

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i11.0089>

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE VERTIENTE DE LA COMUNIDAD LAS PEÑAS DEL CANTÓN ROCAFUERTE

CHARACTERIZATION OF SPRING WATER IN THE COMMUNITY OF LAS PEÑAS IN THE CANTON OF ROCAFUERTE

García-Vera Lourdes Michelle^{1*}; Carreño-Navia Erika Vanessa¹; García-Muentes Segundo Alcides¹; García-Vinces Gonzalo Oswaldo¹

¹Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas,
Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.

*Correo: imgarcia37@gmail.com

Resumen

El presente estudio se realizó en el sector Virgen Blanca de las Peñas, donde se localizó una vertiente en la que se analizaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua. Estos indicadores se compararon mediante las normas de aguas para consumo humano TULSMA y OMS. La metodología utilizada fue experimental descriptiva junto con las diferentes técnicas de laboratorio. Las técnicas analíticas cualitativas y cuantitativas, colorimétricas, análisis del DBO5 y la de los coliformes fecales (NMP) permitieron el desarrollo del trabajo. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue caracterizar el agua de la vertiente de la comunidad San José de las Peñas del Cantón Rocafuerte y una vez alcanzado este objeto de estudio, los resultados obtenidos muestran que la dureza (CaCO_3), la conductividad, la salinidad, el nitrato (NO_3)⁻¹, el cromo hexavalente (Cr) y la DBO5 sobrepasaron los criterios de calidad ambiental, concluyendo que el agua no es apta para el consumo humano.

Palabras clave: Caracterización, técnicas, normas, vertiente.

Abstract

This study was conducted in the Virgen Blanca de las Peñas sector, where a spring was located and the physical, chemical and microbiological parameters of the water were analyzed. These indicators were compared using the TULSMA and WHO water standards for human consumption. The methodology used was descriptive experimental together with the different laboratory techniques. The qualitative and quantitative analytical techniques, colorimetric, BOD5 and fecal coliforms (NMP) analysis allowed the development of the work. Therefore, the objective of the research was to characterize the water of the spring of the San José de las Peñas community of Rocafuerte canton and once this object of study was achieved, the results obtained show that the hardness (CaCO_3), conductivity, salinity, nitrate (NO_3)⁻¹, hexavalent chromium (Cr) and BOD5 exceeded the environmental quality criteria, concluding that the water is not suitable for human consumption.

Keywords: Characterization, techniques, standards, slope.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 01 de abril de 2022.

Fecha de aceptación: 21 de mayo de 2022.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2023.

1. Introducción

El agua es uno de los recursos más utilizados en múltiples aplicaciones, entre ellas el consumo, aseo, manufactura, uso agrícola y otras actividades, por lo que se expone a varias formas de contaminación que disminuyen su calidad (Quiroz et al., 2017, p. 43). Según Fernández & Solano (2005), existen varios indicadores que garantizan la calidad óptima del agua de consumo (Fernandez-Parada & Solano-Ortega, 2005, p. 119). Por consiguiente, conocer la calidad del agua es de gran relevancia, debido a que, con esto se determina la presencia de componentes que pueden ser perjudiciales para el ser humano (Mayorga & Mayorga, 2015, p. 107). Las características para los distintos tipos de efluentes y fuentes de agua pueden ser comparadas con los valores vigentes registrados en la normativa ambiental ecuatoriana (TULSMA) y OMS. Dichas normativas proporcionan guías sobre los cuerpos de agua, y señalan los procedimientos para el manejo e inspección de fuentes de aguas (Garcés, 2021, p.3).

Si bien los medios de contaminación de fuentes naturales son variados,

los más comunes son de origen químico, los cuales se derivan de actividades antropogénicas e industriales. Entre los factores químicos importantes se encuentra el pH. Este parámetro puede interferir en los procesos de desinfección, por lo que, el valor para el agua potable puede variar de 6.5 a 8.5 (Pérez, 2016, p.6). Asociado al estudio de los componentes carbonatados, también se realiza un análisis para determinar la dureza del agua (Julián, 2010, p. 168). La dureza se asocia a la presencia de metales como el magnesio (Mg) y el calcio (Ca), los cuales, son necesarios para el equilibrio en fuentes de aguas naturales y para el consumo humano (Rodríguez, 2009, p. 125). La salinidad y la conductividad también se relacionan con la concentración de sales disueltas en el agua (Solís et al., 2018, p. 36). La existencia de iones en el agua como el Cloro (Cl^-) surge de fuentes naturales (García et al., 2009, p. 1). Los contaminantes Cr, Cu, Pb, As, son necesarios a concentraciones bajas, no obstante, a concentraciones altas estos son tóxicos (Pabón et al., 2020, p. 9); Murgueitio et al., 2015, p. 161).

Por su parte, los parámetros físicos más importantes son la turbidez, que se genera por materiales en suspensión (Cardona, 2011, p. 20). Los sólidos totales se pueden clasificar como suspendidos (no filtrables) o disueltos (filtrables). En este contexto, se obtiene una estimación de los sólidos disueltos, que incluyen materia ionizada y no ionizada, mediante la determinación de la conductividad (Salari et al., 2018, p.4). Además, las fuentes de agua natural se encuentran expuestas a diferentes organismos biológicos que pueden generar un efecto adverso en su calidad. Uno de estos, es la contaminación con patógenos que se deriva de la materia fecal (World Health Organization, 2017, p.16). Del mismo modo, un estudio realizado por Demeter et al. (2021) expone que otro de los factores importantes de contaminación fecal y microbiológica, es el cambio climático y demográfico (p.2). (Demeter et al., 2021).

El sector San José de las Peñas se encuentra ubicado en Rocafuerte, Ecuador. Al ser un lugar muy concurrido por turistas que llegan a consumir el recurso hídrico natural

por su asociación con milagros religiosos, es indispensable la caracterización y definición de los parámetros físicos, químicos y biológicos que garanticen la calidad óptima del agua en función de la normativa vigente (TULSMA y OMS). Por lo que, la presente investigación tiene como objetivo caracterizar el agua de la vertiente Virgen Blanca de las Peñas, Rocafuerte.

2. Metodología

2.1. Descripción metodológica

El estudio se realizó con el objetivo de caracterizar el agua de la vertiente, la cual emerge desde 1988 en un peñasco por el que fluye un manantial ligeramente salado (Goraymi, 2022).

Siguiendo el método propuesto por Niveló Niveló (2015) para la caracterización de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se tomaron 33 muestras en tres puntos diferentes, con envases previamente rotulados de un litro. Las muestras fueron guardadas en un recipiente que permitió preservarlas en frío y posteriormente se trasladaron al respectivo laboratorio para su estudio.

Se trata de una investigación de tipo experimental descriptiva, en la que se utilizaron diferentes técnicas como las analíticas cualitativas y cuantitativas, colorimétrica, test empírico (DBO5) y la de los coliformes fecales (NMP).

En la tabla 1 se encuentran los materiales utilizados para el desarrollo de este trabajo en el laboratorio de aguas.

Tabla 1.
Equipos y materiales utilizados en la investigación.

Cantidad	Equipos y Materiales
2	Kit para determinación de cromo y arsénico
1	Espectrofotómetro UV
1	Conductímetro
1	Potenciómetro
2	Analizador de TDS y DBO5
1	Autoclave
1	Incubadora
24	Tubos de ensayos
3	Pipetas
2	Buretas
5	Probetas
3	Botellas de vidrio Winkler
1	Pastillas homogeneizadoras
6	Cajas Petri
12	Campanas Durhan
2	Peras de Absorción
1	Gradilla de tubos de ensayo
1	Soporte Universal
1	Vidrio reloj
1	Placa Calefactora
1	Espátula metálica

La información obtenida ha sido procesada con el programa Microsoft

Excel, para facilitar la tabulación en la que se emplearon gráficos para

interpretar y analizar los resultados de la investigación, utilizando fuentes de datos bibliográficos como textos, revistas e internet, para comprobar si el agua de la vertiente es apta o no para consumo humano.

La caracterización de todos los parámetros analizados se detalla en la figura 1.

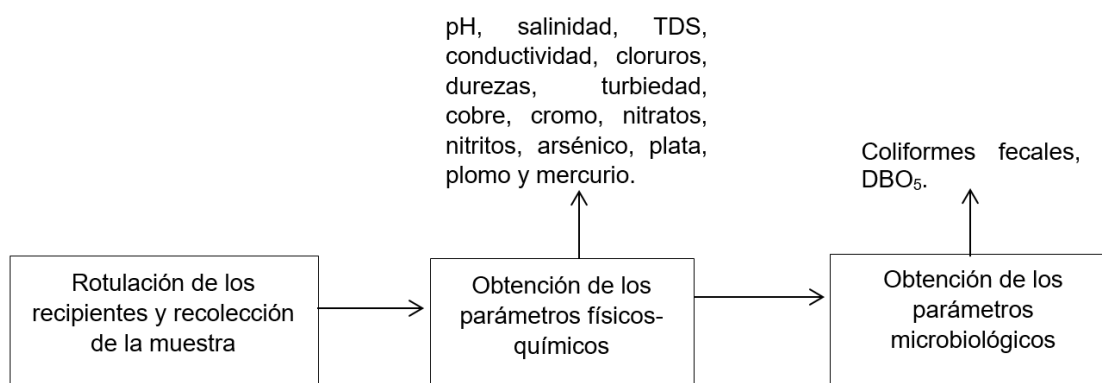


Figura 1. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos evaluados.

Para contrastar los resultados obtenidos con los lineamientos de la normativa vigente se utilizó la norma técnica ambiental TULSMA y la

norma internacional de la Organización Mundial de la Salud (tabla 2).

Tabla 2.

Norma técnica ambiental TULSMA y norma internacional OMS para agua de consumo humano.

Parámetro	Expresado como	Unidad	Norma de calidad ambiental	Criterios de calidad máximos	Resultados de las muestras tomadas	Condición
Físicos-químicos						
pH	pH		TULSMA	6-9	6.62	Apto
Salinidad		UPS	TULSMA	Igual o inferior a 0.5	1.36	No apto
Sólidos disueltos totales (TDS)		mg/L	TULSMA	<1000	718.81	Apto

Conductividad	χ	us/cm	OMS	300 - 800	934.71852	No apto
Turbiedad		UTN	TULSMA	<100	2.67	Apto
Dureza	CaCO ₃	mg/L	TULSMA	<500	17014.81	No apto
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	TULSMA	<250	99.21	Apto
Cobre	Cu	mg/L	TULSMA	<1	0.022	Apto
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/L	TULSMA	<10	32.26	No apto
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/L	TULSMA	<1	0.254	Apto
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/L	TULSMA	<0.05	23.77	No apto
Arsénico	As	mg/L	TULSMA	<0.1	0	No se encontró
Plomo (total)	Pb	mg/L	TULSMA	<0.05	0	No se encontró
Plata (total)	Ag	mg/L	TULSMA	<0.05	0	No se encontró
Mercurio	Hg	mg/L	TULSMA	<0.001	0	No se encontró
Microbiológicos						
Demanda bioquímica de oxígeno.	DBO5	mg/L	TULSMA	<2	227.33	No apto
Coliformes fecales	Nmp/100m		TULSMA	<600	0	No se encontró

3. Resultados y discusión

La figura 2 muestra los resultados de pH de las tres semanas de estudio, con un valor de 6.62, mostrando que el rango permisible revisado mediante la tabla 2 se encuentra entre 6-9, dando como resultado que este parámetro cumple con la normativa establecida.

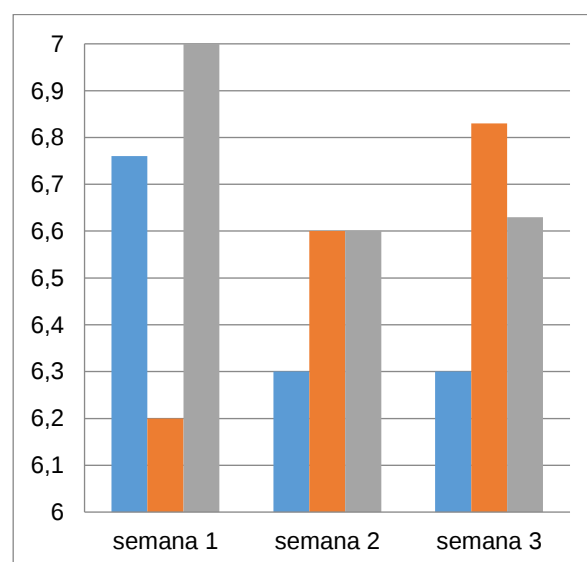


Figura 2. Resultados del pH de las tres semanas de estudio.

La figura 3 expone los resultados analizados de conductividad de las tres semanas de experimentos, en la

que se obtuvo un valor promedio de 934.71852 us/cm, con un rango permisible que está entre 300-800 us/cm (tabla 2), lo cual indica que este valor está fuera del rango máximo permisible.

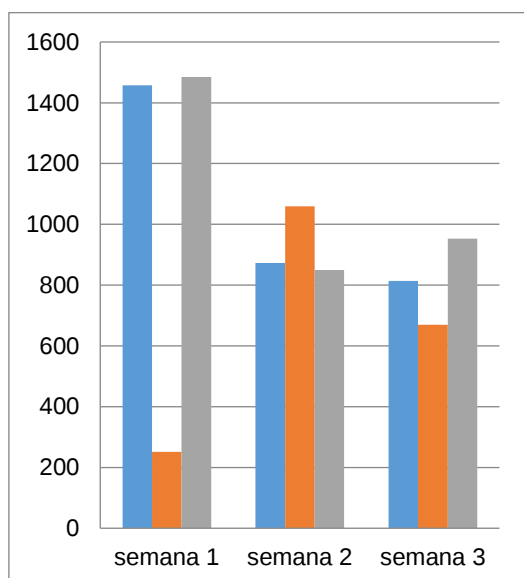


Figura 3. Resultados de conductividad de las tres semanas de estudio.

La figura 4 muestra los resultados de los sólidos disueltos totales (TDS), obtenidos durante las semanas de estudio, obteniéndose un valor promedio de 718.81 mg/L, con un rango de calidad permisible de 1000 mg/L. Se concluye que este parámetro se encuentra dentro de la normativa máxima permisible.

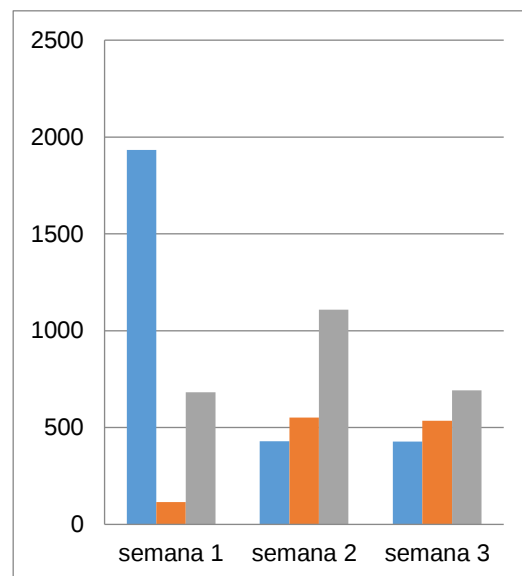


Figura 4. Resultados de sólidos disueltos totales de las tres semanas de estudio.

La figura 5 muestra los resultados de salinidad, donde se obtuvo un valor de 1.36 UPS con un rango máximo permisible de 0.5 UPS observado en la tabla 2, dando como resultado que la salinidad supera el criterio de calidad permisible.

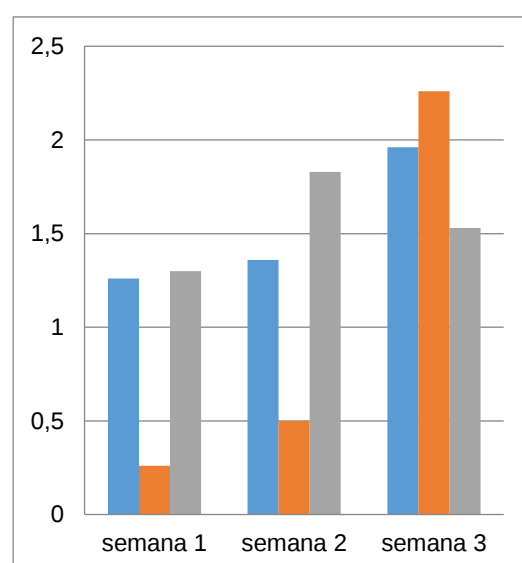


Figura 5. Resultados de salinidad de las tres semanas de estudio.

En la figura 6 se visualizan los resultados de turbiedad obtenidos durante el trabajo realizado, con un valor de 2.67 NTU, con un rango permisible máximo de 100 NTU detectándose a través de la tabla 2 que los valores se encuentran dentro del criterio de calidad permitido.

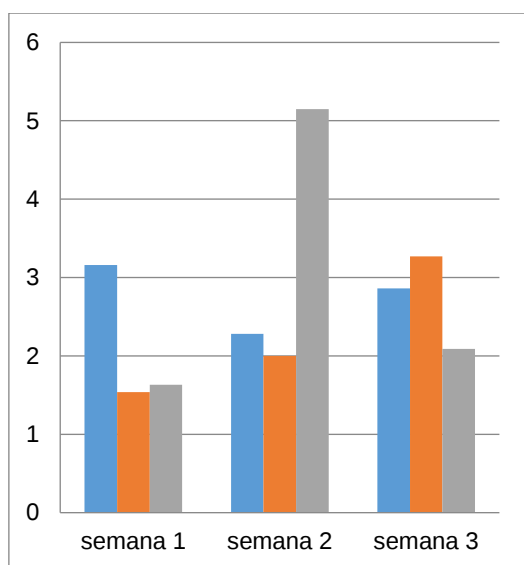


Figura 6. Resultados de turbiedad de las tres semanas de estudio.

Se observa que los valores de los cloruros analizados en las semanas del experimento reflejan un promedio de 99.21 mg/L (figura 7), con un rango máximo de calidad de 250 mg/L, indicando en la tabla 2 que los cloruros están dentro del rango permisible.

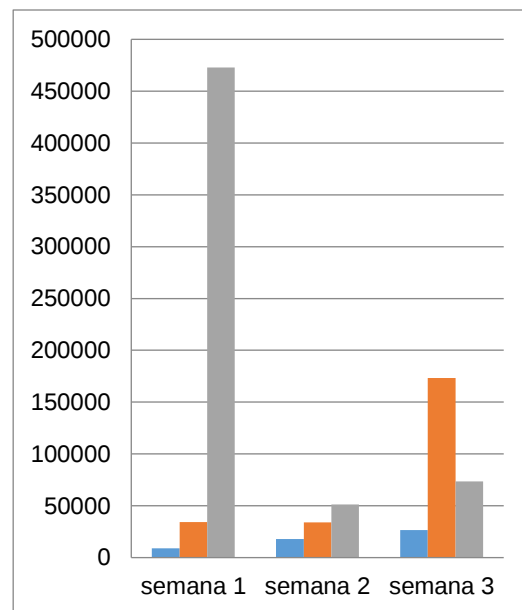


Figura 7. Resultado de los cloruros durante las tres semanas de estudio.

La figura 8 muestra los resultados del parámetro de dureza determinado durante las semanas de estudio, en el que se obtuvo un promedio de 17014.81 mg/L, teniendo en cuenta el rango permisible máximo (tabla 2) que tiene este parámetro es de 500 mg/L, lo que indica que la dureza está fuera del criterio máximo permisible de calidad.

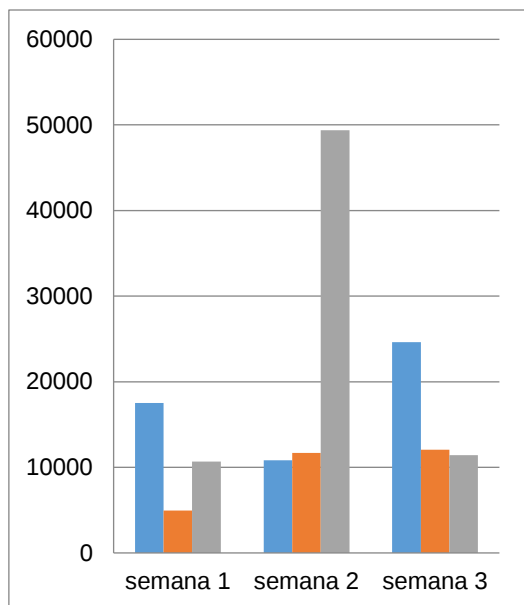


Figura 8. Resultado de la dureza durante las tres semanas de estudio.

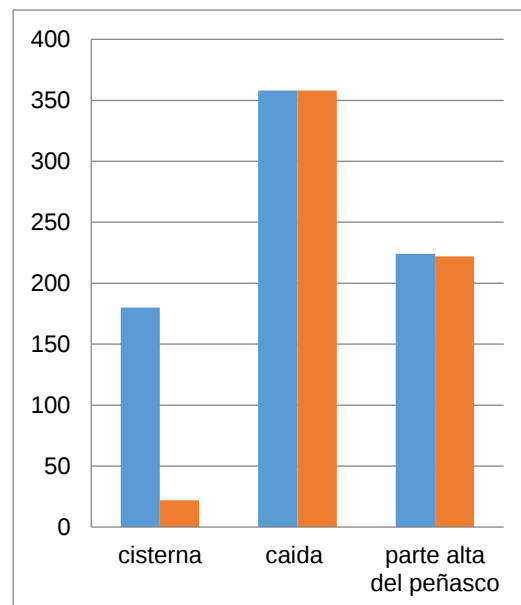


Figura 9. Resultado de la DBO5 en diferentes zonas de la vertiente en la 3 y 4 semana de estudio.

La figura 9 indica los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) calculados en la tercera y cuarta semana de estudio. estos análisis se realizaron en diferentes zonas del cuerpo de agua, dando como resultado un valor de 227.33 mg/L. Se concluye que el rango permisible de calidad del DBO5 está sobrepasado, ya que según la normativa debe ser menor a 2 mg/L.

Por su parte, en la tabla 3 se visualizan los parámetros obtenidos mediante espectrofotometría UV, los cuales fueron obtenidos a partir de las tres semanas de estudio, observándose que las concentraciones de nitritos, cobre y cromo se encuentran dentro del criterio de calidad ambiental, a excepción de los nitratos, cuyo valor se encuentra fuera del rango máximo permisible planteado en la normativa vigente.

Tabla 3.

Resultados obtenidos mediante espectrofotometría UV durante las semanas de estudio.

Parámetro	Primera Semana			Segunda Semana			Tercera semana			Resultado
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 1	Día 2	Día 3	Día 1	Día 2	Día 3	
Nitrato (mg/L)	27.181	6.826	17.333	64.106	38.33	37.48	34.934	30.26	21	32.26
Nitrito (mg/L)	0.236	0.295	0.358	0.3	0.266	0.407	0.139	0.145	0.148	0.254
Cobre (mg/L)	0.019	0.080	0.030	0.034	0.116	0.014	0	0.008	0	0.022
Cromo (ppb)	18.66	17.33	22.33	4	24.66	25.33	29.66	44.66	27.33	23.77

Además, la tabla 2 evidenció que no se detectó la presencia de los contaminantes mercurio, plata, arsénico, plomo y coliformes fecales.

Para la realización de este trabajo los parámetros físicos-químicos y microbiológicos se compararon mediante el trabajo realizado por Carvajal (2003). En cuanto a los resultados de la dureza mostrados en la figura 8, se observan altas concentraciones, las cuales están fuera de la norma establecida TULSMA. Para los nitratos, la tabla 3 hubieron demuestran variaciones que sobrepasaron el valor establecido por el TULSMA a excepción del día 2 de la primera semana que fue de 6.826 mg/L. En la conductividad, la figura 3 permite observar variaciones que excedieron el valor límite establecido por la OMS, a excepción de la primera semana en el día 2 que fue de 251.13 mg/L. Por su parte, parámetros como el cromo y DBO5 no sobrepasaron los límites

establecidos, por lo que no presentan un riesgo ecotoxicológico.

4. Conclusión

Una vez realizada la investigación sobre la caracterización del agua de la vertiente de la comunidad las Peñas, se concluye que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos: dureza, conductividad, salinidad, nitratos, cromo y DBO5 sobrepasaron los criterios de calidad máximos permisibles.

Se finaliza mencionado que desde el punto de vista físico-químico el agua de la vertiente no es apta para consumo humano, por lo que debería regularizarse su consumo.

Bibliografía

Asociación Ecuatoriana de Municipalidades, (2020). San José de las Peñas: Un Paraíso Lleno de Fe. <https://ame.gob.ec/san-jose->

[de-las-penas-un-paraiso-
lleno-de-fe/](#)

- Bojaca, R. (2015). Determinación de alcalinidad por potenciometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/>
- Cabrera, E., Hernández, L., Gómez, H., & Cañizares, M. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de La Sociedad Química de México*, 47(001), 88–92.
- Cardona, D. (2011). Caracterización del agua cruda del río La Vieja como fuente superficial para el proceso de potabilización de EMCARTAGO S.A. E.S.P. DIANA. In Phys. Rev. E. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Carvajal, G. (2003). Base de datos de la calidad de agua de las principales vertientes de la ciudad de la Paz. Instituto de Ingeniería Sanitaria, 1-9. Obtenido de <https://www.umsa.bo/documents/1745551/1817265/BASE+DE+DATOS+DE+LA+CALIDAD+DE+AGUA+DE+LAS+PRINCIPALES+VERTIENTES+DE+LA+CIUDAD+DE+LA+PAZ+-+IIS.pdf/44b2ffda-8d46-c200-3da4-ed211c88ad86>
- Demeter, K., Derx, J., Komma, J., Parajka, J., Schijven, J., Sommer, R., Cervero-Aragó, S., Lindner, G., Zoufal-Hruza, C. M., Linke, R., Savio, D., Ixenmaier, S. K., Kirschner, A. K. T., Kromp, H., Blaschke, A. P., & Farnleitner, A. H. (2021). Modelling the interplay of future changes and wastewater management measures on the microbiological river water quality considering safe drinking water production. *Science of the Total Environment*, 768, 18. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144278>
- Fernandez-Parada, N. J., & Solano-Ortega, F. (2005). Capítulo 4: Análisis comparativo de los índices de calidad (ICAS) y de los índices de contaminación (ICOS) del agua. In U. de Pamplona (Ed.), *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua* (p. 26). https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo4.pdf
- García, A., Reyes, M., Alvarado, A., Gonzáles, L., Antuna, D., Vázquez, E., Méndez, M., Quintos, M., & Herrera, A. (2009). Cloruros totales en el agua de abastecimiento. Centro Interdisciplinario de Investigación Para El Desarrollo Integral Regional., 3. <https://www.repositoriodigital.i>

- pn.mx/bitstream/123456789/8825/1/clorurosno12.pdf
- Goraymi. (2022). Virgen Blanca de las Peñas. Obtenido de <https://www.goraymi.com/es-es/manabi/rocafuerte/iglesias-templos/virgen-blanca-penas-a3atwtagy>
- Julián, F. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 11(2), 167–177. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2010.11n2.014>
- Kankal, N. C., Indurkar, M. M., Gudadhe, S. K., & Wate, S. R. (2012). Water Quality Index of Surface Water Bodies of Gujarat, India. *Asian Journal Experimental Science*, 440020(1), 39–48. <http://www.ajesjournal.com/PDFs/12-1/7>
- MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). Registro Oficial Suplemento 387: 2015. Libro VI, Anexo 5. http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/SecretariaAmbiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf
- Mayorga, J; Mayorga, O. (2015). Caracterización del agua de consumo en el sector Santa Rosa-La Hechicera (Mérida, Venezuela). *Revista INGENIERÍA UC*, 22(2), 106–112. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70742617011.pdf>
- Morillo Semanate, L. D., Naranjo Tovar, D. A., Pérez, J., Villacis Oñate, W. E., Vargas Jentsch, P., & Muñoz Bisesti, F. (2019). Reduction of surfactants and coliforms in domestic wastewater by fenton processes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 931–943. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.12>
- Murgueitio, E., Pinto, W., & Landivar, J. (2015). Remoción De Cromo (Vi) a Partir De Agua Sintética a Nivel De Laboratorio, Mediante El Uso De Hidróxidos Dobles Laminas (Hdl). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(2), 160–170. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i2.26>
- Nivelo Nivelo, S. I. (Enero de 2015). Monitoreo de la calidad del agua en San Cristobal, Galapagos. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4696>
- Pabón, S., Benítez, R., Sarria, R., & Gallo, J. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9–18.

- http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672020000100009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 29(3), 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Quiroz, L., Izquierdo, E., & Ménendez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41–51. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Rodriguez, A. (2013). Caracterización Y Evaluación De La Calidad Del Agua De La Bahía De Jaramijó - Provincia De Manabí Durante. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 18(1), 49–57. https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta18/OCE1801_5.pdf
- Rodriguez, J. (2009). Parámetros físicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto (ASADAS) de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuel. *Revista Pensamiento Actual*, 9(12), 125–134. <file:///C:/Users/Miqueas/Downloads/2842-4409-1-SM.pdf>
- 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>
- Salto, C. (2015). Estrategias para el desarrollo turístico y socio económico de la comunidad San José de las Peñas, cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, República del Ecuador [Universidad de San Gregorio de Portoviejo]. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/758/1/ECO-T1689.pdf>
- Solís, Y., Zúñiga, L. A., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- World Health Organization. (2017). Guidelines for Drinking-Water Quality Addendum. In Journal

- American Water Works Association (Issue 4).
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254636/9789241550017-eng.pdf>