

Calidad microbiológica de las aguas termales del balneario “El Tingo”. Pichincha. Ecuador

Microbial Quality of the Thermal Waters of the Spa “El Tingo”. Pichincha. Ecuador

Félix Andueza^{1,3}, Santiago Chaucala¹, Raúl Vinueza², Sandra Escobar², Gerardo Medina-Ramírez^{2,3} y Judith Araque^{1,3}.

1. Escuela de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleo y Ambiental. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador.

2. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba. Ecuador.

3. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.

<http://dx.doi.org/10.30827/ars.v6i1i.8378>

Artículo original Original Article

Correspondencia Correspondence

Félix Andueza. Avenida Lagasca con Jerónimo Leitón. Ciudadela universitaria. Facultad FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador.
Correo electrónico: fdandueza@uce.edu.ec

Financiación Fundings

Financiamiento por parte de la Dirección de Investigación de la Universidad Central del Ecuador. Proyecto avanzado 11 Año 2017

Conflicto de interés Competing interest

Los autores dejan constancias que no existe ningún tipo de conflicto de intereses con la investigación realizada y los resultados expresados en el presente artículo.

Agradecimientos Acknowledgements

A la Dirección de Investigación de la Universidad Central del Ecuador y a la FIGEMPA por la ayuda otorgada

Received: 12.12.2018
Accepted: 24.10.2019

RESUMEN

Objetivo: El propósito del trabajo fue determinar la calidad microbiológica del agua termal del Balneario “El Tingo”, situado a 2500 msnm, Provincia de Pichincha, Ecuador.

Materiales y Métodos: Se realizaron cuatro muestreos en diferentes épocas del año y en dos zonas del Balneario. Se determinaron “*in situ*” los parámetros fisicoquímicos (conductividad, dureza, oxígeno disuelto, pH y temperatura). La cuantificación de bacterias heterótrofas, coliformes y hongos se hizo en medios de cultivos específicos para cada grupo microbiano. La identificación de las cepas bacterianas aisladas se realizó de acuerdo con lo indicado por MacFaddin (2004).

Resultados: Los resultados indican que el agua termal del Tingo se clasifica como de conductividad muy fuerte, mineralización excesiva, aguas muy duras, con muy poco oxígeno disuelto, pH neutro e hipertermales. El conteo promedio de bacterias heterótrofas en el agua contenida en la cisterna del balneario fue de $2,10 \times 10^2$ UFC/mL, coliformes totales de $0,30 \times 10$ UFC/mL y hongos $1,00 \times 10$ UFC/mL. Para las duchas de agua termal los valores promedios fueron de $2,42 \times 10^2$ UFC/mL de bacterias heterótrofas, $0,85 \times 10$ UFC/mL coliformes totales y $0,68 \times 10$ UFC/mL de hongos. No se detectó la presencia de *Escherichia coli* en ninguna de las muestras analizadas. Se identificaron 14 cepas Gram negativas de los géneros *Aeromonas*, *Burkholderia*, *Citrobacter* y *Pseudomonas*, 5 Gram positivas de los géneros *Bacillus* y *Staphylococcus* y 2 cepas fúngicas del género *Aspergillus*.

Conclusiones: Los resultados obtenidos demuestran una población microbiana escasa y poco diversa, lo que implica una buena calidad del agua y de los acuíferos.

Palabras claves: Microbiología del Agua; Calidad del agua.; Aguas termales; Balneario “El Tingo”.

ABSTRACT

Objective: The purpose of research was determining the microbiological quality of the thermal water of the “El Tingo” Spa, located at 2500 msnm, Pichincha Province, Ecuador.

Methods: Four samplings were carried out at different times of the year and in two areas of the Spa. The physicochemical parameters (conductivity, hardness, dissolved oxygen, pH, dissolved solids and temperature) were determined “*in situ*”. The heterotrophic bacteria, coliforms and molds was determined, as well as the identification of the isolated strains according to the indicated by MacFaddin (2004).

Results: The Tingo thermal water is classified as very strong conductivity, excessive mineralization, very hard water, with very little dissolved oxygen, neutral pH and hyperthermal. The average count of heterotrophic bacteria in the water contained in the cistern of the spa were 2.10×10^2 CFU / mL, coliforms 0.30×10 CFU / mL and fungi 1.00×10 CFU / mL. For the thermal water showers, the average values were 2.42×10^2 CFU/ mL of heterotrophic bacteria, 0.85×10 CFU / mL coliforms and 0.68×10 CFU/ mL fungi. *Escherichia coli* were not detected in any of the samples. It was possible to identify 14 Gram negative strains of the genus *Aeromonas*, *Burkholderia*, *Citrobacter* and *Pseudomonas*, 5 Gram positive of the genera *Bacillus* and *Staphylococcus* and 2 fungal strains of the genus *Aspergillus*.

Conclusions: The results obtained show little and not very diverse microbial population, which implies a good quality of water and aquifers.

Keywords: Water Microbiology; Water Quality; Thermal Water; Spa "El Tingo";

INTRODUCCIÓN

El uso de las fuentes de aguas termales como medicina para restaurar la salud se remonta a siglos atrás⁽¹⁾ y en Ecuador, donde existe una gran cantidad de éstas, se vienen utilizado desde tiempos remotos como medicamentos de una forma empírica⁽²⁾. A pesar de este conocimiento ancestral son pocos los estudios que se han realizados en el Ecuador sobre estos ecosistemas.

El Ecuador es un país privilegiado en cuanto a la presencia de manantiales de aguas termales, especialmente localizadas en el callejón interandino. El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) ha inventariado alrededor de 98 fuentes de aguas termales⁽³⁾.

Por las características fisicoquímicas de las aguas termales, es poco común que sean habitadas por una gran variedad de seres vivos, no obstante, estas mismas características dan lugar al crecimiento de ciertos microorganismos que son propios de estos ambientes y que a lo largo de la evolución se han adaptado a las condiciones extremas de estos ecosistemas⁽⁴⁾.

La calidad microbiológica de las aguas termales no se conoce en la mayoría de los casos en el Ecuador, aunque se postula que debido a que son hábitats de condiciones extremas en temperatura, pH, radiación solar y concentraciones iónicas elevadas, su calidad sanitaria debe ser buena⁽⁵⁾.

En los últimos años se ha dado una afluencia masiva de la población hacia los sitios donde se ubican los manantiales de aguas termales. Esta población acude a estos lugares para aliviar sus dolencias dado los efectos saludables de estas aguas en la salud de las personas, además de disfrutar de un momento para el descanso y el esparcimiento. Sin embargo, en la mayoría de estos ecosistemas se desconoce la calidad sanitaria y microbiológica, por lo que se hace imprescindible evaluar el riesgo sanitario que pueden correr las personas que hacen uso de estas aguas, sobre todo teniendo en cuenta que pueden tratarse de personas mayores, enfermas o con su sistema inmunológico debilitado.

El objetivo de la presente investigación fue estudiar la calidad microbiológica de las aguas termales del balneario "El Tingo" en la provincia de Pichincha para conocer el estado sanitario en que se encuentran y como podrían influir en la salud de las personas que concurren a este balneario.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Muestras

Las fuentes termales del balneario "El Tingo" se encuentran ubicadas en Sangolquí, en la provincia de Pichincha, al oriente de Quito, a 40 minutos de esta ciudad (Figura 1).



Figura 1. Ubicación del balneario El Tingo (Google Earth)

El balneario se surte de manantiales de agua tipo hipertermal y bicarbonatadas sódicas que poseen una temperatura promedio de 43,8 °C. Son aguas mixtas de origen volcánico mezcladas con aguas de filtración o meteóricas. Sus propiedades son usadas para tratamientos de enfermedades como la arteriosclerosis, flebitis, reumatismo, enfermedades de la piel, neuritis y polineuritis, trastornos del climaterio, afecciones gastrointestinales, afecciones nerviosas, respiratorias y traumatismo^(3,6).

Puntos de toma de muestra:

A. La cisterna donde se almacena el agua termal del balneario (Figura 2)



Figura 2. Fotografía de la cisterna de almacenamiento de agua termal que surte el Balneario "El Tingo". Provincia de Pichincha, Ecuador

B. Las duchas por donde se vierte el agua termal (Figura 3).



Figura 3. Fotografía de las duchas de agua termal del Balneario "El Tingo". Provincia de Pichincha, Ecuador

2. Metodología

En cada uno de los puntos de muestreos seleccionados, se recolectaron de manera aséptica por triplicado, muestras de agua termal de un volumen de 250 mL, en recipientes de plástico estériles. Una vez recolectadas, las muestras de agua fueron transportadas hasta el laboratorio de Biología y Microbiología de la Universidad Central del Ecuador, de acuerdo con lo indicado en las normas ecuatorianas NTE-INEN-2-169⁽⁷⁾ y NTE-INEN-2-176⁽⁸⁾ sobre muestreo, manejo y conservación de muestras de agua.

Se realizaron cuatro muestreos en cada punto establecido, con una frecuencia de muestreo de cada 3 meses, durante un periodo de un año.

Los análisis fisicoquímicos "in situ" del agua termal se llevaron a cabo en cada una de las zonas seleccionadas para el muestreo con la ayuda del equipo multiparámetro (HANNA), siguiendo el protocolo y la metodología del equipo, se examinaron las muestras tomándose lectura de cada parámetro: pH, temperatura, conductividad, dureza, sólidos totales y oxígeno disuelto.

3. Recuento del número de bacterias heterótrofas, coliformes totales, *Escherichia coli* y hongos presentes en las muestras de agua del Balneario "El Tingo"

Para el recuento del número de bacterias heterótrofas, coliformes totales, *Escherichia coli* y hongos se utilizaron las placas 3M Petrifilm™ de acuerdo con lo indicado por la Association of Official Agricultural Chemists (AOAC)⁽⁹⁾. La incubación se realizó a 37°C/48h para las bacterias heterótrofas. En el caso de coliformes totales y *Escherichia coli* las condiciones de cultivo se realizó de acuerdo a las indicaciones 3M Petrifilm™. Para el recuento de los hongos la

incubación se hizo a 30°C durante 14 días. La interpretación para cada uno de los recuentos se realizó de acuerdo con los manuales de interpretación proporcionados por la empresa 3MPetrifilm⁽¹⁰⁾.

4. Identificación de las cepas microbianas aisladas

Tras el recuento microbiano se realizaron aislamientos bacterianos en TSA y en agar Sabouraud/cloranfenicol para los hongos. La incubación para el caso de las bacterias se realizó a 37°C/48h y para los hongos fue de 14 días a 30 °C.

Identificación bacteriana

Se realizaron tinciones de Gram y pruebas bioquímicas de acuerdo con los esquemas de MacFaddin⁽¹¹⁾ complementadas con las contenidas en el kit comercial de identificación bacteriana MICROGEN⁽¹²⁾ (Microgen, Bioproducts). Se consideró una buena identificación cuando los porcentajes de probabilidad de identificación arrojados por el software de MICROGEN (Microgen ID, versión 1.2.5.26) fueron superiores al 75%.

Identificación de hongos

Se realizaron observaciones macroscópicas en medio sólido (Sabouraud/cloranfenicol) y microscópicas tras tinción con azul de lactofenol de los frotis. Se realizaron estudios preliminares de las principales características morfológicas de las hifas y esporas de acuerdo con Pitt y Hocking^(13,14).

RESULTADOS

1. Análisis fisicoquímico

En la Tabla 1 se recogen los datos promedios de 4 mediciones correspondientes a las constantes fisicoquímicas tomadas "in situ" realizado en el agua de las dos zonas de muestreo ubicadas en el balneario "El Tingo". Provincia de Pichincha. Ecuador.

2. Recuento microbiano

Los resultados promedios obtenidos en el recuento de microorganismos presentes en los dos sitios de muestreos seleccionados en el balneario "El Tingo" Provincia de Pichincha. Ecuador, se resumen en la Tabla 2.

3. Identificación bacteriana

Los resultados obtenidos en la identificación de las colonias bacterianas aisladas de las muestras de agua del balneario "El Tingo" Provincia de Pichincha Ecuador se muestran en la Tabla 3.

Tabla 1: Valores obtenidos en el análisis fisicoquímico “*in situ*” realizado a las aguas del Balneario “El Tingo”. Provincia de Pichincha. Quito Ecuador

Parámetros	Cisternas de almacenamiento				Duchas			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Temperatura ambiente (°C)	22±0	21±0	23±0	23±0	21±0	22±0	23±0	23±0
Temperatura (°C)	40±0	41±0	42±0	42±0	40±0	41±0	39±0	39±0
pH	7,3±0,2	7,5±0,05	7,4±0,1	7,4±0,05	7,3±0,1	7,4±0,1	7,3±0,2	7,4±0,1
Conductividad (mS/cm)	3,030±0,6	3,033±0,6	3,032±1	3,030±1,2	3,050±0,7	3,052±0,6	3,051±0,5	3,050±1,1
O ² disuelto (mg/L)	2,40±0,01	2,42±0,005	2,42±0,01	2,40±0,01	2,50±0,03	2,47±0,03	2,48±0,01	2,50±0,01
Saturación de O ² (%)	31,3±1,75	31,2±2,51	31,3±3,0	31,3±0,35	53,1±0,1	53,5±1,9	54,0±0,36	53,5±0,1
Sólidos totales (ppm)	1506±0,57	1505±2,5	1508±1,0	1512±1,52	1503±1,52	1503±1,2	1505±4,0	1503±0,5

Muestras: M1: 28/01/2018; M2: 28/04/2018; M3: 29/07/2018; M4: 28/10/2018

Tabla 2: Recuento microbiano del agua del Balneario “El Tingo” Provincia de Pichincha. Quito Ecuador

Parámetro	Cisterna de almacenamiento				Duchas			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Bacterias heterótrofas (UFC/mL)	2,1x10 ² ±6,02	2,2x10 ² ±9,5	2,0x10 ² ±13,5	2,1x10 ² ±1,53	2,3x10 ² ±1,0	2,5x10 ² ±2,5	2,6x10 ² ±5,5	2,3x10 ² ±1,0
Coliformes Totales (UFC/mL)	0,5x10±0,1	0	0,7x10±0,1	0	1,5x10±0,76	0	1,9x10±0,61	0
<i>E.coli</i> (UFC/mL)	0	0	0	0	0	0	0	0
Hongos (UFC/mL)	2,0x10±0,1	1,0x10±0,4	0,8x10±0,15	0,3x10±0,01	0,7x10±0,51	1,1x10±0,1	0,9x10±0,15	0

Muestras: M1: 28/01/2018; M2: 28/04/2018. M3: 29/07/2018. M4: 28/10/2018

Tabla 3: Identificación de las colonias microbianas del agua termal del balneario "El Tingo". Provincia de Pichincha. Ecuador

Bacterias	Especie microbiana	Numero de cepas	Frecuencia de aislamiento (%)
Gram negativas	8	14	66,66
	<i>Aeromonas veronii</i>	4	19,16
	<i>Aeromonas hydrophila</i>	2	9,50
	<i>Aeromonas sobria</i>	2	9,50
	<i>Burkholderia cepacia</i>	1	4,75
	<i>Citrobacter freundii</i>	1	4,75
	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	2	9,50
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	4,75
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1	4,75
Gram positivas	3	5	23,80
	<i>Bacillus spp</i>	1	4,75
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	1	4,75
	<i>Staphylococcus saprofiticus</i>	3	14,30
Hongos	1	2	9,50
	<i>Aspergillus spp.</i>	2	9,50

DISCUSIÓN

La temperatura promedio del agua contenida en la cisterna del balneario "El Tingo" fue de 41,3°C, valor que clasificaría a este tipo de agua como agua hipertermal. En el punto de las duchas, las muestras de aguas muestran valores promedios de 38,6°C, por lo cual se las clasifica como aguas termales. Esta clasificación tomó como base el estudio realizado por el Inamhi para aguas termales del Ecuador⁽³⁾. Estudios realizados por el INAMHI⁽³⁾ indicaron una temperatura para esta agua termal de 43,8°C, 2,5°C más alta que los valores observados en el presente trabajo. Esta diferencia en los valores de temperatura puede ser debida a las condiciones de temperatura ambiental en las que se tomaron los datos, sin embargo, no es relevante puesto que se encuentran dentro de los límites de un agua hipertermal, según la clasificación de Scholler que clasifica como hipertermales aguas con temperaturas entre 41-100°C⁽³⁾. La temperatura del Balneario "El Tingo" se asemeja a la de otros balnearios de aguas termales ecuatorianos como son los Balnearios de: "El Salado" (Provincia de Cotopaxi), "Aluchán" (Tungurahua), "Chachimbiro" (Imbabura), "Rumichaca" (Carchi) y "Baños de San Vicente" (Tungurahua), con temperatu-

ras de 45°C, 41°C, 40,8°C, 39°C y 37,3°C, respectivamente^(3,6). Fenómenos del subsuelo profundo pueden dar lugar a aguas homotérmicas que hacen que la temperatura se mantenga constante a lo largo del año y también pueden originar aguas heterotérmicas que presentan variaciones estacionales⁽¹⁵⁾. En cualquier caso, se deberían hacer mediciones periódicas para detectar cualquier anomalía.

Otro parámetro importante para el crecimiento de los microorganismos es el pH. Se realizaron medidas directas tanto en el agua de la cisterna como el agua de las duchas, se determinó un pH de 7,40 en el agua de la cisterna y un pH de 7,35 para el agua de las duchas, (Tabla 1), ambos ligeramente alcalinos. Burbano y colaboradores en el año 2013 señalan un pH de 6,98 para el agua de este balneario⁽³⁾. La mayoría de las bacterias pueden crecer a pH comprendido entre 5,5 y 8,0, por lo cual se puede afirmar que el agua termal del Balneario "El Tingo" tiene las condiciones óptimas de pH para el crecimiento de determinados microorganismos. De acuerdo con la normativa ecuatoriana sobre los criterios de calidad para aguas de contacto primario destinadas para fines recreativos del Ecuador, éstas deben considerar pH entre 6,5 - 8,5; rango en el cual se encuentran

los datos obtenidos en el presente estudio⁽¹⁶⁾. Los valores de temperatura y pH son relevantes en este estudio ya que determinan cuales son las condiciones con las que debe contar el agua termal para que las bacterias autóctonas crezcan y se reproduzcan satisfactoriamente.

De igual forma, otro de los parámetros fisicoquímicos analizados fue la conductividad eléctrica, obteniendo valores promedio en la cisterna de 3,031 mS/cm y en el agua de las duchas de 3,051 mS/cm (Tabla 1). De acuerdo con Rodier (1998)⁽¹⁵⁾, las aguas con una conductividad eléctrica superior a 1,000 mS/cm serían consideradas de mineralización excesiva y no aptas para consumo. Los valores obtenidos en la conductividad eléctrica del agua del balneario "El Tingo" se comparan con las aguas de otros balnearios del Ecuador tales como: Balneario "Rumichaca" (Provincia de Carchi), "Aguas Calientes" (El Oro), "Panzaleo" (Cotopaxi) y "Palitahua" (Tungurahua) con conductividades eléctricas de 3,040, 3,430, 3,130 y 3,000 mS/cm en sus aguas respectivamente^(3,6).

En relación con los valores promedios obtenidos del oxígeno disuelto, según se observa en la tabla 1, existe una cantidad promedio menor a 2,45 mg/L en las aguas termales del balneario "El Tingo" (Pichincha, Ecuador). De acuerdo con lo estipulado en la normativa ecuatoriana sobre los criterios de calidad para aguas de contacto primario destinadas para fines recreativos⁽¹⁶⁾, el valor de este parámetro no debe ser menor a 6,00 mg/L, sin embargo, existen trabajos en donde se han detectado resultados iguales o menores de oxígeno disuelto a los expuestos^(3,6). Las posibles razones por las cuales el oxígeno en el agua tiende a disminuir son cuando el agua está muy caliente o cuando existe gran cantidad de minerales, lo cual hace disminuir la solubilidad en el agua^(15,17).

Con respecto a los valores medios de sólidos totales disueltos de estas aguas termales se ha detectado un valor de 1.505 ppm, lo que indica que existe un aumento de sales minerales en las capas del suelo, justificando de este modo la disminución del nivel de oxígeno disuelto en el agua. Este aumento de sales puede deberse a la desintegración lenta de la roca madre, o pueden ser aportados por el viento y el agua que arrastran minerales de otras zonas erosionadas^(15,18).

Los resultados obtenidos en los parámetros fisicoquímicos evaluados en la presente investigación indican que el agua termal del balneario "El Tingo" (Pichincha, Ecuador) se consideraría como un agua hipertermal con una conductividad muy fuerte, mineralización excesiva, son aguas muy duras, con muy poco oxígeno disuelto y un pH neutro.

En los análisis microbiológicos los resultados muestran para el agua de la cisterna valores promedio de bacterias heterótrofas de $2,10 \times 10^2$ UFC/mL, bacterias coliformes totales de $0,30 \times 10$ UFC/mL y hongos de $1,00 \times 10$ UFC/mL. En ninguna de las muestras analizadas se detectó la presencia de *Escherichia coli*. Para el caso del agua de las duchas, los valores promedio obtenidos fueron para bacterias heterótrofas de $2,42 \times 10^2$ UFC/mL, bacterias coliformes totales de $0,85 \times 10$ UFC/mL y hongos de $0,68 \times 10$ UFC/mL. De igual forma, en este punto tampoco se detectó la presencia de *Escherichia coli*. El valor promedio total para el agua del balneario fue de $2,28 \times 10^2$ UFC/mL de bacterias heterótrofas, $0,58 \times 10$ UFC/mL para bacterias coliformes totales y $0,85 \times 10$ UFC/mL de hongos (Tabla 2).

En el estudio microbiológico de las aguas termales del balneario turístico "Yanayacu" realizado por Ramos en el año 2015, se obtuvo que la fuente de las aguas termales presentaba concentraciones de bacterias heterótrofas de $9,62 \times 10^2$ UFC/mL, coliformes totales de $7,80 \times 10$ UFC/mL y $0,75 \times 10$ UFC/mL de levaduras y no hubo presencia de hongos⁽¹⁹⁾. Al comparar los valores obtenidos por Ramos en el año 2015 con los del presente trabajo, se puede indicar que los valores del contaje microbiano del agua del balneario "El Tingo" son menores y ello puede estar relacionado a que existe una filtración del agua en la vertiente, al atravesar mantos de roca, características propias de un filtro natural.

Así mismo, en la investigación microbiológica de las aguas termales de la piscina de Guayllabamba realizado por Veintimilla en el año 2015, se obtuvo un valor de $1,00 \times 10^5$ UFC/mL de bacterias heterótrofas y $2,00$ UFC/mL de hongos⁽²⁰⁾. Estos resultados son altos respecto a los obtenidos en el presente trabajo, lo que mostraría que en el agua del balneario "El Tingo" es de buena calidad sanitaria y que las áreas de protección de los acuíferos son adecuadas para evitar una contaminación de estos.

El número de bacterias heterótrofas desde finales del siglo XIX ha sido utilizado como un indicador de calidad para todo tipo de aguas, entre ellas las aguas subterráneas y de manantiales, cifras inferiores a 500 UFC/mL indica una buena protección del acuífero y no representan un riesgo sanitario⁽¹⁵⁾. La ausencia de *Escherichia coli* en las aguas del balneario representa un resultado positivo, e indica que estas aguas presentan una buena calidad sanitaria.

Los valores promedio obtenidos en la concentración de hongos para el agua del balneario fue de $0,85 \times 10$ UFC/mL (Tabla 2). Al comparar los valores obtenidos para los hongos con los obtenidos por otros investigadores en aguas termales de Ecuador como de otras partes del mundo, se

puede indicar que los mismos son bajos, lo cual sería un reflejo de la buena calidad microbiológica de estas aguas^(19, 20, 21, 22, 23).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tinción de Gram (Tabla 3) se puede señalar que en el agua termal del balneario "El Tingo" existe un claro predominio de bacterias Gram negativas (73,60 %) frente a Gram positivas (26,25%). En estudios realizados en diversas partes del mundo sobre la población microbiana de las aguas termales, se ha encontrado que las bacterias Gram negativas representan un alto porcentaje dentro de la microbiota de estos ecosistemas^(23, 24, 25, 26, 27, 28, 29), resultado que concuerda con lo obtenido en el presente trabajo, donde la población de bacterias Gram negativas es muy superior al porcentaje de bacterias Gram positivas.

En el agua termal del balneario "El Tingo", se piensa que la microbiota propia de este ecosistema ha sufrido un proceso de adaptación debido a las condiciones físico-químicas de temperatura y concentración de sales de estas aguas. El género encontrado con mayor frecuencia fue *Aeromonas* seguido de *Pseudomonas*, *Citrobacter* y *Burkholderia* (Tabla 3). Estos resultados fueron diferentes en relación al número y tipo microbiano encontrados por otros autores en aguas termales^(19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 29). El género *Aeromonas* se ha aislado en el agua termal del balneario "El Tingo" mayoritariamente. Varios autores han aislado este microorganismo en aguas termales ya que puede vivir con bajas concentraciones de sustratos^(27,28,29). En el caso de los estudios realizados en el Ecuador, también se han aislado especies del género *Aeromonas* en aguas termales⁽²⁰⁾.

Con relación a los microorganismos Gram positivos se observó un predominio de los géneros *Staphylococcus* y *Bacillus* (Tabla 3). El género *Staphylococcus* se ha detectado en el agua del balneario "El Tingo". La presencia de estos microorganismos en aguas termales ya ha sido indicada por otros autores en muestras de aguas termales^(28, 29), así como en aguas termales del Ecuador^(19,23). El agua termal, de manera general, posee un número bajo de cocos Gram positivos; éstos probablemente provienen del suelo, aire o de actividades antropogénicas llegando a estos ecosistemas de forma accidental. Además, algunas especies pueden vivir en concentraciones más o menos elevadas de NaCl, lo que hace posible que se encuentren en las aguas termales estudiadas dadas las altas concentraciones de minerales^(25,28).

Por último, se logró identificar 2 cepas de hongos en el agua termal del balneario "El Tingo", pertenecientes al género *Aspergillus*. El estudio de la población fúngica en aguas termales es poco frecuente. En este trabajo se obtuvieron valores bajos que no sobrepasaron en promedio de 20 UFC/100

mL de agua (Tabla 2), resultados similares a los obtenidos por otros autores^(21, 22, 23, 24, 25). Se ha postulado que la baja frecuencia de aislamiento de los hongos encontrados en las aguas minerales naturales se debe a la posible competencia con la comunidad bacteriana presente en la misma, así como a la baja cantidad de nutrientes de estos ecosistemas^(33,34,35). Sin embargo, en otros ensayos realizados en Japón se pudo demostrar la presencia de esporas de hongos⁽³⁶⁾. Los hongos son más frecuentes en las aguas dulces que en las saladas. En las aguas naturales poco contaminadas predominan los hongos y en las contaminadas las levaduras. Estos microorganismos pueden vivir de la descomposición de residuos vegetales y su presencia en número alto indica una contaminación del agua y presencia de restos vegetales procedentes del suelo⁽³⁷⁾.

CONCLUSIONES

El agua termal del balneario "El Tingo" en base a los resultados obtenidos se clasificaría como un agua de conductividad muy fuerte, mineralización excesiva, aguas muy duras, con muy poco oxígeno disuelto, pH neutro e hipertermales. De acuerdo con el recuento de microorganismos observados en las aguas del balneario "El Tingo", se puede aseverar que el agua termal estudiada presenta un escaso contenido y diversidad de microorganismos. El 73,60 % de las cepas aisladas fueron Gram negativas con predominio del género *Aeromonas*, mientras que el 26,25 % restante son Gram positivas donde prevalece el género *Staphylococcus*, lo cual viene a reafirmar los resultados encontrados por otros investigadores en aguas termales del Ecuador. Se observa una baja diversidad microbiana, con una mayor presencia de cepas bacterianas que de cepas fúngicas, lo cual apuntan a que esta biodiversidad es el reflejo de la composición físico-química de estas aguas, así como de sus dinámica biológica y ecológica de este ecosistema. Los resultados microbiológicos ponen en evidencia que el agua termal del balneario El Tingo es un agua con una buena calidad microbiológica.

BIBLIOGRAFÍA

1. De la Rosa MC, Mosso MA. Historia de las aguas mineromedicinales en España. Observatorio medioambiental. 2004; 7: 117-137.
2. Maldonado-Eraza CP, Álvarez-García J, Del Río-Rama MC, Durán-Sánchez A. Ruta del agua- Yaku Ñambi en la Amazonia Ecuatoriana. Tourism and Hospitality International Journal, 2017; 9(2): 87-112.
3. Burbano N, Becerra S, Pasquel E. Aguas termonerales en el Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Quito. Ecuador, 2013.
4. De la Rosa MC, Mosso Romeo MA. Diversidad microbiana de las aguas minerales termales. En: Panorama actual de las

- aguas minerales y mineromedicinales de España. Ed. A. López y Pinuaga J.L. Instituto Tecnológico Geo minero de España. Madrid. España 2000. pp. 153-158.
5. Medina-Ramírez G, Naranjo K, Escobar S, Araque J, Djabayan P, Andueza F. Microbiota extremófila y resistomas ambientales de la fuente termal "Termas La Merced". Quito. Ecuador. FIGEMPA: Investigación y desarrollo. 2017;2 (7): 33-38.
 6. Carrera D, Guevara P. Fuentes termales del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). Quito. Ecuador. 2016-
 7. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma "NTE INEN 2 169: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras". Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1ª Ed. Quito. Ecuador. Págs. 3-5. 1998.
 8. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma "NTE INEN 2 176: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo". Instituto Ecuatoriano de Normalización. 1ra Ed. Quito. Ecuador. Págs. 2-6. 1998-
 9. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). The official Method of Analysis. 17 Th. Ed. Washington. D.C. USA. 2000
 10. 3M™ Petrifilm™. Guía de interpretación placas 3M™ Petrifilm™ para análisis de aguas. 3M. Microbiología. USA. 2011
 11. MacFaddin, J. Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica. Edición 3. Editorial Médica Panamericana S.A. Montevideo. Uruguay. 2004
 12. Microgen. Microgen GNa +B-ID system. Microgen Bioproducts. Camberley. UK
 13. Guevara M, Urcia F, Casquero J. Manual de procedimientos y técnicas de laboratorio para la identificación de los principales hongos oportunistas causantes de micosis humanas. Ministerio de Salud. Instituto nacional de salud de Perú. Lima. Perú. 2007.
 14. Pitt JL, Hocking AD. Fungi and food spoilage. Ed. Blackie Academic and Professional. London. UK. 1997
 15. Rodier J. Análisis de las Aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. 3ª ed. Ed. Omega. Barcelona. España. 1998
 16. Presidencia de la República del Ecuador. Noma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Anexo 1. Quito Ecuador. 2005
 17. Sawyer C, McCarty M. Chemistry for Environmental Engineering (3rd ed), McGraw Hill Book Company, New York. USA. 1978.
 18. Torija Isasa M, Orzáez Villanueva M, García Mata M, Tenorio Sanz M, López Colon J. Análisis fisicoquímico de las aguas mineromedicinales del balneario de Puente Viesgo. An Real Acad Farm, 2007; 73 (28): 223-241.
 19. Ramos E. Estudio microbiológico de las aguas termales del Balneario Turístico Yanayacu ubicado en el Cantón La Troncal perteneciente a la provincia de Cañar. [Tesis pregrado]. Riobamba Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015
 20. Veintimilla A. Estudio microbiológico de las aguas termales de Guayllabamba o Aguallanchí situadas en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo. [Tesis de pregrado]. Riobamba Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015
 21. Mosso Romeo MA, Sánchez Beltrán MC, De la Rosa Jorge MC. Microbiología del agua mineromedicinal de los Balnearios Cervantes. An Real Acad Farm 2006; 73 (E.): 285-304
 22. Mosso Romeo MA, Sánchez Beltrán MC, Rodríguez Fernández C, De La Rosa Jorge M.C. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario de Valdeteja. Madrid. An Real Acad Farm. 2008; 74: 505-522
 23. Macas P. Estudio microbiológico de las aguas termo-minerales del Balneario "Santa Ana" de Baños de Agua Santa-Tungurahua. [Tesis de pregrado]. Riobamba Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015.
 24. De la Rosa Jorge MC, Pintado García C, Rodríguez Fernández MC. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Villavieja. An Real Acad Farm. 2016; 82 (5): 75-86.
 25. Jácome A. Caracterización biotecnológica de microorganismos aislados de aguas termales en el Balneario "Piscinas el Cachaco-Calicali. Provincia de Pichincha. [Tesis de pregrado]. Quito Ecuador: Escuela de Ingeniera Ambiental. Facultad FIGEMPA. Universidad Central del Ecuador. 2017.
 26. Baker GC, Gaffar S, Cowan DA, Suharto AR. Bacterial community analysis of Indonesian hot springs. FEMS. Microbiol. Lett. 2001; 200: 103-109. DOI: 10.1111/j.1574-6968. 2001. tb10700.x
 27. Mosso Romeo MA, Sánchez Beltrán MC, De la Rosa Jorge MC. Microbiología del agua mineromedicinal de los balnearios de Alhama de Granada. An Real Acad Farm. 2002; 68: 381-405.
 28. De la Rosa Jorge MC, Andueza Leal FD, Sánchez Beltrán MC, Rodríguez Fernández MC, Mosso Romeo MA. Microbiología de las aguas mineromedicinales de los Balnearios de Jaraba. An Real Acad Farm. 2004; 70: 521-542.
 29. Gutiérrez MG, Andueza FD, Araque J, Lugo A, Chacón Z. Caracterización microbiológica y potencial biotecnológico de microorganismos aislados de las aguas termales de la Musuy, Municipio Rangel del Estado Mérida. Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología. 2018; 38 (1): 27-32.
 30. Núñez S. Estudio microbiológico de las aguas termo mineromedicinales del balneario "El Salado" de Baños de Agua Santa-Tungurahua. [Tesis de pregrado]. Riobamba Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015.
 31. Ocaña B. Estudio microbiológico de las aguas termo medicinales del parque Acuático los Elenes, cantón Guano, pro-

- vincia Chimborazo. [Tesis de pregrado]. Riobamba Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2015.
32. Quevedo-Sarmiento J, Ramos-Cormenzana A, González-López J. Isolation and characterization of aerobic heterotrophic bacteria from natural spring waters in the Lanjarón (Spain). *J. Appl. Bacteriol.* 1986; 61: 365-372.
 33. Fujikawa H, Wanke T, Kusunoki J, Noguchi Y, Takahashi Y, Ohta K, Itoh T. Contamination of microbial foreign bodies in bottled mineral water in Tokyo, Japan. *J. Appl. Microbiol.* 1997; 82: 287-291.
 34. Cabral D, Fernández P. Fungal spoilage of bottled mineral water. *J. Food Microbiol.* 2002. 30: 73-76.
 35. Andueza F. Diversidad Microbiana de las Aguas Mineromedicinales de los Balnearios de Jaraba. [Tesis Doctoral]. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España. 2007
 36. Fujikawa H, Aketagawa J, Nakazato M, Wauke T, Tamura H, Morozumi S, Itoh T. Growth of moulds inoculated into commercial mineral water. *Lett. Appl. Microbiol.* 1999; 28: 211-215.
 37. Atlas R, Bartha R. Ecología microbiana y Microbiología ambiental. 4ta Ed. Pearson Educación, S A., Madrid. España. 2002.