

## Biodiversidad bacteriana en aguas de balnearios mineromedicinales de Ecuador y Venezuela

### Bacterial biodiversity in medicinal mineral spa waters of Ecuador and Venezuela

Andueza-Leal, Félix Daniel; Araque-Rangel, Judith; González-Escudero, Marco; Sacoto, Diana; León-Leal, Andrés; Gutiérrez, María Gabriela; Flores, Sandra; Escobar-Arrieta, Sandra; Medina-Ramírez, Gerardo

 **Félix Daniel Andueza-Leal**  
fdandueza@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

 **Judith Araque-Rangel**  
juditharaque@gmail.com  
Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

 **Marco González-Escudero**  
magonzalez@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

 **Diana Sacoto**  
dysacoto@uce.edu.ec  
Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador

**Andrés León-Leal**  
Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela

 **María Gabriela Gutiérrez**  
mggutierrez@ula.ve  
Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela

 **Sandra Flores**  
sandracoromotoflrsp@gmail.com  
Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela

 **Sandra Escobar-Arrieta**  
kasandrea@gmail.com  
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.  
Riobamba, Ecuador

 **Gerardo Medina-Ramírez**  
medinag47@gmail.com  
Universidad Regional Autónoma de los Andes.  
Ambato, Ecuador

**Resumen:** Las aguas mineromedicinales en Ecuador y Venezuela se utilizan desde hace siglos como medicamentos por la población de estos países. Sin embargo, la biodiversidad bacteriana es poco conocida. Por ello, el objetivo del trabajo fue conocer la biodiversidad bacteriana en el agua de balnearios mineromedicinales de Ecuador y Venezuela. Se tomaron muestras de agua en diversos puntos de cada balneario. Los estudios microbiológicos se realizaron siguiendo los esquemas propuestos por MacFaddin, complementadas con las pruebas bioquímicas de las galerías API y Microgen. En las aguas de los balnearios de Ecuador se identificaron un total de 284 colonias de los géneros Acidovorax, Acinetobacter, Actinomyces, Aeromonas, Alcaligenes, Bacillus, Brevibacterium, Brevundimonas, Budvicia, Burkholderia, Citrobacter, Corynebacterium, Edwardsiella, Ewingella, Flavobacterium, Kurthia, Micrococcus, Moraxella, Proteus, Pseudomonas, Psychrobacter, Ralstonia, Staphylococcus, Vibrio, Yersinia, Yokonella y Xenorhabdus. En las aguas de los balnearios de Venezuela, se logró identificar 158 colonias de los géneros Aeromonas, Alcaligenes, Bacillus, Brevundimonas, Burkholderia, Chromobacterium, Citrobacter, Comamonas, Edwardsiella, Enterobacter, Klebsiella, Kluyvera, Moraxella, Plesiomonas, Proteus, Pseudomonas, Ralstonia, Shewanella, Staphylococcus, Weeksella y Vibrio. Se observó un claro predominio de las bacterias Gram negativas de la clase Gama proteobacterias en los balnearios mineromedicinales de ambos países.

**Palabras clave:** aguas mineromedicinales, balnearios, biodiversidad bacteriana, Ecuador, Venezuela.

**Abstract:** The medicinal mineral waters in Ecuador and Venezuela have been used for centuries as medicines by the population of these countries. However, bacterial biodiversity is poorly understood. Therefore, the objective of the work was to know the bacterial biodiversity in the medicinal mineral water's spas in Ecuador and Venezuela. Water samples were taken at various points in each spa. The microbiological studies were carried out following the

Periodicidad: Semestral  
vol. 15, núm. 1, 2023  
revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 11 Noviembre 2022  
Aprobación: 23 Enero 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/624/6243724006/>

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4368>

Autor de correspondencia: [fdandueza@uce.edu.ec](mailto:fdandueza@uce.edu.ec)



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Cómo citar: Andueza Leal, F. D., Araque Rangel, J., González Escudero, M., Sacoto, D., León Leal, A., Gutiérrez, M.G., Flores, S., Escobar Arrieta, S., & Medina Ramírez, G. (2023). Biodiversidad bacteriana en aguas de balnearios mineromedicinales de Ecuador y Venezuela. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 15(1), 56–77. <https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4368>

schemes proposed by MacFaddin, complemented with the biochemical tests of the API and Microgen gallery. In the waters of the spas of Ecuador, 284 colonies of the genera *Acidovorax*, *Acinetobacter*, *Actinomyces*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Brevundimonas*, *Budvicia*, *Burkholderia*, *Citrobacter*, *Corynebacterium*, *Edwardsiella*, *Ewingella*, *Flavobacterium*, *Kurthia*, *Micrococcus*, *Moraxella* were identified. *Proteus*, *Pseudomonas*, *Psychrobacter*, *Ralstonia*, *Staphylococcus*, *Vibrio*, *Yersinia*, *Yokonella* and *Xenorhabdus*. In the waters of the Venezuelan spas, it was possible to identify 158 colonies of the genera *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevundimonas*, *Burkholderia*, *Chromobacterium*, *Citrobacter*, *Comamonas*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Moraxella*, *Plesiomonas*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Shewanella*, *Staphylococcus*, *Weeksella* and *Vibrio*. A clear predominance of Gram-negative bacteria of the Gamma proteobacteria class was observed.

**Keywords:** medicinal mineral waters, spas, bacterial biodiversity, Ecuador, Venezuela .

## INTRODUCCIÓN

El agua se ha venido utilizando como medicamento en el mundo desde épocas prehistóricas. Diferentes culturas y religiones le han dado poderes curativos a este recurso natural y así se ha utilizado a través de la historia (Blázquez, 1977; Domínguez, 1985; George, 2001; Pérez Fernández & Novoa Castro, 2002; Gianfaldoni et al., 2017). Sin embargo, podemos ubicar el origen de la cultura del agua mineromedicinal en las fuentes hidro minerales griegas, en donde el médico griego Hipócrates (375 A. C.) comenzó a utilizar las aguas minerales naturales para tratar condiciones clínicas específicas, destacando las diferencias entre los efectos terapéuticos de cada tipo de fuente hidrotermal, señalando que las diferentes propiedades curativas estaban relacionadas con diferentes contenidos minerales (Naranjo Ravelli et al., 2020).

Posteriormente, durante el Imperio Romano, se propició una filosofía termal, denominada Doctrina Romana. Esta ideología consideraba al agua como un producto natural, específico de cada manantial y que debía observar normas relativas a la estabilidad y constancia de su composición química, sus características fisicoquímicas y la conservación de su pureza original, a fin de ejercer su influencia benéfica y medicinal sobre el organismo del ser humano (Schadewalt, 1989; Melillo, 1995; Gianfaldoni et al., 2017).

Paralelamente al pensamiento Romano, surgió la Doctrina Germánica, la cual establece unos mínimos en contenido mineral por los cuales es reconocida la calidad mineral de un agua y su acción terapéutica (Armijo Valenzuela, 1968; Porter, 1990; Titzmann & Balda, 1996; Lamoreaux & Tanner, 2001; Pérez Fernández & Novoa Castro, 2002; Van Tubergen & Van Der Linden, 2002).

La primera publicación sobre el agua mineromedicinal la podemos ubicar en el año 1498, fecha en la cual Savoranola, profesor de la Universidad de Ferrara y médico de la corte del marqués Leonello de Este en Italia, publica la obra “De Balneis et Thermis”, considerado el primer tratado sobre las aguas mineromedicinales. Años más tardes se publicaron los estudios de Adria (1536), Fallopio (1546) y Andrea Baciuss (1571) (Sánchez Granjel, 1981; Rodríguez, 1995).

---

## NOTAS DE AUTOR

[fdandueza@uce.edu.ec](mailto:fdandueza@uce.edu.ec)

En España, D. Julián Gutiérrez de Toledo, médico de los Reyes Católicos publica en 1498 “Cura de la piedra y dolor de la fijada y cólica-renal” en la que se trata de la aplicación medicinal de algunas de las fuentes como Ledesma y Alhama (De la Rosa & Mosso, 2004).

En 1697 se publica la obra de D. Alfonso Limón Montero, catedrático de la Universidad de Alcalá de Henares, “Espejo cristalino de las aguas minerales de España”. En ella se describen más de cien fuentes y 36 balnearios (Limon Montero, 1697).

En su obra, Limon Montero define al agua mineromedicinal como aquella que recibe “extrañas virtudes de los minerales que la conforman y es utilizada como medicamento” (Limon Montero, 1697).

En los años siguientes se destacan las obras realizadas por Rodrigo y Andueza (1713), médico colegial de Pamplona, “Libro de los prodigiosos baños de Thyermas” (Rodrigo y Andueza, 1713), la de D. Pedro Gómez de Bedoya, catedrático de la Universidad de Santiago, “Historia universal de las fuentes minerales de España” (1764-65) donde se describen 40 balnearios y 275 fuentes minerales (Gómez de Bedoya, 1764). También es de destacar la obra de D. Juan de Dios García (1793) “Examen de las aguas medicinales de más nombre que hay en las Andalucías” en la que se estudian un gran número de manantiales y sus propiedades curativas (Martínez Reguera, 1896; Málaga, 1969; San Martín, 1994).

Posteriormente, cuando ya la hidrología médica había sido reconocida como una ciencia, el catedrático de la Universidad Complutense de Madrid, Dr. Manuel Armijo, las define como aquellas “aguas que brotan de una fuente y pueden ser utilizadas directamente en terapias dado a que son reconocidas por los entes nacionales de salud como verdaderos medicamentos” (Armijo Valenzuela, 1968).

Hasta la fecha, en España y Europa se conoce bastante bien las características fisicoquímicas, microbiológicas, terapéutica y químicas de este tipo de agua y se emplean en balnearios bajo las orientaciones de un médico hidrólogo para tratar diferentes tipos de dolencias, tales como artritis reumatoide, fatiga muscular, gota, problemas dermatológicos, trastornos circulatorios, digestivos, respiratorios y otras afecciones de la salud, todo ello de acuerdo a la composición química y microbiológica de las mismas (European Union, 1980; Armijo & San Martín, 1994; San Martín, 1997; De la Rosa & Mosso, 2004; Maraver & Armijo, 2010; Maraver et al., 2020).

Las aguas mineromedicinales se distinguen por su composición química específica, en donde prevalecen las concentraciones de iones como sulfatos, fosfatos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos, entre otras sustancias químicas, seleccionando de esta manera la existencia de especies microbianas capaces de sobrevivir en condiciones extremas de concentración de sal, pH y en algunos casos de temperaturas, lo que las hace particularmente atractivas en el estudio de microorganismos extremófilos con posibles aplicaciones biotecnológicas de interés para las industrias farmacéutica, alimenticia, química e incluso con aplicaciones en la biorremediación de compuestos nocivos para el medio ambiente (Bredholt et al., 1999; Ramírez et al., 2006; Viviano et al., 2011; Medina Ramírez et al., 2016; Oliart Ríos et al., 2016; Maraver et al., 2020).

Dentro de las características que menos se han estudiado de las aguas mineromedicinales a nivel mundial, está la composición, diversidad, funciones, tamaño de la población bacteriana y los perfiles de resistencia a los antibióticos de estas.

En España, gracias al trabajo que ha venido desarrollando la comisión de aguas minerales y mineromedicinales de la Real Academia Nacional de Farmacia por varias décadas, así como los estudios realizados por investigadores de varias universidades españolas, se tiene un excelente panorama de la biodiversidad microbiana en los principales balnearios de aguas mineromedicinales españoles (Ramos Cormenzana et al., 1980; Mosso et al., 1981; Quevedo Sarmiento et al., 1986; De la Rosa et al., 1987; Mosso et al., 1994; De la Rosa et al., 1999; De la Rosa & Mosso, 2000; Urmeneta et al., 2000; De la Rosa et al., 2004; Mosso et al., 2006; De la Rosa et al., 2009; Mosso & De la Rosa, 2011; De la Rosa et al., 2015; De la Rosa et al., 2017; De la Rosa et al., 2018; Maraver et al., 2020).

El estudio de las aguas mineromedicinales en los países de latinoamericanos, a pesar de que las culturas ancestrales, como la de los aztecas, incas y mayas, hacían uso de ellas como medicamentos para curar sus

dolencias (Domínguez, 1985; Villar, 1999; Monasterio, 2008), ha estado un poco rezagado, desconociéndose en la mayoría de los balnearios existentes, las características microbiológicas de estas y en muchos casos, sus propiedades terapéuticas.

En Ecuador, se puede indicar que existe una gran cantidad de conocimiento ancestral en el uso de aguas mineromedicinales como una terapia alternativa para curar varios tipos de enfermedades. La presencia de aguas termales asociadas con la presencia de volcanes ha sido utilizada como medicamentos desde la antigüedad por personas de diferentes grupos étnicos que habitan en estas áreas y que acuden a ellos para aliviar diversas dolencias (Muñoz, 1949, 1959, 1968, 1975). En los últimos años los balnearios térmicos se han convertido en una floreciente industria de turismo de salud (Fresco, 2003; Maldonado Erazo et al., 2017; Rivas Tello et al., 2020). Sin embargo, aún se desconoce cuál es la biodiversidad de la microbiota asociada con la mayoría de estos entornos, así como las posibles actividades biológicas presentes, las cuales pueden tener importancia ambiental, biológicas, ecológicas, farmacológicas, sanitaria y terapéutica.

Los primeros estudios que se han realizado en Ecuador sobre la microbiología de las aguas mineromedicinales, han sido llevados a cabo gracias al trabajo de cooperación universitaria entre el grupo de investigación en microbiología y biotecnología ambiental de la carrera de Ingeniería Ambiental de la FIGEMPA de la Universidad Central del Ecuador (UCE), el grupo de investigación en microbiología de la carrera de Bioquímica y Farmacia de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH) y la carrera de Medicina de la Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES) en colaboración con el grupo de investigación en microbiología del agua de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes de Venezuela (Cabrera, 2015; Soria, 2015; Veintimilla, 2015; Andueza et al., 2015, 2018, 2018b, 2019, 2020; Andueza Leal et al., 2020; Medina Ramírez et al., 2016; Andueza, 2019; Talavera et al., 2019; Sacoto Acaro & Andueza Leal, 2020; González et al., 2021).

En el caso de Venezuela, el uso de agua mineromedicinal ha tenido una historia similar a la de Ecuador, aunque en el territorio de este país no se dispone de la abundancia y diversidad de fuentes de manantiales como es el caso de Ecuador. Los principales estudios que se han documentados sobre este tipo de agua han sido de naturaleza geológica y química, muchos de los cuales se desarrollaron a finales del siglo XIX y durante el siglo XX (Boussingault & De Rivero, 1823; Boussingault, 1833, 1849; Karsten, 1850; Arvelo, 1875; Marcano, 1877; Ernst, 1891; Álamo, 1893; Alvarado, 1911; Febres, 1920; Villegas, 1925; Sivoli, 1935; Otero et al., 1939, 1958; Martínez, 1970; Burguera et al., 1981).

En relación con los estudios sobre biodiversidad microbiana de las aguas mineromedicinales, en Venezuela son pocas las investigaciones que se han realizado sobre este aspecto, destacando aquellas llevadas a cabo por el laboratorio de microbiología del agua de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de los Andes (ULA), con el financiamiento del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y Artístico (CDCHTA) de esa Universidad. De manera específica, se han realizado estos estudios en los principales manantiales de aguas termales del estado Mérida (Flores, 2012; Rondón et al., 2012; Niño & Peña, 2014; Álvarez, 2015; Gutiérrez et al., 2018).

Tanto en Ecuador como en Venezuela, las investigaciones que se han venido realizando en los últimos años han tenido como objetivo conocer la biodiversidad y las principales características biológicas de la microbiota de las aguas mineromedicinales, entre ellas los perfiles de resistencia y multiresistencia a los antibióticos, de manera de establecer indicadores de calidad sanitaria y prevenir posibles problemas de salud pública, entendiendo que es importante considerar a la salud desde un punto de vista más holístico, tal y como lo sugiere las aproximaciones denominadas “Una Salud” (One Health) propiciada por la Organización Mundial de la Salud (Trinh et al., 2018; Gutiérrez, 2019; Mackenzie & Jeggo, 2019).

Es indudable que el estudio de la microbiología de cada manantial tiene un interés sanitario, ya que una contaminación microbiana y/o la presencia de resistomas ambientales puede representar un riesgo para la salud de los agüistas, y en este sentido se han realizados las investigaciones que se exponen en el presente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### MATERIALES

#### *Muestras*

Se recolectaron muestras de agua mineromedicinal en los puntos de emergencia y piscinas termales de seis balnearios ubicados en la Provincia de Pichincha Ecuador (Balnearios Cununyacu, El Cachaco, El Tingo, Ilalo, La Merced y Urauco) y en cinco balnearios ubicados en el Estado Mérida, Venezuela (Campo Mio, La Mitisus, La Musuy, Santa María y Santa Polonia).

El balneario de aguas mineromedicinales de Cununyacu (Figura 1) se encuentra ubicado en las faldas noroccidentales del cerro Ilaló, a orillas del río Tumbaco, a una distancia de 16 km de la ciudad de Quito, a una altura de 2300 m.s.n.m, con una temperatura de 17,7 °C (GAD Tumbaco, 2015).



**FIGURA 1**

Piscinas del balneario mineromedicinal “Cununyacu”. Provincia de Pichincha. Ecuador

González et al., 2021

Los manantiales de aguas mineromedicinales del El Cachaco (Figura 2) se ubican en la Parroquia de Calacalí, provincia de Pichincha, en el Distrito Metropolitano de Quito, a una altitud de 2839 m.s.n.m. (GAD Calacalí, 2012).



**FIGURA 2**

Piscina mineromedicinal termal, balneario “El Cachaco”. Provincia de Pichincha. Ecuador

Jácome, 2017

Las fuentes mineromedicinales del balneario “El Tingo” (Figura 3) se encuentran en la parroquia Alangasí zona del Valle de Los Chillos, cantón Quito, Provincia de Pichincha Ecuador, a 2500 m.s.n.m. (Burbano et al., 2013; Carrera & Guevara, 2016).



FIGURA 3  
Vista aérea del balneario “El Tingo”. Provincia de Pichincha. Ecuador.  
Google Earth, 2020

El balneario Ilaló (Figura 4) es un complejo turístico localizado en el barrio Guantugloma de la Parroquia la Merced perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha Ecuador, a una altura 2598 m.s.n.m. (GADP La Merced, 2012).

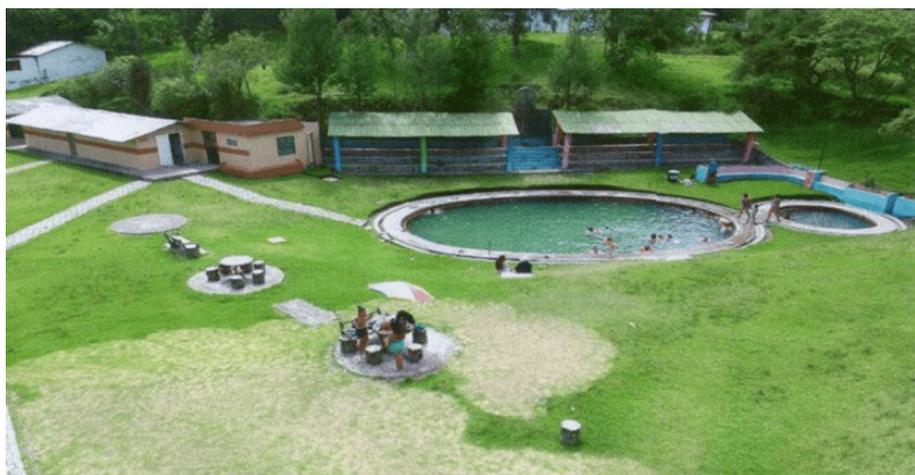


FIGURA 4  
Piscinas del balneario mineromedicinal “Ilalo”. Provincia de Pichincha. Ecuador  
Sacoto Acaro y Andueza Leal, 2020

El balneario de manantiales mineromedicinal de La Merced (Figura 5) se ubica en la parroquia Alangasí zona del Valle de Los Chillos, cantón Quito, Provincia de Pichincha Ecuador, a 2500 m.s.n.m. (Burbano et al., 2013; Carrera & Guevara, 2016).



FIGURA 5

Piscinas del balneario mineromedicinal “La Merced”. Provincia de Pichincha. Ecuador

Andueza et al., 2018

Las aguas mineromedicinales del Balneario Urauco (Figura 6) se encuentran en la Parroquia Lloa, perteneciente a la Ciudad de Quito, Provincia de Pichincha a una altitud de 2773 m.s.n.m en las faldas del volcán Guagua Pichincha, a 30 minutos de la parroquia Lloa, la misma que pertenece a la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, Ecuador (Burbano et al., 2013; Carrera & Guevara, 2016).



FIGURA 6

Manantial del balneario mineromedicinal “Urauco”. Provincia de Pichincha. Ecuador

González et al., 2021



FIGURA 7

Piscina aguas mineromedicinales de Santa María. Tabay. Estado Mérida. Ven  
Rondón & Villafranca, 2012

Los balnearios de aguas mineromedicinales de Campo Mío y Santa María (Figura 7 y Figura 8) se ubican en el del sector Aguas Calientes de la población de Tabay, Municipio Autónomo Santos Marquina del estado Mérida Venezuela, a 15 kilómetros de la Ciudad de Mérida, a una altitud de 1710 m.s.n.m y con una temperatura media de 17.2 °C (Rondón & Villafranca, 2012).



FIGURA 8

Piscina de agua termal. Campo Mío. Tabay. Estado Mérida. Venezuela  
Rondón & Villafranca, 2012

La fuente mineromedicinal de La Mitisús (Figura 9) está ubicada en el Municipio Cardenal Quintero, Parroquia Las Piedras, estado Mérida Venezuela, a 50 metros de la represa José Antonio Páez, en dirección a La Mitisús. El manantial se encuentra aproximadamente a una altitud de 1625 m.s.n.m. (Schubert, 1980).



**FIGURA 9**

Piscina de agua mineromedicinal La Musuy. Estado Mérida. Venezuela

Gutiérrez, 2019

El manantial mineromedicinal de La Musuy (Figura 10) se localiza al oeste del poblado de Mucuchies, municipio Rangel del estado Mérida Venezuela, específicamente en el lado norte de la carretera Trasandina, a una altitud de 3308 m.s.n.m y con una temperatura media de 18.2 °C (Trinh et al., 2018).



**FIGURA 10**

Piscina de agua mineromedicinal Santa Apolonia. Estado Mérida. Venezuela

Flores, 2012

Las aguas mineromedicinales de Santa Polonia se sitúan al norte de la población de Santa Apolonia, municipio Tulio Febres Cordero del estado Mérida Venezuela, a 760 m.s.n.m y con una temperatura promedio anual de 23 °C, próxima a la población de Caja Seca, a orillas del río San Pedro (Burguera et al., 1981).

Se realizaron 2 muestreos en cada uno de los sitios antes señalados durante un periodo de un año. En Ecuador las investigaciones se realizaron entre los años 2015 y 2021, en el caso de Venezuela los estudios se llevaron a cabo entre los años 2012 y 2019. En cada ocasión y en cada uno de los sitios de muestreo, se tomaron de manera aséptica 3 muestras de agua de 1 litro, recogidas en recipientes estériles, los cuales se trasladaron a temperatura ambiente y en la oscuridad al laboratorio, realizándose los análisis microbiológicos antes de las 48 horas.

### *Medios de cultivo y reactivos*

Los medios de cultivo utilizados se prepararon a partir de las formas deshidratadas suministradas por las casas comerciales o mezclando los constituyentes del medio, de acuerdo con la fórmula correspondiente. Se reconstituyeron con agua destilada y posteriormente se esterilizaron en autoclave 120 °C durante 20 minutos a 15 PSI de presión. Todos los reactivos utilizados fueron de grado analítico.

## MÉTODOS

### *Siembra y aislamiento de bacterias heterótrofas viables*

La siembra y aislamiento de bacterias heterótrofas viables se realizó tanto, por la técnica de filtración por membrana de 0,45 µm de poro y 0,45 mm de diámetro, así como por la técnica de dilución en placa. Se utilizaron los medios, agar almidón ampicilina, agar Baird Parker, agar Cetrimide, agar eosina azul de metileno, agar R2A, placas de Petrifilm y placas Compact Dry, incubando en todos los casos a 30 °C durante 2 a 5 días.

El volumen de muestra de agua filtrada fue de 100 mL y el volumen utilizado en el caso de la dilución en placa fue de 1 mL. Los resultados se expresaron como medias aritméticas de las unidades formadoras de colonias por mililitro (ufc/mL). Las colonias más representativas y con morfología diferente se aislaron en agar soya tripticasa (AST) para su posterior identificación (Andueza, 2007).

### *Identificación de bacterias heterótrofas viables*

Las colonias aisladas de bacterias se identificaron por características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas (Andueza, 2007). Las pruebas se realizaron según lo indicado por Barrow & Feltham (2003) y MacFaddin (2004), complementadas con las pruebas bioquímicas contenidas en los kits de identificación bacteriana de las galerías API y Microgen.

Entre las pruebas realizadas estuvieron: Tinción de Gram, morfología de la colonia y producción de pigmento, producción de oxidasa, producción de la catalasa, oxidación-fermentación de la glucosa, observación de la movilidad, crecimiento en medio Kligler, producción de indol, producción de acetilmetil carbinol (Voges-Proskauer; prueba del rojo de metilo, utilización del citrato, producción de ureasa, desaminación de la fenilalanina, reducción de nitratos, producción de gas de la lactosa, hidrólisis de la esculina, crecimiento en agar MacConkey, producción de pigmentos, crecimiento a 42° C, observación de la morfología y posición de la espora, hidrólisis del almidón, hidrólisis de la gelatina y crecimiento en agar sangre (Barrow & Feltham, 2003; MacFaddin, 2004).

### *Criterios de clasificación*

Las cepas bacterianas aisladas se clasificaron siguiendo los criterios taxonómicos del Manual de Bergey (Garrity et al., 2005, 2006; Brenner et al., 2007; Logan et al., 2007; De Vos et al., 2011) y la nomenclatura del Comité Internacional de Sistemática Bacteriana (ICSB) y publicadas en el International Journal of Systematic Bacteriology.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han analizado muestras de aguas mineromedicinales de diferentes Balnearios de la Provincia de Pichincha Ecuador desde el punto de vista microbiológico mediante métodos estandarizados, utilizando cultivo, cuantificación, aislamiento e identificación taxonómica de microorganismos. Los resultados obtenidos en la identificación de las bacterias presentes en las aguas estudiadas se resumen en la Tabla 1.

En las aguas termales del balneario “Cununyacu”, se logró aislar e identificar 61 cepas bacterianas de los géneros *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevundimonas*, *Burkholderia*, *Micrococcus*, *Moraxella*, *Pasteurella* y *Staphylococcus* (Tabla 1).

Para los manantiales mineromedicinales de “El Cachaco” se pudo identificar un total de 53 cepas de bacterias de los géneros *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Campylobacter*, *Citrobacter*, *Corynebacterium*, *Enterococcus*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* y *Yersinia* (Tabla 1).

En el balneario “El Tingo” se pudo aislar e identificar 41 colonias de las bacterias de los géneros *Aeromonas*, *Bacillus*, *Budvicia*, *Citrobacter*, *Pseudomonas* y *Staphylococcus* (Tabla 1).

En el caso del agua del balneario “Ilaló” se identificaron 48 cepas de los géneros *Acinetobacter*, *Actinomyces*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Enterobacter*, *Kurthia*, *Moraxella*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* y *Vibrio* (Tabla 1).

En el estudio realizado en el balneario “Termas La Merced” se logró aislar e identificar 17 cepas bacterianas. Los géneros encontrados fueron *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Brevundimonas*, *Budvicia*, *Citrobacter*, *Pseudomonas* y *Xenorhabdus* (Tabla 1).

En las aguas del balneario Urauco se logros aislar e identificar 64 colonias bacterianas de las especies *Acidovorax*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Brevundimonas*, *Budvicia*, *Citrobacter*, *Corynebacterium*, *Edwardsiella*, *Enterococcus*, *Ewingella*, *Flavobacterium*, *Kurthia*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Psychrobacter*, *Ralstonia*, *Staphylococcus*, *Vibrio* y *Yokonella* (Tabla 1).

Del análisis de los resultados que se detallan en la Tabla 1, se puede señalar que existe una gran diversidad de especies bacterianas en los balnearios investigados, además se observa que el agua mineromedicinal de cada balneario presente una microbiota bacteriana específica, aunque hay géneros que se encuentran presentes en la mayoría de las aguas de los balnearios, tal como es el caso de las especies de *Aeromonas*, *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Staphylococcus*.

En estudios realizados sobre la población microbiana de las aguas mineromedicinales, se ha encontrado que las bacterias Gram negativas representan un alto porcentaje dentro de la microbiota de estos ecosistemas (De la Rosa & Mosso, 2000; De la Rosa et al., 2004; Baker et al., 2001; Jain et al., 1997; Leclerc, 1994), resultado que difiere con lo obtenido en el presente trabajo, donde la población de bacterias Gram negativas aisladas es similar en número al de las bacterias Gram positivas. 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 (Medina Ramírez et al., 2016; Baker et al., 2001; Cruz, 2015; Ocaña, 2015).

Las especies del género *Aeromonas* se han aislado en la mayoría de las aguas mineromedicinales de los diferentes balnearios de la Provincia Pichincha de Ecuador analizados de forma mayoritaria. Varios autores han aislado esta bacteria del agua mineromedicinal, ya que se ha indicado pueden vivir en ecosistemas con bajas concentraciones de substratos (Cruz, 2015; Ocaña, 2015; Macas, 2015; Ramos, 2015; Figueira et al., 2011; Di Bari et al., 2007). De igual forma, en trabajos realizados en aguas mineromedicinales de España se ha puesto en evidencia la presencia de especies de *Aeromonas* en los manantiales de aguas mineromedicinales (Mosso et al., 1994, 2006; De la Rosa et al., 2004, 2015). En este sentido, los resultados del presente trabajo son similares respecto a la presencia de especies de este género en las aguas estudiadas, aunque se difiere en el aspecto de las especies identificadas y sus porcentajes de aislamientos.

Recientemente se ha señalado que las especies del género *Aeromonas* se encuentra en la interfaz de lo que se ha denominado “One Health”, concepto que integra la salud ambiental, animal y humana bajo una misma

premisa y representa una prueba solida de este enfoque sanitario. Los miembros del género *Aeromonas* no solo son bacterias ambientales ubicuas, capaces de colonizar rápidamente y causar infecciones oportunistas en humanos y animales, sino que también son capaces de promover intercambios de genes de resistencia a los antibióticos en los ambientes naturales, tales como los ecosistemas acuáticos (Lamy et al., 2022).

**TABLA 1**  
Especies de bacterias aisladas e identificadas en aguas  
mineromedicinales de balnearios de la Provincia de Pichincha, Ecuador

Especie bacteriana	Cunuyacu (# de cepas)	El Cachaco (# de cepas)	El Tingo (# de cepas)	Ilalo (# de cepas)	La Merced (# de cepas)	Urauco (# de cepas)
Acidovorax delafieldii						1
Acinetobacter iwooffii				2		
Acinetobacter haemolyticus					1	
Actinomyces spp				2		
Aeromonas caviae		9				9
Aeromonas hydrophila		3	2			
Aeromonas schubertii	2				2	
Aeromonas salmonicida						3
Aeromonas sobria			2			
Aeromonas veronii			4			
Alcaligenes faecalis	2	1				
Bacillus cereus					2	1
Bacillus mycoides	2					1
Bacillus spp	18		5	15	1	1
Bacillus subtilis	2				1	
Bacillus thuringiensis						1
Brevibacterium spp				3	1	
Brevundimonas dimanutta	5				4	
Brevundimonas vesiculans						2
Budvicia aquatica					2	1
Burkholderia cepacia			4			
Burkholderia pseudomallei	2					
Campylobacter spp		1				
Citrobacter amalonaticus					1	
Citrobacter freundii		3	3			3
Corynebacterium aquatycticus		1				1
Corynebacterium spp				4		
Edwardsiella tarda						1
Enterobacter agglomerans				2		
Enterococcus durans		2				1
Enterococcus faecium		7				3
Ewingella americana						1
Flavobacterium aquatile						1
Kurthia gibsonii						1
Kurthia spp				2		
Micrococcus luteus		5				3
Micrococcus spp	2					
Moraxella spp	2			2		
Pasteurella haemolytica	3					
Pasteurella multocida	2					
Proteus vulgaris		3				3
Pseudomonas aeruginosa		2	3			2
Pseudomonas alcaligenes		1	4			3
Pseudomonas fluorescens			5			5
Pseudomonas spp		3		5		
Pseudomonas stutzeri				4	1	
Psychrobacter immobilis						1
Ralstonia metallidurans						2
Staphylococcus aureus	4	1				
Staphylococcus epidermidis	5	9	3			3
Staphylococcus saprophyticus	7	1	4			4
Staphylococcus spp	3		2	4		
Staphylococcus xylosum						3
Vibrio alginolyticus				3		1
Xenorhabdus beddingii					1	
Yersinia mollaretii		1				
Yokenella regensburgei						1
Total	61	53	41	48	17	64

Otros de los géneros que se pudo identificar en mayor proporción en el agua de los balnearios de Ecuador, como en las aguas de balnearios de Venezuela, fue el género *Pseudomonas* (Tabla 1 y Tabla 2).

La presencia de cepas de la especie *Pseudomonas* en las aguas minerales naturales, como lo son las aguas mineromedicinales, es un fenómeno que se ha estado observando desde hace años, donde esta especie bacteriana, gracias a su amplia capacidad metabólica y enzimática, puede sobrevivir y desarrollarse, así como cumplir diversas funciones ecológicas en estos ecosistemas (De la Rosa et al., 2004; Zenskaya et al., 2020; Bravakos et al., 2021; Manna et al., 2021).

Los resultados obtenidos en cuanto a la presencia de especies de *Pseudomonas* son similares a los resultados obtenidos por otros autores en diferentes partes del mundo (Urmeneta et al., 2000; De la Rosa et al., 2004; Kumar et al., 2020; Santana Ramos et al., 2020; Nassri et al., 2021).

Algunos investigadores han referido el aislamiento de cepas de *Pseudomonas fluorescens* en muestras de aguas minerales naturales, entre ellas, las aguas mineromedicinales, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo (De la Rosa et al., 2004; Kittinger et al., 2016).

Las especies de *Pseudomonas* incluyen bacterias quimiorganotrofas y oligotróficas que pueden vivir en ambientes como las aguas mineromedicinales termales y las aguas de lagos cratéricos volcánicos con altos contenidos de sales. Por otra parte, estas bacterias requieren muy poca cantidad de carbono por lo que pueden crecer a bajas concentraciones de carbono orgánico por litro. Los requerimientos de nitrógeno también son mínimos, siendo por ello oligonitrofilicas y además pueden utilizar hidrógeno o CO<sub>2</sub> como fuente de energía (Ramos, 2004).

En lo que respecta a los resultados obtenidos en las aguas mineromedicinales de Venezuela, los resultados se resumen en la Tabla 2.

Al observar la Tabla 2 se puede señalar que se pudo aislar de las aguas mineromedicinales de “Campo Mio” y “Santa María” en la región de Aguas Calientes de la población de Tabay estado Mérida Venezuela, 53 cepas de bacterias perteneciente a los géneros *Aeromonas*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Citrobacter*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Moraxella*, *Plesiomonas*, *Pseudomonas* y *Staphylococcus* (Tabla 2).

Para las aguas del manantial de la “La Mitsus” en el Municipio Cardenal Quintero del estado Mérida, se logró identificar 20 cepas de los géneros *Bacillus*, *Comamonas*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Shewanella* y *Staphylococcus* (Tabla 2).

En las aguas mineromedicinales del balneario “La Musuy” localizada en el municipio Rangel del estado Mérida, donde se pudo aislar un total de 47 cepas bacterianas de los géneros *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Brevundimonas*, *Burkholderia*, *Comamonas*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Shewanella*, *Staphylococcus*, *Vibrio* y *Weeksella* (Tabla 2).

Otro de los balnearios estudiados fue el de Santa Polonia, ubicado en el Municipio del estado Mérida, en sus aguas se pudo aislar e identificar 38 colonias de bacterias pertenecientes a los géneros *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* y *Staphylococcus* (Tabla 2).

TABLA 2  
Especies de bacterias aisladas e identificadas en aguas  
mineromedicinales de balnearios del Estado Mérida, Venezuela

Especie bacteriana	Campo Mio (# de cepas)	La Mitisus (# de cepas)	La Musuy (# de cepas)	Santa María (# de cepas)	Santa Polonia (# de cepas)
<i>Aeromonas hydrophila</i>			4		
<i>Aeromonas salmonicida</i>	3		4		
<i>Alcaligenes denitrificans</i>			2		
<i>Bacillus spp</i>		2		3	10
<i>Brevundimonas vesicularis</i>			2		
<i>Burkholderia cepacia</i>			4		5
<i>Chromobacterium violaceum</i>	5				
<i>Citrobacter braakii</i>				2	
<i>Citrobacter freundii</i>				4	
<i>Comamonas testosteroni</i>		7	2		
<i>Edwardsiella tarda</i>	3				
<i>Enterobacter amnigenus</i>				2	
<i>Enterobacter cloacae</i>	2			3	
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2				
<i>Kluyvera spp</i>	2				
<i>Moraxella lacunata</i>	2			2	
<i>Plesiomonas shigelloides</i>				3	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			6	5	7
<i>Pseudomonas fluorescens</i>			5		4
<i>Pseudomonas stutzeri</i>		3	3		
<i>Ralstonia pickettii</i>		3	4		
<i>Shewanella putrefaciens</i>		2	3		
<i>Staphylococcus lentus</i>	3				
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	4				
<i>Staphylococcus spp</i>		3	5	3	12
<i>Vibrio vulnificus</i>			1		
<i>Weeksella virosa</i>			2		
Total	26	20	47	27	38

Un primer análisis de la microbiota bacteriana identificada en las aguas mineromedicinales de Mérida Venezuela, y que se puede observar en la Tabla 2, indica que la biodiversidad bacteriana es baja, así

como el número de cepas detectadas al compararlas con la microbiota aislada e identificada en las aguas mineromedicinales de la Provincia de Pichincha en Ecuador (Tabla 1).

De La Rosa y Mosso (2000) señalan que los manantiales mineromedicinales poseen una gran diversidad microbiana que es específica de cada uno de ellos y que está relacionada con las características fisicoquímicas, tales como pH, temperatura, salinidad y radiactividad.

La mayoría de las bacterias aisladas e identificadas en las aguas mineromedicinales de los balnearios ubicados en el estado Mérida Venezuela, son ubicuas, algunos forman parte de la población autóctona y otras son alóctonas que se encuentran en el suelo y aguas superficiales, y desde allí pueden llegar a los acuíferos de los manantiales mineromedicinales.

Entre los estudios realizados en Venezuela, en relación con el aislamiento e identificación de bacterias heterótrofas en aguas termales, se encuentra el trabajo de investigación realizado por Alarcón y Correa (2009) quienes analizaron la microbiota de los manantiales termales de Aguas Calientes en el estado Táchira, encontrando que la microbiota bacteriana presente en dicho ecosistema corresponde en su mayoría a bacilos Gram negativos, lo que difiere de los resultados obtenidos en el presente estudio donde prevalecen las cepas Gram positivas.

Como se mencionó anteriormente, en la mayoría de ecosistemas acuáticos predominan las bacterias Gram negativas, mientras que las especies de Gram positivas constituyen una pequeña proporción (alrededor del 6-20%) en relación con el total (Cabral, 2010). Este comportamiento puede estar asociada a las características fisicoquímicas y químicas de las aguas estudiadas, sobre todo el pH que en algunos estudios se ha indicado es ligeramente básico (Rondón & Villafranca, 2012).

En relación con los principales de géneros detectados en las aguas mineromedicinales, destacan las especies Gram positivas de *Bacillus* y *Staphylococcus*, así como las especies Gram negativas de *Pseudomonas*. Estos géneros de bacterias se caracterizan por presentar una amplia diversidad enzimática que les permite vivir en ambientes con bajo contenido de nutrientes como las aguas mineromedicinales y han sido identificadas en aguas mineromedicinales de diversas regiones en el mundo (Ramos Cormenzana et al., 1980; Mosso et al., 1994; Urmeneta et al., 2000; De la Rosa et al., 2004, 2018; Álvarez, 2015; Naranjo Ravelli et al., 2020).

Muchas de las especies que fueron detectadas en las aguas mineromedicinales del estado Mérida (Tabla 2) diferentes a los géneros *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Staphylococcus*, también han sido detectadas en aguas mineromedicinales de otras partes del mundo como es el caso de las especies *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas alcaligenes*, *Pseudomonas stutzeri*, *Brevundimonas vesicularis*, *Burkholderia cepacia*, *Chryseomonas luteola*, *Comamonas testosteroni*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* y *Flavobacterium* (Schwaller & Schmidt Lorenz, 1980; De la Rosa et al., 2004, 2009, 2015, 2017, 2018; Loy et al., 2005; Mosso et al., 2006; Mosso & De la Rosa, 2011).

Los manantiales de aguas mineromedicinales son ecosistemas acuáticos con unas condiciones ambientales determinadas, en relación con la composición química y temperatura de emergencia y constituyen nichos ecológicos que favorecen el desarrollo de determinadas especies. El conocimiento de este microhábitat nos puede ayudar a establecer la biología y la ecología de estos.

En Venezuela, existen pocos estudios acerca de la biodiversidad de las especies microbianas presentes en los distintos manantiales mineromedicinales del país. La mayoría de los trabajos reportados en la literatura corresponden al análisis de la composición fisicoquímica de las aguas y búsqueda de metabolitos bioactivos, concediendo poca importancia a la caracterización de la población microbiana autóctona de cada fuente de agua estudiada, razón por la que se considera que la identificación de las especies bacterianas de las aguas mineromedicinales puede constituir un precedente para futuras investigaciones, sobre en estudios que permitan conocer los perfiles de resistencia a los antibióticos, ya que se ha señalado que en estos ambientes, las bacterias desarrollan estos mecanismos de resistencia para poder competir con los microorganismos productores de antimicrobianos (González et al., 2021).

## CONCLUSIONES

Los estudios microbiológicos de aguas termales o mineromedicinales en Ecuador y Venezuela dan razón de que se tienen unos ecosistemas acuáticos mineromedicinales con una gran diversidad bacteriana, aunque escasa en número, principalmente de bacterias Gram negativas, que necesitan ser estudiadas y caracterizadas, de manera de poder entender su papel en estos ecosistemas, así como su posible uso en la fuente de metabolitos de interés farmacéutico e industrial. Por otra parte, conocer que estas aguas también albergan resistomas ambientales que no han sido bien explorado y deben ser monitoreados adecuadamente, a fin de prevenir futuros problemas de salud pública.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores dejan constancia que en el presente trabajo no existe ningún conflicto de intereses con respecto a la investigación los resultados y conclusiones obtenidas.

## REFERENCIAS

- Álamo, F. (1893) Aguas minerales y termales de Venezuela. *El Cojo Ilustrado*, II (4), 296-300.
- Alarcón, F. & Correa, W. (2009) *Aislamiento y caracterización de microorganismos termófilos presentes en la fuente termal de aguas calientes Estado Táchira*. Tesis de pregrado. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Alvarado, L. (1911) Las Caldas de “Los Baños” (estado Portuguesa). *Revista Técnica del Ministerio de Obras Públicas*, 1(12), 595-596.
- Álvarez, J. (2015) *Estudio de microorganismos con actividades biológicas procedentes de manantiales de aguas termales de Jají en el estado Mérida*. Tesis de Maestría. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes.
- Andueza Leal, F., Araque, J., Parra, Y., Arciniegas, S., Guaiña, R., Escobar, S. & Medina, G. (2020) Diversidad bacteriana en aguas mineromedicinales del balneario “Urauco”. Pichincha. Ecuador. *An. Real Acad. Farm*, 90(1), 9 - 18.
- Andueza, F. (2007) *Diversidad Microbiana de las Aguas Mineromedicinales de los Balnearios de Jaraba*. Tesis Doctoral. España: Universidad Complutense de Madrid.
- Andueza, F. (2019) Los resistomas ambientales y su impacto en la salud y en el ambiente en Latinoamérica. *Libro de memorias. VIII Congreso Iberoamericano de Ciencias Farmacéuticas*. COIFFA 2019. Julio 2019. Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche. ISBN: 978-9942-40-008-6. <https://www.coiffa.org.mx/publicaciones/2021/Libro%20de%20memorias%20VIII%20Congreso%20COIFFA%202019.pdf>
- Andueza, F., Aguirre, M.J., Arciniegas, S., Parra, Y., Escobar, S., Medina, G., Araque, J. (2018b) Calidad bacteriológica del agua de los manantiales termales del balneario “Santa Ana”, Cantón Baños. Tungurahua. Ecuador. *Perspectiva (Cajamarca)*, 19(4), 529-536.
- Andueza, F., Albuja, A., Arguelles, P., Escobar, S., Espinoza, C., Araque, J. & Medina, G. (2015) Antimicrobial resistance in strains *Pseudomonas aeruginosa* isolated from thermal waters at Chimborazo, Ecuador. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 81(2), 158-163.
- Andueza, F., Chauca, S., Vinuesa, R., Escobar, S., Medina-Ramírez, G. & Araque, J. (2020) Calidad microbiológica de las aguas termales del Balneario “El Tingo”. Pichincha. Ecuador. *Revista Ars Pharmaceutica*, 61(1), 1-9.
- Andueza, F., Jácome, A., Cortez, S., Medina, G., Arciniegas, S., Parra, Y. & Araque, J. (2018) Microbiota of the thermal water of the spa “Piscinas El Cachaco”, Calicali, Province of Pichincha, Ecuador. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 84(4), 247-254.
- Andueza, F., Jácome, A., Ibaza, D., Aguirre, M.J., Guaiña, R., Escobar, S., Medina-Ramírez, G. & Araque, J. (2019) Bacterial microbiota and its profile of antimicrobial resistance in Ecuador mineral-medicinal waters. *Revista*

- FARMAJOURNAL*, 4(1), 188. IPAP 18 (Innovations in Pharmacy: Advances and Perspectives. Salamanca. España. Septiembre 2018) <http://revistas.usal.es/index.php/2445-1355/article/view/20157/19993>
- Armijo Valenzuela, M. (1968) *Compendio de Hidrología Médica*. Ed. Científico Médica. Barcelona. España.
- Armijo, M. & San Martín, J. (1994) *Curas Balnearias y Climáticas. Talasoterapia y Helioterapia*. Ed. Complutense. Madrid. España.
- Arvelo, C. (1875) *Aguas sulfurosas de San Juan de los Morros*. Caracas: Escuela Médica, 8, 104-108.
- Baker, G.C., Gaffar, S., Cowan, D.A. & Suharto, A.R. (2001) Bacterial community analysis of Indonesian hot springs. *FEMS. Microbiol Lett*, 200, 103-9.
- Barrow, G. & Feltham, R.K.A. (2003) *Cowan and Steel's. Manual for the identification of medical bacteria*. Cambridge. UK: Ed. Cambridge University Press.
- Blázquez, J. (1977) *El culto a las aguas en la península Ibérica*. Imagen y mito. 307-331.
- Boussingault, J. & De Rivero, M. (1823) Sur les eaux chaudes de la Cordillere de Venezuela. *Annales de Chimie et de Physique, Paris*, 23, 272-276.
- Boussingault, J. (1833) Considerations sur les eaux thermales des Cordilleres. *Annales de Chimie et de Physique, Paris*, 52, 181-190
- Boussingault, J. (1849) *Viajes científicos a los Andes Ecuatoriales o colección de memorias de física, química e historia natural de la Granada, Ecuador y Venezuela*. Presentada a la Academia de Ciencias de Francia por M. Boussingault, su actual presidente y miembro del Consejo de Estado de la República. París: Edit. J. Acosta.
- Bravakos, P., Mandalakis, M., Nomikou, P., Anastasiou, T., Kristoffersen, J., Stavroulaki, M., Kiliadis, S., Kotoulas, G., Magoulas, A. & Polymenakou, P. (2021) Genomic adaptation of Pseudomonas strains to acidity and antibiotics in hydrothermal vents at Kolumbo submarine volcano, Greece. *Sci Rep.*, 11, 1336. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79359-y>
- Bredholt, S., Sonne-Hansen, J., Nielsen, P., Mathrani, I. & Ahring, B. (1999) Caldicellulosiruptor kristjanssonii sp. nov., a cellulolytic extremely thermophilic anaerobic bacterium. *Int. J. Syst. Bacteriol*, 49, 991-996.
- Brenner, D.J., Krieg, N.R., Staley, J.R. & Garrity, R. (2007) *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology*. Vol. II: The Proteobacteria, Part B: The Gammaproteobacteria. NY. USA: Springer Science & Business Media.
- Burbano, N., Becerra, S. & Pasquel, E. (2013) *Aguas termo minerales en el Ecuador*. INAMHI. Quito, Ecuador.
- Burguera, J., Burguera, M., Anderssen, R. & Sampol de Reyes, M. (1981) Descripción geológica y relación mineralógica de las fuentes termales del estado Mérida. *Geotermia*, 3, 26 - 45.
- Cabral, J. (2010) Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water. International. *Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 3657-3703.
- Cabrera, P. (2015) *Evaluación microbiológica de las aguas termales del Balneario Las Peñas. Provincia de Tungurahua*. Tesis de pregrado. Riobamba, Ecuador: Escuela de Bioquímica y Farmacia. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).
- Carrera, D. & Guevara, P. (2016) *Fuentes termales del Ecuador*. Quito, Ecuador: Universidad de las fuerzas Armadas (ESPE).
- Cruz, V. (2015) *Estudio microbiológico de las Aguas Termales de Guapante ubicado en la parroquia de San Andrés perteneciente al cantón Santiago de Pillaro-Tungurahua*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- De la Rosa, C., Fernández, V., Pintado, C. & Rodríguez, C. (2018) Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Paracuellos de Jiloca. *An. Real. Acad. Farm.*, 84 (Special Issue), 68 - 80.
- De la Rosa, C., Pintado, C., Fernández, V. & Rodríguez, C. (2017) Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de San Nicolás. *Anal. Real. Acad. Farm*, 83 (Special Issue), 63 - 78.
- De la Rosa, M., Pintado, C. & Rodríguez, C. (2015) Microbiología del agua mineromedicinal del Balneario de Villavieja. *Rev. Anal. Real Acad. Farm*, 81, 54-63.
- De la Rosa, M., Pintado, C., Rodríguez, C. & Mosso, M. (2009) Microbiología del manantial mineromedicinal del Balneario Alicún de las Torres. *Rev. Anal. Real Acad. Farm*, 75 (E), 763-780.

- De la Rosa, M.C. & Mosso, M.A. (2000) Diversidad microbiana de las aguas minerales termales. En: *Panorama actual de las aguas minerales y minero-medicinales de España*. Ed. por López, A. y Pinuaga, J.L. Madrid, España: Instituto Tecnológico Geominero de España, 153-158
- De la Rosa, M.C. & Mosso, M.A. (2004) Historia de las aguas mineromedicinales en España. *Observatorio medioambiental*, 7, 117-137.
- De la Rosa, M.C., Andueza, F., Sánchez, M., Rodríguez, C. & Mosso, M. (2004) Microbiología de las aguas mineromedicinales de los Balnearios de Jaraba. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia*, 7 (extraordinario), 51-74.
- De la Rosa, M.C., Mosso, M.A., Díaz, F. & Castellanos, J. (1987) *Microbiología de los manantiales de aguas mineromedicinales del balneario de Fortuna*. Memoria N° 13. Madrid. España: Real Academia de Farmacia.
- De la Rosa, M.C., Mosso, M.A., Prieto, M.P. & Ullan, C. (1999) Microbiología del manantial mineromedicinal de Carratraca. *An. R. Acad. Farm.*, 65, 439-456.
- De Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N.R., Ludwig, W., Rainey, F.A., Schleifer, K.H. & Whitman, W.B. (2011) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Second Edition. Vol. 3: The Firmicutes. NY. USA: Springer Science & Business Media.
- Di Bari, M., Hachich, E.M., Melo, A.M.J. & Sato, M.Z. (2007) *Aeromonas* spp. and microbial indicators in raw drinking water sources. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38, 516-521.
- Domínguez, B. (1985) El culto del agua en la historia. *Anales de la Universidad de Chile*, 5(8), 45-54.
- Ernst, A. (1891) Aguas termales de Venezuela. Aguas termales de las Trincheras. *Boletín Ministerio de Obras Públicas*, 45, 3-4.
- European Union. (1980) Council directive 80/777/EEC on the approximation of laws of the member states relating to the exploitation and marketing of natural mineral waters. *Official Journal of the European Communities*, L229, 1-10.
- Febres, G. (1920) *Hidrología-aguas minero medicinales de Venezuela*. Mérida: Ed. Tipografía El Lápiz.
- Figueira, V., Vaz-Moreira, I., Silva, M. & Manaia, C.M. (2011) Diversity and antibiotic resistance of *Aeromonas* spp. in drinking and wastewater treatment plants. *Water Res*, 45, 5599-5611.
- Flores, S. (2012) *Aislamiento, identificación y detección de microorganismos con actividades biológicas procedentes de las aguas de los manantiales termales, La Mitisus y Santa Apolonia del Estado Mérida*. Tesis de Maestría. Mérida, Venezuela: Postgrado de Química de medicamentos. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes.
- Fresco, A. (2003) Manejo del agua en el antiguo Ecuador. *Revista española de antropología americana*, Extraordinario, 245-247.
- GAD Calacalí. (2012) *PDOT Calacali. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Calacalí*. Gobierno de Pichincha. Ecuador.
- GAD Tumbaco. (2015) Balneario Municipal Cununyacu. [En línea] Available at <https://tumbaco.gob.ec/lugares-turisticos/>
- GADP La Merced. (2012) *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de La Merced 2012-2025*. La Merced, Ecuador.
- Garrity, G., Brenner, D., Krieg, N. & Staley, J.T. (2005) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2 Ed. Vol. II. New York, USA: Springer.
- Garrity, G., Staley, J.T., Brenner, D.J., Krieg, N.R., Boone, D.R., De Vos, P., Goodfellow, M., Rainey, F.A., Garrity, G.M. & Schleifer, K.H. (2006) *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology*. Vol. II: The Proteobacteri, Part C, Parte 3. NY, USA: Springer Science & Business Media.
- George, L.D. (2001) Uses of Spring Water. In: LaMoreaux, P.E., Tanner, J.T. (eds) *Springs and Bottled Waters of the World*. Berlin, Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-56414-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-642-56414-7_6)
- Gianfaldoni, S., Tchernev, G., Wollina, U., Rocchia, M.G., Fioranelli, M., Gianfaldoni, R. & Lotti, T. (2017) History of the Baths and Thermal Medicine. *Open Access Maced J Med Sci*, 23; 5(4), 566-8.

- Gómez de Bedoya, P. (1764) *Historia Universal de las fuentes minerales de España*. Tomo Nº 1: 435, Tomo Nº 2: 381. Santiago de Compostela. España: Ed. Ignacio Aguayo, 1764-1765
- González, M., Viteri, F., Villacís, L., Escobar, J., Araujo, L., González, A., Medina, G., Araque, J. & Andueza, F. (2021) Perfiles de susceptibilidad a los antibióticos en cepas del género *Bacillus* aisladas de ambientes acuáticos extremos del Ecuador. *An. Real Acad. Farm.*, 87(1), 27-34.
- Gutiérrez, M.G. (2019) *Búsqueda de microorganismos productores de sustancias con actividades farmacológicas, medicamentosas y cosméticas en aguas termales venezolanas*. Tesis de Doctorado. Mérida, Venezuela: Postgrado de doctorado en Química de Medicamentos mención Biotecnología. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes.
- Gutiérrez, M.G., Andueza, F., Araque, J., Lugo, A. & Chacón, Z. (2018) 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*, 38 (1), 27-32.
- Jain, D., Stoes-Gascoyne, S., Providenti, M., Tanner, C. & Cord, I. (1997) Characterization of microbial communities in deep groundwater from granitic rock. *Can. J. Microbiol.*, 43, 272-283.
- Karsten, H. (1850) *Beitrag zur Kenntniss der Gesteine des nordlichen Venezuela*. Berlín: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 2, 345-361
- Kittinger, C., Lipp, M., Baumert, R., Folli, B., Koraimann, G., Toplitsch, D., Liebmann, A., Grisold, A.J., Farnleitner, A.H., Kirschner, A. & Zarfel, G. (2016) Antibiotic resistance patterns of *Pseudomonas* spp. isolated from the river Danube. *Front. Microbiol.*, 7, 1-8.
- Kumar, R., Kirti, V. & Sharma, R.C. (2020) Thermophilic microbial diversity and physicochemical attributes of thermal springs in the Garhwal Himalaya. *Environmental and Experimental Biology*; 18, 143-152.
- Lamoreaux, P. & Tanner, J. (2001) *Spring and bottled waters of the world: ancient history, source, occurrence, quality, and use*. New York, USA: Ed. Spring-Verlag.
- Lamy, B., Baron, S. & Barraud, O. (2022). Aeromonas: the multifaceted middleman in the One Health world. *Current Opinion in Microbiology*, 65, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2021.09.012>
- Leclerc, H. (1994) Les eaux minérales naturelles: flore bactérienne native, nature et signification. *Eaux. Minérales*, 94, 49-60.
- Limon Montero, A. (1697) *Espejo cristalino de las aguas de España*. Alcalá de Henares. Reproducción facsímil. Madrid: Ed. Instituto Geológico y Minero de España.
- Logan, N.A., De Vos, P. & Genus, I. (2007) *Bacillus*. In: *Brenner et al. (Eds) Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. 2da ed. Vol. 3. NY. USA: Springer
- Loy, A., Beisker, W. & Meier, H. (2005) Diversity of bacteria growing in natural mineral water after bottling. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 3624-3632.
- Macas, P. (2015) *Estudio microbiológico de las aguas termominerales del Balneario "Santa Ana" de Baños de Agua Santa-Tungurahua*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- MacFaddin, J. (2004) *Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias de importancia clínica*. 3 edición. Buenos Aires, Argentina: Editorial médica Panamericana, 1-850.
- Mackenzie, J.S. & Jeggo, M. (2019) The One Health Approach—Why Is It So Important?. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 4(2), 88. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4020088>
- Málaga, S. (1969) *La hidrología española del siglo XVIII*. Salamanca. España: Ed. Publicaciones de la Universidad de Salamanca.
- Maldonado Erazo, C.P., Álvarez García, J., Del Río Rama, M.C. & Durán Sánchez, A. (2017) Ruta del agua- Yaku Ñambi en la Amazonía Ecuatoriana. *Tourism and Hospitality International Journal*, 9(2), 87-112.
- Manna, S., Das, B., Mohanty, B. Bandopadhyay, C., Das, N., Baitha, R. & Kanti Das, A. (2021). Exploration of heterotrophic bacterial diversity in sediments of the mud volcano in the Andaman and Nicobar Islands, India. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 16, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100465>.

- Maraver, F. & Armijo, F. (2010) *Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas*. Madrid, España: Ediciones Complutense.
- Maraver, F., Vázquez, I. & Armijo, F. (2020) *Vademecum III de aguas mineromedicinales españolas*. Madrid, España: Ediciones Complutense. Universidad Complutense de Madrid.
- Marcano, G. (1877) Las aguas minerales de Venezuela en la Exposición Mundial de París. *Gaceta Científica de Venezuela*, 18(77) II parte, 271-272.
- Martínez Reguera, L. (1896) Bibliografía hidrológico-médico española. 2ª parte. Tomo 1 y 2. Madrid, España: Establecimiento tipográficos sucesiones de Rivadeneyra, 1896-1897.
- Martínez, F. (1970) *Aguas termales de Venezuela*. Mérida, Venezuela: Talleres Gráficos Universidad de los Andes.
- Medina Ramírez, G., Naranjo, C., Escobar, S., Araque, J., Djabayan, P., & Andueza, F. (2016) Microbiota extremófila y resistomas ambientales de la fuente termal "Termas La Merced" Quito-Ecuador. *FIGEMPA: Investigación Y Desarrollo*, 2(2), 33-37. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.867>
- Melillo, L. (1995) Il termalismo nell mondo antico. Medicina nei secoli. *Journal of history of medicine and medical humanities*, 7(3), 461-84.
- Monasterio, A. (2008) Termas de Copahue. *Balnea*, 4, 151-163
- Mosso, M., Sánchez, M. & De La Rosa, M. (2006) Microbiología del agua mineromedicinal de los Balnearios Cervantes. *Anal. Real Acad. Farm*, 73 (E), 285-304.
- Mosso, M.A. & De la Rosa, M.C. (2011) Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario de Baños de la Concepción. *An. R. Acad. Nac. Farm*, 77, 57 - 73.
- Mosso, M.A., De La Rosa, M.C., Díaz, F. & Gastón de Iriarte, E. (1981) Microbiología del agua de Carabaña. *An. R. Acad. Farm*, 47, 327-334.
- Mosso, M.A., De La Rosa, M.C., Vivar, C. & Medina, M.R. (1994) Heterotrophic bacterial populations in the mineral waters termal springs in Spain. *J. Appl. Bacteriol*, 77, 370-381.
- Muñoz, J. (1949) *Aguas minerales del Ecuador y nociones de hidrología general*. Quito, Ecuador: Talleres Gráficos Nacionales.
- Muñoz, J. (1959) *Inventario de las aguas minero-medicinales del Ecuador*. USA: Universidad de Texas.
- Muñoz, J. (1968) *Guía de las aguas minerales del Ecuador*. USA: Universidad de Texas.
- Muñoz, J. (1975) *Las aguas minerales*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Naranjo Ravelli, F., Curi, T., Galdino de Mendonça, E., Filho, R., Nogueira Correia, P.G., Gonçalves Junior, J.E. & Sant'Anna, B. (2020) Thermal spring waters: From balneotherapy to genomics. *Surg Cosmet Dermatol. Rio de Janeiro*, 12 (S2), 141-148.
- Nassri, I., Tahri, L., Saidi, A., Ameer, N. & Fekhaoui, M. (2021) Prevalence, diversity and antimicrobial resistance of Salmonella enteric and *Pseudomonas aeruginosa* isolates from spring water in a rural area of northwestern Morocco. *Biodiversitas*, 22, 1363-1370.
- Niño, R. & Peña, C. (2014) *Microbiota de las aguas termales de la Musui. Estado Mérida*. Tesis de pregrado. Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Ocaña, B. (2015) *Estudio microbiológico de las aguas termo medicinales del parque Acuático los Elenes, cantón Guano, provincia Chimborazo*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Oliart Ríos, R., Manresa Presas, A. & Sánchez Otero, M. (2016) Utilización de microorganismos de ambientes extremos y sus productos en el desarrollo tecnológico. *Ciencia VAT*, 11(1), 79-90.
- Otero, A., Beajon, F., Prado, J. & Giménez, C. (1939) Fuentes termo-minerales de Venezuela. Cordillera de la costa. Fuentes de Las Trincheras. Composición química y radiactividad. *Revista del Ministerio de Fomento*, 2(12), 433-460.
- Otero, A., Beajon, F., Prado, J. & Jiménez, J. (1958) *Fuentes termominerales de Venezuela*. Venezuela: Ministerio de Fomento de Venezuela.
- Pérez Fernández, M.R. & Novoa Castro, B. (2002) Historia del agua como agente terapéutico. *Fisioterapia*, 24 (2), 3-13.

- Porter, R. (1990) The medical history of waters and spas. *Med. Hist. Suppl.*, 10, vii-xii.
- Quevedo Sarmiento, J., Ramos Cormenzana, A. & González López, J. (1986) Isolation and characterization of aerobic heterotrophic bacteria from natural spring waters the Lanjaron area (Spain). *Journal of applied bacteriology*, 61, 365-372
- Ramírez, N., Serrano, J. & Sandoval, H. (2006) Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 37(3), 56-71.
- Ramos Cormenzana, A., Nieto, M. & Olivares, J. (1980) Estudio microbiológico de las aguas de Lanjarón. *An. R. Acad. Farm.*; 46, 305-312.
- Ramos, E. (2015) *Estudio microbiológico de las aguas termales del Balneario Turístico Yanayacu ubicado en el Cantón La Troncal perteneciente a la provincia de Cañar*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ramos, J. (2004) *Pseudomonas*. Vol. 1. Genomic, Lifestyle and Molecular Architecture. USA: Springer.
- Rivas Tello, C. (2020) Importancia económica, cultural, social y turística de las termas en la provincia de Pichincha. Ecuador. *Digital Publisher CEIT*, 5(3), 133-153.
- Rodrigo y Andueza, M. (1713) *Libro de los prodigiosos baños de Thyermas*. Madrid, España: Pamplona. Biblioteca Nacional de España.
- Rodríguez, L. (1995) *Estudio histórico bibliográfico del termalismo*. Orense: España: Ed. Diputación Provincial.
- Rondón, E. & Villafranca, K. (2012) *Microbiología de las aguas termales de Tabay. Estado Mérida*. Tesis de pregrado. Mérida, Venezuela: Facultad de Farmacia y Bioanálisis. Universidad de los Andes.
- Rondón, E., Villafranca, K., Araque, J. & Andueza, F. (2012) Microbiota bacteriana heterótrofa en manantiales de aguas termales de la población de Tabay. Estado Mérida. Venezuela. *Memorias XXI Congreso latinoamericano de Microbiología*. Santos. Brasil. doi: 10.13140/RG.2.2.20669.67046.
- Sacoto Acaro, D., & Andueza Leal, F. D. (2020). Microbiología del agua termal del balneario Ilaló. Pichincha. Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 9(1), 18-25. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.2178>.
- San Martin, J. (1994) La hidrología medica en España. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, 88 (1), 85-90.
- San Martin, J. (1997) Aguas mineromedicinales y minerales naturales como agentes medicamentosos. *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 63 (4), 777-800.
- Sánchez Granjel, L. (1981) *La medicina española antigua y medieval*. Salamanca, España: Ed. Universidad de Salamanca.
- Santana Ramos, M., Rueda Furlan, J.P., Lage Gallo, I.F., Rodríguez dos Santos, L.D., Amabile de Campos, T. & Savazzi Guedes, S.E. (2020) High Level of Resistance to Antimicrobials and Heavy Metals in Multidrug#Resistant *Pseudomonas sp.* Isolated from Water Sources. *Current Microbiology*, 77, 2694-2701.
- Schadewalt, H. (1989) The history of Roman bathing culture. *Integraal*, 4, 25-35.
- Schubert, C. (1980) Información sobre diversas manifestaciones geotérmicas. *Geotermia*, 1-5(2), 1-3.
- Schwaller, P. & Schmidt Lorenz, W. (1980) Flore microbienne de quatre eaux minérales non gazéifiées et mises en bouteilles. I. Dénombrement de colonies, composition grossière de la flore, et caractères du groupe des bactéries Gram négatif pigmentées en jaune. *Zen. Bakteriol. Mikrobiol. Hyg. L. Abt. Orig. C.*, 1, 330-347.
- Sivoli, G. (1935) Aguas termo-minerales del Estado Mérida. *Geotermia*, 36, 13-29.
- Soria, A. (2015) *Estudio microbiológico de las termas de La Virgen ubicado en la Parroquia Matriz perteneciente al Cantón Baños de Agua Santa Provincia de Tungurahua*. Tesis de pregrado. Riobamba, Ecuador: Escuela de Bioquímica y Farmacia. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).
- Talavera, A., Arciniegas, S., Parra, Y., Araque, J. & Andueza, F. (2019) Calidad microbiana de las aguas termales del balneario Cununyacu. Pichincha. Ecuador. Libro de memorias. *VIII Congreso Iberoamericano de Ciencias Farmacéuticas. COIFFA 2019*. Julio. Campeche, México: Universidad Autónoma de Campeche. ISBN: 978-9942-40-008-6. DOI: 10.13140/RG.2.2.36059.08483 <https://www.coiffa.org.mx/publicaciones/2021/Libro%20de%20memorias%20VIII%20Congreso%20COIFFA%202019.pdf>
- Titzmann, T. & Balda, B. (1996) Mineral water and spas in Germany. *Clin. Dermatol*, 14, 611-613.

- Trinh, P., Zaneveld, J.R., Safranek, S. & Rabinowitz, P.M. (2018) One Health Relationships Between Human, Animal, and Environmental Microbiomes: A Mini-Review. *Front. Public Health*, 6, 235. doi: 10.3389/fpubh.2018.00235
- Urmeneta, J., Navarrete, A. & Sancho, J. (2000) Isolation and identification of autochthonous microbiota from a granitic aquifer and its variation after the bottling process. *Curr. Microbiol*, 41, 379-383.
- Van Tubergen, A. & Van Der Linden, S. (2002) A brief history of spa therapy. *An. Rheum. Dis.*, 61, 273-275.
- Veintimilla, A. (2015) *Estudio microbiológico de las aguas termales de Guayllabamba o Aguallanchi situadas en el Cantón Chambo. Provincia de Chimborazo*. Tesis de pregrado. Riobamba, Ecuador: Escuela de Bioquímica y Farmacia. Facultad de Ciencias. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH).
- Villar, M. (1999) Termalismo en el Perú, una estrategia de salud. *Natura Medicatrix*, 52, 25-27.
- Villegas, R. (1925) Aguas minerales de Venezuela. *Gaceta médica de Caracas*, 20, 309 - 319.
- Viviano, F., Medina, L., Ramos, N., Anaís, L. & Valbuena, O. (2011) Degradación de celulosa por bacterias de aguas termales de Las Trincheras, Venezuela. *Rev. Latinoam. Biotechnol. Amb. Algal*, 2 (1), 18 - 29.
- Zemskaya, T., Cabello-Yeves, P., Pavlova, O., Rodríguez-Valera, F. (2020) Microorganisms of Lake Baikal—the deepest and most ancient lake on Earth. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104, 6079-6090.