



ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO EXPLORATORIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE INTERÉS Y LA PRESENCIA BACTERIANA DE *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*, PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE PISCINAS DE BOGOTÁ

Francy Alejandra Díaz Cubillos

Luisa Camila Rodríguez Cárdenas

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C, MAYO 22 DE 2024**



ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO EXPLORATORIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE INTERÉS Y LA PRESENCIA BACTERIANA DE *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*, PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE PISCINAS DE BOGOTÁ

Francy Alejandra Díaz Cubillos

Luisa Camila Rodríguez Cárdenas

Asesor:

Vanessa Caballero Mejía

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C, MAYO 22 DE 2024**



ESTUDIO BIBLIOGRÁFICO EXPLORATORIO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE INTERÉS Y LA PRESENCIA BACTERIANA DE *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*, PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE PISCINAS DE BOGOTÁ

Aprobada: _____

Jurados: _____

Asesores: _____

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C, MAYO 22 DE 2024**

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado con amor y gratitud a nuestras familias y en especial deseamos honrar la memoria de aquellos seres queridos que aunque ya no estén con nosotras físicamente siguen viviendo en nuestros corazones con su amor, enseñanzas, apoyo y recuerdos que continúan guiándonos en cada paso que damos, haciendo posible que esta meta se convirtiera en realidad reconociendo la profunda influencia que han tenido en nuestras vidas.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al desarrollo y la realización de esta monografía. En primer lugar, dedicamos unas palabras de reconocimiento y gratitud a nuestra asesora, Vanessa Caballero Mejía. Su compromiso, dedicación y pasión por la enseñanza nos guiaron en este proceso y nos proporcionó un apoyo en cada paso del camino. Así mismo, queremos extender nuestra gratitud a nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional durante este proceso brindándonos la fortaleza y el ánimo necesarios para avanzar.

A todos ustedes, muchas gracias.

Tabla de contenido

Resumen	7
Introducción	8
1. Antecedentes	10
2. Objetivos	14
2.1 Objetivo general	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. Marco teórico	15
3.1 <i>Pseudomonas sp</i>	16
3.2 <i>Escherichia Coli</i>	16
4. Diseño metodológico	19
4.1 Tipo de estudio	19
4.2 Universo	19
4.3 Población.....	19
4.4 Muestra.....	19
4.5 Criterios de inclusión	19
4.6 Criterios de exclusión.....	20
4.7 Herramienta estadística	20
5. Resultados	22
6. Discusión	26
7. Conclusiones	29
8. Recomendaciones.	30
9. Referencias bibliográficas	32

Lista de tablas

Tabla 1: Primer filtro	22
Tabla 2: Segundo filtro	23
Tabla 3: Características físicoquímicas del agua de piscinas	24
Tabla 4: Características microbiológicas del agua de piscinas	25
Tabla 5: Correlación entre características físico químicas y microbiológicas del agua de piscinas	25
Tabla 6: Comparación entre los dos desinfectantes más usados en piscinas	27

Resumen

La derogación de la resolución 618 de 2010 por el decreto 554 de 2015, emitido por el Ministerio de Salud y Protección Social ha generado un vacío normativo sobre las aguas de uso recreativo, lo que podría resultar en una potencial deficiencia en el monitoreo y control de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, conduciendo a la posible presencia de microorganismos, afectando la calidad del agua de piscinas y la salud de los usuarios.

Esto genera la necesidad de comparar, mediante una revisión de literatura, parámetros fisicoquímicos relevantes y acciones mínimas necesarias para mantener, controlar y mejorar la calidad del agua, con el fin de reducir la posible aparición de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli* en aguas de piscina de Bogotá. Tras la revisión bibliográfica de 68 artículos, trabajos de grado, libros y páginas web, se observó que existe una relación entre los parámetros: materia flotante, turbidez, pH, ácido cianúrico, alcalinidad, Aluminio, Bromo, Cloro y Amonio con la presencia de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*. Además, resulta de importancia garantizar la seguridad y salud de la población en entornos recreativos, implementando normativas para el control de calidad del agua que permitan controlar y mantener la calidad del agua en piscinas de uso recreativo en Bogotá, incluyendo parámetros relacionados con la aparición de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*, junto con rangos y periodicidad de monitoreo, además de educación a los usuarios respecto al uso adecuado de piscinas de uso recreativo.

Palabras clave: enfermedades hídricas, salud pública, calidad del agua, recreación, normatividad, monitoreo, periodicidad.

Autoras: Francy Alejandra Díaz Cubillos y Luisa Camila Rodríguez Cárdenas

Asesora: Vanessa Caballero Mejía

Introducción

En los últimos años, el notable aumento en la cantidad de piscinas de uso recreativo en el país ¹ ha generado importantes desafíos en lo que respecta a la gestión y control de la calidad del agua. Según la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), en una publicación realizada por El Tiempo el 20 de agosto de 2022, se ha observado un aumento en proyectos que incluyen piscinas, incluso en la Vivienda de Interés Social (VIS). ¹ Sin embargo, actualmente Colombia enfrenta limitaciones en su marco normativo para el control de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en lo referente a la calidad del agua de las piscinas, esto se debe a la derogación de la Resolución 618 de 2010 mediante el Decreto 554 de 2015, emitido por el Ministerio de Salud y Protección Social.² Anteriormente, la Resolución 1618 de 2010 cumplía un papel fundamental en este control. ³ La calidad del agua en las piscinas representa un desafío significativo para la salud pública, debido a la posible presencia de microorganismos patógenos, como *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*. ⁴

Lo anterior, ha conducido a buscar si una relación de los parámetros fisicoquímicos fuera de los rangos recomendados podría favorecer la presencia de microorganismos potencialmente peligrosos como *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*, planteando serias implicaciones para la salud de los usuarios, por lo que resulta de importancia explorar y analizar la relación entre estos factores y su impacto en la calidad del agua, así como en la salud pública de la población que hace uso de estas instalaciones. La presencia de patógenos en el agua de las piscinas plantea un riesgo directo de enfermedades transmitidas por el agua, lo que destaca la importancia de implementar medidas óptimas de gestión y control.⁵

Por ende esta revisión busca comparar, identificar y reconocer por medio de una exploración bibliográfica de 68 artículos, trabajos de grado y páginas web, la relación entre parámetros fisicoquímicos (pH, cloro, bromo, olor, color, turbidez, entre otros) y la presencia de bacterias de interés como lo son *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli* en piscinas de Bogotá, con el fin de recomendar medidas de control y mantenimiento de la calidad de aguas de piscinas en Bogotá para así disminuir los riesgos en la salud de los usuarios. Teniendo en cuenta que cerca de 260 establecimientos cuentan en sus instalaciones con el servicio de piscinas en Bogotá

identificados por la Secretaría de Salud ⁶, es crucial analizar y comprender cómo la relación entre estos parámetros interactúan para influir en la calidad del agua y, en última instancia, en la salud humana, especialmente en un contexto geográfico específico como Bogotá.

1. Antecedentes

Los microorganismos en piscinas y su relación con infecciones gastrointestinales y enfermedades cutáneas han sido objeto de estudio en diferentes investigaciones científicas, estos mismos resultan un tema relevante en términos de salud pública y seguridad, ya que las piscinas pueden albergar una variedad de microorganismos, incluyendo bacterias, virus, hongos, algas y parásitos, donde resulta de interés particular para esta revisión la presencia de bacterias como *Pseudomonas sp* (responsable de foliculitis, otitis, conjuntivitis e infecciones respiratorias por inhalación de endotoxinas)^{4,7} y *Escherichia coli* (responsable de enfermedades gastrointestinales principalmente).^{4,8} De esta manera, el agua de piscinas puede ser un medio propicio para el crecimiento y la transmisión de diversos microorganismos que pueden causar enfermedades hídricas si no se mantienen adecuadamente los niveles de desinfección y el mantenimiento general de la piscina. Es por esto, que surge la necesidad de la aplicación de normas y regulaciones para garantizar la calidad del agua de las piscinas y prevenir la propagación de enfermedades.

En el 2017 la Secretaría de Salud indicó durante las visitas de inspección realizadas por la misma, a través de la Subdirección de Vigilancia en Salud Pública, que 28 unidades (piscinas) tienen concepto desfavorable para su uso.⁶ Es decir, no cuentan con óptimas condiciones sanitarias lo cual supone una correlación significativa entre los parámetros fisicoquímicos del agua de las piscinas y la presencia bacteriana de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*. Esta relación se atribuye, en primer lugar, a la contaminación provocada por los usuarios (sudor, orina, cremas, bloqueador solar, alimentos, etc.), así como al deficiente mantenimiento de las instalaciones.⁶

Adicionalmente, Estupiñan Torres y colaboradores⁹ afirman en el mismo año que se observó que los coliformes totales y *Escherichia coli* presentaron recuentos de 0 UFC/100mL en piscinas públicas de Bogotá. Sin embargo, sí se encontró presencia de *Pseudomonas aeruginosa*, lo que indica que el proceso de desinfección podría no ser efectivo.

A pesar de la derogación de la Resolución 1618 de 2010³ mediante el Decreto 554 de 2015² y los esfuerzos implementados para controlar la propagación de los microorganismos, actualmente no se cuenta con protocolos específicos para el manejo preventivo de bacterias como *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli* en piscinas. Esta falta de protocolos específicos destaca la necesidad de una mayor atención y regulación en este aspecto para proteger la salud de los usuarios de piscinas en Bogotá y en todo el país. Por otro lado, se pueden identificar diversos factores que inciden en la salud de los usuarios como lo son económicos, sociales, ambientales y técnicos que juegan un papel crucial en este sentido.¹⁰ Estos mismos resaltan la importancia de abordar de manera integral la gestión de la calidad del agua en instalaciones recreativas, teniendo en cuenta no solo aspectos técnicos, sino también aspectos socioeconómicos y ambientales.⁴ Dentro de estos factores se encuentran los altos costos de operación y tratamiento de agua los cuales limitan las condiciones óptimas de las piscinas, falta de conocimiento de los bañistas sobre las condiciones sanitarias de uso de las piscinas en las que se incluyen evitar el ingreso con heridas, el uso de la ducha antes de entrar a la piscina y el uso adecuado de los baños.¹¹

Por otro lado, los parámetros regulados en las piscinas por las normas técnicas colombianas NTC 5777, NTC 5776, NTC 5774, NTC 5765, NTC 5764, NTC 5763, NTC 5762, NTC 5761 y NTC 5760¹² se basan en la instalación y funcionamiento de dispositivos de seguridad usados en las piscinas, como barandas alrededor de ellas para el control de ingreso de usuarios, estableciendo mecanismos de buenas medidas sanitarias, minimizando riesgos de accidente y así definiendo criterios técnicos y de seguridad.

De acuerdo a la resolución 1618 de 2010³ otros factores que se encontraron son la carencia de herramientas legales que regulen la implementación de la vigilancia y el control a cargo de las entidades competentes para ejercer la vigilancia y control de la calidad del agua, las fallas en la construcción de las piscinas, dosificación deficiente de químicos, mantenimiento inadecuado, carencia de personal capacitado en el mantenimiento y su operación.

Es de relevante consideración, que en Colombia el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en su Decreto 1594 de 1984,² contempla los parámetros básicos para la destinación del agua, en uso recreativo de contacto primario, sin embargo, no existe normatividad vigente que abarque directrices para el tratamiento del agua, el control de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, la desinfección y el monitoreo periódico de análisis de calidad del agua, como lo establece el Ministerio de Protección Social en su Resolución 1618 de 2010,³ la cual fue derogada por el decreto mencionado anteriormente.

Se destaca la importancia de establecer diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos al evaluar la calidad del agua para uso recreativo en piscinas. Entre estos parámetros se incluyen pH, concentración y rango permisible de tensoactivos, cantidad de oxígeno disuelto, contenido o presencia de compuestos fenólicos, así como los coliformes totales y fecales.¹³ Sin embargo, es evidente que Colombia enfrenta una carencia de normativas actualizadas para el control y la regulación efectiva de la calidad del agua en piscinas. Esta falta de regulación destaca la necesidad de establecer y mantener estándares claros y actualizados para garantizar la seguridad de los usuarios en entornos recreativos acuáticos.^{10,14}

A nivel internacional existen normativas y directrices que establecen los parámetros físico-químicos y microbiológicos, así como la frecuencia y acciones a tomar para la vigilancia y el control del agua de las piscinas. En el Diario Oficial de la Unión Europea,¹⁵ se encontró que estas especificaciones pueden variar ligeramente de un país a otro y suelen basarse en las directrices establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹⁶. La Directiva 2006/7/CE del parlamento Europeo¹⁵ establece los estándares mínimos de calidad para las aguas de baño, lo que incluye piscinas y proporciona orientación sobre parámetros como la concentración de cloro, pH del agua, turbidez y la presencia de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*; así mismo, sobre el monitoreo que debe darse de forma regular aunque no establece una frecuencia exacta, ya que se deben realizar como mínimo cuatro evaluaciones durante cada temporada de baño que hace referencia al período en que puede preverse la afluencia de un número importante de bañistas. Aclarándose, que dicha normatividad Europea, está diseñada para países con estaciones, donde el uso de estos espacios recreativos, se realiza incrementa de forma considerable en el verano;

en contraste con Colombia, donde se presentan épocas secas determinadas por los regímenes climáticos propios del trópico.

De otra parte, en Estados Unidos, este control está regulado principalmente a nivel estatal y local ya que pueden variar según el Estado y la jurisdicción. Aunque no hay una ley federal específica que aborde exclusivamente el control de calidad del agua en piscinas, existen normas y regulaciones que se centran en aspectos como la desinfección, la circulación del agua, la calidad del aire en áreas cubiertas y la capacitación del personal. Estas regulaciones pueden variar de un Estado a otro por lo que puede generar discrepancias en los estándares y requisitos aplicables ^{15, 17}. En todos los casos el objetivo principal de estas normativas y directrices es proteger la salud pública al garantizar que el agua de las piscinas cumpla con estándares adecuados de calidad y seguridad para los usuarios. Lo anterior se logra mediante la implementación de medidas de control y monitoreo que aborden aspectos fisicoquímicos y microbiológicos del agua. ¹⁸

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Comparar, mediante literatura, los parámetros fisicoquímicos relevantes y las acciones mínimas necesarias para mantener, controlar y mejorar la calidad del agua, con el fin de reducir la posible aparición de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli* en aguas de piscina de Bogotá.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar los parámetros fisicoquímicos que influyen en la presencia de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*, en piscinas de uso recreativo y deportivo en la ciudad de Bogotá, mediante un análisis bibliográfico.
- Reconocer la importancia del control de la calidad y de los estándares de vigilancia del agua de las piscinas a nivel de Bogotá para la prevención de enfermedades producidas por *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*.
- Recomendar, mediante un análisis bibliográfico, las medidas fisicoquímicas y microbiológicas, que permitan controlar y mantener la calidad de aguas de uso recreativo.

3. Marco teórico

Para tener una mejor comprensión sobre las piscinas, su funcionamiento, y los efectos de la calidad del agua de las mismas sobre la salud de la población, es importante retomar una serie de conceptos claves que abarquen desde la definición de enfermedad hasta los sistemas de tratamiento y dispensación de productos químicos.

En cuanto a las piscinas, estas se clasifican en diferentes categorías según su uso y acceso.¹⁰ Las piscinas particulares son de uso exclusivo de núcleos familiares, mientras que las de uso público están abiertas al público en general. Por otro lado, las piscinas de uso restringido están destinadas a grupos específicos y deben cumplir ciertas condiciones, como las ubicadas en clubes, centros vacacionales y colegios.¹⁹ Además, existen piscinas de uso especial, como las termales, que tienen propósitos distintos a los recreativos o deportivos. Estas piscinas presentan características fisicoquímicas especiales y propiedades terapéuticas que no están contempladas en el alcance de este estudio.²⁰

Los sistemas de tratamiento para agua de piscina juegan un papel fundamental en el mantenimiento de la calidad del agua. Estos sistemas incluyen el uso de cloro, cloración salina, oxígeno activo y sistemas combinados; los cuales permiten mantener un nivel óptimo de desinfección y calidad del agua.²¹ Además, existen alternativas o métodos que, a diferencia del cloro, no producen olores fuertes ni causan irritación en la piel y ojos, lo que hace más cómodo para los usuarios y puede ser especialmente beneficioso para personas con sensibilidades a productos químicos.²²

Los sistemas de dispensación de productos químicos como dosificadores automáticos, dispensadores flotantes e inyectores de químicos, permiten introducir los productos necesarios en el agua de la piscina de manera controlada y uniforme. Por último, los sistemas de drenaje son responsables de eliminar el agua sucia y los residuos de la piscina de manera segura y eficiente, mediante skimmers, desagües de fondo, válvulas de drenaje y bombas de drenaje.²¹

Por otro lado, el análisis microbiológico del agua se centra en la detección de microorganismos patógenos, como lo son bacterias, virus, hongos y protozoos, que pueden transmitir enfermedades. Según Estupiñán-Torres y colaboradores,²³ determinar el tipo de microorganismos presentes en el agua y su concentración proporciona herramientas indispensables para conocer la calidad de la misma y para la toma de decisiones en relación el control y tratamiento de aguas, evitando así el riesgo de contaminación de las personas y el ambiente.

Así mismo, existe gran variedad de microorganismos que pueden ser transmitidos a los humanos a través del uso de aguas recreacionales como lo son *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Enterovirus*, *protozoarios*, entre otros.²⁴ Para este trabajo se tuvo en cuenta específicamente *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*.

3.1 *Pseudomonas sp*

Género de bacterias gram negativos de la familia Pseudomonadaceae que causan infecciones en el ser humano, son capaces de tolerar un amplio rango de temperaturas y poseer gran distribución en el ambiente, además de tener la capacidad de producir pigmento bacteriano.²⁵ En ambientes acuosos, esta bacteria se adhiere a superficies, formando una capa llamada biopelícula, esta es de gran importancia, ya que puede plantear problemas significativos para la salud como lo son dermatitis, foliculitis, entre otras.²⁶

3.2 *Escherichia Coli*.

Es una bacteria gram negativa perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, se le considera un microorganismo de flora normal del tracto gastrointestinal en donde junto con otros microorganismos hacen parte del funcionamiento correcto del proceso digestivo.²⁷ Sin embargo, se ha descrito que por procesos de adaptación, han adquirido elementos genéticos o mutaciones que funcionan como factores de virulencia que determinan patogenicidad y virulencia de las cepas en diferentes tipos de enfermedades.²⁸

La aparición de dichos microorganismos puede desencadenar enfermedades hídricas que de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) ⁷ se define como una alteración o desviación del estado fisiológico en una o varias partes del cuerpo, manifestada por síntomas y signos característicos, cuya evolución es más o menos previsible, las cuales son causadas por microorganismos y sustancias químicas presentes en el agua, así como aquellas cuyo ciclo de vida incluye etapas en el agua y enfermedades cuyos vectores están relacionados con el agua y otros daños. ^{5,28}

En ese sentido, de acuerdo a los tratamientos empleados, el agua contenida en las piscinas presenta características físicas, químicas y microbiológicas que le brinda cualidades que pueden ser medidas mediante índices de calidad, entendiendo la calidad del agua como el resultado de comparar sus características físicas, químicas, biológicas y organolépticas, con el objetivo de garantizar que su uso no represente riesgos para la salud humana. ¹⁶ El análisis fisicoquímico del agua se realiza mediante métodos instrumentales que permiten medir una amplia variedad de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, tanto en aguas superficiales como subterráneas. ¹³

En el contexto nacional el control y la regulación del agua en las piscinas son aspectos fundamentales para garantizar la seguridad y la salud de los usuarios. Estas regulaciones establecen estándares y directrices específicas que deben seguir los propietarios y administradores de piscinas para mantener la calidad del agua dentro de niveles seguros y adecuados. ¹⁴

Dentro de las normas revisadas se encontró la Ley 9 de 1979, donde se tienen en cuenta aspectos como el control sanitario de los usos del agua que corresponden al consumo humano, doméstico, preservación de la flora y fauna, agrícola y pecuario, recreativo, industrial y transporte. ²⁹ Así mismo, se le otorgan responsabilidades al Ministerio de Salud relacionadas a establecer las características deseables y admisibles que deben tener las aguas para efectos del control sanitario con el fin de eliminar y evitar la contaminación del agua. ²⁹

Adicionalmente en la Resolución 1618 de 2010,³ se tenía como objeto establecer las características físicas, químicas y microbiológicas que debían ser monitoreadas y sus valores máximos permisibles para el control y la vigilancia de la calidad del agua en estanques de piscinas. Mediante esta resolución se establece además, frecuencias mínimas de monitoreo y el cálculo de diferentes índices que permitían evaluar el riesgo relacionado a ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de los valores máximos permitidos para las características monitoreadas y a riesgos de corrosión asociado a variables fisicoquímicas, resaltando el Índice de Riesgo para Aguas de Piscinas y Estructuras Similares–IRAPI, definido como el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua contenida en estanques de piscinas y estructuras similares³. Sin embargo, esta fue derogada por el Decreto 554 de 2015,² el cual establece las regulaciones para el tratamiento y la calidad del agua en piscinas. Definiendo los estándares y procedimientos necesarios para garantizar la seguridad y salud de los usuarios, así como la capacitación del personal responsable de su mantenimiento, pero este a su vez no definió parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, como tampoco rangos, periodicidad e índice de riesgo, dejando sin control y normatividad clara a las piscinas, por ende con esta revisión documental y teniendo en cuenta las definiciones de diferentes autores, se buscó establecer unos posibles parámetros fisicoquímicos y microbiológicos junto con rangos que permitan tener una idea para el adecuado control y monitoreo de aguas de piscinas en la ciudad de Bogotá.^{2,3}

4. Diseño metodológico

4.1 Tipo de estudio

El método de investigación utilizado fue un análisis interpretativo, que como su nombre lo dice, implica interpretar y comprender los datos recopilados a través del estudio de los referentes bibliográficos y la información obtenida de los instrumentos de recolección de datos en la literatura.

4.2 Universo

Se realizó la revisión de diferentes fuentes bibliográficas que incluye artículos, trabajos de grado, páginas web y otros documentos relacionados inicialmente con piscinas de uso recreativo donde se encontraron aproximadamente 25.200 resultados.

4.3 Población

Se aplicaron filtros en diferentes bases de datos para seleccionar las fuentes que abordaban específicamente la presencia de bacterias en las piscinas de uso recreativo donde se encontraron aproximadamente 209 resultados, del mismo modo se usó la base de datos de Scielo, Elsevier, Pubmed, Google Scholar y páginas web donde se encontraron 46, 61, 33, 12 y 57 resultados respectivamente.

4.4 Muestra

68 artículos científicos, trabajos de grado y páginas web relacionados con la normatividad para el control de calidad del agua de las piscinas, además de las páginas web del Ministerio De Educación, la Secretaria General De Bogotá y Ministerio De Salud Y Protección Social, incluyendo así los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para así evaluar la relación entre bacterias como *Pseudomonas sp*, *Escherichia coli* y las enfermedades gastrointestinales.

4.5 Criterios de inclusión

- Parámetros fisicoquímicos, principalmente pH, turbidez, material flotante, color y cloro.

- Parámetros microbiológicos con la presencia de microorganismos especialmente bacterias como *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*.
- Criterios normativos establecidos por las autoridades sanitarias en relación con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para el control de calidad del agua en piscinas.
- Enfermedades causadas por *Pseudomonas sp.* y *Escherichia coli* transmitidas por aguas de piscinas.

4.6 Criterios de exclusión

- Microorganismos diferentes a *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*.
- Normatividad en el control de calidad de agua diferente a la de las piscinas.

4.7 Herramienta estadística

Se realizó mediante Google sheets y excel. La consulta de los artículos de investigación se realizó en la base de datos mencionada entre los años 2016 y 2023. (Tabla 1).

Para la aplicación del primer filtro se tuvo en cuenta conceptos e ideas generales sobre piscinas, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos de aguas de piscinas, microorganismos relacionados con aguas de piscinas y enfermedades transmitidas por aguas.

Tabla 1

Primer filtro

Bases de datos	Número de artículos encontrados
Scielo	95
Elsevier	74
Pubmed	45
Google Scholar	4.600

Páginas web	3.700
Total	8.514

Elaboración: Díaz, F. y Rodríguez, L. (2024).

Para la aplicación del segundo filtro se tuvo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, obteniendo así el número de artículos encontrados de la base de datos aplicando los filtros respectivos para así cumplir con los criterios. (Tabla 2).

Tabla 2

Segundo filtro

Bases de datos	Número de artículos encontrados
Scielo	46
Elsevier	61
Pubmed	33
Google Scholar	12
Páginas web	57
Total	209

Elaboración: Díaz, F. y Rodríguez, L. (2024).

Posteriormente se realizó una lectura detallada donde se tuvo en cuenta los criterios acordados donde la revisión se ejecutó con 68 artículos, trabajos de grado y páginas web que fueron elegidos según su importancia, trascendencia y aporte a la revisión.

5. Resultados

De acuerdo con la información recopilada, el análisis de los 68 documentos y la normatividad consultada, en las tablas 3, 4 y 5 se pueden observar las características físicas (color, materia flotante, olor, transparencia, pH, conductividad y turbidez), químicas (cloro, bromo, dureza total, etc.) y microbiológicas (heterótrofos, coliformes, *Escherichia coli*, etc.) respectivamente, que fueron mencionadas con mayor frecuencia por los diversos autores consultados, para la determinación de la calidad del agua en piscinas, y que adicionalmente mencionaron algún rango o criterio de conformidad.

Tabla 3

Características fisicoquímicas del agua de piscinas.

Característica	Rango	Referencias
Color	Aceptable	(3), (10), (19), (30)
Materia flotante	Ausentes	(3), (10), (19)
Olor	Aceptable	(3), (10), (19), (30)
Transparencia (fondo)	Fondo visible	(3), (10), (19), (21)
pH	7.0 - 8.0 7.2 - 7.6	(3), (10), (19), (30), (31), (32), (33), (34), (35)
Conductividad	Hasta 2.400 uS/cm	(3), (10), (19), (35)
Turbidez	Hasta 2 unidades nefelométricas	(3), (10), (19), (21), (30), (34), (35)
Ácido cianúrico (C₃H₃N₃O₃)	Menor que 100 mg/L	(3), (10), (19), (36)
Alcalinidad total (CaCO₃)	125 - 150 ppm	(3), (10), (19), (27) (31), (34)
Aluminio (Al)	Menor que 0.2 mg/L	(3), (10), (19)
Bromo libre (Br₂)	Entre 1 - 2 mg/L	(3), (19), (31)
Bromo total (Br₂)	Entre 2 - 5 mg/L	(3), (19), (21), (31)
Amonio (NH₄)	Menor que 1.5 mg/L	(3), (10)
Cloro residual libre	Entre 0.5 - 3 ppm	(3), (10), (27), (31), (37),

(Cl ₂)		(38), (39), (40)
Cloro combinado (Cl₂)	< 0.3 - 0.6 mg/L	(3), (10), (21), (31), (34), (38), (41)
Cobre (Cu)	Menor que 1 mg/L	(3), (19)
Dureza total (CaCO₃)	150 - 400 mg/L	(3), (10), (19), (27), (31)
Hierro total (Fe)	Menor que 0.3 mg/L	(3), (10), (19)
Plata (Ag)	Menor que 0.1 mg/L	(3), (19)

Elaboración: Díaz, F. y Rodríguez, L. (2024)

Tabla 4

Características microbiológicas del agua de piscinas.

Característica	Máximo permitido	Referencias
Heterótrofos	Menor que 200 UFC/1cm ³	(13), (35), (42), (43)
Coliformes termotolerantes	0 UFC/ 100 cm ³	(3), (10), (13), (32), (39), (43)
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/ 100 cm ³	(4), (10), (13), (43), (44)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0 UFC/ 100 cm ³	(4), (10), (13), (39), (42), (43), (44)

Elaboración: Díaz, F. y Rodríguez, L. (2024).

Tabla 5

Correlación entre características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de piscinas.

Característica fisicoquímica	Criterio	Relación microbiológica	Referencia
Materia flotante y Turbidez	Presente	Condiciones óptimas para la aparición de UFC de <i>Escherichia coli</i> y <i>Pseudomonas sp</i>	(10), (19), (40)
pH	> 7	Ineficacia del cloro	(4, 45)

		por ende proliferación rápida de microorganismos	
Ácido cianúrico	<100 mg/L	Ineficacia del cloro por ende proliferación rápida de microorganismos	(4), (10), (46)
Alcalinidad	< 125 ppm	Deficiencia en la desinfección del agua (pH, cloro, bromo) por ende aparición de UFC	(47)
Aluminio	> 0.2 mg/L	Contaminación en las paredes de la piscina creando un medio adecuado para las bacterias	(48)
Bromo	<5 ppm	Aparición de UFC <i>Pseudomonas sp</i> Aparición de UFC <i>Escherichia coli</i> .	(4)
Cloro	< 3 ppm	Aparición de UFC <i>Escherichia coli</i> . Aparición de UFC <i>Pseudomonas sp</i> .	(4), (45)
Amonio (NH₄)	> 1.5 mg/L	Indica presencia de materia orgánica por ende medios adecuados para la aparición de UFC	(49)

Elaboración: Díaz, F. y Rodríguez, L. (2024)

Por otra parte y teniendo en cuenta que el proceso de desinfección tiene una relación directa con la aparición de microorganismos en el agua, en la tabla 6 se observa la comparación entre el cloro y el bromuro de sodio los cuales son los desinfectantes más mencionados por algunos de los autores consultados.

Tabla 6.

Comparación entre los dos desinfectantes más usados en piscinas.

Cloro	Bromuro de sodio
Eficacia en la desinfección. ⁴	Eficacia en la desinfección. ⁴
Bajos costos debido a su fácil adquisición y efectividad comprobada. ⁴³	Tiende a ser más costoso al considerarse una alternativa al impacto que genera el cloro en el medio ambiente. ^{21,43}
Larga duración que reduce la necesidad de cambios frecuentes de agua y minimiza la proliferación de microorganismos no deseados. ^{21,49}	Larga duración ya que es más estable en un rango más amplio de pH, lo que lo hace ideal para piscinas climatizadas o spas donde las temperaturas del agua pueden ser más altas. ²¹
Puede complementarse con otros métodos de desinfección, como la ionización de cobre y plata, la ozonización o la filtración por UV. ⁴⁰	Puede complementarse con otros métodos de desinfección, como la ionización de cobre y plata, la ozonización o la filtración por UV. ⁴⁰
El pH del agua de la piscina puede afectar significativamente la eficacia del cloro como desinfectante. ^{21, 50}	A diferencia del cloro, que puede ser menos efectivo en pH extremos, el bromuro de sodio es más estable en un rango más amplio de pH. ²¹

Elaboración: Díaz, F. y Rodríguez, L. (2024)

Por otro lado, se encontró que para la eliminación del 99 % de *Escherichia coli* se deben tener en cuenta las diferentes presentaciones de cloro y los tiempos de contacto (ácido cloroso debe actuar durante 2 minutos, el ion hipoclorito debe actuar durante 40 minutos y el cloro combinado por más de 8 horas), esto se puede explicar ya que la pared celular que protege a esta bacteria es de carga negativa, mientras que el ácido hipocloroso es neutro y al no tener una carga facilita la penetración a la pared celular eliminando de manera efectiva a estas bacterias.³⁴

6. Discusión

De acuerdo a los documentos consultados se encontró una relación entre los parámetros fisicoquímicos y la aparición de microorganismos en aguas de piscinas (tabla 5). Las propiedades físicas del agua de piscinas como lo son el olor, materias flotantes y transparencia (fondo) son los parámetros que a simple vista que pueden indicar si el agua se encuentra contaminada o está adecuada para su uso.³¹ El material flotante como la vegetación externa, restos de cremas y bloqueadores solares o sudor, hacen que se pierda eficacia en los desinfectantes como el cloro⁴⁰, esto puede resultar en el aumento de la turbidez y por ende crear un medio adecuado para la aparición de UFC de bacterias como *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli*. También se puede relacionar el material flotante con el valor de amonio en las piscinas ya que valores inferiores a 1,5 mg/L indica que existe una contaminación orgánica (aceites, protector solar, vegetación, etc.) ya que este compuesto se genera en el proceso de degradación de la misma.⁴⁹

Otros de los principales parámetros que se encuentran en las propiedades físico químicas es el cloro, el cual es el principal desinfectante usado en el mantenimiento de las piscinas, ya que este elimina las bacterias y otras materias orgánicas en el agua, mediante una reacción de oxidación que da como producto ácido hipocloroso⁴⁹, por ende una inadecuada cloración con niveles menores a 3 ppm puede ser causante de la proliferación de *Pseudomonas sp* generando así enfermedades en los usuarios como la foliculitis, la cual es producida por *Pseudomonas aeruginosa*, generando brotes y lesiones en la piel.^{4, 5, 7}

Los niveles de pH pueden alterar las condiciones del agua y por ende la salud de los usuarios, ya que niveles bajos de pH (menor a 7.0) pueden causar irritaciones en la piel, ojos y fosas nasales, mientras que niveles de pH altos (mayor a 8.0) pueden generar la disminución de la eficacia del cloro y los desinfectantes, incrementando la turbidez del agua.^{4, 45} El pH puede ser un factor importante que influye sobre el crecimiento de los microorganismos puesto que los límites en los que pueden crecer varían según el tipo de microorganismo de que se trate.⁴

La alcalinidad actúa como reguladora del pH del agua, así una alcalinidad adecuada (125 y 150 mg de CaCO₃/L)⁴⁵ asegura un mejor control del pH y menos alteraciones de éste.⁵⁰ Valores menores a 125 mg de CaCO₃/L alteran los valores de pH, cloro y bromo afectando así la eficacia en la desinfección del agua de piscinas y por ende facilitan la aparición de UFC.⁴⁷ Estos factores se pueden controlar mediante los diferentes aparatos de medición y control de estos parámetros del agua.⁵¹

El ácido cianúrico es un estabilizador el cual cuenta con una gran capacidad de absorción de rayos UV, sin embargo es importante controlar su concentración ya que valores menores a 100 mg/L hacen que disminuya la capacidad desinfectante del cloro provocando una rápida proliferación de microorganismos.³⁶

Por otro lado el aluminio se usa para purificar y limpiar aguas de piscinas, ya que este posee una fuerte carga positiva que atrae de manera natural la materia con carga negativa como patógenos, fosfatos, polen y material flotante en el agua, por ende valores mayores a 0,2 mg/L generan una contaminación en las paredes de la piscina creando un medio adecuado para el crecimiento de bacterias.⁴⁸

En cuanto a los parámetros microbiológicos, estudios realizados han demostrado que las concentraciones de *Escherichia coli* son un excelente indicador para el control de calidad de agua y las enfermedades gastrointestinales asociadas a la natación, ya que estas bacterias son fáciles de probar y cuantificar por métodos simples. “La detección de estas bacterias en el agua significa que la contaminación fecal ha ocurrido y sugiere que los patógenos entéricos, como los mencionados anteriormente, pueden estar presentes. Estos microorganismos se eliminan en la materia fecal, o las heces, y la ruta de transmisión es “fecal-oral”.”³⁹

Así mismo, es importante destacar que según la bibliografía consultada para prevenir la aparición de *Pseudomonas sp* se recomienda monitorear y controlar niveles de pH al menos dos veces al día, realizar análisis de microorganismos mensualmente y llevar a cabo una limpieza en los alrededores de las piscinas, así como en la filtración del agua para eliminar la materia orgánica flotante que pueda afectar la eficacia de los desinfectantes.⁵²

Teniendo en cuenta lo anterior se resalta la importancia del control de calidad de aguas de piscinas a nivel de salud pública en Bogotá, puesto que se busca garantizar que el agua esté en óptimas condiciones para el uso de los bañistas, esto se da teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos identificados que son: Materia flotante, turbidez, pH, ácido cianúrico, alcalinidad, Aluminio, Bromo, Cloro y Amonio. Y microbiológicos como lo son: *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, ya que se evidenció una relación directa de estos parámetros con la formación de un ambiente óptimo para el crecimiento de estos microorganismos.

Finalmente, para asegurar la calidad del agua recreativa es esencial llevar a cabo un monitoreo regular de los parámetros, junto con el mantenimiento adecuado de los sistemas de filtración y desinfección que implica garantizar la estabilidad de los parámetros mediante una dosificación precisa de productos químicos. Además, es crucial controlar la carga orgánica y mantener la limpieza de la piscina. Otro punto de interés fundamental es educar a los usuarios sobre prácticas higiénicas, como tomar una ducha antes de ingresar a la piscina y utilizar trajes de baño limpios. También se debe capacitar al personal encargado del mantenimiento en medidas de seguridad y a los usuarios en el uso adecuado de las instalaciones, con el fin de promover un entorno seguro y prevenir enfermedades transmitidas por el agua. Para lograr una implementación efectiva de estas medidas, se requiere la colaboración entre las autoridades locales, las instalaciones recreativas y la comunidad en general ya que requiere de un esfuerzo conjunto para proteger la salud pública y reducir los riesgos asociados con el uso de aguas recreativas.

7. Conclusiones

- Se identificó que los parámetros fisicoquímicos que presentan una relación con la presencia de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli* en piscinas de uso recreativo en Bogotá, corresponden a materia flotante, turbidez, pH, ácido cianúrico, alcalinidad, Aluminio, Bromo, Cloro y Amonio.
- Se definieron como parámetros de interés en el control de la aparición de *Pseudomonas sp* y *Escherichia coli* en piscinas de uso recreativo en Bogotá, el material flotante, turbidez, pH, ácido cianúrico, alcalinidad, Aluminio, Bromo, Cloro y Amonio, sobre los cuales se recomiendan medidas que tengan como base el monitoreo regular de estos parámetros, acompañados del seguimiento a la limpieza y mantenimiento adecuados de los sistemas de filtración, y la implementación de protocolos de limpieza y desinfección.
- Es importante implementar medidas con un enfoque integral hacia la gestión del agua en piscinas para proteger la salud pública y prevenir la propagación de enfermedades asociadas con estos microorganismos, mediante normativas que garanticen el cumplimiento de concentraciones mínimas y máximas, según sea el caso, para cada uno de los parámetros definidos y que a su vez permitan realizar una análisis del riesgo asociado a ellos.
- La educación del bañista en relación al uso adecuado de las piscinas (uso de duchas, uso de vestido de baño y gorro; no comer en las instalaciones, etc.), resalta la importancia de informar sobre los riesgos asociados con la contaminación del agua y la necesidad de seguir prácticas seguras para su uso precisando así medidas para mantener la calidad del agua en piscinas de uso recreativo en Bogotá.

8. Recomendaciones.

- Es importante mencionar que en la normatividad consultada se tuvo en cuenta únicamente el análisis de *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* para la realización de esta monografía, sin embargo, la misma normatividad incluye otros microorganismos de interés como heterótrofos, coliformes termotolerantes, *Cryptosporidium parvum* y *Giardia spp*, para el control de calidad del agua de las piscinas, lo que abre la ventana a buscar la relación de estos microorganismos con las variables fisicoquímicas para ampliar el alcance de este estudio a futuro fomentando la investigación continua de la calidad del agua en piscinas, especialmente en relación con la identificación de nuevos parámetros de interés y el desarrollo de innovaciones para control y monitoreo.
- Para garantizar la seguridad y salud de la población en entornos recreativos, es necesaria la implementación de normativas para el control de calidad del agua donde se tenga en cuenta los parámetros fisicoquímicos identificados por su relación con la presencia de *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* como lo son materia flotante, turbidez, pH, ácido cianúrico, alcalinidad, Aluminio, Bromo, Cloro, Amonio y el seguimiento a los microorganismos *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, indicando rangos aceptables en piscinas de recreación, periodicidad de los análisis estableciendo sanciones para aquellos que no cumplan con las regulaciones. Además, de contener procedimientos para el análisis del riesgo asociado a la contaminación microbiológica.
- Una vez identificados los parámetros de interés es importante establecer frecuencias de monitoreo de los mismos, de manera que se fortalezca el control y se puedan tomar acciones en la operación y mantenimiento de las piscinas, para así garantizar la calidad del agua de las piscinas y minimizar la aparición de enfermedades hídricas en la población que hace uso de ellas.
- Dentro de las actividades de mantenimiento es necesario implementar protocolos claros que permitan a los operadores establecer rutinas de mantenimiento. Estos protocolos deben incluir acciones encaminadas al fortalecimiento de los procesos

de filtración y desinfección, teniendo en cuenta que estos suelen estar relacionados con los parámetros físico químicos identificados que facilitan la aparición de los microorganismos *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*.

- La implementación de una correcta normatividad es de vital importancia ya que aborda directamente la gestión del agua en piscinas de uso recreativo, un aspecto crucial en la prevención de enfermedades asociadas con la contaminación microbiológica del agua. Al comprender y analizar los riesgos potenciales para la salud que pueden surgir en este entorno, se pueden establecer las bases para implementar medidas preventivas efectivas que protejan a la población de enfermedades transmitidas por el agua de uso recreativo.
- En relación a los usuarios de las piscinas es recomendable que se tomen acciones como evitar el consumo de alimentos dentro de los estanques, y se tomen duchas antes de realizar el ingreso a las instalaciones, así como evitar hacer uso de las piscinas cuando se presenten heridas y/o lesiones en la piel.

9. Referencias bibliográficas

1. Riaño, Noelia Cigüenza. “Piscina: El Nuevo Atractivo de Los Proyectos de Vivienda.” *El Tiempo*. [Internet]. 2022. [citado 2023 Oct 30]. Disponible en: www.eltiempo.com/economia/sectores/piscina-el-nuevo-atractivo-de-los-proyectos-de-vivienda-695005. Accessed 22 May 2024.
2. Decreto 554 de 2015 - Gestor Normativo. Función pública. [Internet]. 2015. [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61202>
3. Resolución 1618 de 2010. Ministerio de Protección Social. [Internet]. 2010 [citado 2023 Abr 25] Disponible en: <http://corpouraba.gov.co/sites/default/files/resolucion1618de2010.pdf>
4. Arocha J. Presencia de *Pseudomonas* y otras bacterias en piscinas. GYD Asesores en Salud Pública. [Internet]. 2019 [citado 2024 Abr 14]. Disponible en: <https://gyd-asesores.es/index.php/blog/item/192-presencia-de-pseudomonas-y-otras-bacterias-en-piscinas-medidas-correctoras-y-preventivas-a-aplicar>
5. Enfermedades transmitidas en aguas recreativas. Cdc.gov. [Internet]. 2021 [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/healthywater/swimming/esp/rwi-esp.html>
6. Evita incidentes en salud por el uso de piscinas en mal estado. Secretaría Distrital de Salud. [Internet]. 2017 [citado 2023 Nov 1]. Disponible en: http://www.saludcapital.gov.co/Paginas2/Noticia_Portal_Detalle.aspx?IP=306
7. Enfermedades Relacionadas Con Las Piscinas [Internet]. Aerobia. Aerobia Ambiental; 2021 [citado 2023 Jun 18]. Disponible en: <https://aerobia.es/enfermedades-relacionadas-con-las-piscinas#:~:text=Foliculitis%2C%20for%C3%BAnculo%20y%20%C3%A1ntrax,sus%20correspondientes%20puntos%20de%20drenaje>.
8. *E. coli*. Organización mundial de la salud.[Internet] 2018 [citado 2023 Oct 30]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
9. Estupiñán-Torres SM, Ávila de Navia SL, López Orozco YL, Martínez Méndez SL, Miranda Marín YY, Ortigón Puentes ADP. Aislamiento e identificación de *Pseudomonas* sp. y *Aeromonas* sp. en aguas de piscinas públicas de Bogotá, Colombia. 2017. [citado 2023 Jun 18]. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702017000100025

10. Agua de Piscina. Laboraguas S.A.S [Internet].(s.f) [citado 2023 Oct 30]. Disponible en: <https://www.laboraguas.com/agua-de-piscina>
11. Resolución 1510 de 2011 -Ministerio de Salud y Protección social. Secretaría Jurídica Distrital. [Internet]. 2011. [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=42808>
12. Inspección de instalación y funcionamiento de dispositivos de seguridad en piscinas y estructuras similares [Internet]. Iconotec. 2021 [citado el 21 de mayo de 2024]. Disponible en: https://www.iconotec.org/eval_conformidad/inspeccion-instalacion-y-funcionamiento-de-dispositivos-de-seguridad-en-piscinas-y-estructuras-similares-2/
13. Obón JM. Análisis microbiológico del agua. Uptc.es [Internet]. [Citado 2023 May 23]. Disponible en: https://www.upct.es/~minaees/analisis_microbiologico_aguas.pdf
14. Análisis De Situación De Salud (ASIS) Colombia, 2017 [Internet]. Ministerio de Salud. 2018 [citado 2023 Jun 30]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-nacional-2017.pdf>
15. Department of Public Health. California Department of Public Health [Internet]. Cdph.ca.gov. [citado el 12 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.cdph.ca.gov/Programs/CEH/DRSEM/Pages/EMB/RecreationalHealth/California-Swimming-Pool-Requirements.aspx>
16. Guías para la Calidad del Agua de piscinas. Organización Mundial de la Salud (OMS). [Internet]. 2016. [citado 2023 Jun 20].Disponible en: <https://es.scribd.com/document/470799925/La-Organizacion-Mundial-de-la-Salud>
17. State: Swimming pools and mineral baths. [citado el 12 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.sos.state.co.us/CCR/GenerateRulePdf.do?ruleVersionId=9173&fileName=5%20CCR%201003-5>
18. Smith, J. (2017). Estableciendo estándares para agua potable segura. Revista EPA, 5(2), 30-45. https://19january2021snapshot.epa.gov/espanol/preguntas-frecuentes-sobre-la-propuesta-norma-de-las-aguas-de-ee-uu_.html
19. Castillo K. Calidad del agua: características del agua y de la piscina. Academia. [Internet]. 2017 [citado 2023 Ago 22]. Disponible en:

https://www.academia.edu/35209923/CALIDAD_DEL_AGUA_caracteristicas_del_agua_y_de_piscina

20. Ley 1209 de 2008 - Gestor Normativo. Función pública. [Internet]. 2008. [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31442>
21. Equipos de medida y control de la calidad fisicoquímica del agua y el aire de piscinas. Hanna Instruments. [Internet]. [citado 2023 Nov 1]. Disponible en: <https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO4/Temas/deportes/PISCINAS%20I.pdf?hash=b4d06393a765cae2b7e4bacad5afdae0&idioma=CA>
22. Orellana, J. Tratamiento de las aguas. [Internet]. 2021 [citado 2023 Oct 28] Disponible en: https://www.firro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf
23. Arcos, M., Ávila, S., Estupiñan, S., Gómez, A. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua [Internet]. 2005 [citado 2024 Mayo 8] Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/nova/article/view/338/1214>
24. Prats G. 2005. Diagnóstico de enfermedades infecciosas. 33-68. Microbiología Clínica. Ed. Médica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.
25. Pinzón, A. Pseudomonas. Lapsus medicus. [Internet]. 2019 [citado 2024 Mayo 12]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1631/163161125012/html/>
26. (Costerton, J. W., Z. Lewandowski, D. DeBeer, D. Caldwell, D. Korber & G. James. 1994. Biofilms, the customized microniche. J. Bacteriol. 176: 2137-2142.)
27. Rodríguez-Angeles Guadalupe. Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. Salud pública Méx [revista en la Internet]. 2002 Sep [citado 2024 Mayo 12] ; 44(5): 464-475. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342002000500011&lng=es.
28. Enfermedades vehiculizadas por agua (EVA) e índice de riesgo de la calidad de agua (IRCA) en Colombia 2015. Instituto Nacional de Salud. [Internet]. 2016 [citado 2023 Nov 1]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacin%20SIVICAP/2016%20Enfermedades%20vehiculizadas%20por%20agua%202015.pdf>

29. Ley 9 de 1979 - Congreso de la República de Colombia. Secretaría Jurídica Distrital. [Internet]. 1979 [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>
30. Sánchez K, Villamil M. Relación Entre La Calidad Del Agua Distribuida Por La Empresa De Servicios Públicos De Viotá (Epv), Las Enfermedades Gastrointestinales Y Recomendaciones Para El Mejoramiento Del Servicio De Acueducto, En El Municipio De Viotá (Cundinamarca). Repositorio Universidad libre [Internet]. 2020 [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19723/TRABAJO%20DE%20GRADO%20BARAHONA%20SANCHEZ%20Y%20PARDO%20VILLAMIL.pdf?sequence=1>
31. Cinco parámetros del agua que hay que controlar en las piscinas. Blog de Eurosanex. [Internet]. 2016 [citado 2023 Ago 22] Disponible en: <https://www.grepool.com/tratamiento-de-agua/como-medir-los-parametros-del-agua-de-una-piscina>
32. Decreto 1594 de 1984 - Gestor Normativo. Función pública. [Internet]. 1984. [citado 2023 May 20]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18617>
33. Esteban, U. & Angélica, C. Estandarización técnica, administrativa y ambiental de las instalaciones acuáticas en la ciudad de Bogotá. Repositorio Universidad Distrital Francisco José de Caldas. [Internet]. 2019 [citado 2024 Mar 13]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/22157>
34. Resolución 2191 de 1991 - Secretaría Distrital de Salud. Secretaría Jurídica Distrital. [Internet]. 1991. [citado 2023 May 20]. Disponible en: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=661>
35. Romero J, Sánchez Y. Guía para el manejo y control de la calidad del agua en piscinas de uso público. Repositorio Digital Escuela Colombiana de Ingeniería. [Internet]. 2011 [citado 2024 Mar 13]. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/2231/Gu%C3%ADa%20para%20el%20manejo%20y%20control%20de%20la%20calidad%20del%20agua%20en%20piscinas%20de%20uso%20p%C3%ABlico.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
36. Medición de Ácido Cianúrico en piscinas [Internet]. Hannacolombia.com. [citado el 11 de mayo de 2024]. Disponible en:

- <https://www.hannacolombia.com/blog/post/812/medicion-acido-cianurico-en-piscinas>
37. Decreto 2171 de 2009 - Gestor Normativo. Función pública. [Internet]. 2009. [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36397>
 38. Llana S, Zarzoso M, Pérez P. Riesgos Para La Salud De La Natación En Piscinas Cloradas [Internet]. Archivos De Medicina Del Deporte. 2009 [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/revision_riesgos_130_130.pdf
 39. Rock C, Rivera B. La calidad del agua, *E. coli* y su salud. The University of Arizona.[Internet]. 2014 [citado 2023 Oct 30]. Disponible en: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
 40. Sistemas de desinfección más utilizados en piscinas. Filtración Piscinas [Internet]. 2013 [citado 2023 Ago 3]. Disponible en: <https://www.filtracionpiscinas.es/tratamiento-de-agua/sistemas-de-desinfeccion-mas-utilizados-en-piscinas>
 41. Recomendaciones para la apertura de la actividad en las piscinas tras la crisis de COVID-19. Ministerio de Sanidad Gobierno de España. [Internet]. 2020 [citado 2023 May 24]. Disponible en <https://www.torrelodones.es/images/areas/medioambiente/documentos/piscinas/recomendaciones-apertura-de-piscinas-tras-covid-19.pdf>
 42. Ley 373 de 1997 - Gestor Normativo. Función pública. [Internet]. 1997.[citado 2023 May 20]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=342>
 43. Vega D, Eficiencia de desinfección en piscinas de clima tropical: caso de estudio parque acuático piscilago, Girardot - Colombia. Repositorio Digital Escuela Colombiana de Ingeniería. [Internet]. 2018 [citado 2024 Mar 13]. Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/935>
 44. Resolución 1547 de 2020. Ministerio de Salud y Protección Social. [Internet]. 2020. [citado 2023 May 24]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución%20No.%201547%20de%202020.pdf

45. González RR. ¿Qué infecciones podemos contraer en las piscinas? The Conversation [Internet]. el 23 de julio de 2023 [citado el 11 de mayo de 2024]; Disponible en: <http://theconversation.com/que-infecciones-podemos-contraer-en-las-piscinas-209796>
46. Martínez R Albarado L. Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. [Internet]. 2013 [citado 2023 Oct 25]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482013000100005&lng=es
47. Ferromar P. Importancia de la alcalinidad en una piscina [Internet]. Piscinas Ferromar. 2024 [citado el 11 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.piscinasferromar.com/blog/importancia-de-la-alcalinidad-en-una-piscina/>
48. ¿Para qué sirve el sulfato de aluminio en las piscinas? [Internet]. Cupoola. 2022 [citado el 11 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://cupoola.com/para-que-sirve-sulfato-de-aluminio/>
49. ¿Huele a cloro? Mantén el control microbiológico de tu piscina [Internet]. Ambientalys. 2019 [citado el 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.ambientalys.com/cloro-amonio-piscinas>
50. Carrasquero Ferrer, S. J., Muñoz Colina, C. E., Tuvíñez Morales, P. C., Vargas Torres, R. D., Vargas Castellano, C. J., Marín Leal, J. C. Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de piscinas de dos complejos recreacionales y salud ambiental, [Internet]. 2016 [citado 2023 Oct 25] Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482016000200010
51. ¿Qué parámetros debo controlar para tener limpia mi piscina? [Internet]. Vadequimica.com. [citado el 13 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.vadequimica.com/vadepiscinas/blog/todos-los-articulos/piscina-que-parametros-del-agua-debemos-controlar.html>
52. Pseudomonas aeruginosa en el agua de spas y piscinas públicas. Microservices Fergo. [Internet]. 2021 [citado 2023 Nov 1]. Disponible en: <https://microservices.es/storage/1743/PSEUDOMONAS-AGUA-PISCINAS.-MICROSERVICES.-VERSION-1.0.-JULIO-2021.pdf>
53. Chacón M. Análisis Físico Y Químico De La Calidad Del Agua. Repositorio Universidad Santo Tomás. [Internet]. 2016 [citado 2023 May 23]. Disponible en:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33951/Capitulo1Analisisfisico2016MyriamChacon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

54. En Colombia se presentan 12 millones de casos de gastroenteritis viral al año. Ecoopsos EPS SAS. [Internet]. 2022 [citado 2023 May 24]. Disponible en: <https://ecoopsos.com.co/en-colombia-se-presentan-12-millones-de-casos-de-gastroenteritis-viral-al-ano/>
55. Galán L. Eficiencia de la cloración en la eliminación de Escherichia coli y coliformes totales en una piscina termal. Repositorio Digital Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. [Internet]. 2019. [citado 2023 Oct 25] Disponible en: <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/1122>
56. Herrero S. Formalización del concepto de salud a través de la lógica: impacto del lenguaje formal en las ciencias de la salud. [Internet]. 2016 [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2016000200006&lng=es
57. Instructivo De Aseo Y Mantenimiento De Piscinas. Comfenalco Santander. [Internet]. (s.f) [citado 2023 Oct 27]. Disponible en: https://www.comfenalcosantander.com.co/docus/Anexo_3_instructivo_protocolos.pdf
58. Jordán EA, Urrea HR, Burgos ÁE, Cisneros JC, Gimón J. Calidad bacteriológica del agua de las piscinas como un factor de riesgo para los deportes acuáticos.. Bol Malariol Salud Ambient [Internet]. 2021 [citado 2023 May 24] Disponible en: <http://iaes.edu.ve/iaespro/ojs/index.php/bmsa/article/view/141>
59. Lévano Vásquez J, García Sánchez-Montejo F, Campos Segovia A, Martínez-Villasante Alemán A, Arias Novas B. Foliculitis por Pseudomonas. Rev Pediatr Aten Primaria [Internet]. 2016 [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322016000400014&lng=es.
60. Mt FR, Mt FR, Benito M, Urcola F, Anguas A, Gash A, et al. Identificación en aguas recreativas de bacterias patógenas en amebas de vida libre, que actúan como nicho ecológico, mediante técnicas de biología molecular. Unizar.es. [Internet]. 2017 [citado el 24 de mayo de 2023]. Disponible en: https://zaguan.unizar.es/record/61850/files/texto_completo.pdf
61. Moreno Guerra, J. A., Solís, C. G., Vallejo Hernández, M. Á., Jesús, J. D., Alvarado, B., Mora, C. V., Cerón Ramírez, P. V., Antonio, M., & Aquino, S.. Síntesis, Estructura y Termoluminiscencia del ácido cianurico dopado con Eu³⁺. Iaea.org

- [Internet]. 2018 [citado 2023 Oct 28] Disponible en: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/51/012/51012356.pdf?r=1
62. Resolución 4498 de 2012. Ministerio de Salud y Protección social. [Internet]. 2012. [citado 2023 Abr 25]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion-4498-de-2012.PDF>
63. Rotger SC, Iriarte JMO. Vista de COVID-19. Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas. Diffundit@ Portal de Revistas Electrónicas. [Internet]. 2020 [citado 2023 Apr 24]. Disponible en: <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1064/956>
64. Sampieri, R Salazar I. Indicadores Bacterianos No Habituales De La Calidad De Agua En Piscinas. Ingenieroambiental.com [Internet]. [citado 2023 May 23]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/salazar.pdf>.
65. Fernández, C., & Baptista, L (2014). Metodología de la investigación (6a ed.). McGraw-Hill Interamericana. Principio del formulario https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf
66. Sanjuan L. Las principales enfermedades transmitidas en piscinas, ríos, lagos y océanos. AS.com. [Internet]. 2022 [citado 2023 Nov 1]. Disponible en: <https://as.com/actualidad/las-principales-enfermedades-transmitidas-en-piscinas-rios-lagos-y-oceanos-n/>
67. Tratamiento de piscinas [Internet] Lenntech.es. [citado el 11 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/piscina/tratamiento-piscinas.htm>
68. Truque PA. Armonización De Los Estándares De Agua Potable En Las Américas. Oas.org. [Internet] [citado 2024 May 22]. Disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>