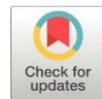


Análisis fisicoquímico y bacteriológico de las piscinas de aguas termales, más concurridas, de la parroquia Baños. Cuenca – Ecuador

Physicochemical and bacteriological analysis of the most popular thermal pools in Baños. Cuenca – Ecuador

- ¹ Alexandra Estefania Anguisaca Vega  <https://orcid.org/0009-0006-3814-0684>
Facultad de Bioquímica y Farmacia -Universidad Católica de Cuenca, Ecuador
- ² Jonnathan Gerardo Ortiz Tejedor  <https://orcid.org/0000-0001-6770-2144>
Facultad de Bioquímica y Farmacia -Universidad Católica de Cuenca, Ecuador



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/06/2023

Revisado: 14/07/2023

Aceptado: 08/08/2023

Publicado: 04/09/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i3.2.2678>

Cítese:

Anguisaca Vega, A. E., & Ortiz Tejedor, J. G. (2023). Análisis fisicoquímico y bacteriológico de las piscinas de aguas termales, más concurridas, de la parroquia Baños. Cuenca – Ecuador. *Anatomía Digital*, 6(3.2), 86-102. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i3.2.2678>



ANATOMÍA DIGITAL, es una Revista Electrónica, Trimestral, que se publicará en soporte electrónico tiene como misión contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://anatomiadigital.org>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 International. Copia de la licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

Palabras claves:

Aguas Termales,
Calidad del agua,
Bacteriología del
agua.
Bromatología.

Keywords:

Thermal waters,
water quality,
water
bacteriology.

Resumen

Introducción. En la mayoría de las aguas termales se desconoce la calidad sanitaria y microbiológica, esto ayuda al crecimiento de ciertos microorganismos propios de estos ambientes, que han evolucionado adaptándose a condiciones extremas de estos ecosistemas. La calidad de estas aguas va a depender de sus propiedades fisicoquímicas como la temperatura, pH y conductividad eléctrica. **Objetivo.** Analizar el estado fisicoquímico y bacteriológico de las piscinas de aguas termales, más concurridas, de la parroquia Baños. Cuenca – Ecuador. **Metodología.** El estudio fue de tipo descriptivo, experimental de corte transversal. El universo fueron los 3 Balnearios “El Riñón”, “Hostería Durán” y “Balneario Durán”, y 1 muestra de la vertiente, de donde se obtuvieron 16 muestras. Para el análisis fisicoquímico y bacteriológico de estos balnearios. **Resultados.** En el análisis bacteriológico se identificó con un porcentaje de 77% la presencia de *Staphylococcus aureus*, en el análisis fisicoquímico se observó un valor promedio de pH de 7,92 en el “Balneario el Riñón” y la Vertiente, en la “Hostería Durán” y “Balneario Durán” un promedio de 8,43 y la temperatura se encontraba en 35°C exceptuando la vertiente. **Conclusión.** Estas aguas termales dependen de las condiciones fisicoquímicas, son aguas mesotermas y alcalinas, su calidad microbiológica es notablemente buenas ya que la presencia de *Staphylococcus aureus* no representa un riesgo para la población que acude a estos centros recreativos. **Área de estudio general:** Bioquímica. **Área de estudio específica:** Bromatología. **Tipo de estudio:** Artículos originales.

Abstract

Introduction. In most thermal waters, the sanitary and microbiological quality is unknown, enabling the growth of certain microorganisms inherent to these environments, which have evolved to adapt to the extreme conditions of these ecosystems. The water quality depends on its physicochemical properties, such as temperature, pH, and electrical conductivity. **Objective.** To analyze the physicochemical and bacteriological status of the most visited thermal pools in Baños parish, Cuenca - Ecuador. **Methodology.** The study was descriptive,

experimental, and cross-sectional. The universe was the three spas, "El Riñón" Spa, "Durán Inn," and "Durán" Spa, along with one spring sample, from where 16 samples were obtained for the physicochemical and bacteriological analysis of these spas. **Results.** In the bacteriological analysis, *Staphylococcus aureus* was identified with a percentage of 77%. In the physicochemical analysis, an average pH value of 7.92 was observed at "Riñón" Spa and in the spring, an average of 8.43 at "Durán Inn" and "Durán" Spa. The temperature was around 35 °C, except for the spring. **Conclusion.** These thermal waters depend on the physicochemical conditions; they are mesothermal and alkaline waters, and their microbiological quality is excellent since the presence of *Staphylococcus aureus* does not represent a risk for individuals who visit these recreational facilities.

Introducción

Las aguas termales son un recurso sumamente valioso para abordar cuestiones de salud pública, ya que estas aguas tienen efectos curativos. Su acción terapéutica, ha dado lugar a la demanda de servicios relacionada con el turismo, como los Balnearios. Según la hidrología médica, el termalismo activo ofrece beneficios para el tratamiento de enfermedades del sistema respiratorio, digestivo y locomotor, estos efectos beneficiosos se logran a través de vías térmicas, mecánicas y transmineralizantes (1).

En la medicina tradicional, existe un conocimiento popular sobre las diversas propiedades curativas de los baños termales, ya que estas aguas suelen contener diversos componentes minerales, las personas suelen visitar estos lugares con el fin de tratar afecciones de la piel como alergias, quemaduras, entre otros. También son frecuentes los tratamientos terapéuticos relacionados con problemas reumáticos, artritis, lesiones musculares e inflamaciones (2).

A pesar de sus efectos curativos es imprescindible destacar el riesgo sanitario que pueden pasar las personas que hacen uso de estas aguas. La calidad de las aguas termales exhibe una amplia variedad de microorganismos, los cuales están influenciados por las propiedades fisicoquímicas del agua, como la temperatura, pH y la conductividad eléctrica. A pesar de que el agua termal de los balnearios se considera un hábitat extremo debido a sus altas temperaturas, se ha observado la presencia de una población microbiana que logra adaptarse a estas condiciones adversas (3).

La calidad de las aguas termales presenta gran diversidad de microorganismos que dependen de sus propiedades fisicoquímicas como la temperatura, pH, conductividad eléctrica. Pese a que el agua termal de los balnearios es un hábitat extremo por sus altas temperaturas existe una población microbiana que se adaptan a estas condiciones adversas, siendo de mayor interés sanitario *Escherichia coli* (4).

En la mayoría de aguas termales se desconoce la calidad sanitaria y microbiológica, esto ayuda al crecimiento de ciertos microorganismos propios de estos ambientes y que han evolucionado adaptándose a las condiciones extremas de estos ecosistemas, ya que no se han realizado estudios sobre la calidad fisicoquímica, como es el análisis de la temperatura en las que se puede encontrar las aguas termales: entre 35 y 45°C, consideradas mesotermiales y a una temperatura de más de 45°C considerada hipertermal (5); el pH de estas aguas se encuentra en el rango de 6.5 y 7, y las aguas con una conductividad eléctrica superior a 1,000 mS/cm son consideradas de mineralización excesiva y no aptas para consumo (6). Los estudios bacteriológicos se asocian con los parámetros fisicoquímicos como la temperatura y pH característicos de estas aguas ya que determinan las condiciones en las que las bacterias como: *Escherichia coli* y Coliformes Totales, crecen y se reproducen satisfactoriamente, la mayoría de las bacterias pueden crecer en un pH entre 5,5 y 7,0. En el caso de las aguas termales, puede variar dependiendo de la fuente y condiciones específicas, algunas aguas termales pueden tener un pH neutro, mientras que otras pueden ser más alcalinas o ácidas (7). La diversidad microbiana presentes en aguas termales se adapta a estas condiciones, como el *Staphylococcus aureus* la cual es una bacteria que se encuentra en el microbiota normal de la piel y mucosas, especialmente en la nasal (8), es capaz de crecer en un rango de pH desde 4,5 hasta pH 9,0, sobreviviendo a condiciones ácidas, neutras e incluso alcalinas, esto va a depender de la cepa específica (9).

En Ecuador, se ha prestado poca atención al estudio de las aguas termales y no existe una normativa que establezca los requisitos microbiológicos y fisicoquímicos para su uso, cada piscina de agua termal tiene un microbiota específico en relación con sus características físicas, por lo tanto puede representar un riesgo sanitario importante para las personas que hacen uso de estas aguas.

La calidad de las aguas termales presenta gran diversidad de microorganismos que dependen de sus propiedades fisicoquímicas como la temperatura, pH y conductividad eléctrica. Pese a que el agua termal de los balnearios es un hábitat extremo por sus altas temperaturas existe una población microbiana que se adaptan a estas condiciones adversas, siendo de mayor interés sanitario *Escherichia coli*, encontrando también *Staphylococcus aureus*, coliformes, hongos, levaduras, entre otros (10).

El presente estudio es relevante ya que no existen estudios fisicoquímicos y bacteriológicos a nivel local, los resultados de este estudio pueden ayudar futuras

investigaciones para el control microbiológico de estas aguas, beneficiando a la comunidad que acuden a estos balnearios y a los dueños de estos centros para brindar una mejor calidad del agua.

Metodología

La presente investigación fue de campo de tipo descriptiva de corte transversal, el universo fueron los balnearios de aguas termales “El Riñón”, “Hostería Durán” y “Balneario Durán” de la parroquia Baños, cantón Cuenca – Ecuador. Para poder realizar el estudio se obtuvieron los permisos correspondientes.

Toma de muestras

Se analizaron un total de 16 muestras del agua termal de los balnearios “El Riñón”, “Hostería Durán” “Balneario Durán” y “Vertiente”. ubicado en el sector Baños, Provincia del Azuay - Ecuador. Las muestras de agua fueron recolectadas de manera aséptica, utilizando frascos de vidrio esterilizados de 500 ml, de acuerdo con lo indicado en las normas ecuatorianas NTE-INEN-2-176 y NTE-INEN-2-169 (11,12). Las mismas fueron trasladadas en un cooler para mantener condiciones de temperatura de 35°C, hasta llegar al laboratorio de la Universidad Católica De Cuenca, donde se realizaron los análisis microbiológicos.

Análisis Físicoquímico

Los análisis físicoquímicos se realizaron con un medidor de pH de marca Dr. Meter – China (pH y temperatura), la cual se analizó en el mismo instante de toma de muestra y la conductividad eléctrica con un medidor multiparámetro de marca HACH – Estados Unidos, se tomó lectura de la conductividad, para cada punto de muestreo. La interpretación de los resultados se realizó según los lineamientos establecidos por los fabricantes.

Análisis microbiológico

Se realizó la siembra y cuantificación de las colonias de (hongos, levaduras, *E. coli*, coliformes y *Staphylococcus aureus*), utilizando las placas de Compact Dry X-SA para determinación de *Staphylococcus aureus*, Compact Dry YM para determinación de hongos y levaduras, y Compact Dry EC para determinar *E. coli* y Coliformes. Se colocó 1000 µL de cada una de las muestras de los balnearios en las placas Compact Dry. Las placas se incubaron a una temperatura de 35-37°C para Compact Dry X-SA y EC, por un periodo de 24 horas y a 25°C de 5 a 7 días para las placas Compact Dry YM.

Resultados

Para el presente estudio se analizó el agua termal de los bañeros “El Riñón”, “Hostería Durán”, “Balneario Durán” y una vertiente la cual se distribuye a los 3 balnearios, se tomó una muestra cada domingo durante 4 semanas, puesto que la misma agua de las piscinas termales se encuentra desde el viernes, se tomó la muestra a partir del horario de 17:00 pm, ya que a partir de las 17:30 pm se procede a realiza el lavado de las piscinas.

Para cada muestra tomada cada domingo se analizó mediante cultivo la presencia de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, coliformes, hongos y levaduras.

Análisis bacteriológico

La calidad de las aguas termales presenta gran diversidad de microorganismos que dependen de sus propiedades fisicoquímicas como la temperatura, pH, conductividad eléctrica. Pese a que el agua termal de los balnearios es un hábitat extremo por sus altas temperaturas existe una gran población microbiana siendo de mayor interés sanitario *Escherichia coli*, encontrando también *Staphylococcus aureus*, coliformes, hongos, levaduras, entre otros (10).

En la tabla 1 se observa el análisis cualitativo (presencia y ausencia) de las muestras tomadas de los 3 balnearios y la vertiente, durante 4 semanas, mediante la identificación del crecimiento de las colonias bacterianas, utilizando las placas de Compact Dry X-SA para determinación de *Staphylococcus aureus*, Compact Dry YM para determinación de hongos y levaduras, y Compact Dry EC para determinar E. coli y Coliformes.

Tabla 1. Análisis cualitativo de la presencia o ausencia de colinas bacterianas, de las muestras tomadas cada semana, mediante placas Compact Dry XSA, EC y YM, a partir de los balnearios de aguas termales de la parroquia Baños Cuenca – Ecuador, 2023.

Fecha	Balneario	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E. coli</i>	Coliformes	Hongos	Levaduras
Semana 1	“El Riñón”	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Ausencia
	“Hostería Durán”	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Ausencia
	“Balneario Durán”	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia
	Vertiente	Presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Semana 2	“El Riñón”	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	“Hostería Durán”	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
	“Balneario Durán”	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Vertiente	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Tabla 2. Análisis cualitativo de la presencia o ausencia de colinas bacterianas, de las muestras tomadas cada semana, mediante placas Compact Dry XSA, EC y YM, a partir de los balnearios de aguas termales de la parroquia Baños Cuenca – Ecuador, 2023. (continuación)

Fecha	Balneario	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E. coli</i>	Coliformes	Hongos	Levaduras
Semana 3	“El Riñón”	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia
	“Hostería Durán”	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
	“Balneario Durán”	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Vertiente	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Semana 4	“El Riñón”	Presencia	Presencia	Presencia	Ausencia	Presencia
	“Hostería Durán”	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
	“Balneario Durán”	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia	Presencia
	Vertiente	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

En la tabla 2 se observa el análisis cuantitativo de las muestras tomadas durante 4 semanas de los 3 balnearios y la vertiente, mediante el conteo de cada placa, utilizando las placas de Compact Dry X-SA para determinación de *Staphylococcus aureus*, Compact Dry YM para determinación de hongos y levaduras, y Compact Dry EC para determinar *E. coli* y Coliformes.

Tabla 3. Análisis cuantitativo de colinas bacterianas, de las muestras tomadas cada semana, analizadas mediante placas Compact Dry XSA, EC y YM, a partir de los balnearios de aguas termales de la parroquia Baños Cuenca – Ecuador, 2023

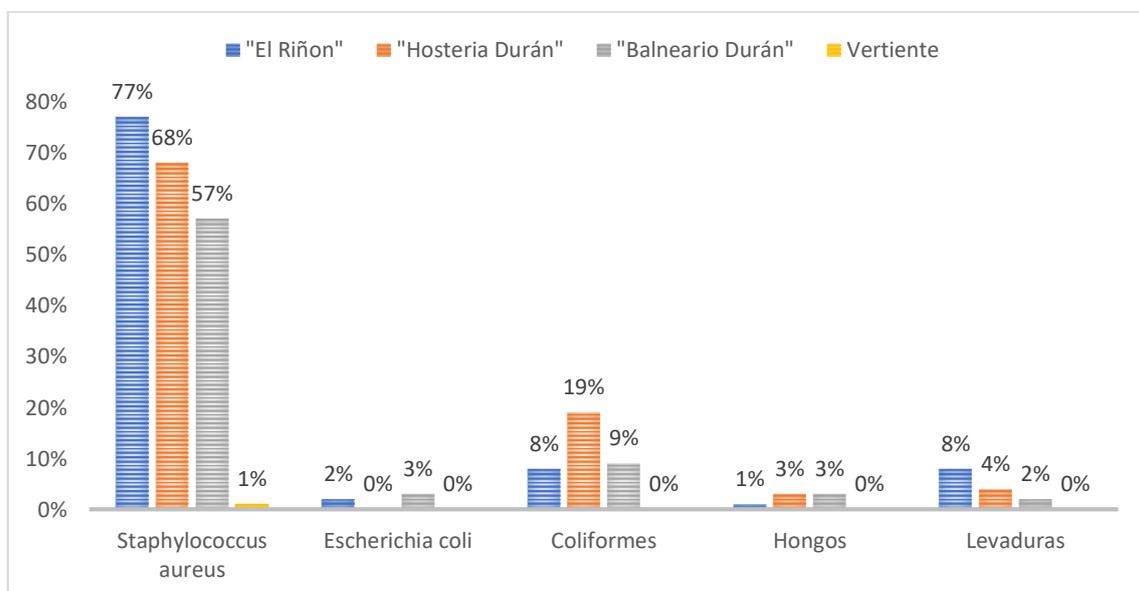
Semana	Balneario	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E. coli</i>	Coliformes	Hongos	Levaduras
Semana 1	“El Riñón”	100 UFC	0 UFC	15 UFC	0 UFC	0 UFC
	“Hostería Durán”	100 UFC	0 UFC	15 UFC	1 UFC	2 UFC
	“Balneario Durán”	72 UFC	1 UFC	2 UFC	3 UFC	2 UFC
	Vertiente	3 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC
Semana 2	“El Riñón”	58 UFC	3 UFC	5 UFC	3 UFC	5 UFC
	“Hostería Durán”	20 UFC	0 UFC	12 UFC	4 UFC	1 UFC
	“Balneario Durán”	21 UFC	0 UFC	8 UFC	1 UFC	1 UFC
	Vertiente	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC

Tabla 4. Análisis cuantitativo de colinas bacterianas, de las muestras tomadas cada semana, analizadas mediante placas Compact Dry XSA, EC y YM, a partir de los balnearios de aguas termales de la parroquia Baños Cuenca – Ecuador, 2023 (continuación)

Semana 1	Balneario	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>E. coli</i>	Coliformes	Hongos	Levaduras
Semana 3	“El Riñón”	50 UFC	3 UFC	5 UFC	0 UFC	13 UFC
	“Hostería Durán”	51 UFC	0 UFC	25 UFC	4 UFC	6 UFC
	“Balneario Durán”	35 UFC	7 UFC	13 UFC	2 UFC	1 UFC
	Vertiente	1 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC
Semana 4	“El Riñón”	100 UFC	3 UFC	5 UFC	0 UFC	13 UFC
	“Hostería Durán”	100 UFC	1 UFC	24 UFC	3 UFC	8 UFC
	“Balneario Durán”	100 UFC	5 UFC	13 UFC	3 UFC	3 UFC
	Vertiente	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC	0 UFC

Nota: Leyenda. Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Figura 1. Promedio de las muestras tomadas durante 4 semanas de las bacterias presentes en el “Balneario el Riñón”, “Hostería Durán”, “Balneario Durán” y la Vertiente, de la parroquia Baños. Cuenca – Ecuador 2023



En la figura 1 se observa el predominio de las muestras tomadas durante cuatro semanas del *Staphylococcus aureus* en las piscinas de aguas termales “Balneario el Riñón” con un

promedio de 77% siendo este el valor encontrado más alto, “Hostería Durán” con un 68% y “Balneario Durán” con un porcentaje de 57%.

Análisis Físicoquímico

La calidad de las aguas termales exhibe una amplia variedad de microorganismos, los cuales están influenciados por las propiedades físicoquímicas del agua, como la temperatura, pH y la conductividad eléctrica. A pesar de que el agua termal de los balnearios se considera un hábitat extremo debido a sus altas temperaturas, se ha observado la presencia de una población microbiana que logra adaptarse a estas condiciones adversas (3).

Tabla 5. Análisis físico químico de los parámetros (pH, temperatura y conductividad), de las muestras tomadas cada semana, mediante un medidor de pH de marca Dr. Meter (pH y temperatura), la cual se analizó en el mismo instante de toma de muestra, en el horario de 17:00pm y la conductividad eléctrica con un medidor multiparámetro de marca HACH, a partir de los balnearios de aguas termales de la parroquia Baños Cuenca – Ecuador, 2023.

Semana	Balneario	pH	Temperatura	Conductividad
Semana 1	“El Riñón”	7.92	35.5°C	38,7 µS/cm
	“Hostería Durán”	8,29	35.7°C	40,5 µS/cm
	“Balneario Durán”	8,51	33°C	41,7 µS/cm
	Vertiente	7,42	65.3°C	38,5 µS/cm
Semana 2	“El Riñón”	7.92	35.5°C	38,6 µS/cm
	“Hostería Durán”	8,36	35.8°C	40,5 µS/cm
	“Balneario Durán”	8,65	33,1°C	39,7 µS/cm
	Vertiente	7,92	66.5°C	39,5 µS/cm
Semana 3	“El Riñón”	7.93	35°C	38,9 µS/cm
	“Hostería Durán”	8,46	35°C	38,5 µS/cm
	“Balneario Durán”	8,45	33,4°C	39,9 µS/cm
	Vertiente	7,93	68.3°C	39,2 µS/cm
Semana 4	“El Riñón”	7.92	35.5°C	38,7 µS/cm
	“Hostería Durán”	8,29	35.7°C	41,5 µS/cm
	“Balneario Durán”	8,50	33°C	41,7 µS/cm
	Vertiente	7,42	66.3°C	38,5 µS/cm

En la tabla 4 indica el valor de pH en el “Balneario el Riñón” y la Vertiente con un valor promedio de 7.92, en la “Hostería Durán” y “Balneario Durán” con un valor promedio de 8,43.

La temperatura en medida en grados centígrados (°C) se encuentra con un valor constante de 35°C en el “Balneario el Riñón” y “Hostería Durán”, al contrario de la Vertiente la cual tienen una temperatura promedio de 66,6°C.

La conductividad eléctrica medida en microSiemens/centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) se encuentra en un valor promedio en los 3 balnearios de 39,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, al contrario de la vertiente la cual se encuentra en un valor promedio de 38,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Discusión

En Ecuador, se ha llevado a cabo un número limitado de estudios sobre las propiedades microbiológicas de las aguas termales que se encuentran en el país (13). Los diferentes microorganismos presentes en las aguas termales exhiben una amplia variedad de formas de vida, las cuales son influenciadas por sus características fisicoquímicas, como su temperatura, pH y conductividad eléctrica. A pesar de que las aguas termales de los balnearios constituyen un entorno extremo debido a sus elevadas temperaturas, se ha observado la existencia de una población microbiana que logra adaptarse a estas condiciones. Las temperaturas tomadas cada semana de los balnearios (tabla 4) se considerada mesotermal según (15) y según (14), la temperatura de las aguas termales está relacionada con la profundidad del origen en medida del suelo, de esta manera la temperatura como la presión aumenta a medida que se adentra a mayores profundidades, lo que permite discutir sobre el gradiente geotérmico de temperatura, que se estima en 3°C por cada 100 metros (14). La disminución de la temperatura va a ser considerada consecuencia del cambio climático (15).

En el parámetro de pH (tabla 4), la mayoría de las bacterias tienen la capacidad de crecer en un rango de pH que vaya desde 5,5 hasta 8,0, por lo tanto, las piscinas de agua termal de la parroquia Baños coincide con el pH óptimo para el crecimiento de ciertos microorganismos (16). Se encontró que entre las variables que tienen mayor influencia en la variación del pH se destacan los sulfatos, los cloruros, las fluctuaciones en los niveles de oxígeno disuelto y el mes en el que se recolectaron las muestras. Esto se debe a que, en algunos meses, el agua presenta una mayor concentración de iones de hidrógeno debido a diversos factores climáticos (17).

En un estudio donde se evaluó el pH fue realizado por (18), en las aguas termales del balneario Ilaló en Pichincha Ecuador, obteniendo un valor promedio de pH 7,39 en los muestreos realizados, lo que indica que las piscinas termales se encontró un pH relativamente neutro, similar al obtenido en el presente estudio en las aguas termales del

“Balneario El Riñón” y la Vertiente, al contrario del “Balneario Durán” y “Hostería Durán” (tabla 4) estos valores pueden variar debido a los minerales que contiene estas aguas y el mes de recolección de muestras ya que el agua en algunos meses tiene mayor concentración de hidrógeno debido a los diferentes factores climáticos (18).

Los resultados de conductividad revelan que el agua presenta una mineralización excesiva con una conductividad eléctrica superior a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, según un estudio realizado por (6), en las aguas termales del municipio libertador del Estado Sucre, Venezuela el resultado promedio fluctuó entre 9, 360 y 14, 16 mS/cm (6), en comparación con el estudio realizado en Los balnearios de la parroquia Baños, Cuenca Ecuador, esta variación se debe a las condiciones del lugar, como la ubicación geográfica.

En el caso de los parámetros bacteriológicos el *Staphylococcus aureus* es una bacteria patógena común en los seres vivos y se encuentra en gran parte del cuerpo humano, especialmente la piel, mucosa y fosas nasales. Se estima que aproximadamente el 30% de la población humana está colonizada por esta bacteria, permaneciendo en estado latente hasta que se activan los factores de virulencia para desencadenar una infección (19). Los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos de los balnearios se resumen en la tabla 2, comparando con los resultados del estudio de Calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas termales del “Complejo Turístico Santa Catalina” 2021, ubicado en Papallacta, Provincia de Napo, obtuvieron en el muestreo 1 un valor promedio de $1,66 \times 10 \text{ UFC}/\text{ml}$; en el muestreo 2 se obtuvo un promedio de $1,20 \times 10^2 \text{ UFC}/\text{ml}$ (20). La presencia de esta bacteria cada semana puede ser explicada debido a que se encuentran naturalmente en el entorno y es posible que hayan llegado al balneario a través de diferentes medios como el aire, suelo y lluvia (21).

Los resultados obtenidos muestran que existen cantidades bajas de *E. coli* y coliformes fecales en los 3 Balnearios en comparación con el estudio realizado en las piscinas “El Salado” en el cantón Baños de Agua Santa provincia de Tungurahua con un promedio de 5000 UFC/ml a 410 UFC/ml (22), en comparación con los resultados de este estudio el valor de coliformes es elevado, esto puede deberse a el día de muestreo en los balnearios ya que en días feriados existe mayor afluencia de personas en estos centros recreativos. La detección de coliformes fecales en el agua supone un riesgo si se consume, ya que estas bacterias pueden provocar enfermedades y los síntomas más frecuentes son problemas gastrointestinales.

De igual manera se identificaron hongos y levaduras, en el estudio llevado a cabo por Aguirre en 2018 sobre el análisis microbiológico de las aguas termales del Cantón Baños, se encontró la presencia de mohos y levaduras en el agua, con niveles similares a los obtenidos en el presente estudio (23).

El estudio realizado en el balneario El Raposo en España indica que, aunque la presencia de estos microorganismos no es común en aguas termales, se han encontrado en diversos manantiales. Esto se debe a que la mayoría de estos microorganismos provienen del suelo, pero son capaces de adaptarse a las condiciones de los ambientes acuáticos presentes en las aguas termales (24).

De acuerdo con (25), se señala que la presencia significativa de mohos y levaduras en el agua es un indicador de contaminación ambiental y posibles problemas de higiene.

Conclusiones

- Las piscinas de agua termal “El Riñón”, “Hostería Durán” y “Balneario Durán” en base a los resultados obtenidos se clasifican en alcalinas, la presencia de ciertos minerales como el carbonato de calcio, puede hacer que el agua sea más alcalina, según sus temperaturas se caracterizan como aguas mesotermas, de conductividad fuerte, estos parámetros se deben a la mineralización excesiva que tienen estas aguas ya que la cantidad y el tipo de minerales disueltos pueden influir en estas propiedades.
- La presencia de bacterias en las piscinas proviene principalmente de la liberación de sudor por parte de los nadadores, de acuerdo con el análisis microbiológico, predomina la especie *Staphylococcus aureus*, la cual se encuentra comúnmente en la piel y en las membranas mucosas de los seres humanos, también se obtuvo en menor frecuencia *E. coli*, coliformes, hongos y levaduras las cuales pueden ser transportada por personas al ingresar a las aguas termales.
- La calidad microbiológica de estas aguas termales dependen de las condiciones fisicoquímicas, después de haberlas analizado considero que las piscinas de agua termal “El Riñón”, “Hostería Durán” y “Balneario Durán” son aguas mesotermas y alcalinas, podemos confirmar que su calidad microbiológica es notablemente buenas ya que la presencia de *Staphylococcus aureus* no representa un riesgo para la población que acude a estos centros recreativos dado que esta bacteria forma parte de la flora normal de cuerpo humano, lo mismo sucede con las bacterias presentes en menor frecuencia: *E. coli*, coliformes, hongos y levaduras no representan un riesgo a la población.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés para la publicación del presente artículo.

Declaración de contribución de los autores

Alexandra Estefanía Anguisaca Vega diseñó el estudio, analizó los datos y elaboró el borrador.

Referencias Bibliográficas

1. Escalante CL, Rodríguez AT. Las aguas termales de la cuenca Chapala-Santiago: un patrimonio natural en peligro. (Spanish). FIAR: Forum for Inter-American Research [Internet]. 2020 Mar [cited 2023 Sep 8];13(1):114–25. Available from: <https://search-ebshost-com.vpn.ucacue.edu.ec/login.aspx?direct=true&db=edo&AN=143023961&lang=es&site=eds-live>
2. Hernández-Pacheco F. En relación con las aguas minero-medicinales termales [Thermal mineral medicinal water]. An Real Acad Farm. 1956;22(2):191-6. Spanish. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13373022/>
3. Malca MRM. Estudio de la calidad fisicoquímica y mineromedicinal del agua termal de los Baños del Inca. 2015. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5472524>
4. Ma del Carmen De la Rosa Jorge y Ma Ángeles Mosso Romeo. Diversidad microbiana de las aguas Minerales termales. Available from: <https://aguas.igme.es/igme/publica/pdfart3/diversidad.pdf>
5. Saz P, Gálvez JJ, Ortiz M, Saz S. Agua y salud. Balneoterapia. Offarm. 1 de diciembre de 2011;30(6):66-70. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-X0212047X11622831>
6. Benítez JL, Mostue MB, López M. Estudio fisicoquímico e isotópico de aguas termales del Municipio Libertador del Estado Sucre, Venezuela. 2015 Mar 1 [cited 2023 Jul 15]; Available from: <https://search-ebshost-com.vpn.ucacue.edu.ec/login.aspx?direct=true&db=edsair&AN=edsair.od.....621.66d328f4801879f12ee35ffa6b193961&lang=es&site=eds-live>
7. Guevara-Luna J, Serrano-ángel LI, Rodríguez-Barrera MÁ, Hernández-Flores G, Toribio-Jiménez J, Toledo-Hernández E, et al. Isolated bacteria from hot springs able to use hydrocarbons as carbon source. Rev Int Contam Ambient. 2022;38(Special issue 3):68-77. Available from: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/54234>
8. Silvia Monserrath Torres Segarra, Karla Pacheco Cárdenas. Staphylococcus aureus resistentes a meticilina en alimentos. Revista Vive [Internet]. 2021 Dec 13 [cited 2023 Jul 15] 57–69. Available from: <https://search-ebshost-com.vpn.ucacue.edu.ec/login.aspx?direct=true&db=edsair&AN=edsair.doiaa244115e9fcdcf00baa99aba3635746&lang=es&site=eds-live>

9. Elizabeth M. Aguas, Keyla P. Morales, Ivanna N. Jiménez, Elkin M. Iguaran. Importancia en Salud Pública y modelamiento de Staphylococcus Aureus en alimentos. *Mente Joven* [Internet]. 2017 Dec 1 [cited 2023 Sep 8]; 6:36–53. Available from: <https://search-ebshost-com.vpn.ucacue.edu.ec/login.aspx?direct=true&db=edsair&AN=edsair.doi.....f8c574e3f66d45b6e7bfbdb822f512&lang=es&site=eds-live>
10. González Leal GR. Microbiología del agua: conceptos y aplicaciones [Internet]. 1a edición. Escuela Colombiana de Ingeniería; 2012 [cited 2023 Sep 8]. Available from: <https://search-ebshost-com.vpn.ucacue.edu.ec/login.aspx?direct=true&db=cat08875a&AN=urb.oai.uca.cue.edu.ec.redbiblioteca.104284&lang=es&site=eds-live>
11. NTE INEN 2169 - Agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestras.pdf [Internet]. [citado 12 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACION%20DE%20MUESTRAS.pdf>
12. Acuerdo No 323 - NTE INEN 2 176 sobre técnicas de muestreo para la calidad del agua. | FAOLEX [Internet]. [citado 12 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC018892/>
13. González Escudero M, Diego A, Araque J, Francisco V, Luis V, Sandra E, et al. Microbiology of the water in the lake crater volcanic Cuicocha. Imbabura. Ecuador: Initial study. 21 de junio de 2021; 63:25-33. Available from: https://www.researchgate.net/publication/352638876_Microbiology_of_the_water_in_the_lake_crateric_volcanic_Cuicocha_Imbabura_Ecuador_Initial_study
14. Clapés O. Control de calidad de las aguas minero-medicinales. 2019;63(1):75-86. Available from: <https://aguas.igme.es/igme/publica/pdfart3/control.pdf>
15. Repositorio Digital: Microbiota del agua termal del balneario Ilaló en la Provincia de Pichincha-Ecuador y sus propiedades Biotecnológicas e Industriales [Internet]. [citado 16 de julio de 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18144>
16. González M, Alarcón D, Araque J, Viteri F, Villacis L, Escobar S, et al. Microbiología del agua perteneciente al lago cratérico volcánico Cuicocha. Imbabura. Ecuador: Estudio inicial. *Rev Fac Farm.* 2021;63(1):25-33. Available from:

- <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23829/1/21%20GONZALEZ-ANDUEZA%20MICROBIOLOGIA%20DEL%20AGUA.pdf>
17. García SL, Arguello A, Parra R, Pilay MP. Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal. *INNOVA Res J.* 6 de mayo de 2019;4(2):59-71. Available from: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/909>
 18. Alvarado GE, Vargas AG. Historia del descubrimiento y aprovechamiento de las fuentes termales en Costa Rica/History of discovery and exploitation of the thermal water in Costa Rica. *Rev Geol Am Cent.* 1 de diciembre de 2017;(57):55. Available from: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rgac/n57/0256-7024-rgac-57-00055.pdf>
 19. Tarqui Tenesaca JP. Factores asociados a infecciones por staphylococcus aureus. Universidad Católica Cuenca [Internet]. 2020 [citado 19 de julio de 2023]; Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/10178>
 20. Repositorio Digital: Calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas termales del “Complejo Turístico Santa Catalina”, ubicado en Papallacta, provincia de Napo. Ecuador [Internet]. [citado 19 de julio de 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24373>
 21. Leclerc H, Moreau A. Microbiological safety of natural mineral water. *FEMS Microbiol. Rev.* junio de 2002;26(2):207-22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12069884/>
 22. Villavicencio K, Villafuerte A. Estudio fisicoquímico y microbiológico de las aguas termales en las piscinas “el salado” en el cantón baños de agua santa provincia de Tungurahua. 2019. Available from: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/485/T.AMB.B.UEA.3170?sequence=1&isAllowed=y>
 23. Sacoto Acaro D, Andueza Leal FD, Sacoto Acaro D, Andueza Leal FD. Microbiología del agua termal del balneario Ilaló. Pichincha, Ecuador. *FIGEMPA Investig Desarro.* junio de 2020;9(1):18-25. Available from: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/2178/5013#:~:text=De%20las%2029%20cepas%20aisladas,el%2017%20%25%20cocos%20Gram%20positivos.>
 24. Leal FDA, Rangel JA, Escudero MG, Sacoto D, Leal Andrés León, Gutiérrez MG, et al. Biodiversidad bacteriana en aguas de balnearios mineromedicinales de Ecuador y Venezuela. *FIGEMPA Investig Desarro.* 31 de enero de

2023;15(1):56-77. Available from:

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/4368>

25. Calidad microbiológica de las aguas termales del balneario “El Tingo”. Pichincha. Ecuador [Internet]. [citado 19 de julio de 2023]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2340-98942020000100003

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Anatomía Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Anatomía Digital**.



Indexaciones

