

Determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la ciudad de Pampas - Tayacaja, 2023

Determination of the quality of water for human consumption through physicochemical and microbiological parameters of the city of Pampas - Tayacaja, 2023

 Chavarría Marquez Esmila Yeime ¹,  Mery Luz Cusiche Huamaní ¹,  Luz Luisa Huamaní Astocaza ¹,  Fernando Martín Toribio Román ¹,  Everson Oscar Barreto Ccahuana ¹ y  Jefferson Diego Gomez Cuadros ¹

¹ Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

Contacto: ¹ esmilachavarria@unat.edu.pe

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la ciudad de Pampas, ubicada a 3276 m.s.n.m. al suroeste de la provincia de Tayacaja departamento de Huancavelica durante el periodo abril a diciembre del 2022, con el objetivo de determinar la calidad de agua de consumo humano mediante parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la ciudad de Pampas-Tayacaja. El estudio es de tipo aplicada, nivel descriptivo y transeccional, implicó una evaluación tal como se presenta en la realidad es decir sin manipulación de variables. En las seis estaciones de muestreo se evaluó parámetros físicos, químicos y microbiológicos tomando como referencia el reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA del Ministerio de salud y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua DS.N° 004-2017-MINAN, categoría 1. Los resultados demuestran que los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua de la ciudad Pampas no superan a los valores establecidos en el ECA – agua de categoría 1. por tanto, se concluye el agua de Pampas – Tayacaja es apta para consumo humano, sin embargo, se debe realizar controles periódicos para asegurar la calidad del agua, más aún si se tiene oscilaciones en la capacidad de agua y un servicio solo por horas.

Palabras clave: Parámetros físicoquímicos, parámetros microbiológicos, ECA-agua.

ABSTRACT

The present study was carried out in the city of Pampas, located at 3276 meters above sea level. southwest of the province of Tayacaja, department of Huancavelica during the period April to December 2022, with the objective of determining the quality of water for human consumption through physicochemical and microbiological parameters of the city of Pampas-Tayacaja. The study is of an applied type, descriptive and transectional level, it involved an evaluation as it is presented in reality, that is, without manipulation of variables. At the six sampling stations, physical, chemical and microbiological parameters were evaluated taking as reference the water quality regulation for human consumption D.S. N° 031-2010-SA of the Ministry of Health and the National Environmental Quality Standards for Water DS.N° 004-2017-MINAN, category 1. The results demonstrate that the physicochemical and microbiological parameters of the water of the city of Pampas do not exceed to the values established in the ECA – category 1 water. Therefore, it is concluded that the water from Pampas – Tayacaja is suitable for human consumption, however, periodic controls must be carried out to ensure the quality of the water, even more so if it has oscillations in water formation and hourly service only.

Keywords: Physicochemical parameters, microbiological parameters, ECA-water.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso hídrico esencialmente importante para la sostenibilidad de la vida y la biodiversidad en este planeta, es muy escaso encontrar agua pura en la naturaleza aún más si se requiere agua para consumo humano de calidad, es necesario su tratamiento mediante métodos convencionales y la utilización de tecnologías en ese sentido se convierte en un bien económico y social. Según el Informe Global de Riesgos 2020, la crisis del agua, incluida la escasez de agua, la contaminación del agua y otros problemas relacionados con el agua, ocupa el quinto lugar entre los 10 principales riesgos en términos de impacto (Yang et al., 2022, World Economic Forum).

La ciudad de Pampas está ubicada en la parte suroeste de la provincia de Tayacaja en el departamento de Huancavelica, y por el lado norte pasa el río Upamayo, que significa tranquilo en quechua. El curso del río Upamayo se inicia en la altura del cerro Matacencca, pasa por las regiones de Acraquia, Ahuaycha, Pampo y Daniel Hernández, desembocando en esta última en el río Mantaro, donde cambia de dirección hacia el norte.

Las aguas subterráneas de la sierra central y superficiales en los caudales de los ríos, principalmente en las cuencas de la ciudad de Pampas, son abundantes en esta región del país debido a las fuertes lluvias que caen todos los años de enero a marzo, y forman una reserva hídrica. En beneficio de los habitantes de la ciudad de Pampas. Sin embargo, las fluctuaciones en la intensidad de las lluvias y el período seco de junio a septiembre originan fluctuaciones en el caudal de agua destinada al consumo humano.

La mala calidad del agua se manifiesta en las cuencas paralelas, especialmente en los cauces abiertos de los ríos, debido a que está expuesta a la contaminación por diversos factores, como la mezcla del agua del río con el agua de lluvia de la montaña, que arrastra partículas sólidas a lo largo de su cauce, como minerales, excrementos de animales, restos de animales muertos, desechos agrícolas y polvo. Según Alvarez (2008) la calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola. Al respecto Guzmán et al (2011) uno de los inconvenientes que presenta la valoración de la calidad del agua es precisamente la naturaleza multidimensional del concepto de calidad de agua.

La ciudad de Pampas capital de la provincia de Tayacaja del departamento de Huancavelica en la actualidad cuenta con 12269 habitantes incluyendo los 23 centros poblados. Sin embargo, solo el 72% de la población tiene acceso al agua potable, debido a que la infraestructura física, redes laterales y saneamiento no son suficientes para cubrir las necesidades de toda la ciudad. De ello se deduce que el 28 % de la ciudad esta desabastecida, este sector satisface sus necesidades de agua a partir de fuentes como pequeños ríos o afluentes

y manantiales. Según Scheili et al (2015) en áreas rurales y municipios pequeños el agua potable generalmente se bombea directamente de pozos o se obtiene de ríos/lagos/embalses sin un tratamiento adecuado. Esta población está en riesgo de contraer enfermedades por beber agua no purificada. Al respecto la OMS (2018) afirma que el agua potable contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, la diarrea, la disentería y la polio.

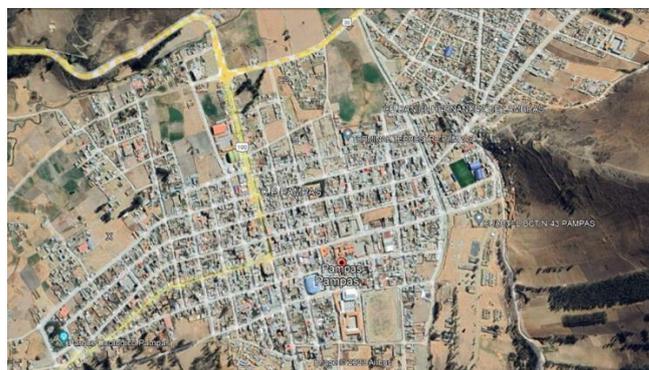
El agua que se capta paralelamente para consumo humano no sufre tratamiento físico-químico ni microbiológico, es consumida directamente por la población. Es de prioridad potabilizarla, es decir, debe ser sometido a altas técnicas de purificación de minerales y de otros contaminantes. Por consiguiente, el consumo de agua contaminada tiene un efecto significativo en la salud humana, la vida acuática, el desarrollo y la prosperidad de la región (Milovanovic, 2007). Por tanto, es importante tratar y desinfectar el agua para eliminar los contaminantes y microbios perjudiciales para la salud humana (Mukate et al., 2019).

En tal sentido, en este estudio es necesario realizar controles de indicadores físicos, químicos y microbiológicos con el propósito de determinar la calidad de agua de consumo a fin de sensibilizar a los consumidores y promover un tratamiento adecuado de potabilización del agua de la ciudad de Pampas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El área de estudio fue en la Ciudad de Pampas, provincia de Tayacaja y departamento de Huancavelica. Está ubicado a una altura de 3276 m.s.n.m., en las coordenadas 12°23'57.44" S y 74°51'57.39" O.



Fuente. Elaboración de la autoría adaptado de Google Earth, (2023).

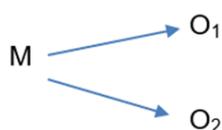
Metodología de la investigación

a) Diseño metodológico

- ✓ Objeto de estudio: De acuerdo a la naturaleza del estudio, implicó la valoración

fisicoquímica y microbiológica del agua potable, los cuales se determinó su estado tal como se presentó en la realidad.

- ✓ Fuente de datos: De las estaciones de monitoreo y de las pruebas de laboratorio de muestras de agua de consumo de la ciudad de pampas-Tayacaja.
- ✓ Tipo de investigación: Es de tipo aplicada, analiza la calidad de agua para consumo en base a las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua y su desarrollo permitió dar solución a un problema en particular de tipo práctico, en un área del conocimiento.
- ✓ Nivel de investigación: El grado de profundidad que se desarrollaron en esta investigación fue de nivel descriptivo.
- ✓ Diseño de investigación: El análisis por parte del investigador fue de manera natural. De acuerdo a los criterios que se establecieron para la selección del diseño esta investigación se define de forma no experimental, en el cual no se manipula variables; y según la perspectiva temporal se considera transeccional.



Donde:

O: Observación, Una medición, prueba.

O1: Observación de parámetros fisicoquímicos del agua.

M: Muestra de agua para consumo humano.

O2: Observación de parámetros microbiológicos del agua.

b) Técnicas e instrumentos de obtención de datos

- ✓ Observación directa: Esta técnica se utilizó para determinar las características del agua en la fuente y observar la distribución de red de agua hacia la población.

- ✓ Identificación del área de estudio:
 1. Reconocimiento de campo del área de estudio.
 2. Identificación de las fuentes de agua.
 3. Descripción de los procesos.
- ✓ Identificación de la distribución de agua
- ✓ Monitoreo de agua de consumo humano:
 1. Toma de muestra en campo.
- ✓ Análisis de agua para consumo humano: El agua de consumo humano obtenidas de los puntos muestrales para el estudio, 500 mL por estación de muestreo realizado en los barrios de la ciudad de Pampas mediante las técnicas del Ministerio del Ambiente MINAM, fueron trasladados a temperatura de refrigeración y en envases previamente esterilizados para su análisis microbiológico y fisicoquímico a un laboratorio acreditado por INDECOPI a fin de obtener resultados fehacientes y validados.

c) Población, muestra y muestreo

- ✓ Población: Constituye el agua para consumo de la población de Pampas - Tayacaja.
- ✓ Muestra: Estuvo constituida por el agua de consumo humano obtenidas de los puntos muestrales para el estudio, 500 mL por estación de muestreo.
- ✓ Muestreo: Se realizó en forma aleatoria simple, ya que toda la población tuvo la misma oportunidad de ser seleccionado para integrar las muestras del grupo no experimental. En las seis estaciones de muestreo en los barrios de la ciudad de Pampas se utilizaron las técnicas del MINAM y un GPS para evidenciar la ubicación.

Puntos de muestreo:

- E1: CIAM Pampas.
- E2: Gerencia Sub Regional de Tayacaja.
- E3: Municipalidad de Pampas.
- E4: Hospital de Pampas -Tayacaja.
- E5: Colegio Divino Maestro de Pampas.
- E6: UNAT del Jr. Bolognesi 416-418.

RESULTADOS

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos de agua de consumo humano

Punto de muestreo	T °C	Sólidos disueltos mg/L	Sólidos suspendidos mg/L	pH	Turbidez UNT	DBO mg/L	DQO mg/L
1	13	575	210	7.1	1	2	2.5
	12	625	210	7.5	1	2	2.5
	13	610	205	7.5	1	2	2.5
2	12	560	190	7.35	0	2	1



	12	555	190	7.25	0	1	1
	12	555	198	7.34	1	1	2
3	12	500	190	7.4	0	1	1
	12	520	190	7.5	0	1	1
	12	520	190	7.1	0	1	0
4	12	500	185	7.22	0	0	0
	12	515	185	7.15	0	1	1
	12	515	190	7.25	0	1	0
5	11	510	195	7.45	1	0	0
	11	510	198	7.38	0	1	1
	11	525	190	7.74	0	1	0
6	12	515	120	7.4	1	0	0
	12	510	125	7.25	0	1	1
	12	125	125	7.52	0	1	0

En la tabla 1, se observa que los parámetros fisicoquímicos se han realizado medidas con tres repeticiones, en el cual la temperatura del agua de consumo tiene un promedio de los seis puntos de muestreo de 12 °C, Sólidos disueltos 514 mg/L, sólidos suspendidos 183 mg/L y 7.4 de pH en promedio. En cuanto a turbidez de 1 UNT en el primer punto de muestreo, mientras en los otros puntos de 0 a 1 UNT.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el primer punto de muestreo tiene 2 mg/L, en el segundo punto de 1 mg/L, mientras en los otros puntos de 0 a 1 mg/L. En cuanto a la demanda química de oxígeno (DQO) en el primer punto de muestreo 2.5 mg/L, en el segundo punto de 1 a 2 mg/L y en los otros de 0 a 1 mg/L, indicando los escasos de oxígeno del 3 al punto 6 de muestreo.

Tabla 2

Parámetros microbiológicos del agua de consumo humano

Puntos de muestreo	1	2	3	4	5	6
Coliformes termotolerantes NMP/100mL	10	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	10

En la tabla 2 se observa los parámetros microbiológicos del consumo de agua de la ciudad de Pampas – Tayacaja con tres repeticiones por punto de muestreo, en los puntos 1 y 6 presencia de coliformes termotolerantes de 10 NMP/100 mL respectivamente, mientras en los otros puntos de muestreo no existe la presencia de este microorganismo.

La figura 1 nos muestra la temperatura del agua potable de todos los puntos de muestra donde se observa que si supera el valor de ECA-agua de categoría 1.

Figura 1

Comparación de temperatura de agua potable con el valor de ECA-agua – 1

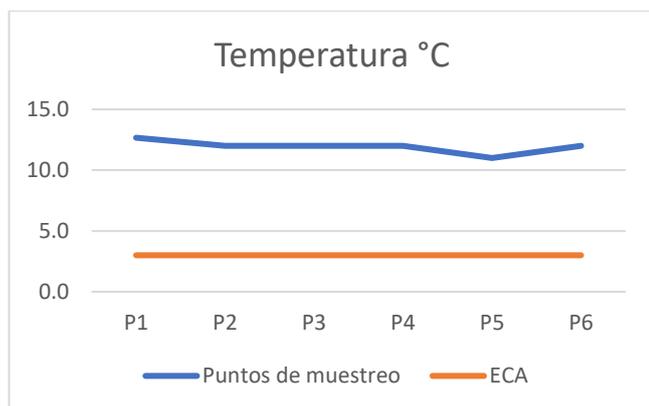
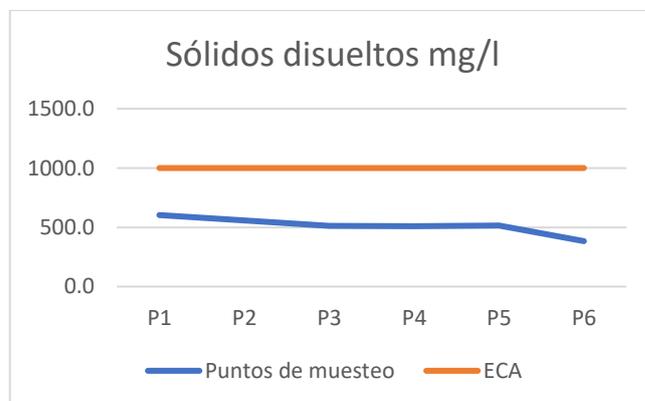


Figura 2

Comparación de sólidos disueltos de agua potable con el valor de ECA-agua – 1

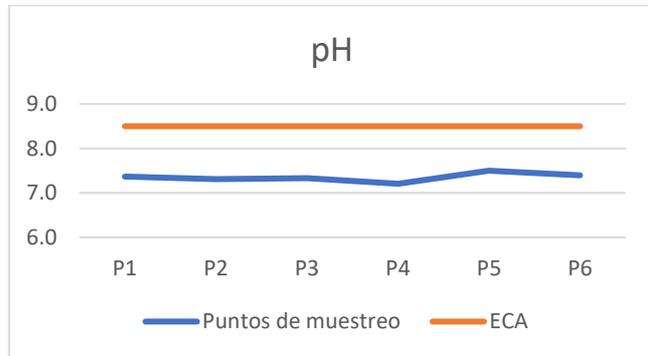


La figura 2 nos muestra las concentraciones de 400 mg/L hasta 600 mg/L de los sólidos disueltos en los 6 puntos de muestra del agua de consumo se encuentra

por debajo de la concentración de 1000 mg/L del valor de ECA-agua de categoría 1.

Figura 3

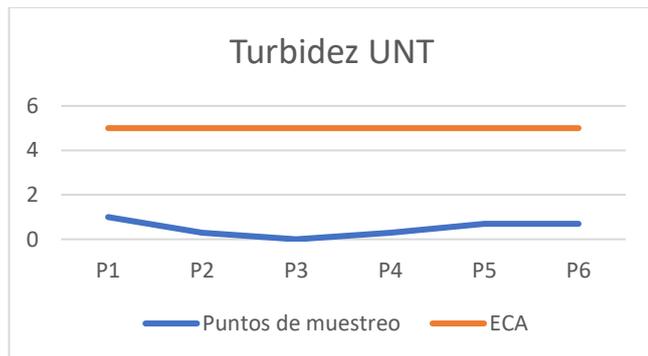
Comparación de pH de agua potable con el valor de ECA-agua – 1



La figura 3 nos muestra el rango de pH que oscilan desde 7.3 hasta 7.5 de todos los puntos de muestra de la figura 4, no supera el valor máximo de 8.5 del valor de ECA-agua de categoría 1.

Figura 4

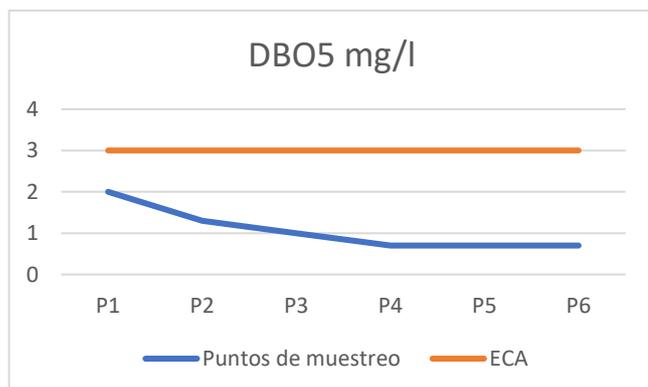
Comparación de turbidez de agua potable con el valor de ECA-agua – 1



La figura 4 nos muestra que la turbidez del agua de consumo humano de 0 a 1 UNT está por debajo del valor de 5 UNT del ECA – agua de categoría 1.

Figura 5

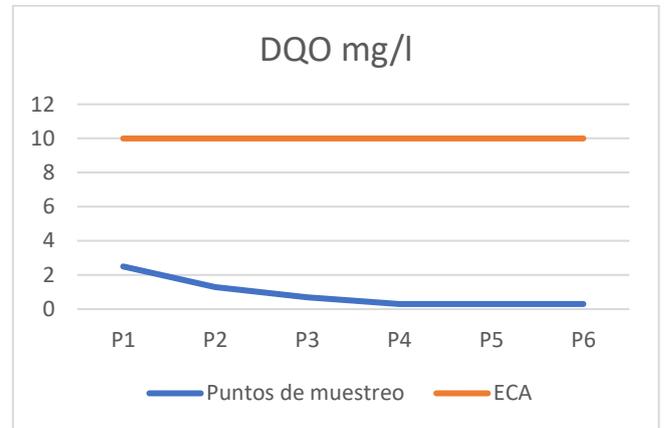
Comparación de DBO5 de agua potable con el valor de ECA-agua – 1



La figura 5 nos muestra las concentraciones de DBO5 del agua de consumo humano se encuentra entre 0,6 a 2 mg/L, los cuales no superan el valor 3 mg/L de ECA-agua de categoría 1.

Figura 6

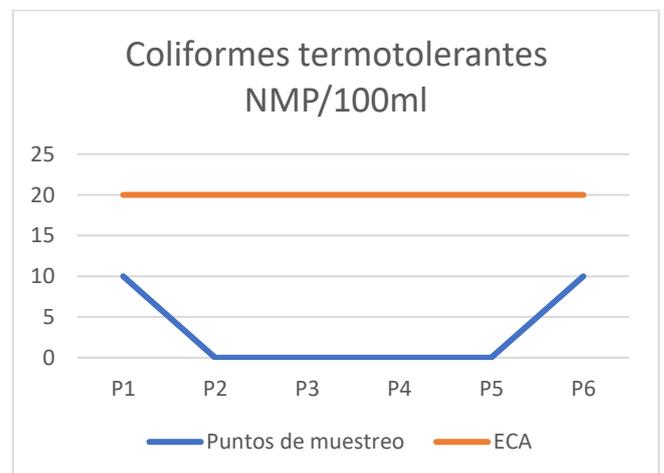
Comparación de DQO de agua potable con el valor de ECA-agua – 1



La figura 6 nos muestra las concentraciones de DQO del agua de consumo humano se encuentran desde 0.1 hasta 2,5 mg/L los cuales en ninguno de los 6 puntos de muestreo supera el valor de 10 mg/L del ECA- agua de categoría 1.

Figura 7

Coliformes termotolerantes de agua potable y el valor de ECA-agua – 1



La figura 7 nos muestra los coliformes termotolerantes en todos los puntos de muestreo de agua de consumo no supera el valor de 20 NMP/100mL del ECA-agua categoría 1.

DISCUSIÓN

La temperatura 12 °C en promedio del agua de consumo humano de la ciudad de Pampas -Tayacaja, supera en todos los puntos de muestreo a los valores de 3 °C del ECA- agua de categoría 1 respecto al promedio del área evaluada; y en los otros parámetros fisicoquímicos no superan los valores del ECA-agua de categoría 1. Sin embargo, el sistema de abastecimiento de agua para el consumo humano tiene deficiencias en los componentes hidráulicos y las instalaciones físicas desde la captación hasta las conexiones domiciliarias. La temperatura influye en la palatabilidad, la viscosidad, la solubilidad, los olores y las reacciones químicas (Summers, 2020). Por tanto, los procesos de sedimentación y cloración y la demanda biológica de oxígeno (DBO) dependen de la temperatura (Davis, 2010). También afecta el proceso de biosorción de los metales pesados disueltos en el agua (Abbas et al., 2014). La mayoría de las personas consideran que el agua a temperaturas de 10 a 15 °C es más apetecible (Summers, 2020).

La concentración de sólidos disueltos en seis puntos de muestreo de agua potable osciló entre 400 mg/L y 600 mg/L, lo que está por debajo de la concentración estándar de agua de Categoría 1 de la ECA de 1000 mg/L. El rango de pH de 7,3 a 7,5 de los puntos de muestreo no excede el valor máximo de 8,5 para el agua del ECA-agua de categoría 1. Sin embargo, hay que precisar que el potencial de hidrogeno puede influenciar en la presencia de algunas bacterias y la probabilidad de la existencia de algunos contaminantes en el agua. De igual forma, Pal (2017) menciona que el pH también puede influir en la vida de las bacterias y la disponibilidad de otros contaminantes en el agua. En general, un pH muy alto o muy bajo puede hacer que el agua sea desagradable para determinados fines. A un pH muy alto, los metales tienden a precipitar, mientras que sustancias químicas como el amoníaco se vuelven tóxicas para la vida acuática; El agua tiende a tener un olor y sabor desagradables en condiciones alcalinas. Las aguas ácidas también corroen las tuberías metálicas. Por tanto, los metales pesados en agua con un pH bajo tienden a ser más tóxicos, ya que se vuelven más solubles y biodisponibles. Se sabe que la exposición al pH extremo del agua al beber y al contacto con la piel está asociada con irritación de los ojos, la piel y las membranas mucosas (Who Working Group, 1986). Por tanto, la determinación del pH podría servir como un indicador sensible de contaminación. (Saalidong et al., 2022).

La turbidez del agua destinada al consumo humano oscila entre 0 y 1 NTU por debajo del valor de 5 NTU para el agua de Categoría 1, para Guzmán, Nava y Díaz (2015) el color y la turbidez son propiedades relacionadas con la carga orgánica del agua y son factores que afectan significativamente la eficiencia del tratamiento del agua (principalmente cloración). Cabe

precisar que la turbidez del agua, es una medida de la capacidad de la luz para atravesar el agua. Para Summers (2020) la turbidez es causada por materiales suspendidos como arcilla, limo, material orgánico, plancton y otros materiales particulados en el agua. Asimismo, cabe indicar que el análisis de turbidez es importante ya que las partículas pueden proporcionar escondites para microorganismos dañinos y así protegerlos del proceso de desinfección (Edzwald, 2010).

En el estudio las concentraciones de DBO5 en el agua destinada al consumo humano oscilan entre 0,6 y 2 mg/l y no superan el valor 3 mg/l del agua de categoría 1. Asimismo, la concentración de DQO en el agua destinada al consumo humano oscila entre 0,1 y 2,5 mg/L y no excede el valor del agua de Categoría 1 de la ECA de 10 mg/L en ninguno de los seis puntos de muestreo. Según Summers (2020), cuanto más materia orgánica haya en el agua, mayor será la DBO utilizada por los microbios.

La calidad de agua para consumo humano es valorada por sus características fisicoquímicas y microbiológicas, aun cuando estos valores estén dentro del rango de los estándares de calidad, se debe tener controles periódicos del agua que se consume más aún si se tiene oscilaciones en el volumen de captación, ya que puede trasladar algunos vestigios de contaminantes del sub suelo o del suelo se puede contaminar con componentes del medio ambiente y pueden tener efectos en la salud del consumidor. Según la OMS (2011) “muchos componentes microbiológicos y químicos del agua de consumo humano pueden causar potencialmente efectos adversos en la salud humana por lo que el uso de los esfuerzos de monitoreo y de los recursos se debe planificar cuidadosamente y dirigir a las características claves o significativas”. Cerca de 38 millones de personas en América Latina y el Caribe carecen de acceso a fuentes de agua potable, y las enfermedades de origen hídrico se encuentran entre las tres principales causas de muerte en la región, lo que afecta negativamente la salud pública (OMS, 2012).

En este estudio, los coliformes termotolerantes en todos los puntos de muestreo de agua de consumo no supera el valor de 20 NMP/100mL del ECA-agua categoría 1. No obstante, es necesario especificar en los puntos de muestreo 1 y 6 se verifica 10 NMP/100mL de concentración de coliformes termotolerantes. Por el contrario, el artículo 60 del reglamento de calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA. “Menciona que toda agua para consumo humano debe estar exenta de bacterias termotolerante y escherichia coli”. Según Briñez et al. (2012) “una inadecuada calidad microbiológica del agua, sumado a algún tipo de riesgo en el agua para consumo humano, constituyen uno de los potenciales más peligrosos para la salud humana al ser un líquido de uso permanente y necesario”, situación que coincide con los hallazgos de

Sánchez-Pérez et al. (2000) “en México, en los que los resultados determinaron niveles de contaminación que hacían al agua no apta para el consumo humano al estar contaminada con bacterias de tipo coliformes”.

El abastecimiento del agua de consumo de la ciudad de Pampas – Tayacaja es deficiente generalmente se cuenta con 10 horas en promedio por día con el líquido esencial para las diversas actividades comerciales y domésticas de la población. Esta deficiencia hace que el consumidor opte por almacenar en envases no adecuados y existe el riesgo de contaminación por manipulación que puede ser perjudicial para la salud del poblador. Al respecto, Li y Wu (2019) afirman que la calidad del agua potable se ve afectada el sistema de distribución de agua y los contenedores/tanques utilizados para el almacenamiento de agua y los filtros domésticos.

La calidad de agua depende de la procedencia o características específicas del lugar que es menester de evaluar para destinarla para consumo humano. Es decir, La calidad del agua de una fuente y área particular depende de sus parámetros físicos, químicos y biológicos, que son útiles para evaluar o monitorear la calidad del agua para un uso designado, si los valores de estos parámetros definitorios exceden el límite o requisito permisible, puede representar una amenaza para la salud humana (Hossain y Patra, 2020, Mukate et al., 2019)

CONCLUSIONES

Por lo tanto, se concluye lo siguiente

- Los parámetros fisicoquímicos del agua de consumo humano no superan los valores de ECA-agua de categoría 1, entonces se puede inferir en forma general la buena calidad del agua de consumo de la ciudad de Pampas Tayacaja.
- Los parámetros de coliformes termotolerantes en todos los puntos de muestreo de agua de consumo no supera el valor de 20 NMP/100mL del ECA-agua categoría 1. No obstante, es necesario especificar en los puntos de muestreo 1 y 6 se verifica 10 NMP/100mL de concentración de coliformes termotolerantes. De la ciudad de Pampas- Tayacaja.
- Al no superar los resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la ciudad en estudio a los valores establecidos en el ECA – agua de categoría 1, el agua de Pampas – Tayacaja es apta para consumo humano, sin embargo, se debe realizar controles periódicos para asegurar la calidad del agua, más aún si se tiene oscilaciones en la capacidad de agua y un servicio solo por horas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J. P. A., Panta, J. E. R., Ayala, C. R., & Acosta, E. H. (2008). Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del río Amajac. *Información Tecnológica*, 19(6), 21–32. <https://doi.org/10.1612/inf.tecnol.3975it.07>
- Briñez A, K. J., Guarnizo G, J. C., & Arias V., S. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(2), 175–182. <http://redalyc.org/articulo.oa?id=12023918006>
- Davis, M.L. (2010). *Water and Wastewater Engineering- Design Principles and Practice*. New York: McGraw-Hill.
- Edzwald, J.K. (2010). *Water Quality and Treatment a Handbook on Drinking Water*. New York: McGraw-Hill.
- Guzmán, Blanca Lisseth, Nava, Gerardo y Díaz, Paula. (2015). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbimortalidad en Colombia, 2008-2012. *Biomédica*, 35 (spe), 177-190. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- Guzmán-Colis, G., Thalasso, F., Ramírez-López, E., Rodríguez-Narciso, S., Guerrero-Barrera, A., & Avelar-González, F. (2011). Evaluación espacio-temporal de la calidad del agua del río San Pedro en el Estado de Aguascalientes, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(2), 89–102.
- Hossain, M., & Patra, P. K. (2020). Water pollution index – A new integrated approach to rank water quality. *Ecological Indicators*, 117, 106668. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106668
- Li, P., & Wu, J. (2019). Drinking Water Quality and Public Health. *Exposure and Health*. doi:10.1007/s12403-019-00299-8
- Milovanovic, M. (2007). Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, Southeastern Europe. *Desalination*, 213(1-3), 159–173. doi: 10.1016/j.desal.2006.06.022
- Mukate, S., Wagh, V., Panaskar, D., Jacobs, J. A., & Sawant, A. (2019). Development of new integrated water quality index (IWQI) model to evaluate the drinking suitability of water. *Ecological Indicators*, 101, 348–354. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.01.034
- OMS. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda. In *Organización Mundial de la Salud (Vol. 4)*. <https://bitly.co/7FYT>

- OMS. (2011). Directrices para la calidad del agua potable. Cuarta edición. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Pal P. (2017.) Industrial water treatment process technology: Butterworth-Heinemann.
- Saalidong, B.M., Aram, S.A., Out, S., Lartey, P.O. (2022). Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. PLOS ONE 17(1): e0262117. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262117>
- Sánchez-Pérez, H., Vargas-Morales, M., & Méndez-Sánchez, J. (2000). Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. (Spanish). Salud Pública de México, 42(5), 397–406. <http://redalyc.org/articulo.oa?id=12023918006>
- Summers, K. (2020). Water Quality. Science, Assessments and Policy. United Kingdom.
- Scheili, A., Rodriguez, M.J. & Sadiqb, R. (2015). Seasonal and spatial variations of source and drinking water quality in small municipal systems of two Canadian regions. Sci Total Environ 508:514–524. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.069>
- Yang, H., Kong, J., Hu, H., Du, Y., Gao, M., Chen, F. (2022). A Review of Remote Sensing for Water Quality Retrieval: Progress and Challenges. Remote Sensing; 14(8):1770. <https://doi.org/10.3390/rs14081770>
- WhO Working Group (1986). Health impact of acidic deposition. Science of the Total Environment. 52(3):157–87
- World Economic Forum (2020). The Global Risks Report 2020. (5ta ed) https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf