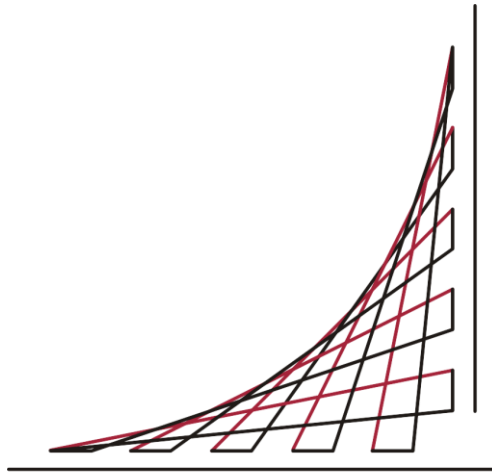


**ESTADO DEL ARTE DE LA LEGIONELLA PNEUMOPHILA EN AGUAS
TERMALES**



**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

MARTHA LILIANA ROJAS RAMÍREZ

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA “JULIO GARAVITO”
BOGOTÁ D.C.
2020**

**ESTADO DEL ARTE DE LA LEGIONELLA PNEUMOPHILA EN AGUAS
TERMALES**

MARTHA LILIANA ROJAS RAMÍREZ

TRABAJO DIRIGIDO DE PREGRADO EN INGENIERIA CIVIL

**DIRECTOR
ING. YULY ANDREA SÁNCHEZ LONDOÑO., I.C, ESP, MSc IC**

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA “JULIO GARAVITO”
BOGOTÁ D.C.**

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo dirigido titulado “ESTADO DEL ARTE DE LA LEGIONELLA PNEUMOPHILA EN AGUAS TERMALES” presentado por la estudiante de Ingeniería Civil MARTHA ROJAS RAMÍREZ, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito” para optar al título de Ingeniera Civil, fue aprobada por:

Director:



Ing. Yuly Andrea Sánchez Londoño

Bogotá, Junio 19 de 2020.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y mi hermana por su amor y apoyo incondicional.

A mi directora de tesis Yuly Sánchez por su dedicación, apoyo y compromiso con este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS	9
I. OBJETIVO GENERAL.....	9
II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
MARCO REFERENCIAL.....	10
I. Definición de aguas termales	10
II. Clasificación de aguas termales	10
i. Clasificación de las aguas termales de acuerdo con su origen geológico	10
ii. Clasificación de las aguas termales por su composición	10
iii. Clasificación de las aguas termales por su temperatura	11
iv. Clasificación de las aguas termales por el total de sólidos disueltos.....	11
METODOLOGÍA	12
ESTADO DEL ARTE.....	13
ANÁLISIS DE RESULTADOS	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	19
REFERENCIAS.....	20
ANEXOS	23

INTRODUCCIÓN

Las aguas termales en Colombia son aprovechadas con fines recreativos, terapéuticos y medicinales atribuyéndoseles beneficios a la salud al mejorar la presión sanguínea y la oxigenación o tratando enfermedades reumáticas, respiratorias y de la piel. Sin embargo, actualmente Colombia no cuenta con una normatividad que establezca los estándares mínimos de calidad y las actividades de control que se deben realizar en las aguas termales para garantizar condiciones óptimas al momento de su uso (Chivata, N., 2016).

El siguiente documento presenta un estado del arte de la *Legionella Pneumophila* en piscinas termales, con el fin de conocer la importancia de este patógeno en este tipo de aguas. Para ello, se realizó un estudio de la bibliografía relacionada con el tema, así como de normativa nacional e internacional. Dentro del marco legal, se realiza un resumen de la normativa existente en Colombia y a nivel internacional en países como España, Portugal, Francia, Italia, Reino Unido y las contempladas por la Organización Mundial de la Salud.

Las *Legionellas* son bacilos gramnegativos, no formadores de esporas, móviles, aeróbicos, que pueden vivir libremente o vivir dentro de amebas y otros protozoos o dentro de biopelículas. *Legionella spp.* son bacterias heterotróficas que se encuentran en una amplia gama de ambientes acuáticos y pueden proliferar a temperaturas superiores a los 25 ° C. Pueden estar presentes en grandes cantidades en balnearios naturales que usan agua termal, y también pueden crecer en jacuzzis mal mantenidos, equipos asociados y sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado. *Legionella spp.* también puede multiplicarse en materiales de filtro, carbón activado granular. Sin embargo, la exposición a *Legionella* se puede prevenir mediante la implementación de medidas básicas de manejo, que incluyen la filtración, el mantenimiento de un residuo desinfectante continuo en las bañeras de hidromasaje (donde no se usan desinfectantes, debe haber una alta tasa de dilución con agua dulce) y el mantenimiento físico, limpieza de todos los equipos naturales de spa, jacuzzi y piscina, incluidas las tuberías y unidades de aire acondicionado asociadas (WHO, 2006).

La transmisión de *Legionella* es aérea y la vía de entrada al organismo humano es a través del sistema respiratorio, fundamentalmente mediante la inhalación de aerosoles (dispersión de gotas de agua en el aire) conteniendo la bacteria, generados por sistemas de agua contaminados (Ausina et al., 2005) y puede causar dos posibles consecuencias clínicas, la enfermedad del legionario y la fiebre Pontiac, la primera es una causa poco común de neumonía y la segunda es la forma no neumónica, con síntomas similares a los de la gripa (Guyard, C. & Low, D., 2010, pp. 3).

En el capítulo 1, se describen los antecedentes y la justificación del estudio realizado; en el capítulo 2, los objetivos generales y específicos; en el capítulo 3 se presenta el marco referencial donde se describe que es un agua termal y su clasificación; en el capítulo 4, se encuentra la metodología; el capítulo 5 el estado del arte de las *Legionella Pneumophila* en aguas termales; en el capítulo 6 se realiza el análisis de resultados y finalmente en el capítulo 7 se presentan las conclusiones y recomendaciones.

El resultado de este estudio se presentó en el congreso de ingeniería ACOFI 2020 por medio del artículo titulado “Estado del arte de la *Legionella Pneumophila* en aguas termales”, para ser presentado en forma de ponencia y poster en el mes de Septiembre, (*ver anexo 2*).

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La *Legionella pneumophila* se ha asociado a brotes relacionados con sistemas hídricos artificiales deficientemente mantenidos, en particular torres de enfriamiento o condensadores de evaporación utilizados para sistemas de acondicionamiento de aire y refrigeración industrial, sistemas de agua fría y caliente en edificios públicos y privados e instalaciones de hidromasaje.

A nivel mundial, la *Legionella Pneumophila* transmitida por el agua, es la causa más común de casos de infección e incluso brotes epidémicos, causante de la enfermedad del legionario, que es un tipo de neumonía que puede poner en riesgo la vida de quien la adquiera (WHO, 2018).

Actualmente en el país, las aguas termales no tienen unos parámetros de calidad de agua específicos, debido a que el artículo 6 del Decreto 554 de 2015, del Ministerio de Salud y Protección Social establece “*Los parámetros generales físico - químicos y microbiológicos del agua no serán exigibles a los estanques que almacenen aguas termales y de usos terapéuticos. El Ministerio de Salud y Protección Social definirá dichos parámetros*”. Desde el año 2013 en el congreso de la república se ha venido radicando el proyecto de Ley 065, por medio del cual se promueve, se fomenta, se regula, se orienta y se controla el aprovechamiento turístico de los balnearios termales y el uso de aguas termales, pero aún no ha sido aprobado en la plenaria del Senado y no se cuenta con normativa vigente.

Por lo anterior, este estudio busca recopilar información acerca de la importancia de *Legionella Pneumophila* en aguas termales, bacteria que puede estar presente en los pozos termales de Colombia y a la cual no se le tiene un tratamiento estipulado en la norma; igualmente la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la Guía para Entornos Seguros de Agua Recreativa para piscinas y ambientes similares, determina que en ciertas circunstancias en algunos spas naturales que utilizan aguas termales y minerales, puede que no sea posible tratar el agua de la manera habitual (es decir, mediante reciclaje o desinfección) porque los agentes que se consideran beneficiosos, como el sulfuro, serían eliminados o deteriorados, lo que hace más complejo el establecimiento de pautas claras en temas de calidad en aguas termales.

OBJETIVOS

I. OBJETIVO GENERAL

- Realizar un análisis de revisión bibliográfica sobre la *Legionella Pneumophila* en aguas termales.

II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una recopilación bibliográfica detallada sobre la *Legionella Pneumophila* en aguas termales.
- Revisar y evaluar la existencia y contenido de normas nacionales e internacionales de la bacteria *Legionella Pneumophila* en aguas termales.
- Determinar posibles alternativas de tratamiento en caso de que se presente la *Legionella Pneumophila* en aguas termales.

MARCO REFERENCIAL

I. DEFINICIÓN DE AGUAS TERMALES

Son aguas minerales que salen del suelo 5°C más que la temperatura superficial, en Colombia se pueden encontrar con más frecuencia termales entre 20° y 60°C, que se distribuyen cerca de la cordillera oriental. Las aguas termales proceden de capas subterráneas de la Tierra que se encuentran a mayor temperatura, las cuales son ricas en diferentes componentes minerales y permiten su utilización en la terapéutica (*Maxe, M., 2015*). La característica general de las aguas termales, además de su elevada temperatura, es que se encuentran ionizadas, sobre todo con iones negativos que son los que le permiten al organismo la plena relajación (*Proyecto de Ley 065, 2017*).

II. CLASIFICACIÓN DE AGUAS TERMALES

La clasificación de las aguas termales como lo explica J.R. Fagundo, se puede hacer por diferentes criterios como: uso, origen, temperatura, mineralización, pH, caudal, mineralización global, composición química, acción fisiológica, actividad terapéutica etc.

i. Clasificación de las aguas termales de acuerdo con su origen geológico

Las aguas se pueden clasificar como superficiales y profundas, siendo las primeras de origen meteórico o marino, las cuales penetran el suelo hasta llegar a capas impermeables donde se almacenan y luego emergen por acción del desnivel o la existencia de grietas o fallas, captando los minerales a su paso; por otro lado las aguas profundas son aquellas de origen magmático o volcánico, las cuales presentan elementos minerales que evidencian su origen (*Fagundo et al., s.f.*)

ii. Clasificación de las aguas termales por su composición

Esta clasificación es muy amplia y se da en base a los minerales predominantes en las aguas (*Fagundo et al., s.f.*):

- **Sulfurosas:** Se dan por la abundancia de ácido sulfúrico y cálcico o sulfatos magnésicos y sódicos, acompañados generalmente por cloruro y sulfato de cal.
- **Cloruradas:** Los elementos de su mineralización son en mayor cantidad cloruro de sodio asociado a sulfatos, bicarbonatos alcalinos, bromuros, yoduros e incluso sulfuros.
- **Bicarbonatadas:** Son alcalinas, su mineralización se constituye por bicarbonatos alcalinotérreos con exceso de ácido carbónico, y se clasifican en Sódicas, Cálcicas y Mixtas.

- **Ferruginosas:** Obtienen su mineralización de los óxidos, hidratos, carbonatos y sulfuro de hierro; también pueden contener manganeso y arsénico y formar un grupo de ferroarsenicales.
- **Radiactivas:** Son las que emiten radiactividad natural desprendiendo partículas ionizantes debido a su contenido de radón, gas radioactivo de origen natural, pero que su concentración en las aguas termales no supone un riesgo para la salud.
- **Oligominerales:** En estas se presentan elementos con poca mineralización (en bajas concentraciones), pero pueden contener gran cantidad de microelementos como cobalto, vanadio, molibdeno, silicio, fósforo etc.

iii. Clasificación de las aguas termales por su temperatura

Partiendo de la definición de agua termal, la clasificación por temperatura se puede dar de distintas formas, algunas partiendo de la temperatura media anua del punto de emergencia y utilizando los prefijos hiper, hipo y orto y otras por el contrario por clasificaciones más simples definiéndolas solamente como frías, tibias, caliente y muy caliente; pero en general las aguas termales desde el punto de vista terapéutico se clasifican en (*Fagundo et al., s.f.*):

:

- Hipotermas: < 31°C
- Mesotermas: 31° - 40° C
- Hipertermas: > 40°C

iv. Clasificación de las aguas termales por el total de sólidos disueltos

Según su cantidad de solidos disueltos se dividen en (*Fagundo et al., s.f.*):

- Oligominerales: No superiores a 100 mg/l.
- De mineralización muy débil: Entre 100 y 250 mg/l.
- De mineralización débil: Entre 250 y 500 mg/l.
- De mineralización media: Entre 500 y 1000 mg/l.
- De mineralización fuerte: Superior a 1500 mg/l.

METODOLOGÍA

Para realizar el estado del arte de la *Legionella Pneumophila* en aguas termales se realizó una recopilación bibliográfica en diferentes bases de datos como: Scopus, Google Scholar, Science Direct, Organización Mundial de la Salud y literatura científica, utilizando criterios de búsqueda relacionados con: *Legionella Pneumophila* en hot spring y en thermal water, donde se encontraron alrededor de 120 artículos, en los cuales se presentaban temas de propagación de la bacteria, características de los ambientes donde es más propensa a presentarse y tratamientos de desinfección, así como análisis de muestras para la determinación de la presencia de la *Legionella Pneumophila*.

Para esos artículos, se realizó una clasificación de máximo 10 años de antigüedad y evaluación de la *Legionella Pneumophila* en aguas termales específicamente, así se eligieron alrededor de 22 artículos, con los cuales se realizó una matriz de recopilación bibliográfica especificando título, autor, abstract, metodología, conclusiones y referencia de cada uno, como se muestra en el anexo 1.

Tras esta investigación también se consultó normativa para aguas termales en diferentes países o ciudades, donde se buscaban las exigencias para los centros recreativos de agua termal respecto a la presencia o no de la bacteria, en los cuales se encontraron los valores aceptables en términos de Unidades Formadoras de Colonias para *Legionella Pneumophila* o por el contrario su ausencia total.

ESTADO DEL ARTE

La *Legionella pneumophila* fue identificada por primera vez en 1976 en Filadelfia, en la Convención de la Legión Americana donde participaban alrededor de 182 personas de las cuales 29 murieron (Ghraiiri et al., 2013).

El género *Legionella* se constituye por bacilos Gram negativos aerobios, incluidos hasta ahora en 59 especies que comprenden al menos 70 serogrupos, todos ellos considerados patógenos humanos potenciales, de los cuales la *Legionella Pneumophila* es la causa más común de legionelosis (Ghraiiri et al., 2013), la cual que puede ocurrir de dos formas: la enfermedad del legionario y la fiebre Pontiac, la primera es una causa poco común de neumonía con síntomas como escalofríos, dolor de cabeza, malestar y mialgia que afecta principalmente a personas con factores de riesgo como edad avanzada, fumar, inmunosupresión y enfermedades como diabetes que incrementan el riesgo; la segunda es la forma no neumónica, con síntomas similares a los de la gripa (Guyard, C. & Low, D., 2010, pp. 3).

La *Legionella* es una bacteria capaz de sobrevivir en diferentes ambientes, teniendo como temperatura optima el rango entre 20 °C y 45 °C, y soportando hasta los 70 °C (Forján et al., 2016), pero también se reconoce por ser capaz de sobrevivir en ambientes con poca disponibilidad de nutrientes, temperatura, oxígeno, salinidad y pH (Ohno et al., 2010), entrando en un estado de inactividad hasta encontrar condiciones más favorables (Ghraiiri et al., 2013). También se ha demostrado que la bacteria es capaz de invadir protozoos como *Naegleria*, *Acanthamoeba castelanii*, *Vahlkampfia* entre otros, y parasitar en ellos en ausencia de nutrientes de apoyo, aprovechándose así de la capacidad que estos tienen de entrar en estado quístico, para protegerse contra condiciones ambientales desfavorables como la desecación, el estrés osmótico, la falta de alimentos, el calor y los productos químicos biocidas (Taylor et al., 2009).

Las especies de legionela se encuentran en todo el mundo. Sus reservas naturales son sistemas de agua dulce como lagos, ríos o aguas termales donde pueden ser detectados en hasta el 80% de las muestras analizadas (Guyard, C. & Low, D., 2010, pp. 3).

Normalmente, la enfermedad del legionario no se produce como resultado de la exposición al agua en el medio natural como los lagos y los arroyos. Sin embargo, se han dado casos vinculados a la exposición en aguas termales y calefacción geotérmica, en Japón por ejemplo, los termales y baños públicos son las principales fuentes de infección (Guyard, C. & Low, D., 2010, pp. 3). Así mismo se tienen reportes de la presencia de estas bacterias en diferentes aguas termales alrededor del mundo, ya sea por casos de personas con la enfermedad del legionario, como sucedió en Estados Unidos en el Parque Nacional Hot Springs, donde se confirmaron 3 casos de los cuales uno falleció (Olsen E., 2019) o por muestreos directos en las piscinas termales, como lo demuestran los estudios realizados en Eritrea, África, donde

se encontraron rastros de ADN de diferentes especies de *Legionella* en las cinco aguas termales analizadas en las que la *Legionella Pneumophila* fue la bacteria patógena más común (Menghs et al., 2018). La distribución de *Legionella* a partir de siete áreas recreativas de aguas termales en todo Taiwán también mostró el predominio de *L. pneumophila* en un 25% de las muestras (Menghs et al., 2018).

La bacteria también se puede extender a diferentes ambientes creados por el hombre y colonizar sistemas de abastecimiento de ciudades a través de las redes de distribución de agua u otros sistemas donde sea necesario el uso de agua para su funcionamiento. El mal mantenimiento, estancamiento del agua, presencia de materia orgánica u otros elementos que sirvan de nutrientes y que favorezcan la aparición de la biocapa, facilitan el crecimiento de la *Legionella* en una cantidad tal que puede llegar a ser un riesgo para la salud (Real Decreto 865, 2003).

Reglamentación nacional e internacional para *Legionella Pneumophila* en aguas termales.

En Colombia, la normativa para las aguas termales es insuficiente y no se establecen parámetros de calidad del agua específicos. En el artículo 6 del Decreto 554 de 2015, del Ministerio de Salud y Protección Social se establece, “*Los parámetros generales físico - químicos y microbiológicos del agua no serán exigibles a los estanques que almacenen aguas termales y de usos terapéuticos. El Ministerio de Salud y Protección Social definirá dichos parámetros*”.

Actualmente no se conocen los parámetros requeridos para evaluar la calidad del agua termal, sólo existe un proyecto de ley en el cual se establece que el agua termal debe estar libre de microorganismos indicadores de contaminación y la bacteria *Legionella Pneumophila* (Proyecto de Ley 065, 2017).

Partiendo de esto, se consultó normativa internacional para identificar las medidas de seguridad y parámetros límite para la presencia de *Legionella Pneumophila*, de tal forma que no se vea en riesgo la salud de los usuarios y trabajadores de los centros termales.

En la recopilación de información, se identificó que algunos países hacen referencia a guías para la presencia de *Legionella Pneumophila* en el agua en general incluyendo las aguas recreativas y termales, como se puede observar en la *Tabla 1*, donde se recopiló información de Dubái, Reino Unido, Italia, Japón, Canadá, la OMS y una guía Europea general más reciente.

GUÍAS							
ZONA	DUBAI	JAPÓN	REINO UNIDO	ITALIA	OMS	CANADÁ	EUROPA
REGULACIÓN	Directrices para el control de la legionela en los sistemas de agua.	Directrices del Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón, para la concentración de L. Pneumophila.	Enfermedad del legionario Orientación técnica de Salud y Seguridad.	Guía para la prevención y el control de la legionelosis.	Directrices para la seguridad de los ambientes acuáticos recreativos.	Pautas para la calidad del agua recreativa canadiense.	Directrices técnicas europeas para la prevención, el control y la investigación de las especies de legionela.
AÑO	2010	2013	2014	2015	2006	2010	2017
PARÁMETRO							
<i>Legionella Pneumophila</i>	< 100 UFC/L	<10 UFC/100 ml.	< 100 UFC/L	< 100 UFC/L	<1/100 ml.	Libre de patógenos	Libre de patógenos

Tabla 1. Guías para la Legionella Pneumophila.

En otros países como Portugal, España y Francia se establecen parámetros para la Legionella Pneumophila (Ver Tabla 2).

NORMATIVA			
ZONA	PORTUGAL	ESPAÑA	FRANCIA
REGULACIÓN	MINISTERIOS DE ECONOMÍA Y SALUD Orden N.º 1220/2000 del 29 de diciembre	Ministerio de Sanidad y Consumo «BOE» núm. 171, de 18 de julio de 2003	Orden de 1 de febrero de 2010 relativa a la vigilancia de la Legionella en las instalaciones de producción, almacenamiento y distribución de agua caliente sanitaria
AÑO	2000	2003	2010
PARÁMETRO			
<i>Legionella Pneumophila</i>	Libre de patógenos	< 100 UFC/L	< 100 UFC/L

Tabla 2. Normativa para Legionella Pneumophila.

El control de *Legionella* sigue principios generales similares a los planes de seguridad del agua aplicados a los suministros de agua potable, aunque en este caso, la responsabilidad principal no recaerá en el proveedor de agua. Las autoridades responsables de la regulación de las instalaciones recreativas deben garantizar la implementación de los planes de seguridad, y dichos planes deben abordar no solo las piscinas y los jacuzzis, sino también otros sistemas de agua, incluidas las torres de enfriamiento y los condensadores evaporativos que operan en estas instalaciones. Como los planes de seguridad se limitan a las instalaciones recreativas y la respuesta a la dosis no se describe fácilmente, se deben definir medidas de control adecuadas en términos de prácticas que han demostrado ser efectivas (*WHO, 2006*).

Las medidas de control importantes incluyen un diseño apropiado, para minimizar el área de superficie disponible dentro del sistema de piscinas y jacuzzis y las tuberías asociadas para reducir el área de posible colonización bacteriana, asegurando una desinfección adecuada residual en piscinas y bañeras de hidromasaje, mantenimiento y limpieza adecuados de los equipos y ventilación adecuada (*WHO, 2006*).

La colonización por *Legionella spp.* de los sistemas de agua es difícil de erradicar debido a la resistencia de estos microorganismos a los tratamientos de desinfección física y química más comúnmente aplicados. Además, la composición química peculiar del agua del spa que determina sus propiedades terapéuticas impide el uso de desinfectantes químicos tradicionales que modificarían sus características al generar compuestos insolubles no deseados y / o subproductos de desinfección potencialmente tóxicos (*Leoni, et al., 2015*).

Para los procesos de desinfección en aguas termales se puede recurrir a métodos no oxidativos como:

i. Intercambio de agua

Este método consiste en realizar el reemplazo de agua termal, debido a que los balnearios requieren de métodos no oxidativos de tratamiento de agua (*Sánchez, Y. & Rodríguez, C., 2019*).

ii. Ozono

La ozonización de un agua es un proceso químico que tiene como objetivo oxidar la materia orgánica y reducir el contenido de microorganismos, a través de la oxidación de sus membranas celulares (*Camarena, G. & Ríos, D., 2013*).

iii. Radiación UV

Al igual que el ozono, el proceso de radiación UV purifica el agua que circula, sin dejar un desinfectante residual. Inactiva los microorganismos y descompone algunos contaminantes (por ejemplo, cloraminas) por fotooxidación, disminuyendo la demanda de oxidantes del agua purificada (*WHO, 2006*).

Para que los rayos UV sean más efectivos, el agua debe tratarse previamente para eliminar las partículas que causan turbidez que impiden la penetración de la radiación UV o absorben la energía UV. Las lámparas UV deben limpiarse periódicamente, ya que las sustancias que se acumulan en las lámparas reducirán su eficacia de inactivación de patógenos con el tiempo (WHO, 2006).

Un estudio realizado en un agua termal sulfurosa en Italia muestra resultados favorables para la erradicación de *Legionella Pneumophila* tras la combinación de radiación UV con microfiltración, donde también se comprobó que las principales características fisicoquímicas del agua termal no fueron alteradas tras el proceso; esto representa una ventaja importante en un agua que debe sus propiedades terapéuticas al contenido natural de las sustancias químicas disueltas. Otro tipo de tratamiento podría inferir con estas sustancias naturales. Los desinfectantes químicos, por ejemplo, podrían dejar rastros de desinfectante residual en el agua y generar subproductos de desinfección. Además, el proceso combinado de adsorción de carbón activado por ultrafiltración utilizado para el tratamiento del agua de la piscina no se puede aplicar al agua sulfurosa utilizada con fines terapéuticos, ya que el proceso de absorción conduciría a una eliminación significativa del contenido mineral disuelto. Del mismo modo, las altas temperaturas, que provocan la precipitación de los compuestos en solución, podrían alterar la composición del agua (Leoni, at al., 2015).

De igual forma existen otras formas de controlar el crecimiento de *Legionella Pneumophila*, en las cuales se incluye que los bañistas se duchen antes de ingresar a las piscinas termales, lo cual eliminará contaminantes como la transpiración, cosméticos y desechos orgánicos que pueden actuar como fuente de nutrientes para el crecimiento bacteriano y neutralizar los biocidas oxidantes; por otro lado la densidad de los bañistas y la duración de los jacuzzis también deben controlarse, por último se debe advertir a las personas de alto riesgo (como aquellas con enfermedad pulmonar crónica) sobre los riesgos de exposición a la Legionella en piscinas o jacuzzis (WHO, 2006).

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según la información presentada se puede ver que en Colombia la regulación para aguas termales es nula, a pesar de que actualmente se tiene el proyecto de Ley 065 del 2017, el cual busca fomentar, orientar y regular el uso y aprovechamiento sostenible de las aguas termales, así como controlar su utilización en balnearios promoviendo su uso en turismo de bienestar.

El proyecto de ley está más enfocado al turismo que a la calidad del agua termal, debido a que solo se establece un artículo donde se menciona que las aguas termales deben estar exentas de microorganismos indicadores de contaminación, así como de la bacteria *Legionella Pneumophila*, por ser un riesgo para la salud.

Al revisar la normativa internacional, se encontraron criterios claros respecto al tratamiento de esta bacteria, en las cuales se determinan las directrices para el tratamiento del agua, ya sea para prevenir el crecimiento de la *Legionella* o para erradicarla del agua. En la mayoría de los casos se estipula que las aguas termales tienen un tratamiento diferente a las piscinas habituales por considerarse aguas naturales, pero no se presenta una distinción respecto a estas en los límites respecto a la presencia de *Legionella* en términos de unidades formadoras de colonias (UFC) aceptables.

Para algunos países es permitida una cantidad de *Legionella Pneumophila* menor a 100UFC/L de agua como es el caso de Italia, Reino Unido, España y Francia (ver Tabla 1); en otros como Canadá y Brasil, por el contrario se exige que el agua este libre de agentes patógenos. Por lo cual no se encuentra un único valor respecto a esta bacteria y su manejo depende exclusivamente de las entidades gubernamentales de cada lugar, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos las medidas tomadas van siguiendo los lineamientos de la OMS para el manejo y control de la *Legionella Pneumophila*.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La bacteria *Legionella Pneumophila* puede estar presente en ambientes acuáticos como lagos y arroyos pero al tener un rango de temperaturas óptimo para su crecimiento entre los 25° y 40°C las aguas termales constituyen un medio ideal para el crecimiento de esta bacteria.

Por razones culturales, en Colombia las personas que acuden a piscinas termales en su mayoría presentan algún tipo de enfermedad y visitan estos lugares dadas las propiedades medicinales atribuidas a estas aguas, haciéndolas más vulnerables a contraer infecciones por *Legionella Pneumophila*; por lo que es fundamental que en el país se realicen estudios sobre esta bacteria y se determinen protocolos adecuados para determinar su presencia tanto en fuentes hídricas como en pacientes y así poder tomar medidas correctivas acertadas para cada caso.

Por las características geográficas y geológicas del territorio colombiano se pueden encontrar diferentes tipos de fuentes termales, por lo que los tratamientos para eliminar o prevenir el crecimiento de la bacteria *Legionella Pneumophila* deben hacerse teniendo en cuenta las características de cada agua termal en particular, para que se garantice su efectividad en la eliminación de la bacteria, así como el menor cambio a la composición fisicoquímica de las piscinas termales.

Por su naturaleza, la *Legionella Pneumophila* puede habitar dentro de amebas u otros protozoos, aprovechándose de la capacidad de estos organismos de entrar en estado quístico en ambientes desfavorables, lo cual le proporciona a la bacteria mayor resistencia a tratamientos de desinfección comunes y dificulta su remoción.

Los establecimientos balnearios que presten servicios en donde se utilicen fuentes de agua termal, deben contar con estrictas medidas de mantenimiento y limpieza de sus instalaciones, así como medidas para los bañistas, para evitar que sustancias externas entren en contacto con el agua y permitan la proliferación de bacterias.

REFERENCIAS

Artículo 6, Decreto 554. (2015). Ministerio de Salud y Protección Social. Bogotá, Colombia.

Ausina, V., Catalán, V., Cercenado, E., Pelaz, C. (2005). *Diagnóstico Microbiológico y Control de Legionelosis*. Procedimientos en Microbiología Clínica (pp. 3). España.

Camarena, G. & Ríos, D. (2013). *Aislamiento y Determinación de la Cinética de Inactivación de la Escherichia Coli con Ozono a Nivel Laboratorio [Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú.

Chivata, N. (2016). *Determinación de Presencia de Pseudomona Aeruginosa y Medidas de Control en Aguas Termales [Tesis de Maestría]*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá.

Departamento de Seguridad y Salud Pública. (2010). *Directrices para el control de la legionela en los sistemas de agua*. Dubái.

Fagundo, J., Cima, A. & González, P. (s. f). *Revisión Bibliográfica sobre Clasificación de las Aguas Minerales y Mineromedicinales*. Infomed de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/clasificacion_aguas_minerales.pdf

Forján, E., García, M., Piñero, A., Forján, M. & Carrasco, R. (2016). *Aspectos para considerar en una actualización de la normativa nacional en materia de legionelosis*. SciELO, Volumen (57).

Ghraiiri, T., Chaftar, N., Jarraud, S., Berjeaud, J., Hani, K. & Frere, J. (2013, Febrero 4). *Diversity of legionellae strains from Tunisian hot spring water*. Elsevier, Volumen (164), pp. 342-350.

Grupo de trabajo europeo para las infecciones por Legionela. (2017). *Directrices técnicas europeas para la prevención, el control y la investigación de las especies de legionela*. Europa.

Guyard, C. & Low, D. (2010, 16 Junio). *Legionella infections and travel associated legionellosis*. Elsevier, Volumen (9), pp. 176-186.

Inventario Nacional de Manifestaciones Hidrotermales. Servicio Geológico Colombiano de <http://hidrotermales.sgc.gov.co/invtermales/>

Leoni, E., Sanna, T., Zanetti, F. & Dallolio, L. (2015). *Controlling Legionella and Pseudomonas aeruginosa re-growth in therapeutic spas: implementation of physical disinfection treatments, including UV/ultrafiltration, in a respiratory hydrotherapy system*. J. Water and Health, pp. 996- 1005.

Maxe, M. (2015, Mayo 9). *Estudio de la calidad físico-química y mineromedicinal del agua termal de los Baños del Inca*. UCV-HACER. Revista de Investigación y Cultura, volumen (4), pp. 38-42.

Menghs G., Iddi B., Elikana A., Mehari T. & Budambula N., (2018). *Potential human pathogenic bacteria in five hot springs in Eritrea revealed by next generation sequencing*. PloS One de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194554>

Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar. (2013). *Directrices para la concentración de L. pneumophila*. Japón.

Ministerio de Salud. (2010). *Pautas para la calidad del agua recreativa canadiense*. Canadá.

Ministerio de Salud. (2015). *Guía para la prevención y el control de la legionelosis*. Italia.

Ohno, A., Kato, N., Yamada, K. & Yamaguchi, K. (2010). *Factors Influencing Survival of Legionella pneumophila Serotype 1 in Hot Spring Water and Tap Water*. Applied and Environmental Microbiology, Volumen (69), pp. 2540-2547.

Olsen E., (2019, Noviembre 4). *Brotos de aguas termales en el complejo para personas mayores, baños*. Siegel Brill PA Attorneys at Law de <https://www.legionnairesdiseasenews.com/2019/11/hot-springs-outbreaks-legionnaires/>

Orden N.º1. (2010, Febrero). *Relativa a la vigilancia de la Legionella en las instalaciones de producción, almacenamiento y distribución de agua caliente sanitaria*. Francia.

Orden N.º 1220. (2000, Diciembre 29). *Ministerios de Economía y Salud*. Portugal.

Proyecto de Ley 065. (2017). Senado de la República de Colombia. Bogotá, Colombia.

Real Decreto 865. (2003, Julio 4). *Por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis*. Ministerio de Sanidad y Consumo «BOE» núm. 171. España.

Rice, R. (1995). *Chemistries of ozone for municipal pool and spa water treatment*. Journal of the Swimming Pool and Spa Industry, pp. 25–44.

Servicio Nacional de Salud. (2014). *Enfermedad del legionario Orientación técnica de Salud y Seguridad*. Reino Unido.

Taylor, M., Ross, K. & Bentham, R. (2009, Abril 14). *Legionella, Protozoa, and Biofilms: Interactions Within Complex Microbial Systems*. Microb Ecol, pp. 538-547.

Sánchez, Y. & Rodríguez, C. (2019). *Estado del Arte de la Calidad del Agua Termal*. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería 2019. ACOFI.

World Health Organization, WHO. (2006). Microbial Hazards. Guidelines for safe recreational water environments (Vol 2, pp. 40-41).

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de recopilación bibliográfica.

Anexo 2: Memorias de congreso ACOFI 2020.