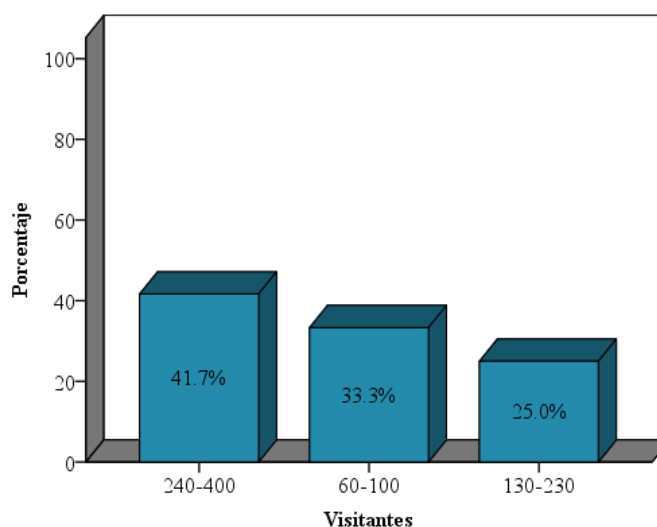
Los datos obtenidos de las encuestas aplicadas fueron procesados en el software estadístico SPSS, realizando únicamente distribuciones de frecuencias

Los resultados obtenidos de los análisis bacteriológicos se comprobaron con los establecidos en la norma establecida en el decreto N° 35309-S de Costa Rica, para conocer la calidad del agua de cada piscina muestreada. Los datos fueron procesados con el software estadístico SPSS, en donde se realizaron análisis estadísticos descriptivos utilizando distribución de frecuencias y medidas de tendencia central.

## Resultados y discusión.

De la encuesta realizada a los propietarios de cada uno de los centros visitados, se obtuvieron los siguientes resultados.

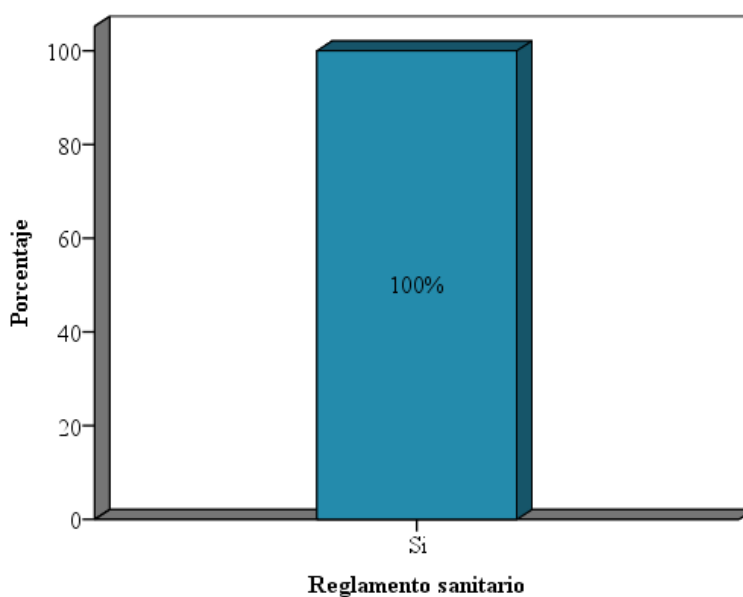
En la figura N° 1 se observa que el 41.7% de las piscinas muestreadas (4 piscinas) reciben semanalmente un rango de visitas que va desde 240-400 personas, siguiendo con un 33.3% el rango de visitas que va desde las 60-100 personas y el 25% recibe visitas semanales que van desde 130-230 personas; estando expuestas estas personas a las condiciones higiénico sanitarias que presentan estas piscinas. Este rango de visitas probablemente se deba a que la mayor afluencia de personas se da en las piscinas que tiene más bajo coste, no hay acceso a servicio de restaurante y permiten la permanencia durante todo el día. Las piscinas que tienen menos visitas probablemente se daba a que el acceso está restringido a cierto tiempo de permanencia, hay servicio de restaurante y alto coste por ingreso a la piscina.



**Figura N° 1.** Promedio semanal de personas que visitan las piscinas analizadas en el municipio de León y Telica. Octubre 2017.

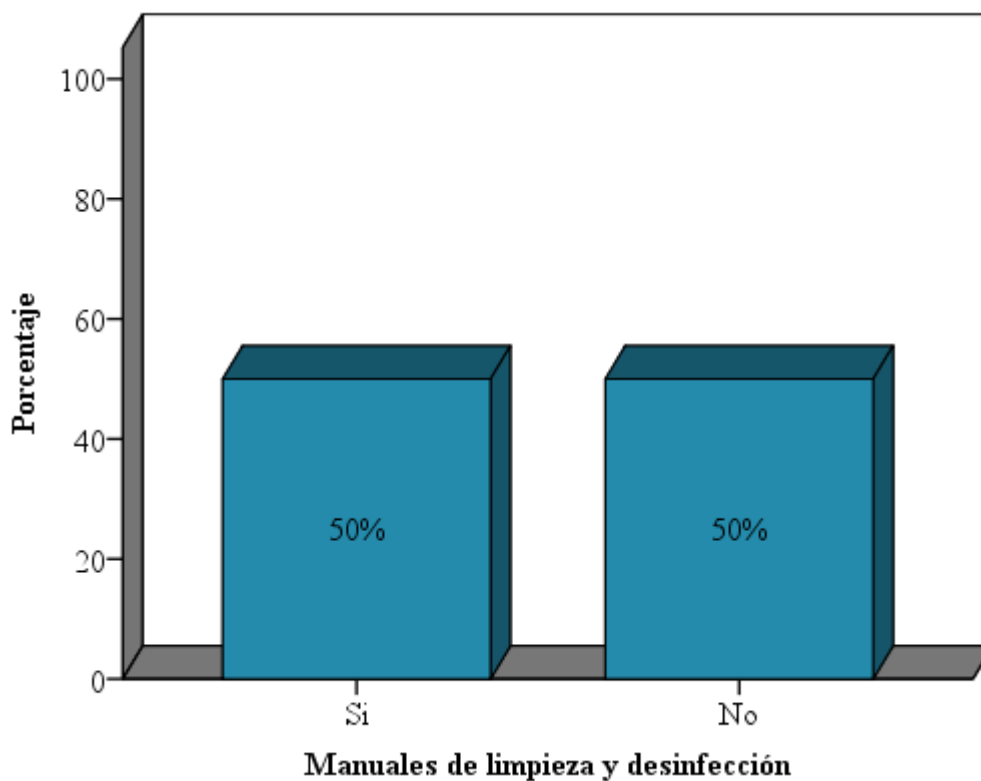


En el artículo 32 del decreto N° 35309-S de Costa Rica (1996), se establece que toda piscina, ya sea de uso público o privado debe contar con un reglamento interno, el cual debe estar expuesto al público indicando los horarios de uso, así como las observaciones y prohibiciones que regulan la estadía de los usuarios. Según la encuesta realizada el 100% de estos centros (equivalente a 12 piscinas), cuentan con este reglamento sanitario (Figura N° 2); este reglamento se establece con el fin de proteger contra la propagación de enfermedades, controlarlas y darles respuestas, así como la prevención de accidentes de cualquier índole. Todos los centros visitados cuentan con su reglamento sin embargo como podemos ver con los parámetros siempre los que cumplen frecuentemente con la normativo son los sitios que cuentan con estructuras más amplias, con servicio más completo, pero siempre con el alto coste



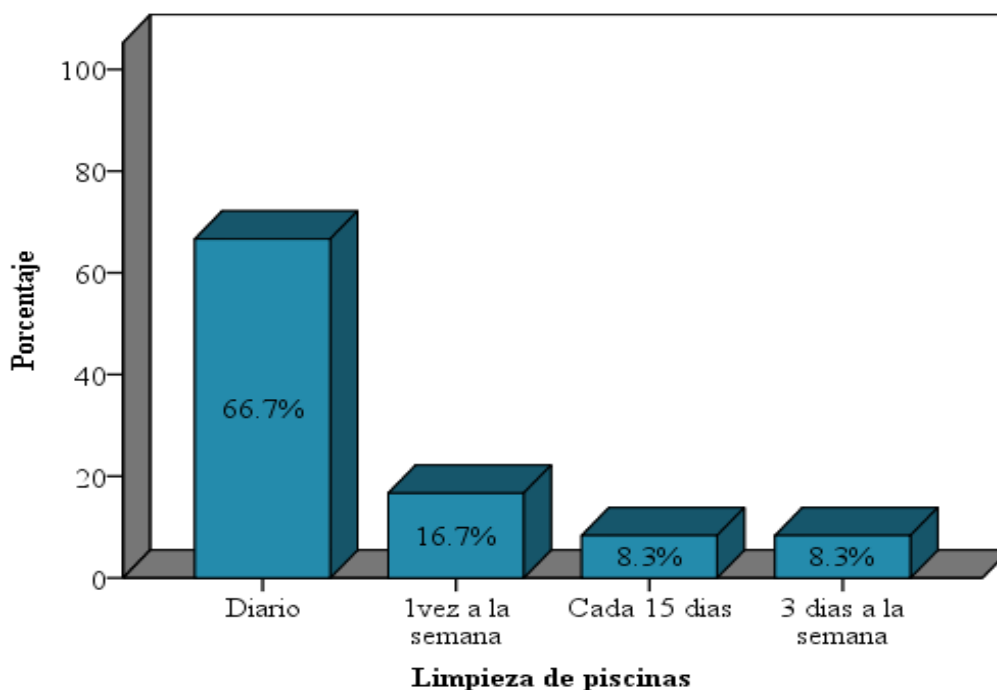
**Figura N° 2.** Porcentaje de piscinas analizadas en el municipio de León y Telica que presentan reglamento sanitario para el ingreso a estas. Octubre 2017.

En la figura N° 3, se observa que el 50% de los centros encuestados presentan manuales que guían los procesos de limpieza y desinfección de las piscinas, la presencia de estos manuales es indispensable puesto que contienen toda la información que los encargados de las piscinas deben manejar para mantener las condiciones de salubridad tanto en las instalaciones como en el agua. El otro 50% carecen de estos manuales, lo cual representa un riesgo de la calidad sanitaria del agua y la salud de los usuarios. Cabe mencionar que el 50% de establecimientos que cuenta con su manual son los sitios que tienen más alto coste por permanencia de visitantes, y probablemente sean monitoreados frecuentemente por el departamento de epidemiología del MINSA-LEÓN.



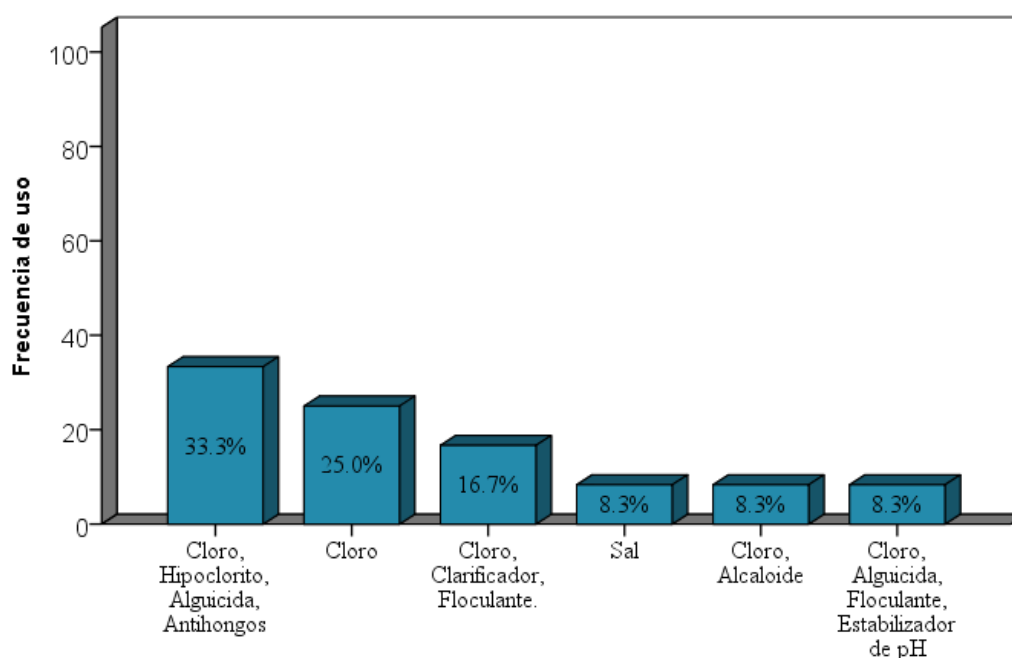
**Figura N° 3.** Porcentaje de piscinas analizadas en el municipio de León y Telica que presentan manuales para realizar los procesos de limpieza y desinfección. Octubre 2017.

En la guía para agua de ambiente segura recreacional para piscinas y ambientes similares dictada por la OMS (2006), recomienda que la limpieza y desinfección de las piscinas se realice diariamente, según los resultados obtenidos en la encuesta (figura 4) se observa que únicamente el 66.7% de los centros realiza estos dos procesos diariamente, el 16.7% lo realiza una vez a la semana, el 8.3% la limpieza y desinfección la realiza al menos 3 días a la semana y el 8.3% restante aplica estos procesos cada 15 días. La frecuencia con la que se realiza estos procesos influye en la aparición y proliferación de bacterias patógenas. Podemos observar que el comportamiento es similar que en los parámetros evaluados anteriormente ya que la limpieza de las piscinas se da frecuentemente en los sitios donde acceden personas con alto nivel adquisitivo, y por ende reclaman un servicio de calidad en comparación con los clientes habituales de los sitios más bajo coste.



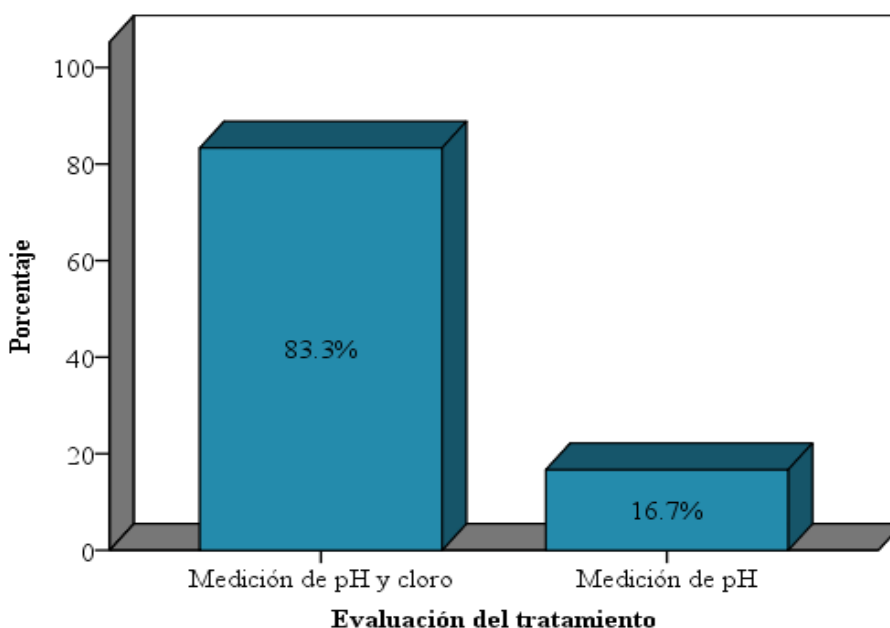
**Figura N° 4.** Porcentaje de frecuencia de limpieza realizada en cada una de las piscinas analizadas en el municipio de León y Telica. Octubre 2017.

En la figura N° 5 se observa la combinación de productos químicos y no químicos empleados en los establecimientos para llevar a cabo el proceso de desinfección del agua de las piscinas. Se observa que aproximadamente el 92% de los centros recreacionales utilizan cloro y solo el 8.3% utiliza una desinfección natural, aplicando únicamente sal. Del 92% que utiliza cloro, únicamente el 33.3% además de este, aplica hipoclorito, alguicida y antihongos, el 16.7% adiciona un clarificador y un floculante; el 8.3% adiciona, además de alguicida, clarificados y floculante, emplea un estabilizador de pH y el 8.3% restante aplica adiciona además de cloro, un alcaloide. Estos fueron los datos obtenidos con la encuesta ya que no pudimos obtener las cantidades y concentraciones de sanitizantes utilizados en los procesos de desinfección de las piscinas, los encuestados expresaron que esa tarea de preparación la realizan los encargados de realizar la limpieza de las piscinas



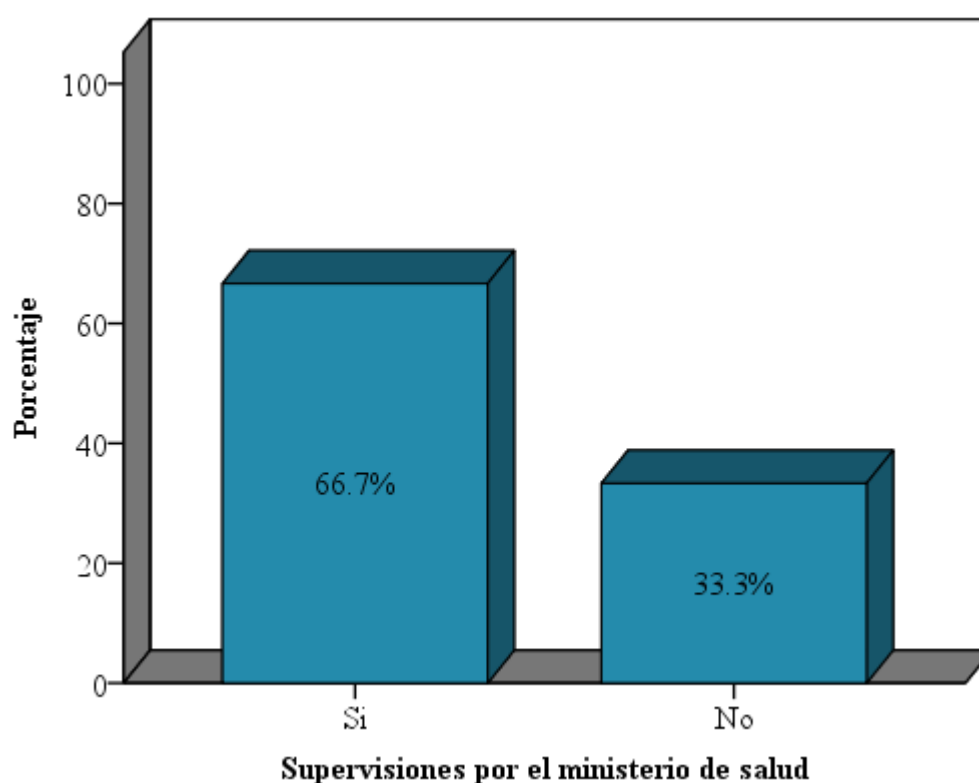
**Figura N° 5.** Combinación de productos utilizados para la desinfección de las piscinas analizadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

En el artículo 38 del decreto N° 35309-S de Costa Rica (1996), se plantea que al menos una vez al día se deben analizar ciertos parámetros fisicoquímicos, además de llevar un control de estos registros; comprobando así la efectividad del tratamiento empleado. De los centros recreacionales encuestados para evaluar la efectividad de los tratamientos de desinfección empleados, el 16.7% realiza medición de pH y el 83.3% restante de realiza la verificación por medio de la medición de pH y cloro. Cabe destacar que esta norma establece que si, al momento de realizar esta verificación, los valores no se ajustan a los establecidos en la norma el operario debe corregirlos inmediatamente, no permitiendo el ingreso de bañistas a las piscinas. (Art 40, decreto N° 35309-S de Costa Rica, 1996). Estos centros normalmente monitorean los 2 parámetros de pH y cloro ya que cuentan con un kit de campo. En nuestro trabajo no pudimos realizar el análisis físico químicos para evaluar los parámetros requeridos por la normativa, ya que los análisis tienen un coste elevado.



**Figura N° 6.** Forma de evaluación utilizada para medir la efectividad del tratamiento de desinfección utilizado en las piscinas analizadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

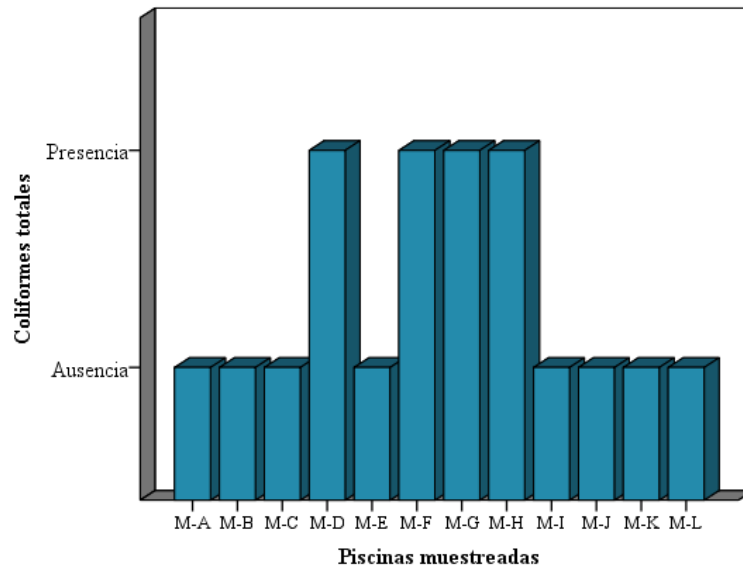
La OMS (2006) y el decreto N° 35309-S de Costa Rica (1996) en el artículo 44, establecen que el ministerio de salud debe de controlar el funcionamiento de piscinas tanto público como privado. Los resultados obtenidos de la encuesta aplicada reflejan que el 66.7% de los establecimientos son supervisados por esta institución, sin embargo, en el 33.3% de los centros las supervisiones no son realizadas; este porcentaje restante representa un posible foco de múltiples infecciones, relacionadas con el agua de las piscinas, que ponen en riesgo la salud de los bañistas.



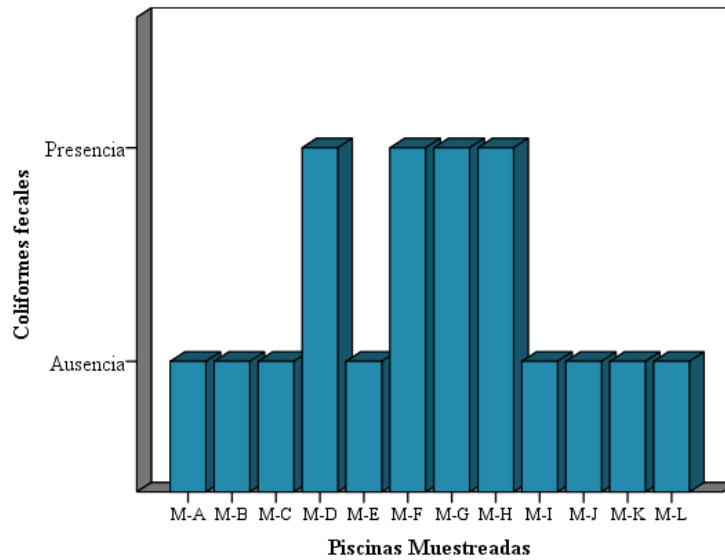
**Figura N° 7.** Supervisiones realizadas por el ministerio de salud a las piscinas analizadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

### **Presencia de coliformes totales y coliformes fecales de las piscinas del municipio de León y Telica.**

En la figura 8 y 9 se observa que para las piscinas M-D, M-F, M-G, M-H, correspondiente al 33.3% de las piscinas estudiadas, la presencia de Coliformes totales y fecales fue positiva, no cumpliendo con los valores establecidos en la norma del decreto N°35309-S de Costa Rica. Según Hauffen basta con una pequeña cantidad de bacterias para contaminar una gran cantidad de agua y para enfermarse sólo basta uno o dos tragos de agua contaminada con este tipo de microorganismos (citado por Rueda et al. 2007). Para Martínez y Alvarado (2013), la presencia de estos organismos pudiese estar relacionado con los tratamientos de desinfección inadecuados, pudiendo influir el hecho de que la piscina M-D es uno de los centros cuyas piscinas son desinfectadas una vez a la semana (figura 4) y que las piscinas M-F, M-G, M-H, a pesar de ser tratadas diariamente, el tratamiento aplicado es únicamente con cloro (figura 5), pudiendo no ser suficiente para la desinfección o no estar siendo aplicada la concentración adecuada. Otro factor que incide con la calidad del agua y que se relaciona con nuestro estudio lo explica Díaz et al. (2011); Colmenares, Correia y Sosa (2008); Martínez y Albarado (2013) en sus investigaciones, y es que al ser unas de las piscinas más visitadas por los habitantes para uso recreativo, estos influyen en las condiciones sanitarias del agua, debido a la carga de bañistas, así como el uso de lociones de protección solar o bronceador y las descargas de fluidos por nariz y boca.



**Figura N° 8.** Coliformes totales en las piscinas muestreadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

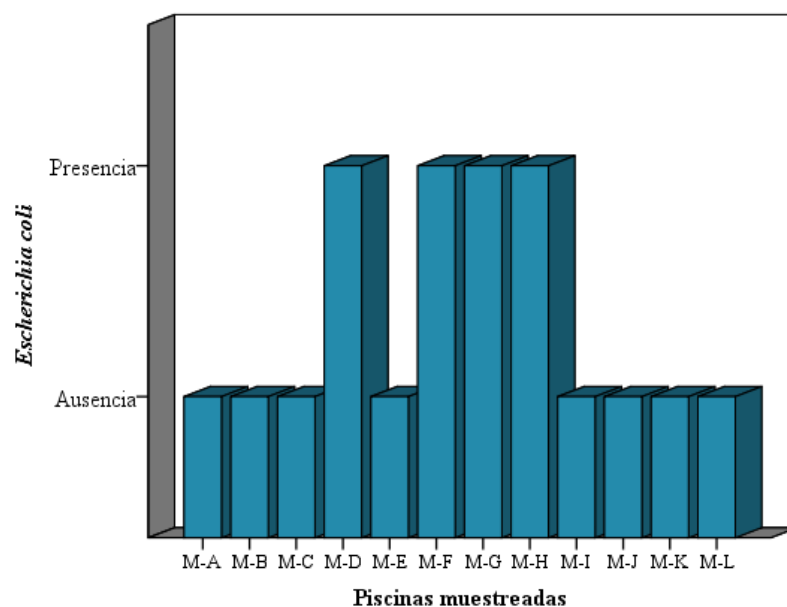


**Figura N° 9.** Coliformes fecales en las piscinas muestreadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.



### Presencia *Escherichia coli* en las piscinas del municipio de León y Telica.

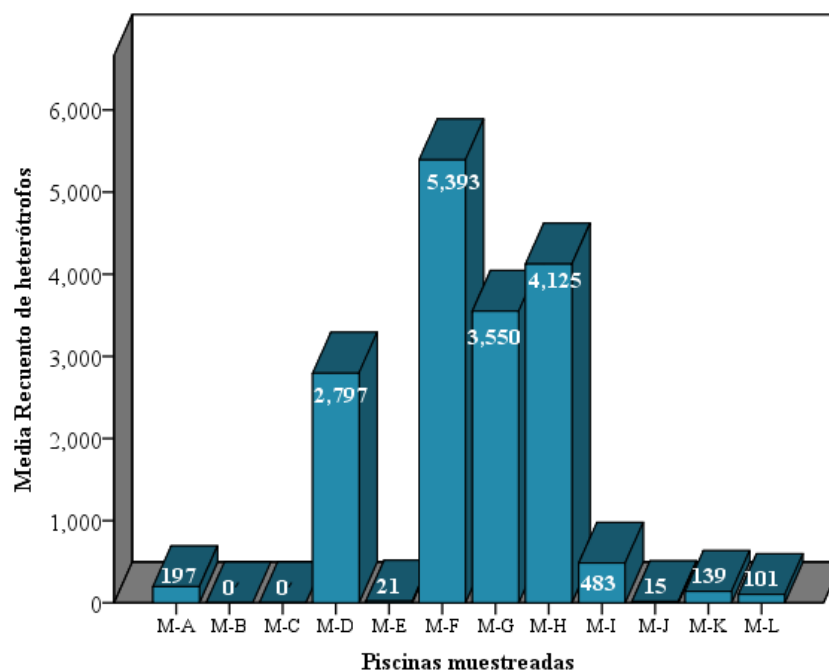
La presencia de *Escherichia coli* resulto positiva para el 33.3% de las piscinas analizadas, correspondientes a la piscina M-D, M-F, M-G, M-H (figura 10). Cautiño et al. (citado por Martínez y Alvarado, 2008), en su estudio señala que esta bacteria presenta la capacidad de sobrevivir mayor tiempo en el agua que otros organismos patógenos, lo cual podría explicar su presencia en estos sitios, sin descartar la falta de mantenimiento continuo a como se detalló anteriormente



**Figura N° 10.** Presencia de *Escherichia coli* en las piscinas muestreadas en el municipio de León y Telica. Octubre 2017.

### Recuento aeróbico total en las piscinas del municipio de León y Telica.

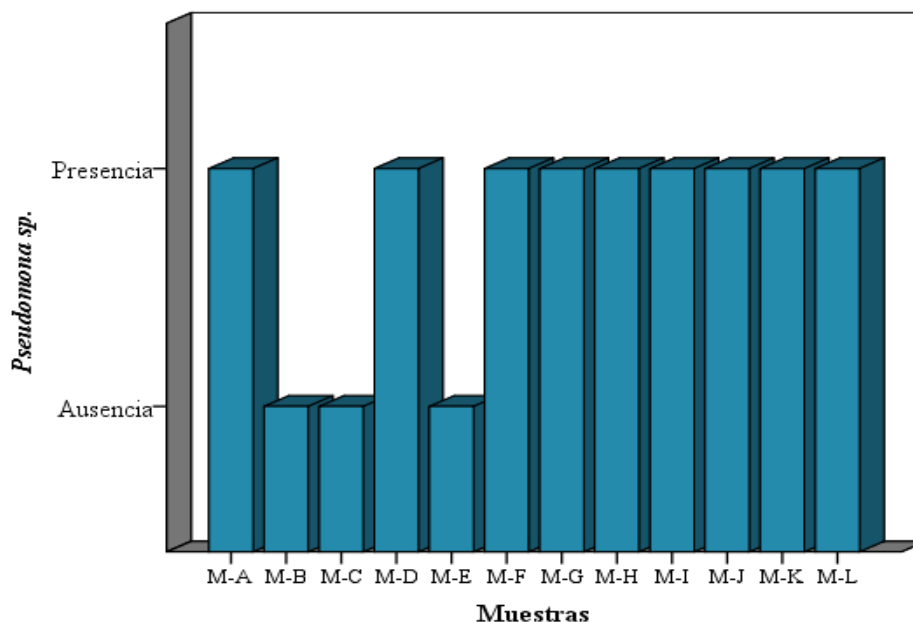
La figura 11 presenta los resultados obtenidos del contaje de aerobios totales, el 41.7% de las muestras presentan valores superiores a los establecidos en la norma del decreto 35309-S de Costa Rica. El contaje aeróbico que superan los valores establecidos se ubican entre los 483 UFC/ml (Piscina M-I) hasta las 5,393 UFC/ml (Piscina M-F). Martínez y Alvarado, 2013 reportaron en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado de Sucre, Venezuela; valores de  $3 \times 10^2$  y  $6 \times 10^2$  los cuales superan los valores establecidos en la normativa venezolana para piscinas (200 bacterias/ml); Martín et al. 1992 en piscinas públicas y privadas en Tenerife, también presentaron valores superiores a la norma establecida (200 bacterias/ml).



**Figura N°11.** Media del recuento aeróbico total realizado a las piscinas muestreadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

### **Presencia de *Pseudomona sp.* en las piscinas del municipio de León y Telica.**

En la figura 12 se muestra la presencia de *Pseudomona sp.* en las piscinas analizadas, resultando 66.7% positivas. Estupiñán et al. 2017, en su estudio de aislamiento e identificación de *Pseudomona sp.* y *Aeromonas sp.* en aguas de piscinas públicas de Bogotá tuvieron presencia de esta bacteria en cada una de las piscinas analizadas. El Real Decreto 742/2013 de España, establece a *Pseudomona aeruginosa* como un parámetro rutinario, para medir la eficiencia de la cloración, debido a que su resistencia es mayor que la de otros organismos. Van den Akker, Pomati y Roser, explican que la bacteria presenta la capacidad de multiplicarse en aguas tratadas debido a la pequeña cantidad de nutrientes que necesita y la capa polisacárida que forma una barrera fisicoquímica y la protege del cloro libre residual, por eso se hace frecuente su presencia (citado por Estupiñán et al., 2017). Otros estudios realizados a piscinas de uso público que tuvieron presencia de *Pseudomona sp.*, son los realizados por Colmenares et al. 2008, en evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica en piscinas del estado Carabobo, Venezuela y los realizados por Martínez y Alvarado. 2013; en calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

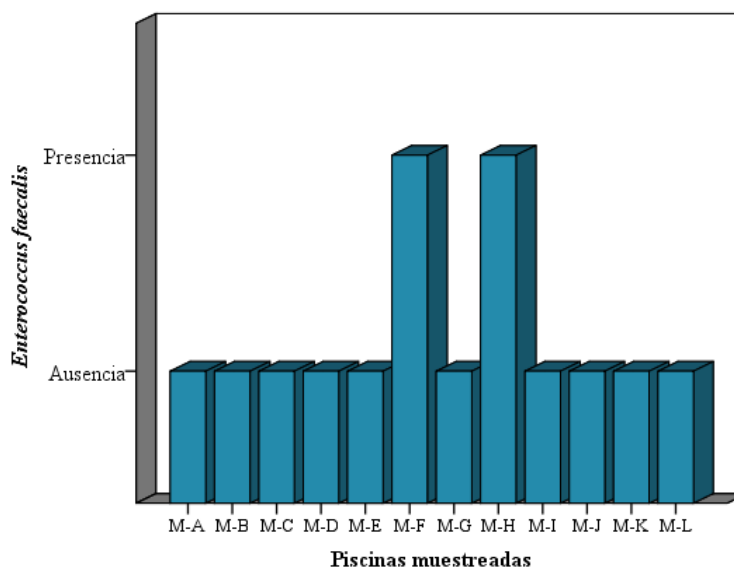


**Figura N° 12.** Presencia de *Pseudomonas sp.* en cada una de las piscinas analizadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

#### **Presencia de *Enterococcus faecalis* en las piscinas del municipio de León y Telica.**

La incidencia de esta bacteria fue baja, reportándose únicamente en 2 de las piscinas muestreadas, equivalente al 16.7% de las piscinas (Figura 13). Según los métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales (1998), la presencia de *Enterococcus faecalis* proveen información acerca de la fuente de contaminación, en un índice de supervivencia un rango mayor de 4 indica contaminación fecal humana y un rango menor a 0.7 sugiere contaminación por una fuente no humana. La presencia de esta bacteria con respecto a otros estudios realizados es relativamente baja, Itah y Ekpombok (2004), en su estudio sobre el estado de contaminación de las piscinas del sur de Nigeria, tuvieron presencia de esta bacteria en el 30% de las piscinas estudiadas; Martín et al. (1992), en el análisis microbiológico de piscinas de la isla de Tenerife tuvo presencia de *Enterococcus faecalis* en el 50% de las piscinas analizadas. La mayor presencia de esta bacteria la obtuvo Martínez y Alvarado (2013),

en el estudio de calidad bacteriológica de piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná en Venezuela, la cual estuvo presente en el 100% de las piscinas estudiadas.

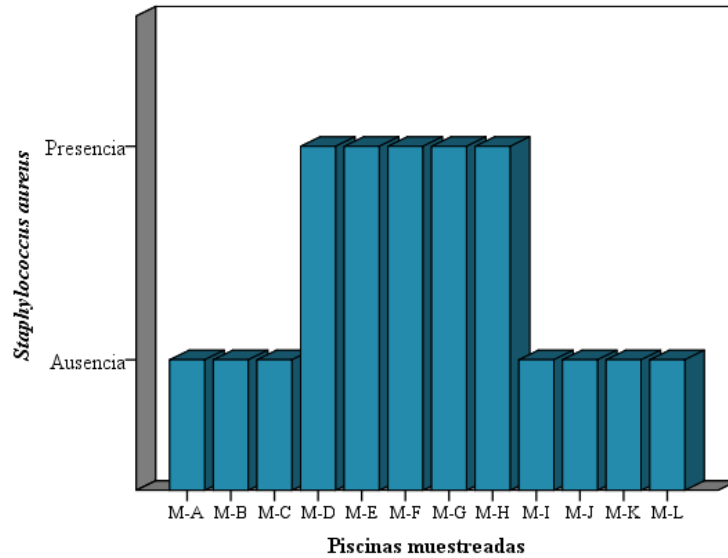


**Figura N° 13.** Presencia de *Enterococcus faecalis* en cada una de las piscinas analizadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

#### **Presencia de *Staphylococcus aureus* en las piscinas del municipio de León y Telica.**

En la figura 14 se observa que 41.7% de las piscinas analizadas presentaron crecimiento de estas bacterias. La OMS (2006), señala que esta bacteria se encuentra en la mucosa nasal y la piel, y en las heces de individuos sanos; también resalta que las aguas recreativas con altas densidades de bañistas presentan un mayor riesgo de infección a causa de *Staphylococcus*. Esto podría explicar la presencia de la bacteria en las piscinas M-D, M-E, M-F, M-G, M-H; puesto que presentaban gran afluencia de personas durante el muestreo. Otros estudios en donde se presentaron crecimientos de *Staphylococcus aureus* son los realizados por Delgado et al. (1992), la cual fue aislada en el 88.5% de las muestras

tomadas. Otro estudio en el que se aisló esta bacteria, es el realizado por Itah y Ekpombok (2004), quienes tuvieron presencia en el 100% de las piscinas estudiadas.



**Figura N° 14** Presencia de *Staphylococcus aureus* en cada una de las piscinas analizadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

**Tabla N° 1.** Resultado de análisis completos realizados a cada una de las piscinas analizadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

<b>Código de la Piscina</b>	<b>Coliformes totales</b>	<b>Coliformes fecales</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>	<b><i>Heterótrofos</i></b>	<b><i>Pseudomona sp.</i></b>	<b><i>Enterococcus faecalis</i></b>	<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	<b>Estado sanitario</b>
<b>Max. permisible</b>	Ausencia/100ml	Ausencia/100ml	Ausencia/100ml	<200 colonias	Ausencia/100ml	Ausencia/100ml	Ausencia/100ml	
M-A	Ausencia	Ausencia	Ausencia	197	Presencia	Ausencia	Ausencia	No apta
M-B	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Apta
M-C	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Apta
M-D	Presencia	Presencia	Presencia	2797	Presencia	Ausencia	Presencia	No apta
M-E	Ausencia	Ausencia	Ausencia	21	Ausencia	Ausencia	Presencia	No apta
M-F	Presencia	Presencia	Presencia	5393	Presencia	Presencia	Presencia	No apta
M-G	Presencia	Presencia	Presencia	3550	Presencia	Ausencia	Presencia	No apta
M-H	Presencia	Presencia	Presencia	4125	Presencia	Presencia	Presencia	No apta
M-I	Ausencia	Ausencia	Ausencia	483	Presencia	Ausencia	Ausencia	No apta
M-J	Ausencia	Ausencia	Ausencia	15	Presencia	Ausencia	Ausencia	No apta
M-K	Ausencia	Ausencia	Ausencia	139	Presencia	Ausencia	Ausencia	No apta
M-L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	101	Presencia	Ausencia	Ausencia	No apta

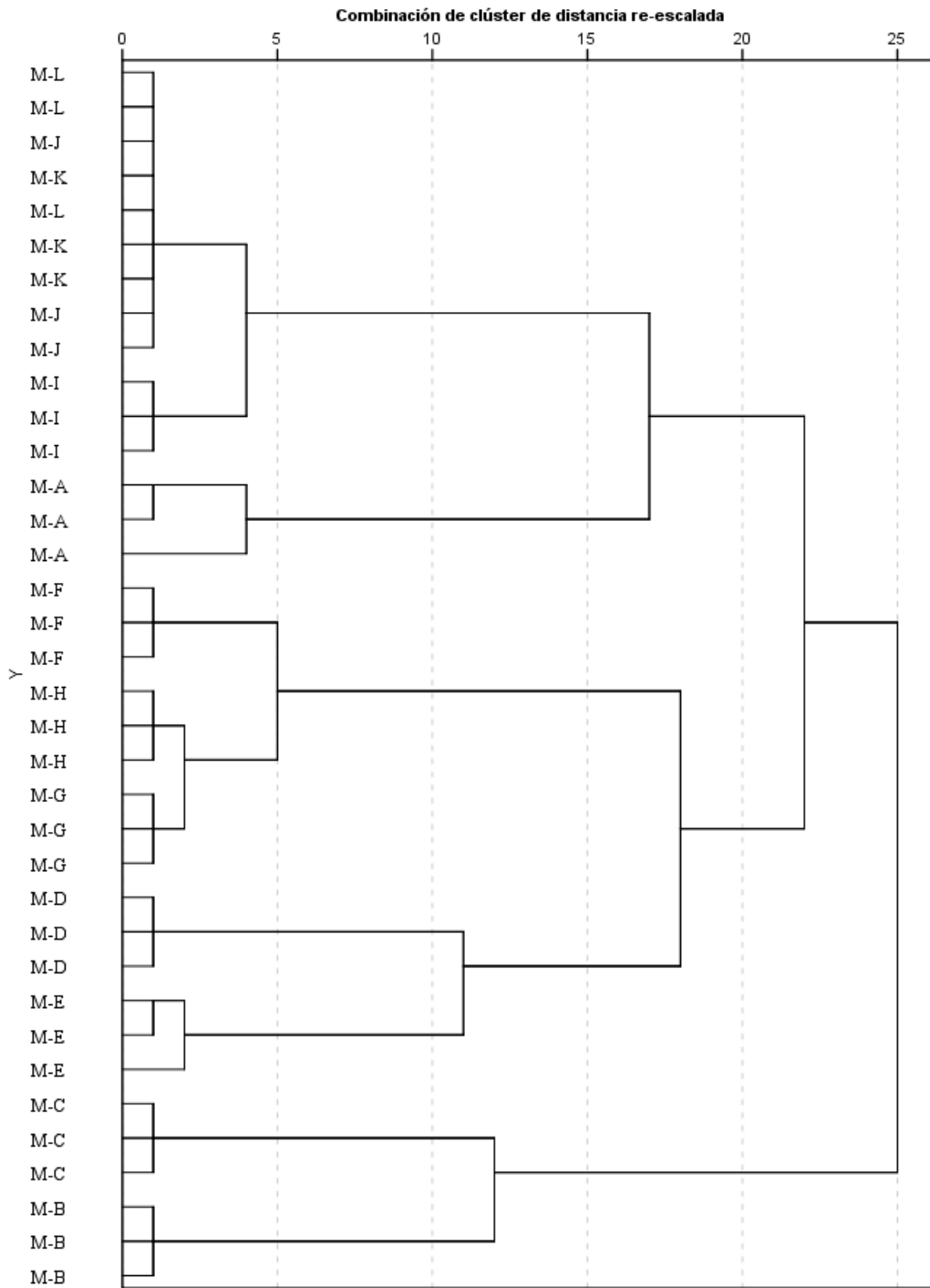
En la tabla N° 1 se muestran los máximos permisibles de cada una de las variables que se plantean dentro de los parámetros microbiológicos del decreto N° 35309-S de Costa Rica y los resultados obtenidos de cada uno de los análisis realizados en las piscinas seleccionadas del municipio de León

y Telica. En esta tabla se observa que únicamente el 16.7% de las piscinas seleccionadas para el estudio se encuentran bajo los máximos permisibles establecidos en esta norma. El otro 83.3% de las piscinas sobrepasa los valores máximos, categorizándola como no apta para su uso.

El dendrograma de la figura 15 divide a las piscinas estudiadas del municipio de León y Telica, en dos grupos (cada una de ellas divididas en subgrupos). El primer grupo está constituido por todas las piscinas que tuvieron presencia de bacterias patógenas, estas a su vez se dividen en otros dos subgrupos. El primer subgrupo se ubican las piscinas que presentaron contaminación por *Pseudomona sp.* y conteo de aerobios mesófilos por debajo de las 200 colonias/ml a excepción de la piscina M-I que presentó 483 colonias/ml. Al comparar los resultados de los análisis microbiológicos con los resultados de las encuestas realizadas a estos establecimientos; este primer subgrupo de piscinas cuenta con un mejor protocolo para el tratamiento de desinfección puesto que utilizan más de un producto para sanitizar el agua de las piscinas, además de presentar un mayor control sanitario por parte del Ministerio de Salud de Nicaragua (MINSa). El segundo subgrupo de piscinas está comprendido por todas las piscinas que presentaron contaminación por coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y *Enterococcus faecalis* (Presentes en las piscinas M-F y M-H), mesófilos aerobios con valores superiores a los establecidos en la normativa de Costa Rica (200 colonias/ml), *Staphylococcus aureus* y *Pseudomona sp.*; estas piscinas en su mayoría no son supervisadas por el ministerio de salud (Piscinas M-F, M-G, M-H), además hay que destacar que los procesos de desinfección a pesar que difieren en la cantidad de producto empleado (piscinas M-F, M-G, M-H la desinfección es realizada únicamente con cloro; piscinas M-D y M-E, emplean cloro, clarificador, floculante para la desinfección), los tiempos en que son aplicados estos productos probablemente estén influyendo en la efectividad del tratamiento (piscina M-D y M-E son desinfectadas una vez a la semana); otro factor que también podría estar influyendo en la calidad sanitaria de estos



establecimientos es la considerable afluencia de personas que presentaron durante los muestreos, influyendo en la eficiencia del tratamiento ya sea por el uso de lociones o por el acceso que tiene al servicio de restaurante contribuyendo a la introducción de grasas, comidas, etc, contribuyendo así a la proliferación de bacteria en la capa superficial del agua. El segundo grupo de piscinas esta constituido por las piscinas que no presentaron ningún tipo de contaminación, dentro de estas a pesar que difieren en el tratamiento aplicado para la desinfección (Piscina M-B tratada con cloro y alcaloides; piscina M-C tratada con sal), al parecer es aplicado en las cantidades adecuadas, mostrando la efectividad de sus tratamientos en las pruebas bacteriológicas realizadas.



**Figura N° 15.** Dendrograma que utiliza un enlace promedio entre los grupos de piscinas estudiadas del municipio de León y Telica. Octubre 2017.

## Conclusiones

La encuesta aplicada evidencia que la eficiencia del tratamiento utilizado en la desinfección de las piscinas está relacionada con los tiempos de aplicación y con la cantidad de personas que visitan estas instalaciones. Mostrando mejores resultados durante los análisis aquellas piscinas cuyo tratamiento fue aplicado diariamente. Además se puede constatar la eficiencia que presenta la sal al ser utilizado como desinfectante en la piscina M-C.

Con el análisis microbiológico se pudo observar que el 83.3% de las piscinas presentaron crecimiento bacteriano, siendo no aptas para su uso. El 33.3% de las piscinas tuvo presencia de Coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. *Enterococcus faecalis* presentó baja incidencia, presente únicamente en el 16.7% de las piscinas. Las bacterias que estuvieron presentes con mayor frecuencia son *Staphylococcus faecalis* con una frecuencia del 41.7%, heterótrofos con un 41.7% de piscinas que superaron las 200 colonias/ml y *Pseudomona sp.* con presente en el 66.7% de las piscinas analizadas.

Al comparar los resultados de las pruebas bacteriológicas con los valores de los parámetros bacteriológicos de la norma del decreto N°35309-S de Costa Rica, para la calidad del agua de las piscinas, se determinó que únicamente 16.7% de las piscinas del municipio de León y Telica, se encuentran en un estado sanitario apto para la recreación de las personas.

## **Recomendaciones**

Realizar un análisis completo (físico, químico y microbiológico) de la calidad de agua de las piscinas y realizar monitoreos durante la época de verano e invierno.

Aplicar la cantidad desinfectante de correcta para eliminar bacterias patógenas y establecer un límite de personas para la utilización de las piscinas, según las dimensiones de estas para eliminar la contaminación producida por la saturación de usuarios y evitar afectaciones a la salud de estos.

Solicitar procesos de inspección más estrictos por parte del ministerio de salud de Nicaragua. La inspección debe realizarse los fines de semana y días festivos cuando las piscinas son más utilizadas.

Trabajar en conjunto con el Ministerio de Salud y establecer una normativa nacional para regulación y control de la calidad sanitaria de las piscinas, además de incluir normas para prevención de accidentes.

## Bibliografía

- Alanís E, Guerrero I. (2004). *Pseudomonas* en biotecnología. Revista Biotecnología. 9(1): 26-37. Recuperado de [http://www.smbb.com.mx/revista/Revista\\_2004\\_1/Pseudomonas.pdf](http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2004_1/Pseudomonas.pdf).
- Arcos M, Ávila S, Estupiñán y Gómez P. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Nova 2(4):69-78. Recuperado de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf)
- Biblioteca Virtual en desarrollo sostenible y salud ambiental, s.f. Recuperado de [http://www.bvsde.org.ni/Web\\_textos/INIFOM/CDdeCaracterizaciones/Caracterizaciones/Leon/Telica.html](http://www.bvsde.org.ni/Web_textos/INIFOM/CDdeCaracterizaciones/Caracterizaciones/Leon/Telica.html)
- Blodgett R. (2010). Número más probable de Diluciones Seriadas. Manual analítico bacteriológico. Recuperado de <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucml09656.htm>
- Cano S. (2006). Métodos de análisis microbiológicos normas ISO, UNE. Analiza calidad. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/27307620/metodos-aerobios-mesofilos>
- Colmenares M, Correia A, De Sousa C. (2008). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica en piscinas del estado Carabobo, Venezuela. Boletín de malariología y salud ambiental. 48 (1). Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482008000100008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000100008)
- Cortés I, Rodríguez G, Moreno E, Tenorio J, Torres B, Montiel E. (2002). Brote causado por *Escherichia coli* en Chalco, México. Salud pública México 44(4): 297-302. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S003636342002000400002&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S003636342002000400002&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Clesceri L, Greenberg A, Eaton A. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20st Edition. Washington DC. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) & Water Environment Federation (WEF).
- Delgado M, Hernández A, Hormigo F, Hardisson A, Álvarez R. (1992). Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua de piscinas de la isla Tenerife. Revista de Sanidad e Higiene Pública. 66(5-6): 281-289. Recuperado de [http://www.msssi.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos\\_propios/resp/revista\\_cdr om/VOL66/66\\_5\\_281.pdf](http://www.msssi.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdr om/VOL66/66_5_281.pdf)

- Díaz-Solano B. Esteller M. Garrido S. (2011). Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en parques acuáticos. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. 21(1):49-62. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57820771005>
- Díaz M. Rodríguez C. Zhurbenko R. (2010). Aspectos fundamentales sobre el género *Enterococcus* como patógeno de elevada importancia en la actualidad. Revista cubana de higiene y epidemiología. 48(2): 147-161. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032010000200006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032010000200006)
- Doménech A, Olea F, Berrocal C. (2008). Infecciones relacionadas con las aguas de recreo. Enfermedades infecciosas y microbiología clínica 26 (13): 32-37. Recuperado de <http://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-infecciones-relacionadas-con-las-aguas-S0213005X08765807>
- Estupiñán S. Ávila S. López Y. Martínez S. Miranda Y. Ortegón A. (2017). Aislamiento e identificación de *Pseudomonas sp.* y *Aeromonas sp.* en aguas de piscinas públicas de Bogotá– Colombia. NOVA. 15 (27): 25-29. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v15n27/1794-2470-nova-15-27-00025.pdf>
- Fernández M, Álvarez A, Espigares M. (2001). Transmisión feco-hídrica y virus de la hepatitis A. Higiene y sanidad ambiental 1: 8-18. Recuperado de [http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510150f6e3b7c\\_Hig.Sanid.Ambient.1.8-18\(2001\).pdf](http://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510150f6e3b7c_Hig.Sanid.Ambient.1.8-18(2001).pdf)
- Forbes B. 2009. Diagnostico Microbiológico. Buenos Aires, Argentina: Editorial medica Panamericana S.A.
- Giampoali S. Romano V. (2014). Organización mundial de la Salud. Roma: Salud y seguridad en las aguas de recreo. Recuperado de <http://www.who.int/bulletin/volumes/92/2/13-126391/es/>
- Girón A. Pérez R. (2003). Tratamiento de las infecciones por *Enterococo*. Revista Clínica Española. 203(10): 482-485. Recuperado de <http://www.revclinesp.es/es/tratamiento-las-infecciones-por-enterococo/articulo/13051438/>
- González H. (2012). Manual técnico de diseño y construcción de piscinas (Tesis de grado). Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_3311.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3311.pdf)
- Gómez D. Herrera M. López R. Sanz J. Saquero M. Úbeda P. (2014). Manual de piscinas. Monografías de Sanidad Ambiental (6). Recuperado de <http://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/307201-MANUAL.pdf>
2006. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2, Swimming pools and similar environments. World Health Organization.

- Gutiérrez D. Juárez M. Poma H. Garcé B. y Rajal V. (2014). Cuantificación y evaluación de la estacionalidad de elementos parasitarios en ambientes acuáticos recreativos de la provincia de Salta, Argentina. *Revista Argentina de microbiología*. 46(2):150-160. Recuperado de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S032575412014000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S032575412014000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Instituto nacional de información de desarrollo.2008. Anuario estadístico. Recuperado de [http://.inide.gob.ni/Anuarios/Anuario2008/ModuloI-Geografico/ModuloI\\_SeccionI.1.pdf](http://.inide.gob.ni/Anuarios/Anuario2008/ModuloI-Geografico/ModuloI_SeccionI.1.pdf)
- Instituto nacional de información de desarrollo.2012. Cifras municipales. Recuperado de <http://.inide.gob.ni/estadisticas/Cifras%20municipales%20a%C3%B1o%202012%20I-NIDE.pdf>
- Itah A. Ekpombok M. (2004). Pollution status of swimming pools in south-south zone of south-eastern Nigeria using microbiological and physicochemical indices. *National Center for Biotechnology Information*. 35(2): 488-493. Recuperado de <http://imsear.li.mahidol.ac.th/bitstream/123456789/33045/2/488.pdf>
- Juliet C. (2002). Estudio de susceptibilidad in vitro de *Enterococcus spp.* *Revista Chilena de infectología*. 19(2):111-115. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/rci/v19s2/art09.pdf>
- Koneman E. Winn W. Allen S. Janda W. Procop G. Schereckenberger P. Woods G. 2008. *Koneman diagnóstico microbiológico: texto y atlas en color*. Buenos Aires, Argentina: Editorial medica Panamericana S.A.
- Larrea J, Rojas M, Romeu B, Rojas N, Heydrich M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* 44 (3): 24-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181229302004>
- Larry M. Schmit C. s.f. Infecciones por *Staphylococcus aureus*. Manual MSD. Recuperado de <http://www.msdmanuals.com/es-ve/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas/infecciones-por-staphylococcus-aureus>
- Lujan D. (2014). *Pseudomonas aeruginosa*: un adversario peligroso. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 48(4), 465-474. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v48n4/v48n4a09.pdf>

- Madigan M, Martinko J, Dunlap P, Clark D. (2009). *Biología de los microorganismos*. Madrid, España. PEARSON EDUCACION S.A.
- Márquez A, Lezama C, Ku-Pech P, Tamay P. (1994). Calidad Sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. *Salud pública de México* 36(6): 655- 661. Recuperado de <http://www.saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5803/6465>
- Martínez J. (2007). Evaluación de la calidad sanitaria de ensaladas de frutas (Pico de gallo), expendidas en vía pública en Esperanza, Sonora (Tesis de pregrado). Recuperado de [http://biblioteca.itson.mx/dac\\_new/tesis/429\\_martinez\\_jose.pdf](http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/429_martinez_jose.pdf)
- Martínez R. Albarado L. (2013). Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Sucre state, Venezuela. *Boletín de malariología y salud ambiental*. 53(1): 37-45. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482013000100005](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482013000100005)
- Negroni M. 2009. *Microbiología estomatológica, fundamentos y guía práctica*. Buenos Aires, Argentina: Editorial medica Panamericana S.A.
- Pliego A, Yáñez J, López T. (2005). *Pseudomonas sp.* multirresistentes. Susceptibilidad in vitro a combinaciones de dos antibióticos. *Cirugía y Cirujanos* 73(6): 465-470. Recuperado de <http://www.medigraphic.com/pdfs/circir/cc-2005/cc056i.pdf>
- Robert M. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC ciencias biológicas* 45(1):25-36. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1812/181230079005.pdf>
- Rueda S. Escobar H. Mena S. Rentería J. (2007). Evaluación ambiental de las piscinas de uso público en el municipio de Quibdó, Choco, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*. 26 (2): 73-78. Recuperado de <http://revistas.utch.edu.co/ojs5/index.php/revinvestigacion/article/view/483>
- Salgado V. (2002). Análisis de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales y *Salmonella spp.* en cuatro ingredientes utilizados en la planta de lácteos en Zamorano, Honduras (Proyecto de pregrado). Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1553/1/AGI-2002-T036.pdf>



- Silva J, Ramírez L, Alfieri A, Rivas G, Sánchez M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 24(1-2), 46-49. Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-25562004000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562004000100008&lng=es&tlng=es).
- Suárez M. (2002). Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. *Revista cubana de higiene y epidemiología*. 40(1): 38:43. Recuperado de [http://www.bvs.sld.cu/revistas/hie/vol40\\_1\\_02/hie07102.pdf](http://www.bvs.sld.cu/revistas/hie/vol40_1_02/hie07102.pdf)
- Vargas L. 2004. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de Filtración. Manual I. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente/ OPS. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualII/tomol/filtrarap1.html>

## Anexos

**Encuesta aplicada a cada uno de las piscinas analizadas del municipio de León y Telica.**

**Octubre 2017.**

¿Aproximadamente cuantas personas visitan las instalaciones? (Promedio semanal)

¿Cuentan con un reglamento sanitario establecido para que los usuarios puedan ingresar a las piscinas?

¿Utilizan manuales que contengan los procedimientos para realizar procesos de limpieza y desinfección de las piscinas?

¿Qué productos utiliza para la desinfección de las piscinas?

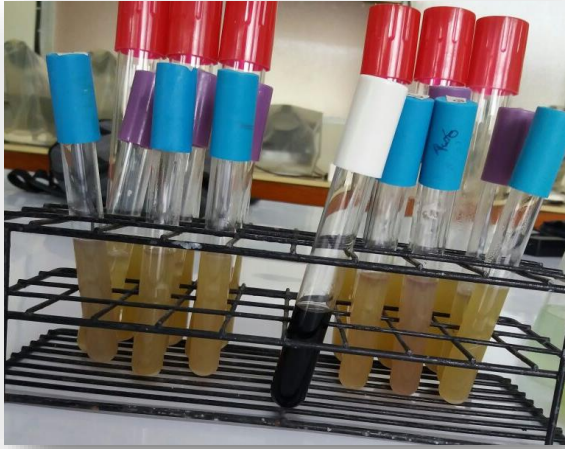
¿Cada cuánto se realiza la desinfección de las piscinas?

¿Cómo evalúan si el tratamiento empleado para la desinfección ha sido eficiente?

¿El ministerio de salud realiza supervisiones sanitarias en las instalaciones?

**Tabla N° 5** Valores del NMP por 100m/ de muestra y límites de confianza del 95% para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan las siguientes porciones de ensayo: tres de 10 mL, tres de 1 mL y tres de 0,1 mL.

N° de tubos con reacción positiva			NMP (por 100 ml)	Límites de confianza del 95%	
3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 0,1 ml		Más bajos	Más altos
0	0	1	3	<1	9
0	1	0	3	<1	13
0	0	0	4	<1	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	49
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	48	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	390
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800



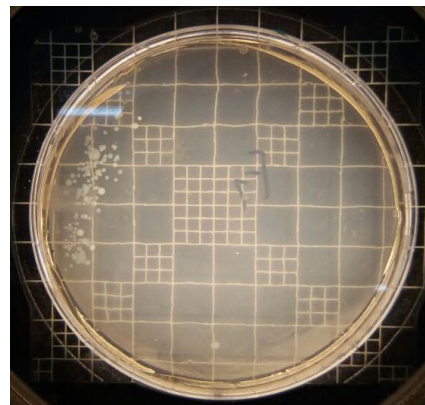
**Imagen N° 1.** Presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *Enterococcus sp.*



**Imagen N°2.** Presencia de una colonia de *Staphylococcus aureus*.



**Imagen N° 3.** Presencia de *Pseudomona sp.*



**Imagen N° 2.** Presencia de aerobios mesófilos