



40 años



Open Access



40 años

Revista Boliviana de Química 40 años

ISSN 0250-5460 Rev. Bol. Quim. Paper edition

ISSN 2078-3949 Rev. boliv. quim. Electronic edition

Received 10 18 2022 Accepted 06 21 2023 Published 06 30 2023

Vol. 40, No.2, pp. 41-45, May./Jun.2023, Revista Boliviana de Química

Vol. 40, Issue 2, 41-45, May./Jun. 2023, Bolivian Journal of Chemistry

DOI: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.2.1>

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LOS MANANTIALES EN LA PARCIALIDAD DE JISCULLAYA, EL COLLAO, PUNO, PERÚ

Original article

Peer-reviewed

Hugo Contreras Chura¹, Germán Belizario Quispe¹, Heber N. Chui Betancur^{2,*}

- ¹ Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Av. Floral N° 1153, Puno, Perú
- ² Instituto de Investigación de Ciencias Naturales - FCEDUC, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Av. Floral N° 1153, Puno, Perú heberchui@gmail.com

Keywords: Water quality, Human consumption, Coliforms, Public health. **Palabras clave:** Calidad de agua, Consumo humano, Coliformes, Salud pública

ABSTRACT

Water quality for human consumption in the springs in the district of jiscullaya, el Collao, Puno, Peru. The quality of water for human consumption was determined in the springs of the Jiscullaya district of the Ilave district of the department of Puno, Peru. The chemical quality evaluation included physicochemical analyzes such as pH, CaCO₃ (total hardness and alkalinity); Cl⁻; SO₄²⁻; NO₃⁻; Ca²⁺; Mg²⁺ and total solids, besides bacteriological analysis using culture media for total coliforms and *Escherichia coli*. The physicochemical parameters found are within the maximum permissible limits for human consumption, however, the bacteriological analysis showed that the water is contaminated by coliforms. The information provided by the Siraya Health Post, to which the Jiscullaya partiality belongs, reports that the main diseases in the area are of digestive origin such as: parasitosis and diarrhea. The results of the present study suggest that the cause of these health conditions may be the poor biological quality of the water of the aforementioned partiality. This fact is a public health issue that the authorities should consider in their government programs. *Mail to: heberchui@gmail.com

RESUMEN

Se determinó la calidad del agua para consumo humano en los manantiales de la parcialidad de Jiscullaya del distrito de Ilave del departamento de Puno, Perú. La evaluación de calidad química incluyó análisis fisicoquímicos como pH, CaCO₃ (dureza total y alcalinidad); Cl⁻; SO₄²⁻; NO₃⁻; Ca²⁺; Mg²⁺ y sólidos totales, y el análisis bacteriológico empleando medios de cultivo para los coliformes totales y *Escherichia coli*. Los parámetros fisicoquímicos encontrados están dentro de los límites máximos permisibles para el consumo humano, sin embargo, el análisis bacteriológico muestra que el agua tiene una contaminación por coliformes. La información brindada por la Posta de Salud Siraya, a la que pertenece la parcialidad de Jiscullaya, reporta que las principales enfermedades en la zona son de origen digestivo como: parasitosis y diarreas. Los resultados del presente estudio sugieren que la causa de dichas afecciones puede ser la mala calidad biológica del agua de la citada parcialidad. Este hecho es un tema de salud pública que las autoridades deben considerar en sus programas de gobierno.

INTRODUCCIÓN



40 años



La calidad del agua a nivel mundial se ve amenazada principalmente por el incremento de actividades antropogénicas [1,2] y por los cambios climáticos, cuyas consecuencias son la disminución de su disponibilidad como agua potable apta para el consumo humano, y para la producción agroalimentaria (agropecuaria) [3,4]. Por lo tanto, es importante desarrollar nuevos métodos que ayuden a mejorar la calidad de agua asegurando así su disponibilidad [4]. El agua contaminada conlleva distintos riesgos: físicos, químicos y bacteriológicos, que generalmente son medidos por medio de parámetros como: sólidos totales, pH, alcalinidad, dureza total, conductividad, cloruros, cloro residual, alcalinidad, coliformes totales, y coliformes fecales [5] siendo así el vehículo de transmisión de enfermedades producidas por los patógenos intestinales, como bacterias (difteria, cólera, leptospirosis), virus (hepatitis, poliomielitis), protozoos (amebiasis, giardiasis) y helmintos (hidatidosis, bilarsiasis). Por otro lado, el agua contaminada puede generar enfermedades debidas a la contaminación fisicoquímica por metales pesados como: Pb, Hg, Cd, Fe, Al, As. Éstos son elementos tóxicos para los seres vivos cuando superan los límites máximos permisibles [5,19,20]. En México, únicamente el 31% de las muestras de agua resultaron ser aptas para consumo humano [6,23]. Este hecho pone en peligro a la población por los efectos directos o indirectos que pueden producir [7]. Por ejemplo, existe prevalencia de diarreas asociadas al consumo de aguas no aptas para su consumo humano por la presencia de *Entamoeba histolytica* y una mayor tendencia a la presencia de parásitos [6].

Según la Organización Mundial de la Salud, más de 760,000 niños mueren cada año. La causa principal de muerte es el consumo de agua contaminada que es ocasionada por enfermedades diarreicas. Esta enfermedad es la segunda causa de muerte de niños menores de cinco años en todo el planeta [16,17]. En la Región de Puno, Perú, la tasa de fallecimiento por enfermedades diarreicas en el año 2022 es de 8.51 por cada 10,000 habitantes [10]. En el pasado, la principal causa de muerte por diarrea fue la deshidratación grave, en la actualidad, es la amebiasis causada por la *Entamoeba histolytica*. Al ser parte de los microorganismos intestinales que causan enfermedades [5], esta especie puede utilizarse como indicador de contaminación fecal en los sistemas de abastecimiento de agua [6]. En la parcialidad de Jiscullaya, Puno, Perú, los pobladores no cuentan con servicio de agua potable ni sistema de alcantarillado. Por ello, usan letrinas, que en su mayoría se encuentran en malas condiciones produciendo malos olores, y contaminación de los pozos de agua que los pobladores de la parcialidad rural usan para el consumo humano sin ningún tratamiento ni mantenimiento [8]. Consecuentemente, es inevitable la contaminación del suelo, más aún en las épocas de lluvias, cuando sube el nivel freático. En ese contexto, el presente estudio tuvo como propósito, el identificar la calidad de agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, El Collao, Puno. Enfermedades estomacales prevalentes: La información sobre las principales enfermedades relacionadas con el consumo de agua se recopiló del Centro de Salud Siraya, de la provincia de El Collao, Puno, Perú. En él, se reportan cifras de morbilidad de mayor frecuencia que son: enfermedades parasíticas, diarreicas y estomacales. Estas enfermedades se producen generalmente por uso de agua contaminada, por la falta de higiene y educación sanitaria de sus habitantes.

EXPERIMENTAL

Área de estudio

La investigación se realizó en la parcialidad de Jiscullaya, distrito Ilave, provincia de El Collao del departamento de Puno, Perú. Las condiciones climáticas se caracterizan por sus precipitaciones pluviales de 725 mm/año en promedio, las temperaturas medias oscilan entre 8 a 15°C y los extremos oscilan entre -27 a 23°C, con humedad relativa promedio de 48% [9]. Su población se dedica a la actividad agropecuaria y al comercio. El manantial se encuentra en la localidad de Jiscullaya, entre la coordenada UTM: 418400 Este y 8198400 Norte, a una altitud de 3898 m.s.n.m., (Tabla 1). Se identificó la fuente de agua con mayor caudal mediante un recorrido de campo, y se georreferenció con Sistema de Posicionamiento Global Diferencial (DGPS) Modelos GNSS SP60.

Tabla 1. Ubicación de manantial.

| Código | Ubicación de fuente | | Uso | Altitud (m.s.n.m) | Coordenadas UTM | |
|--------|---------------------|-----------|----------------|-------------------|-----------------|-----------|
| | Localidad | Tipo | | | Este | Norte |
| 01 | Jiscullaya | Manantial | Consumo humano | 3,940.00 | 418,400 | 8,198,400 |

Toma de muestras



40 años



Se tomó 500 ml de muestra de agua de los manantiales de la parcialidad de Jiscullaya, distrito Ilave, provincia de El Collao del departamento de Puno, Perú. El procedimiento de toma de muestra siguió el protocolo de monitoreo de la calidad de agua para la toma de muestra establecida por Autoridad Nacional del Agua [11], y la guía establecida por Sub Sector Minería [12]. La muestra fue conservada con la adición de HNO_3 para que no sufra modificaciones en su composición, y transportada al laboratorio para su análisis según la cadena de custodia.

Análisis

El sabor, color y olor se caracterizó con la percepción de los sentidos (olfato, vista, tacto) *in situ* en el manantial. Se midieron las siguientes características del agua: pH; Dureza total como CaCO_3 ; Alcalinidad como CaCO_3 ; Cloruros como Cl^- ; Sulfatos como SO_4^- ; Nitratos como NO_3^- ; Calcio como Ca^{+2} ; Magnesio como Mg^{+2} y Sólidos totales. Todos estos parámetros se midieron *in situ* con un equipo multiparámetro de modelo HI9829 de la marca HANNA INSTRUMENTS calibrado por INACAL-Perú. Para la identificación de coliformes se utilizó la prueba de confirmación de coliformes totales, un procedimiento mediante el cual una reacción negativa excluye la presencia del grupo coliforme, mientras que una reacción positiva indica su presencia inequívoca. Al fermentar la lactosa con las bacterias coliformes incubadas a 35°C durante 24 a 48 horas, se obtiene como resultado una producción de ácido y gas, el cual, se produce en campanas de fermentación. Se utilizó un medio de cultivo que contenía sales biliares. Se utilizó el caldo lauril sulfato de sodio que permitió la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentran presentes en la muestra. Finalmente, se determinó el número de coliformes fecales a partir de tubos positivos de la fermentación de la lactosa y la producción de gas cuando fueron incubados a una temperatura de $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$ por un periodo de 24 a 48 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La tabla 2 muestra los parámetros de agua medidos en aguas provenientes del sistema de captación de agua para el consumo humano de la parcialidad de Jiscullaya. Podemos apreciar que el agua del manantial de Jiscullaya presenta un aspecto líquido, no presenta color, no tiene olor y ni tiene sabor. A primera vista es apta para consumirla pero los análisis físico-químicos y bacteriológicos de laboratorio mostraron información que nos permitió valorarla conforme a los Estándares de Calidad Ambiental establecidos por el ministerio de ambiente de Perú [11] y el ministerio de salud de Perú [24].

Tabla 2. Parámetros del agua del manantial de Jiscullaya.

| Ítem | Parámetros | Resultado de análisis |
|------|------------|-----------------------|
| 01 | Aspecto | Líquido |
| 02 | Color | Incoloro |
| 03 | Olor | Inodoro |
| 04 | Sabor | Insípido |

La tabla 3, muestra las características físico-químicas de las aguas de los manantiales de Jiscullaya como: pH, dureza total expresado como CaCO_3 , alcalinidad, cloruros (Cl^-), sulfatos (SO_4^{2-}), nitratos (NO_3^{-3}), calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}) y sólidos totales. Estos resultados se encuentran dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del ministerio del ambiente de Perú, según el decreto supremo N° 004-2017-MINAM [11]. Por lo tanto, la calidad de agua de los manantiales de Jiscullaya sería apta para el consumo humano de manera preliminar. Los elementos y compuestos químicos nocivos para la salud humana pueden incorporarse en el organismo por medio de la ingesta de alimentos y principalmente del agua [14,17,18]. Por ello, es importante conocer las concentraciones y compararlos con los Estándares de Calidad Ambiental [11,21]. Investigaciones similares acordes con nuestra investigación, establecieron niveles máximos permisibles que guardan relación con estos parámetros del agua para el consumo humano [13,15,16].

El análisis bacteriológico de las muestras de agua de los manantiales de Jiscullaya dio un número de coliformes totales por encima de los límites aceptables según las normas sanitarias del ministerio de Salud de Perú [24] excediendo así los límites máximos permitidos establecidos en el decreto supremo N° 004-2017-MINAM (Tabla 4). En Perú en particular, la contaminación bacteriológica incide directamente en la tasa de fallecimiento por enfermedades diarreicas que es de 8.51 por cada 10000 habitantes [10]. La contaminación latente se ve enmascarada por una aparente sanidad de aguas no tratadas que, a simple vista, podrían parecer no contaminadas. Sin embargo, es



40 años



importante señalar que microorganismos como la *Escherichia coli* son los indicadores de contaminación fecal de los sistemas de abastecimiento de agua [6].

Tabla 3. Características químicas de las fuentes de captación para consumo humano.

| Ítem | Parámetros | Resultado de análisis (mg/L) | de ECA – Perú LMP (mg/L) |
|------|---|------------------------------|--------------------------|
| 01 | pH | 7.40 | 6,5 – 8,5 |
| 02 | Dureza total como CaCO ₃ | 52.00 | 500,00 |
| 03 | Alcalinidad como CaCO ₃ | 57.78 | - |
| 04 | Cloruros como Cl ⁻ | 15.30 | 250.00 |
| 05 | Sulfatos como SO ₄ ⁻² | 4.00 | 250,00 |
| 06 | Nitratos como NO ₃ ⁻ | Negativo | 50,00 |
| 07 | Calcio como Ca ⁺² | 16.19 | - |
| 08 | Magnesio Mg ⁺² | 02.95 | - |
| 09 | Solidos totales | 67.10 | 1000,00 |

Tabla 4. Características bacteriológicas de las fuentes de captación para consumo humano.

| Ítem | Parámetros | Resultado de análisis | DIGESA - Perú |
|------|---------------------------------------|-----------------------|---------------|
| 01 | Numeración de coliformes totales | 28 coli totales/100ml | 0 NMP/100mL |
| 02 | Numeración de <i>Escherichia coli</i> | 00 coli fecales/100ml | 0 NMP/100mL |

Tabla 5. Enfermedades más frecuentes de la zona de estudio.

| Nº | Morbilidad | P.S. de C.P. Siraya | |
|----|---|---------------------|-------|
| | | Casos | % |
| 1 | Cólicos estomacales | 98 | 22.63 |
| 2 | Enfermedades de diarreas | 115 | 26.56 |
| 3 | Enfermedades por infecciones parasitarias | 220 | 50.81 |
| | TOTAL | 433 | 100 |

Según el centro de salud Siraya de Jiscullaya, las enfermedades estomacales más frecuentes son los cólicos estomacales (22,63%); enfermedades diarreicas (26,63%) e infecciones parasitarias (50.81) que podrían estar originadas por los coliformes totales presentes en el agua (Tabla 5). Los agentes patógenos presentes en el agua no potabilizada constituyen un problema mundial que demanda un urgente control mediante la implementación de medidas de protección ambiental a fin de evitar el incremento de las enfermedades relacionadas con la calidad del agua [7].

CONCLUSIÓN

Desde el punto de vista fisicoquímico la calidad de agua de la captación es apta para el consumo humano en la parcialidad de Jiscullaya, por encontrarse dentro de los límites máximos permisibles establecidas en las normas vigentes. Sin embargo, desde el punto de vista del análisis bacteriológico, el número de coliformes totales excede ampliamente los límites establecidos en la norma. Estos coliformes totales podrían estar vinculados con las enfermedades diarreicas e infecciosas. Además, la mayoría de las personas del lugar podrían llegar a presentar ciertas enfermedades por la ingesta del agua de captación para consumo humano sin tratamiento previo, por la falta de higiene, y la falta de educación sanitaria de sus habitantes.

RECONOCIMIENTOS



Los autores agradecen a los pobladores de la parcialidad de Jiscullaya por facilitar la toma de muestras. Al Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNA de Puno por los análisis bacteriológicos con *Escherichia coli* para la determinación de coliformes totales. A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno por la cobertura institucional.

REFERENCIAS

1. Obade, V. de P., Moore, R. 2018, Synthesizing water quality indicators from standardized geospatial information to remedy water security challenges: A review, *Environment International*, 119(5), 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.026>
2. Salari, M., Salami Shahid, E., Afzali, S.H., Ehteshami, M., Conti, G.O., Derakhshan, Z., Sheibani, S.N. 2018, Quality assessment and artificial neural networks modeling for characterization of chemical and physical parameters of potable water, *Food and Chemical Toxicology*, 118, 212–219. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.04.036>
3. Adapa, S. 2018, Factors influencing consumption and anti-consumption of recycled water: Evidence from Australia, *Journal of Cleaner Production*, 201, 624–635. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.083>
4. Belizario, G., Capacoila, J., Huaquisto, E., Cornejo, D.A., Chui, H.N. 2019, Determinación del contenido de fosforo y arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del río Coata, afluentes del Lago Titicaca, Perú, *Rev. Boliv. Quim.*, 36(5), 223–228. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.5.4>
5. Simanca, M.M., Álvarez, B.E., Paternina, R. 2010, Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de montería, *Temas Agrarios*, 15(1), 71–83. <https://doi.org/10.21897/RTA.V15I1.813>
6. Sánchez, H.J., Vargas, M.G., Méndez, J.D. 2000, Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas, *Salud Pública de México*, 42(5), 397–405. <https://www.scielosp.org/pdf/spm/2000.v42n5/397-406>
7. Marchand Pajares, E.O. 2002, Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_ffd923f0acd67c73d04a0305f025eb9d. Access date. October 2022
8. Ramírez Arcila, H., Jaramillo Peralta, J. 2016, Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua, *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 11(2), 136. <https://doi.org/10.18359/rfcb.1303>
9. SENAMHI. 2018, Monitoreo y pronostico del clima. In Boletín Climático Nacional: Vol. julio (No. 1; Monitoreo y Pronostico Del Clima). <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/483>. Access date. October 2022
10. Oficina General de Epidemiología del Ministerio de Salud del Perú. 2016. Situación epidemiológica de las Enfermedades Diarreicas Agudas, 2016 (EDA) en el Perú. *Boletín Epidemiológico*, 25(2), 29–31. <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2016/02.pdf>. Access date. October 2022
11. MINAM. 2017 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, D.S. N° 04-2017, Ministerio de Ambiente, 2017, Perú. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
12. MINEM. 2000. Protocolo de monitoreo de calidad de agua de Perú. In Ministerio de Energía y Minas (p. 100). Sub-Sector Minería. <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/institucional/regionales/Publicaciones/GUIA%20HIDROCARBUROS%20II.pdf>
13. Varol, M., Kurt Kaya, G., Alp, A. 2017, Heavy metal and arsenic concentrations in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farmed in a dam reservoir on the Firat (Euphrates) River: Risk-based consumption advisories, *Sci. Total Environ.*, 599–600(1), 1288–1296. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.052>
14. Tuzen, M. 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey, *Food Chem. Toxicol.*, 47(8), 1785–1790. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.029>
15. Makedonski, L., Peycheva, K., Stancheva, M. 2017, Determination of heavy metals in selected black sea fish species, *Food Control*, 72B, 313–318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.024>
16. OMS. 2018. Guías para la calidad del agua de consumo humano (Cuarta edi). World Health Organization. <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>
17. OPS. 2011. Agua y Saneamiento Evidencias para políticas Públicas. In Organización Panamericana de Salud (OMS). <https://www.paho.org/es/documentos/guias-para-calidad-agua-consumo-humano-4o-ed-2011>
18. Martínez-Santos, P. 2017. Determinants for water consumption from improved sources in rural villages of southern Mali. *Applied Geography*, 85, 113–125. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.006>
19. Kelly, B.C., Ikonou, M.G., Higgs, D.A., Oakes, J., Dubetz, C. 2008, Mercury and other trace elements in farmed and wild salmon from British Columbia, Canada., *Environ. Toxicol. Chem.*, 27(6), 1361–1370. DOI: <https://doi.org/10.1897/07-527.1>
20. Fallah, A.A., Saei-dehkordi, S.S., Nematollahi, A., Jafari, T. 2011, Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique, *Microchem. J.*, 98(2), 275–279. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2011.02.007>
21. Korn, M.G.A., dos Santos, G.L., Rosa, S.M., Teixeira, L.S.G., de Oliveira, P.V. 2010, Determination of cadmium and lead in cetacean Dolphinidae tissue from the coast of Bahia state in Brazil by GFAAS, *Microchem. J.*, 96(1), 12–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.01.001>
22. Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E. 2009. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey, *Iranian, J. Environ. Heal. Sci. Eng.*, 6(2), 73–80, Recuperado de: https://ijehse.tums.ac.ir/index.php/jehse/article/view/196cia_2
23. Riojas-Rodríguez, H., Schillmann, A., López-Carrillo, L., Finkelman, J. 2013, La salud ambiental en México: situación actual y perspectivas futuras, *Salud Pública de México*, 55(6), 638–649 https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342013001000013
24. Minsa. 2011. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA. http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf