



Microbiota of the thermal water of the spa "Piscinas El Cachaco", Calacalí, Province of Pichincha, Ecuador

Title in Spanish: *Microbiota del agua termal del balneario "Piscinas El Cachaco", Calacalí, Provincia del Pichincha. Ecuador*

Félix Andueza^{1,3,*}, Alexis Jácome¹, Sandra Cortez², Gerardo Medina^{2,3}, Susana Arciniega¹, Yonthan Parra¹, Judith Araque^{1,3}

¹Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador. ²Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba. Ecuador. ³Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.

ABSTRACT: The thermal waters are ecosystems with microorganisms adapted to these environments. It has been postulated that microbiota of each spa is characteristic. The objective was to determine the microbiota of the water "Piscinas El Cachaco" Spa, Province of Pichincha, Ecuador. Water samples were taken in three areas of the spa for two years. At each site, physicochemical tests were performed using a multiparameter equipment. The taking and transport of the samples for the microbiological study was carried out according Ecuadorian standard NTE-INEN. The microbiological analyzes were carried out by the methodology AOAC (2000). From the source of water, the average values of heterotrophic bacteria were 8,60 X 10³ CFU / mL, total coliform 5,70 X 10³ CFU / mL and molds and yeasts 9,00 CFU / mL. For the water in the tank, the average values were for heterotrophic bacteria of 5,20 X 10³ CFU / mL, total coliform bacteria 3,00 CFU / mL and no molds and yeasts cells were detected. In the thermal pool water, the average values obtained were: heterotrophic bacteria 1,60 X 10² CFU / mL, total coliforms 5,00 CFU / mL and molds and yeasts 5,00 CFU / mL. 50,94 % of the isolated bacteria were Gram negative, the genus *Aeromonas* prevailing, while 49,06 % were Gram positive, prevailing the genus *Staphylococcus*. It was possible to isolate 3 species of mold *Aspergillus spp.*, *Rhizopus spp.* and *Penicillium spp.* The results show a sparse and little diverse bacterial microbiota in the spa.

RESUMEN: Las aguas termales son ecosistemas con microorganismos adaptados a las condiciones de estos ambientes. Se ha postulado que la microbiota de cada balneario es característica. El objetivo del trabajo fue determinar la microbiota del agua del Balneario "Piscinas El Cachaco", Provincia de Pichincha, Ecuador. Se tomaron muestras de agua en tres zonas del balneario por un periodo de dos años. Se realizaron pruebas fisicoquímicas utilizando un equipo multiparámetro y los análisis microbiológicos según la metodología AOAC (2000). Para el punto de emergencia del agua del balneario, los valores promedios de bacterias heterótrofas fueron de 8,60 X 10³ UFC/mL, bacterias coliformes totales 5,70 X 10³ UFC/mL y mohos y levaduras 9,00 UFC/mL. Para el agua del tanque que alimenta la piscina termal los valores promedios fueron para bacterias heterótrofas de 5,20 X 10³ UFC/mL, bacterias coliformes totales 3,00 UFC/mL y no se detectaron células de mohos y levaduras. En el agua de la Piscina termal, los valores promedios fueron: bacterias heterótrofas 1,60 X 10² UFC/mL, coliformes 5,00 UFC/mL y mohos y levaduras 5,00 UFC/mL. El 50,94 % de las bacterias aisladas fueron Gram negativas, prevaleciendo el género *Aeromonas*, y un 49,06% fueron Gram positiva, prevaleciendo el género *Staphylococcus*. Se aislaron mohos de los géneros *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Penicillium*. Los resultados muestran una microbiota bacteriana escasa y poco diversa en las áreas del balneario.

*Corresponding Author: fdandueza@uce.edu.ec

Received: November 28, 2018 Accepted: January 14, 2019

An Real Acad Farm Vol. 84, N° 4 (2018), pp. 375-383

Language of Manuscript: Spanish

1. INTRODUCCIÓN

El Balneario "Piscinas El Cachaco" es un complejo turístico ubicado en la Parroquia de Calacalí, localizada en

la Provincia de Pichincha, Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador, a una altitud de 2839 m.s.n.m. (1). Se ubica aproximadamente a 17 km al norte de Quito (Figura 1).

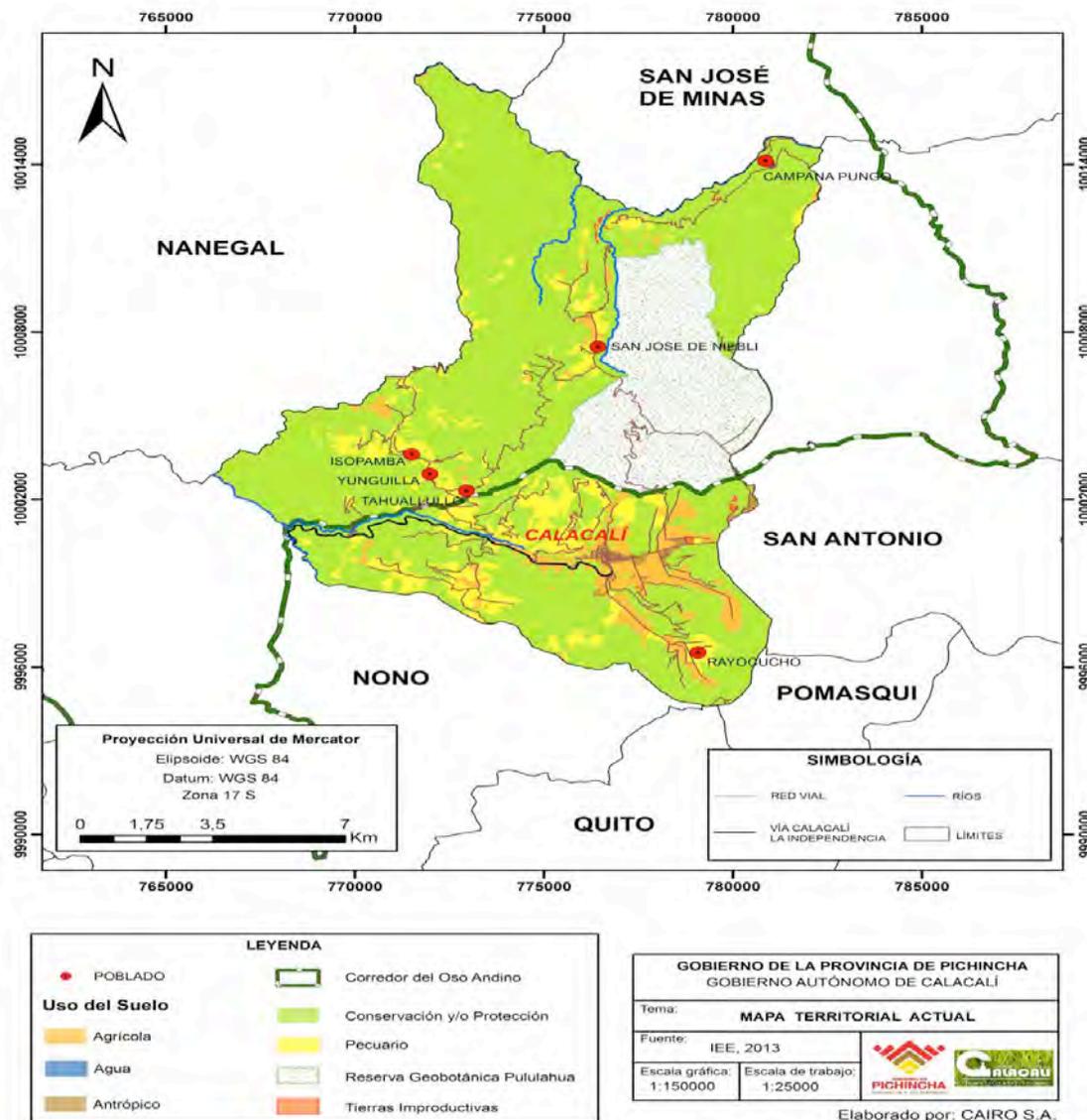


Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica del Balneario “Piscinas El Cachaco”, Parroquia de Calacalí, Provincia de Pichincha, Quito, Ecuador (1).

Según la clasificación de Pourrut (1995), Calacalí se encuentra en una zona con un clima ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, es decir, con una altura pluviométrica de 600 a 2000 mm/año y una temperatura media de 12 a 22 °C (2).

El balneario cuenta con una piscina de agua termal con una temperaturas de 25 °C a 27 °C. El agua termal llega a una cámara antes de llegar a la piscina. Las instalaciones se encuentran dentro de un sector rodeado por vegetación, y presentan un pequeño riachuelo en donde es descargada el agua de las piscinas sin previo tratamiento antes de su disposición, a esta fuente se drena sólidos, lodos y agua que ha sido almacenada en las piscinas durante 4 días de uso del complejo, debido a que el mantenimiento se realiza entre semana para no perjudicar la visita de los pobladores y visitantes (Figura 2).



Figura 2. Fotografía del Balneario “Piscinas El Cachaco”.

El agua de los manantiales termales no es estéril y posee una población microbiana escasa que depende básicamente de sus condiciones fisicoquímicas, ambientales y ecológicas. Las condiciones ecológicas son

similares a las de las aguas subterráneas e, incluso, a las del agua de mar, ya que todas ellas son aguas oligotróficas muy pobres en nutrientes. Pero en la microbiota de las aguas minerales influyen de manera importante sus características fisicoquímicas, principalmente la temperatura y la composición en sales, por lo que cada manantial tendrá una población microbiana típica y distinta (3, 4).

En Ecuador se conoce muy poco sobre la biodiversidad y características de los microorganismos que habitan en estos ecosistemas acuáticos, debido a que son escasos los estudios que identifiquen y caractericen la población microbiana presente en estos ambientes. La falta de investigación ha generado que muchos de los procesos metabólicos de los microorganismos presentes en las aguas termales no se conozcan, así como su posible utilidad en los campos de la biotecnología, ecología y la salud.

En los últimos tres años se han iniciado estudios microbiológicos para conocer la microbiota del agua de los principales manantiales termales que existen en el territorio nacional a fin de conocer, por un lado, la biodiversidad microbiana y, por el otro, determinar las características biológicas, biotecnológicas, ecológicas, farmacológicas y sanitarias de esta población.

Entre los estudios microbiológicos que se han llevado a cabo se pueden mencionar el realizado por Naranjo en el año 2015, en el manantial termal del Balneario "Termas La Merced", ubicado en la Parroquia La Merced perteneciente a la Provincia de Pichincha, Ecuador, en donde se menciona la presencia en estas aguas de una microbiota escasa con el predominio de las especies bacterianas Gram negativas tales como *Brevundimonas diminuta*, *Citrobacter amalonaticus*, *Aeromonas schubertii*, *Budvicia aquatica*, *Xenorhabdus beddingii*, *Acinetobacter haemolyticus* y *Pseudomonas stutzeri* (5).

Otro de los estudios es el realizado por Cruz en el año 2015 en las aguas termales de Guapante, ubicadas en la Parroquia de San Andrés perteneciente al Cantón Santiago de Píllaro de la Provincia de Tungurahua, en donde se encontró una microbiota también escasa pero diversa con predominio de las especies bacterianas Gram positivas

pertenecientes a los géneros *Bacillus* y *Staphylococcus*, aunque también se pudo detectar la presencia de cepas Gram negativas de los géneros *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Alcaligenes* y *Rahnella* (6).

De igual forma, Guilla en el año 2015 realiza un estudio microbiológico de los manantiales termales del balneario "Urauco", ubicado en la Parroquia Lloa perteneciente a la provincia de Pichincha, en donde encuentra una microbiota escasa con prevalencia de los géneros Gram negativos *Acidovorax*, *Aeromonas*, *Pasteurella*, *Citrobacter*, *Brevundimonas*, *Flavobacterium*, *Vibrio* y *Budvicia* (7).

En lo que respecta al agua termal del Balneario "Piscinas El Cachaco", objeto de este trabajo, se conoce un estudio fisicoquímico realizado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) en el año 2013, donde se señala que estas aguas se clasificarían, de acuerdo al estudio fisicoquímico, como hipotermales bicarbonatadas sódicas (8). Sin embargo, no indican ningún dato microbiológico de las mismas, razón por la cual se planteó el presente trabajo, cuyo objetivo fue conocer la microbiota bacteriana presente en este balneario termal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En primera instancia, se realizó una primera medición de la temperatura del ambiente y de la fuente de las aguas termales para la determinación y comprobación de la definición de aguas termales (diferencia de + 5 °C), así como de una visualización general para una primera apreciación de los factores que influyen dentro del establecimiento en donde se realizó el estudio.

Una vez comprobada la diferencia de la temperatura, se recurrió a un plan de muestreo que consistió en escoger tres zonas, donde se realizaron tomas de muestras en seis ocasiones diferentes a una razón de tres muestras por año, para un total de dieciocho muestras. Las muestras fueron: agua del punto de emergencia del manantial que alimenta al balneario, del tanque de almacenamiento que alimenta a la piscina termal y de la piscina termal (Figuras 3-5).



Figura 3. Punto de emergencia del agua termal que surte el Balneario "Piscinas El Cachaco".



Figura 4. Tanque de almacenamiento de agua termal que surte la piscina termal del Balneario “Piscinas El Cachaco”.



Figura 5. Piscina termal del Balneario “Piscinas El Cachaco”.

2.1. Ensayos fisicoquímicos “in situ”

Los análisis “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 de este. Se examinaron las muestras tomándose lectura de cada parámetro: pH, temperatura, conductividad, sólidos totales y oxígeno disuelto.

2.2. Toma de muestras para el análisis microbiológico

Las muestras de agua termal para realizar el análisis microbiológico, se tomaron según las normas ecuatorianas NTE INEN 2 169 y NTE INEN 2 176, sobre muestreo, manejo y conservación de muestras de agua (9, 10).

Todas las muestras fueron conservadas en refrigeración y en la oscuridad hasta su procesamiento en el laboratorio, antes de las 48 horas de su recolección.

2.3. Recuento del número de bacterias heterótrofas, coliformes/*E. coli*, mohos y levaduras

Para el recuento del número de bacterias heterótrofas, coliformes totales/ *E. coli* y mohos y levaduras se utilizaron las placas 3M Petrifilm™ de acuerdo con lo indicado por AOAC en el año 2000 (11). La incubación y la interpretación se realizaron según los manuales de interpretación proporcionados por la empresa 3M™ Petrifilm™ (12).

2.4. Identificación taxonómica de las cepas microbianas aisladas

Una vez contabilizadas las colonias bacterianas de los medios de cultivos utilizados, se hizo una purificación de cada colonia en placas de agar Soya Trypticase, las cuales se incubaron 72 horas a una temperatura de 30 °C.

Con las colonias purificadas se realizó la identificación macroscópica, tomando como referencia forma, superficie, borde y color de las mismas, obteniéndose un total de 53 cepas que presentaban diferentes características fenotípicas

(13).

Se realizó la coloración Gram de cada una de las colonias aisladas y se procedió a realizar las pruebas bioquímicas según Barrow y MacFaddin (13, 14), complementadas con las del kit comercial MICROGEN (Microgen, Bioproducts), para obtener la identificación taxonómica de cada colonia bacteriana.

Para los mohos y las levaduras se procedió a realizar observaciones macroscópicas de cada colonia en medio sólido y observaciones microscópicas, tiñendo cada colonia con azul de lactofenol, para identificar las principales características morfológicas de las hifas, esporangios y esporas, de acuerdo con Pitt y Hocking (15).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se recogen los datos promedios de seis mediciones correspondientes a las constantes fisicoquímicas tomadas “*in situ*”, realizadas en el agua de las tres zonas de muestreo ubicadas en el balneario “Piscinas El Cachaco”.

Tabla 1. Valores promedios del análisis fisicoquímico “*in situ*” de las aguas del Balneario “Piscinas El Cachaco

Parámetros	Punto de emergencia	Tanque de almacenamiento	Piscina termal	Media Aritmética
Temperatura ambiente (°C)	15	15	15	15
Temperatura del agua (°C)	24	25	25	24,60
pH	6,40	6,50	6,70	6,53
Conductividad (µS/cm)	3600	3630	3340	3520
Oxígeno disuelto (mg/L) (%)	4,64 (68)	4,64 (68)	4,64 (68)	4,64 (68)
Sólidos totales (mg/L)	3640	3400	3320	3450

Con respecto a la temperatura se puede observar que la temperatura ambiente de la zona del balneario tiene un promedio de 15 °C, estando la temperatura media del agua en las distintas zonas de muestreo en 25 °C, siendo la diferencia de temperatura entre el ambiente y la del agua de 10 °C, por lo que se cumple lo descrito por Burbano (8), quien afirma que para que un agua se considere termal, esta debe estar por encima de los 5 °C de la temperatura ambiente de la zona en que se encuentra.

En los análisis realizados por el INAMHI en el año 2013 (8), se indica una temperatura de 27 °C para el agua de este balneario, dato que concuerda con la temperatura que se registró en este estudio, razón por la que las aguas se consideran hipotermas según Burbano y colaboradores (8).

Estas aguas tienen un pH neutro con valores promedio de 6.53, es decir, son aguas neutras, valor semejante al realizado por el INAMHI (2013) en donde se obtuvo un pH de 6.49 para estas aguas (8).

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 acuerdo con la normativa ecuatoriana sobre los criterios de calidad para aguas de contacto primario destinadas para fines recreativos del Ecuador, estas deben tener un pH entre 6,5-8,5; rango en el cual se encuentran los datos obtenidos en el presente estudio (16).

Los valores de conductividad eléctrica indicados en la Tabla 1 son mucho menores a los valores indicados por el INAMHI, con una conductividad eléctrica promedio de 4380 µS/cm en las aguas del balneario (8), y se asemejan más a las aguas de otros balnearios de aguas termales de Ecuador (18, 19).

De acuerdo con Rodier (1998), aguas con una conductividad eléctrica superior a 1000 µS/cm serían consideradas de mineralización excesiva y no aptas para consumo (17).

Según se observa en la Tabla 1, existe una cantidad promedio de oxígeno disuelto menor a 5.0 mg/L en las aguas termales del balneario “Piscinas El Cachaco” y, de acuerdo a 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 mg/l. Sin embargo, existen trabajos en donde se han dado resultados iguales o menores de oxígeno disuelto como los expuestos (20). Las posibles razones por las cuales el oxígeno en el agua tiende a disminuir son porque el agua está muy caliente o existe gran cantidad de minerales, lo cual disminuye la solubilidad en el agua.

Con respecto a los sólidos totales disueltos promedio de estas aguas termales, se tiene un valor de 3400 mg/l, valor superior al obtenido por el INAMHI en el 2013 con un valor de 2803,07 mg/L (8), lo que indica que existe un aumento de sales minerales en las capas del suelo, lo que justifica la disminución del nivel de oxígeno disuelto en el agua. Este aumento de sales puede deberse a la desintegración y disolución de los minerales producto de los procesos naturales de lixiviación.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados en la presente investigación exhiben valores bajos si se comparan con los estudios de otros autores en aguas termales ecuatorianas. Esto se puede deber a que la fuente del agua termal del Balneario “Piscina El Cachaco” se encuentra bajo tierra y, para su ascenso, necesita pasar por varias capas de roca, siendo un posible filtro natural (6, 21, 22).

3.1. Recuento microbiano

Los resultados promedios de seis muestras, obtenidos en el recuento de microorganismos presentes en los tres sitios de muestreo seleccionados en el balneario “Piscinas El Cachaco”, se resumen en la Tabla 2.

El agua del punto de emergencia del balneario presenta valores promedios de bacterias heterotrofas $8,6 \times 10$ UFC/mL, bacterias coliformes de $5,7 \times 10$ UFC/mL y mohos y levaduras 9 UFC/mL (Tabla 2).

Tabla 2. Valores promedios del recuento microbiano del agua del Balneario (UFC/mL)

Parámetro	Punto de emergencia	Tanque de almacenamiento	Piscina termal	Media aritmética
Bacterias heterótrofas	$8,60 \times 10$	$5,20 \times 10$	$1,60 \times 10^2$	$9,93 \times 10$
Bacterias coliformes totales	$5,70 \times 10$	3,00	5,00	$2,16 \times 10$
Mohos y levaduras	9,00	0,00	5,00	4,66

En el agua del tanque de almacenamiento que alimenta las piscinas termales los valores promedios obtenidos fueron para bacterias heterotrofas $5,2 \times 10$ UFC/mL, bacterias coliformes 3 UFC/mL y no se detectaron mohos y levaduras (Tabla 2).

En el agua de la piscina termal los valores promedios obtenidos fueron para bacterias heterotrofas $1,60 \times 10^2$ UFC/mL, bacterias coliformes 5 UFC/mL y de mohos y levadura 5 UFC/mL (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 las siguientes concentraciones de microorganismos: $9,62 \times 10^2$ UFC/mL de bacterias heterótrofas, $7,8 \times 10^1$ UFC/ mL de coliformes, 1 UFC/mL de *Escherichia coli*, $2,74 \times 10^2$ UFC/ml de *Staphylococcus*, 7,5 UFC/ mL de levaduras y no hubo presencia de mohos (23). Asimismo, 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 1×10^5 UFC/ mL de bacterias heterótrofas, 5 UFC/ mL de *Staphylococcus aureus* y 2 UFC/ mL de mohos (21).

Al comparar los valores obtenidos en estos estudios con los del presente trabajo, se puede observar que el menor número de microorganismos en el balneario “Piscinas el Cachaco” puede ser debido a que existe una filtración del agua en la vertiente, al atravesar mantos de roca, características propias de un filtro natural y que no hay una contaminación del agua que está siendo utilizada

para fines recreativos.

Ocaña en el año 2015, en un estudio microbiológico de las aguas termo medicinales del Parque Acuático Los Elenes, obtuvo recuentos de microorganismos en la piscina termal de 83 UFC/mL bacterias heterótrofas, 19 UFC/ mL de coliformes y coliformes fecales, 2 UFC/ mL de *Staphylococcus* y 1 UFC/ mL de mohos (24). Estos valores se mantienen en un margen casi similar a los nuestros, encontrándose una variación en la concentración de levaduras.

Se pudieron aislar las especies de bacterias coliformes, *Citrobacter freundii* y *Proteus vulgaris*, en los sitios de muestreos analizados. Cabe destacar que la mayoría de coliformes se obtuvo en el agua del punto de emergencia debido a que el mismo se encuentra en una zona donde puede estar en contacto con tierra del suelo.

La no existencia de *E. coli* en las aguas del Balneario representa un resultado positivo, ya que estos microorganismos son indicadores de contaminación fecal. Asimismo, los valores bajos de concentración de microorganismos llevan a concluir que el agua es de buena calidad sanitaria.

3.2. Identificación taxonómica de las colonias bacterianas aisladas

Los resultados obtenidos en la identificación taxonómica de las colonias microbianas aisladas y purificadas se muestran en la Tabla 3.

En el agua termal del balneario “El Cachaco” existe un escaso predominio de las bacterias Gram negativas (50,94

%) sobre las bacterias Gram positivas (49,05 %).

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 (25-28), resultado que difiere un poco con lo obtenido en el presente trabajo, donde la población de bacterias Gram negativas es muy semejante al porcentaje de bacterias Gram positivas.

En el agua termal del Balneario "El Cachaco", debido a sus condiciones fisicoquímicas de temperatura y concentración de sales, se ha adaptado una microbiota bacteriana propia de este ecosistema. En esta microbiota bacteriana Gram negativa encontrada, el género aislado con mayor frecuencia fue *Aeromonas*, seguido de los géneros *Pseudomonas*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Alcaligenes*, *Campylobacter* y *Yersinia* (Tabla 3).

Tabla 3. Identificación taxonómica de las cepas bacterianas del agua termal del Balneario "Piscinas El Cachaco"

Tipo de bacteria	Lugar de aislamiento	Especie bacteriana	Numero de cepas	Porcentaje de aislamiento (%)
Bacterias Gram negativas		10	27	50,94
	N, T, P	<i>Aeromonas caviae</i>	9	16,98
	N, T, P	<i>Aeromonas hydrophila</i>	3	5,66
	N	<i>Alcaligenes faecalis</i>	1	1,88
	P	<i>Campylobacter spp</i>	1	1,88
	N, T	<i>Citrobacter freundii</i>	3	5,66
	N, T	<i>Proteus vulgaris</i>	3	5,66
	N	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	1	1,88
	N, P	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	3,77
	N, P	<i>Pseudomonas spp</i>	3	5,66
	P	<i>Yersinia mollaretii</i>	1	1,88
Bacterias Gram positivas		7	26	49,05
	N	<i>Corynebacterium aquatycus</i>	1	1,88
	N	<i>Enterococcus durans</i>	2	3,77
	N, T	<i>Enterococcus faecium</i>	7	13,20
	P	<i>Micrococcus luteus</i>	5	9,43
	P	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1,88
	P	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	9	16,98
	P	<i>Staphylococcus saprofiticus</i>	1	1,88

Nota: N: Naciente del agua. T: Tanque de almacenamiento. P: Piscina termal

Es por ello que los resultados obtenidos son diferentes, en relación con el número, tipos de géneros y especies encontradas por otros autores en aguas termales del Ecuador y otras partes del mundo (5, 7, 18, 19, 21-24, 26-29).

El género *Aeromonas* se ha aislado en el agua termal del balneario "El Cachaco" mayoritariamente. Varios autores en España han aislado esta bacteria del agua termal ya que puede vivir con bajas concentraciones de substratos (27, 30). También se han aislado especies del género *Aeromonas* en aguas termales de Ecuador (5, 7, 23).

En relación con las bacterias Gram positivas, las cepas de cocos aisladas correspondieron principalmente al género *Staphylococcus* detectado en el agua de la piscina (Tabla 3).

El agua termal posee, en general, un número bajo de cocos Gram positivos probablemente provenientes del suelo, aire o del hombre. Además, muchas especies pueden vivir en concentraciones más o menos elevadas de cloruro sódico, lo que hace posible que se encuentren en las aguas termales estudiadas que tienen altas concentraciones de minerales. La presencia de estos microorganismos en aguas termales ya ha sido indicada por otros autores en

muestras de aguas termales de diversas partes del mundo (27, 30), así como en aguas termales del Ecuador (5, 7, 21-23, 29).

Con relación a la diversidad microbiana presente en los diferentes sitios de muestreo del balneario, se han identificado once géneros y diecisiete especies diferentes de bacterias. Entre las especies identificadas destacan *Pseudomonas aeruginosa* y *Pseudomonas alcaligenes* (Tabla 3).

Una de las razones que se han postulado para explicar la presencia de especies del género *Pseudomonas* en las aguas naturales está relacionada con la gran versatilidad enzimática que presentan estas bacterias, lo cual les permite sobrevivir y proliferar en ambientes oligotróficos (31). El género *Pseudomonas* se encuentra muy distribuido en la naturaleza y su aislamiento de fuentes naturales, tales como aguas minerales, aguas termales de manantiales, aguas mineromedicinales y aguas minerales envasadas, ha sido señalada por diversos investigadores en varias regiones del mundo (27, 31, 32) y también en Ecuador (5, 21, 27).

Otras de las especies bacterianas encontradas en las aguas del balneario “El Cachaco” han sido *Citrobacter freundii* y *Proteus vulgaris*, que pertenecen a la familia de Enterobacteriaceae. Estas especies son consideradas parte de la microbiota autóctona de las aguas termales, ya que se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza (26, 27, 30).

También se identificaron tres géneros de mohos en el agua termal del balneario “El Cachaco”, los cuales corresponden a los géneros *Rhizopus spp*, *Penicillium spp* y *Aspergillus spp.*, que han sido aislados por otros autores en aguas mineromedicinales españolas (26, 27).

El estudio de la población fúngica en aguas termales es poco frecuente. En este trabajo se obtuvieron valores muy bajos que no sobrepasaron en promedio de 9 UFC por ml de agua (Tabla 2). Se ha postulado que la baja frecuencia de aislamiento de los hongos encontrados en las aguas minerales naturales se debe a la competencia que se presenta entre esta comunidad microbiana y la población bacteriana presente en la misma. Sin embargo, en una serie de experimentos realizados en Japón se ha logrado demostrar que las esporas de los hongos aislados frecuentemente en las aguas minerales naturales pueden germinar en este tipo de producto siempre y cuando la concentración de bacterias sea muy baja (33).

Los hongos son más frecuentes en las aguas dulces que en las saladas; en las aguas naturales poco contaminadas predominan los mohos 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 con microorganismos y restos vegetales procedentes del suelo (34).

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con el recuento de microorganismos obtenidos en las aguas del balneario “El Cachaco”, el agua

termal presenta un escaso contenido de microorganismos por mililitro de agua, lo que implica un agua con una buena calidad sanitaria.

Se obtiene que el 50,94 % de las cepas aisladas son Gram negativas, con predominio del género *Aeromonas*, mientras que el 49,06 % restante son Gram positivas, donde prevalece el género *Staphylococcus*.

Se observa una baja diversidad microbiana, con una mayor presencia de cepas bacterianas que de cepas fúngicas, lo cual apunta a que esta biodiversidad es el reflejo de la composición fisicoquímica de estas aguas, así como de su dinámica biológica y ecológica.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento del proyecto 11, sobre Microbiología de las aguas Termales del Ecuador, financiado por el Instituto de Investigaciones y Posgrados de la Universidad Central del Ecuador.

6. CONFLICTO DE INTERESES

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

7. REFERENCIAS

1. Gobierno de la Provincia de Pichincha. Gobierno Autonomo de Calacali Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Calacali. Quito. Ecuador 2015.
2. Pourrut P. El agua en el Ecuador: clima, precipitaciones, escorrentía. RR Editores Asociados. Quito- Ecuador.1995.
3. Balkwill D, Boone D. Identity and diversity of microorganisms cultured from subsurface environments. In: PS Amy, and DL Haldeman (eds) The Microbiology of the Terrestrial Deep Subsurface. Boca Ratón: CRC Press 1997; pp. 105-118.
4. De la Rosa Jorge 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 JL. Pinuaga. Madrid: Instituto Tecnológico Geo minero de España 2000; pp. 153-8.
5. Naranjo CA. Estudio Microbiológico del manantial termal del Balneario “Termas La Merced” ubicado en la parroquia La Merced perteneciente a la provincia de Pichincha. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
6. Cruz V. Estudio microbiológico de las Aguas Termales de Guapante ubicado en la parroquia de San Andrés perteneciente al cantón Santiago de Píllaro-Tungurahua. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
7. Guaila J. Estudio microbiológico de los manantiales termales del balneario “Urauco” ubicado en la parroquia Lloa perteneciente a la provincia de Pichincha. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.

8. Burbano N, Becerra S, Pasquel E. Aguas termonerales en el Ecuador. Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) 2013.
9. INEN. "NTE INEN 2 169: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras". Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización 1998a; pp. 3-5.
10. INEN. "NTE INEN 2 176: Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo". Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización 1998b; pp. 2-6.
11. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). The official Method of Analysis. 17th ed. Washington D.C. 2000.
12. 3MTM PetrifilmTM. Guía de interpretación placas 3MTM PetrifilmTM para análisis de aguas. 3M. Microbiología 2011. USA.
13. Barrow G, Feltham RKA. Cowan and Steel's. Manual for the identification of medical bacteria. Cambridge UK: Cambridge University Press 2003.
14. MacFaddin J. Pruebas Bioquímicas para la Identificación de Bacterias de Importancia Clínica. 3a ed. Buenos Aires: Médica Panamericana 2003; pp. 334-96.
15. Pitt JL, Hocking AD. Fungi and food spoilage. London: Blackie Academic and Professional 1997.
16. Presidencia de la República del Ecuador. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI. Anexo 1. Quito 2005.
17. Rodier J. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales, agua de mar. 3ª ed. Barcelona: Omega 1998.
18. Núñez S. Estudio microbiológico de las aguas termo mineromedicinales del balneario "El Salado" de Baños de Agua Santa-Tungurahua. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
19. Macas P. Estudio microbiológico de las aguas termo-minerales del Balneario "Santa Ana" de Baños de Agua Santa-Tungurahua. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
20. Torija Isasa M, Orzáez Villanueva M, García Mata M, Tenorio Sanz M, López Colón J. Análisis fisicoquímico de las aguas mineromedicinales del balneario de Puente Viesgo. An R Acad Nac Farm 2007; 73(28): 223-41.
21. Veintimilla A. Estudio microbiológico de las aguas termales de Guayllabamba o Aguallanchí situadas en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
22. Vinuesa R. Análisis microbiológico de las fuentes termales del balneario El TINGO ubicado en Sangolquí en la provincia de Pichincha. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
23. Ramos E. Estudio microbiológico de las aguas termales del Balneario Turístico Yanayacu ubicado en el Cantón La Troncal perteneciente a la provincia de Cañar. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
24. Ocaña B. Estudio microbiológico de las aguas termo medicinales del parque Acuático los Elenes, cantón Guano, provincia Chimborazo. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
25. Baker GC, Gaffar S, Cowan DA, Suharto AR. Bacterial community analysis of Indonesian hot springs. FEMS. Microbiol Lett 2001; 200: 103-9.
26. Mosso Romeo MA, Sánchez Beltrán MC, De la Rosa Jorge MC. Microbiología del agua mineromedicinal de los balnearios de Alhama de Granada. An R Acad Nac Farm 2002; 68: 381-405.
27. 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 R Acad Nac Farm 2004; 70: 521-42.
28. De la Rosa Jorge MC, Pintado García C, Rodríguez Fernández MC. Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Villavieja. An R Acad Nac Farm 2016; 82 (5): 75-86.
29. Peñafiel A. Estudio microbiológico de las Termas de la Virgen ubicado en la parroquia Matriz perteneciente al cantón Baños De Agua Santa-Tungurahua. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo 2015.
30. 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: 365-72.
31. Leclerc H, Moreau A. Microbiological safety of natural mineral water. FEMS Microbiol Rev 2002; 26: 207-22.
32. Chapelle F. Ground-water microbiology and geochemistry. New York: John Wiley and Sons 2000.
33. 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: 211-5.
34. Atlas R, Bartha R. Ecología microbiana y Microbiología ambiental. 4ª ed. Madrid: Pearson Educación 2002.