

ARTÍCULO ORIGINAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE DE GRIFO Y ENVASADA
EN LA CIUDAD DE PILAR: ANÁLISIS COMPARATIVO DE PARÁMETROS
FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS SEGÚN NORMATIVAS
NACIONALES**

Diana Mercedes Romero de Benítez ¹

Recibido: 30/11/2023

Aprobado: 19/09/2024

¹Universidad Nacional de Pilar, Facultad de Ciencias Aplicadas, Licenciada en Ciencias Ambientales, Maestría en Gestión del Agua (Maestrando-UNP), Maestría en Metodología de la Investigación (Maestrando-UNADES), Semillero de Investigación HumaClub de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación-UNP (Auxiliar). Paraguay, <https://orcid.org/0009-0006-2341-4558>, diaromero0688@gmail.com

Evaluación de la Calidad del Agua Potable de Grifo y Envasada en la Ciudad de Pilar: Análisis Comparativo de Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos según Normativas Nacionales

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo analizar la calidad del agua potable de grifo en comparación con el agua envasada consumidas en la ciudad de Pilar, centrándose en sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos conforme a las normativas vigentes en el país. Durante el año 2023, se recolectaron muestras de agua en diversos barrios, abarcando aguas de grifo como aguas envasadas. Todas las muestras fueron sometidas a análisis laboratorial, abordando diversas características y parámetros del agua para respaldar la confianza en la calidad del agua consumida en la ciudad de Pilar. Los hallazgos obtenidos proporcionan una base para futuras decisiones relacionadas con la gestión y mejora de la calidad del agua en la región. Es crucial tener en cuenta que los resultados son específicos para el periodo y la ubicación de las muestras analizadas, ofreciendo así una visión precisa de la situación del suministro de agua en la ciudad.

Palabras clave: calidad del agua, agua de grifo, agua envasada, parámetros físicos, parámetros químicos, parámetros microbiológicos.

Y porângue yme'êhápeguare ha y ñembohyrupyre reko, táva Pilar-pegua, jehechajey:

Ñehesa'yjio jesarekóvo umi mbojojaha hechapy, sa'yjiojekoguáva ha tekovekuaaty'iguáva ndive, ha umi apoukapyeta agâgua ojeipurúva ñane retâme rehe.

Ñemombyky

Ko jetypeka oguereko ijehupytyvoirâite ramo pe y porângue yme'êhápeguare jehesa'yjio, oñembojojávo pe y ñembohyrupyre rehe, ko táva Pilar-pe oje'úvandi, ojesarekóvo umi mbojojaha hechapy, sa'yjiojekoguáva ha tekovekuaaty'iguáva ndive, umi apoukapyeta agâgua ojeipurúva ñane retâme rehe avei. Ary 2023 pukukue, oñemono'ô y tembiecharâita, opaite Pilar tava'ígui, ijapytepekuéra y yme'êhápegua ha y mbohyrupyre avei. Ko'â techapyrânguéra oñehesa'yjio tembiapoñehesa'yjiohápe ojehechakuaa haguâ umi y reko ambueita ha opaichagua hekochaukaha, ikatu haguâicha oñemombarete pe jerovia y oje'úva porâ reko rehe, umi yvypóra táva pilarguápe. Umi juhupyre ojejukeróva omopyenda umi mba'e ojejapóva'erâ ára upeiguápe, oñembojoapývo tembiaporape opáichagua y porâ reko rekávo ha oñemombaretévo ko'â tembiapo ko yvyvorépe. Tekotevé ojehechakuaa umi tembiecharâ ñemono'ôpyre ha oñehesa'yjiojova'ekue ha'eha upe tendápe guarénte ha upe arypeguarénteha avei, oikuaaukávo peteî kuaaukapy ha'ehaichaite pe y reko táva Pilar-pe

Ñe'êita karaku: y porângue; y yme'êhápeguare; y ñembohyrupyre, mbojojaha hechapy, sa'yjiojekoguáva ha tekovekuaaty'iguáva.

Evaluation of the Quality of Tap and Bottled Drinking Water in the City of Pilar: Comparative Analysis of Physical, Chemical and Microbiological Parameters according to National Regulations

Abstract

This research aims to analyze the quality of tap water compared to bottled water consumed in the city of Pilar, focusing on their physical, chemical, and microbiological parameters in compliance with current national regulations. During 2023, water samples were collected from various neighborhoods, including both tap and bottled water. All samples underwent laboratory analysis, addressing various characteristics and parameters to support confidence in the quality of water consumed in Pilar. The findings provide a foundation for future decisions regarding the management and improvement of water quality in the region. It is crucial to note that the results are specific to the period and location of the analyzed samples, offering an accurate perspective on the water supply situation in the city.

Keywords: water quality, tap water, bottled water, physical, chemical, and microbiological characteristics.

Introducción

El agua es una molécula formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por enlaces covalentes que hacen que la molécula sea muy estable (Carbajal y González, 2012, pp. 66-67).

Según Mancheno y Ramos (2015), el agua es un recurso natural renovable esencial para la vida, utilizado como disolvente para el transporte, combinación y descomposición química de diferentes sustancias, y es la única que, en condiciones normales, se encuentra en los tres estados de la materia (p. 4).

Desde el punto de vista de Raffino, (2019), El agua es indispensable para la vida como la conocemos, y en su interior tuvieron lugar las primeras formas de vida del mundo. También ha ocupado un lugar central en el imaginario de las civilizaciones humanas, por lo general atribuida a alguna deidad o como el mítico diluvio con que los dioses arrasan a las culturas descarriadas. (p.1).

“Tradicionalmente, la calidad de las aguas se determina mediante parámetros de tipo físico, químicos mediante la toma de muestras periódicas para su análisis, obteniendo datos inmediatos” (Oscoz, J; Galicia, D; Miranda, R. 2009), citado por (Alonso, 2013, p.8).

El control de la calidad del agua es muy importante ya que la misma podría convertirse en un agente transmisor de enfermedades por contaminación (Severiche, Acevedo, & Jaimes, 2015), citado por (Carvajal y Olives, 2019, p.14).

En la actualidad la variación de la calidad de agua se debe a la incorporación de ciertos elementos solubles en ella, y es más riesgosa si estos elementos entran en contacto directo con diversas fuentes de agua, provocando afectaciones en la salud. Existen diversas implicaciones al consumir agua contaminada (OPS 1999), citado por (Cherres, 2020, pp.20-21).

Los parámetros físicos del agua se clasifican en:

Temperatura

La temperatura en el agua se ve afectada por la radiación solar y por el cambio de estaciones presente en las zonas templadas, en lo general en los ecosistemas de montaña alta, el agua siempre permanece fría y empieza a incrementar su temperatura entre más cerca este al nivel del mar (Roldan, 2003), citado por (Sánchez, 2019, p.25).

Color

El color en el agua potable por lo general es indicador de que existe la presencia de sustancias disueltas de las más comunes están en pequeñas fracciones los minerales (hierro y

manganeso), o por la presencia de algún tipo de sustancias de origen orgánico, (partículas en suspensión).

Olor y Sabor

La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero sí puede indicar la existencia de una elevada actividad biológica. Por ello, en el caso del agua potable, no debería apreciarse olor alguno, no sólo en el momento de tomar la muestra sino a posteriori (10 días en recipiente cerrado y a 20°C) (Martínez, 2014, p.6).

Turbidez

Como lo hace notar DIGESA (2005), citado por Hurtado y Baron (2017), en su trabajo de investigación nos dicen que la turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades. La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado. Esto se llama turbidez. La turbidez se puede medir mediante diversas técnicas, esto demuestra la resistencia a la transmisión de la luz en el agua. (p.21).

Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad es una medida de la actividad eléctrica de los iones en una disolución. Se expresa en unidades de microsiemen por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y se mide con un conductímetro (APHA, AWWA, & WPCF, 1995), citado por (Rojas, 2018, p.13). A su vez Quispe (2016), expresa que:

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, varía en función de la temperatura y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua; por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con los sólidos disueltos totales, (TDS) (Helmer,1999), citado por (Quispe, 2016, p.6).

Sólidos disueltos

Como afirma Tisalema (2019), los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Los SDT presentes en el agua de consumo proceden de fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales (pp.31-32).

Algunos de los parámetros químicos del agua se clasifican en:

Cloro Residual

Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito (Modelo de Saneamiento Básico Integral, 2018). El cloro libre es un potente agente oxidante y se ha usado ampliamente como desinfectante en procesos que incluyen el tratamiento del agua. La presencia de cloro libre residual es esencial para la prevención del rebrote microbiano en los sistemas de distribución de agua. Sin embargo, los niveles considerados elevados de cloro libre pueden causar efectos adversos a la salud (Zheng M. 2015).

Nitratos/nitritos

La concentración de Nitratos en el agua, se debe a la acumulación excesiva fertilizantes nitrogenados, incluyendo el Amoníaco. Son antimicrobianos y controlan el crecimiento de bacterias ácido-butíricas, formadoras de gas Nitrato de Amonio, para uso minero.

Por su parte Espinoza y Chávez (2021), expresan que los nitratos están presentes naturalmente en suelos, agua, vegetales y animales. Los niveles en suelos cultivados y en agua se ven incrementados por el uso de fertilizantes nitrogenados. Son iones que existen de manera natural y que forma parte del ciclo del nitrógeno (Marcelo, 2013), citado por (Espinoza y Chávez, 2021, pp.18-19).

Los parámetros microbiológicos del agua se clasifican en:

Coliformes totales.

Según Quispe (2017), citado por Sempértegui (2021), estos microorganismos son bacilos Gram negativos que pueden crecer en presencia de agentes tensioactivos o sales biliares. Son capaces de fermentar lactosa, produciendo gas y ácido en un periodo de 24 a 48 horas, y pertenecen principalmente a los géneros comunes Klebsiella, Enterobacter y Escherichia (p. 7).

Escherichia coli

Es un microorganismo que tiene forma de bastón de 1,5 por 4 μ , la mayor cantidad de especies son movedizas, su siembra para una ligera identificación de las cepas lactosa positivas se ejecuta en medios diferenciales para el aislamiento (Allaert y Escolá, 2002), citado por (Sempértegui, 2021, p.8).

Según (Canepa, 2004), citado por (Helen, 2018, p.56), define como agua potable aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos nacionales sobre calidad del agua para consumo humano y que básicamente atiende a los siguientes requisitos:

- Libre de microorganismos que causan enfermedades.
- Libre de compuestos nocivos a la salud.

- Aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables.
- Sin compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

El agua envasada, corresponde al agua potable embotellada. Es considerada por la mayoría de instituciones gubernamentales como un alimento empacado, es definida como aquella apta para consumo humano, contenida en recipientes apropiados, aprobados por las autoridades competentes y con cierre hermético inviolable, el cual deberá permanecer en tal condición hasta que llegue a manos del consumidor final, o como agua que se piense para el consumo humano y que se selle en botellas u otros envases sin los ingredientes agregados a menos que ésta pueda contener agentes antimicrobianos seguros y convenientes. (Ramos & Landino Solito, 2011), citado por (Arango y Yangali, 2018, p. 29).

Objetivos

Objetivo general

Analizar la calidad del agua potable, en comparación al agua envasada, en sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos en relación a las normativas vigentes en el país.

Objetivos específicos

Determinar las características del agua potable y del agua envasada en sus parámetros físicos.

Describir las características del agua potable y del agua envasada en sus parámetros químicos.

Identificar las características del agua potable y del agua envasada en sus parámetros microbiológicos.

Metodología

Las muestras de agua de grifo como de agua envasada fueron enviadas al Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada (LEBA), dependiente de la Universidad Nacional de Pilar, para el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de las muestras colectadas.

Para la toma de muestras de agua para su posterior análisis en el laboratorio de Ecología Básica y Aplicada (LEBA), se aplicaron medidas de bioseguridad como el uso de guantes estériles, tapabocas y cofias. Se emplearon recipientes de dos litros previamente lavados con la misma agua varias veces para evitar la contaminación de la muestra. Se recolectaron dos litros de agua por domicilio, los cuales fueron tapados y almacenados en recipientes etiquetados y dos litros de agua envasada por comercio y colocados en contenedores con hielo para su transporte al laboratorio para posterior análisis.

El diseño de investigación fue el no experimental, puesto que no se manipula de alguna forma las variables de agua y normativas, solo se observa en una situación existente en relación

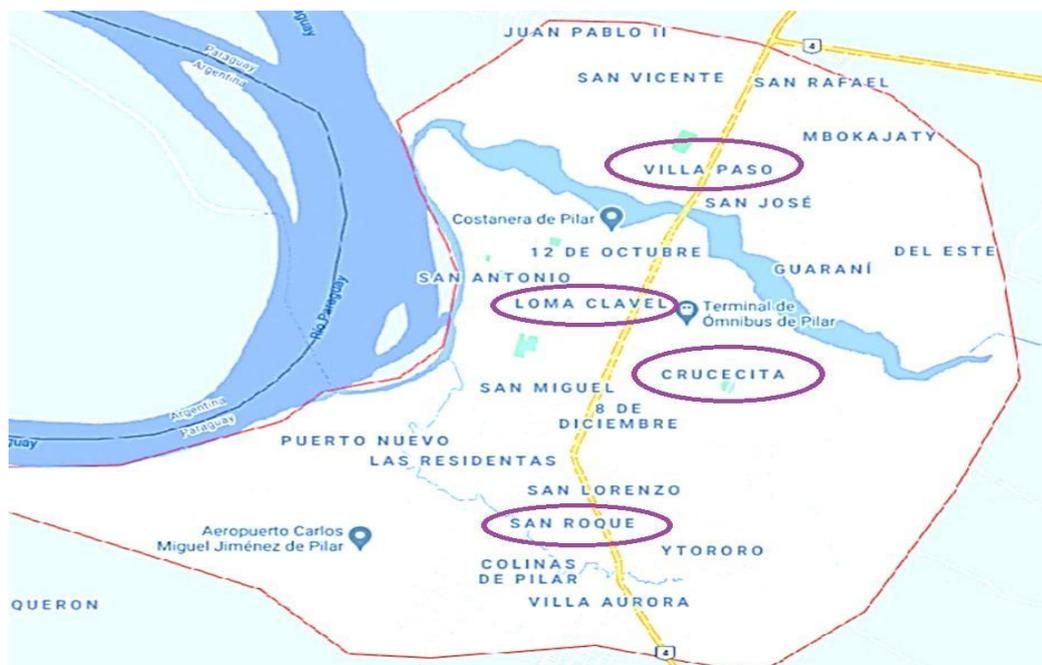
con el nivel de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y se cotejó con las normativas.

La investigación fue del tipo descriptivo, comparativo y de corte transversal: es descriptivo y comparativo, porque se cotejó y analizó la calidad del agua potable y el agua envasada según los niveles de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos y se comparó con las normativas, si se encuentran dentro de los límites establecidos. Se utilizó el método cuantitativo, puesto que se analizó la calidad del agua potable y el agua envasada de la ciudad de Pilar, según los parámetros establecidos y los resultados de análisis laboratoriales.

La población de la investigación estuvo conformada por una muestra de dos litros de agua de los barrios y comercios seleccionados de la ciudad de Pilar.

Figura 1.

Distribución de los puntos de muestreo



Resultados y Discusión

Para el Análisis de los resultados de laboratorio de las aguas recolectadas como muestra, se utilizó como nomenclatura lo que sigue a continuación:

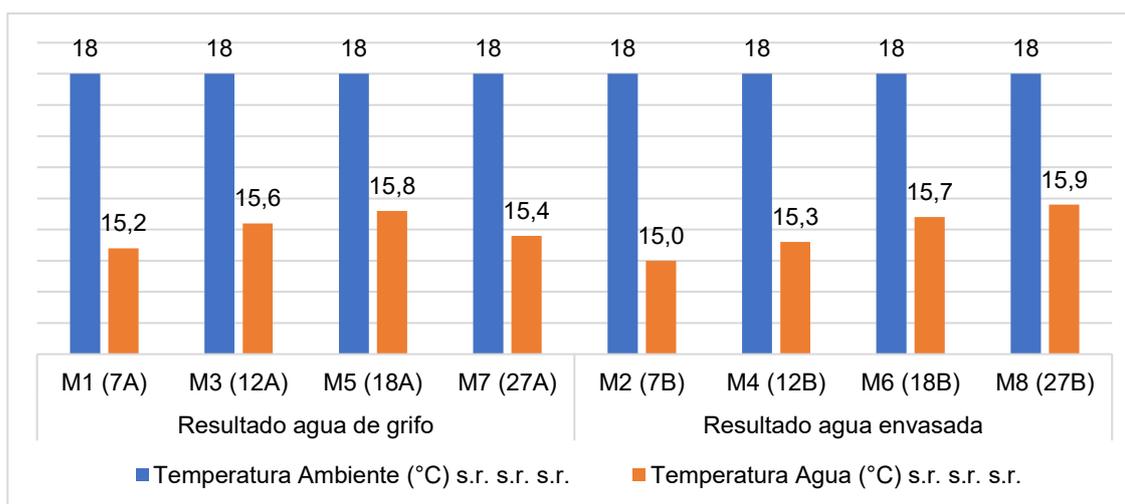
Tabla 1

Nomenclatura de las muestras de agua de grifo y agua envasada

Código Laboratorio	Código DRR	Lugar	Origen
Muestra N° 1	7A	Villa Paso	Grifo
Muestra N° 2	7B	Villa Paso	Envasada
Muestra N° 3	12A	Crucecita	Grifo
Muestra N° 4	12B	Crucecita	Envasada
Muestra N° 5	18A	San Roque	Grifo
Muestra N° 6	18B	San Roque	Envasada
Muestra N° 7	27A	Loma Clavel	Grifo
Muestra N° 8	27B	Loma Clavel	Envasada

Gráfico 1.

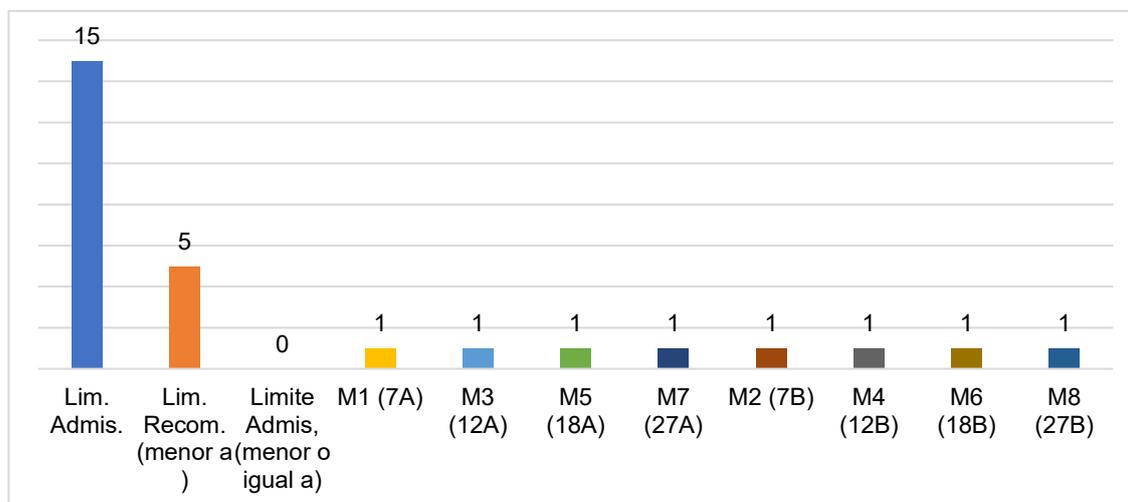
Resultado de la Temperatura de agua de Grifo y agua envasada



Los resultados de la calidad del agua en términos de temperatura ambiente del agua, se observa que (M1, M3, M5, M7, M2, M4, M6, M8) es de 18 °C, esto indica que la temperatura ambiente se mantuvo constante durante el análisis.

Gráfico 2.

Resultado del parámetro Color de las muestras de agua de grifo y agua envasada



El parámetro de color del agua se mide en Unidades de Color Verdadero (UCV), según las regulaciones, el límite de admisibilidad es de 15 UCV y se recomienda que el valor sea menor a 5 UCV. En los resultados obtenidos, se observa que todos los valores de color del agua para las diferentes muestras (M1, M3, M5, M7, M2, M4, M6, M8) son de 1 UCV, estos resultados cumplen con ambos límites establecidos por las regulaciones.

Tabla 2

Resultado del parámetro Sabor y olor del agua de grifo y agua envasada

PARÁMETRO	Laboratorio Np 2400180			Resultado agua de grifo				Resultado agua envasada			
	Lim. Admis.	Lim. Recom. (menor a)	Limite Admis. (menor o igual a)	M1 (7A)	M3 (12A)	M5 (18A)	M7 (27A)	M2 (7B)	M4 (12B)	M6 (18B)	M8 (27B)
Sabor y olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable

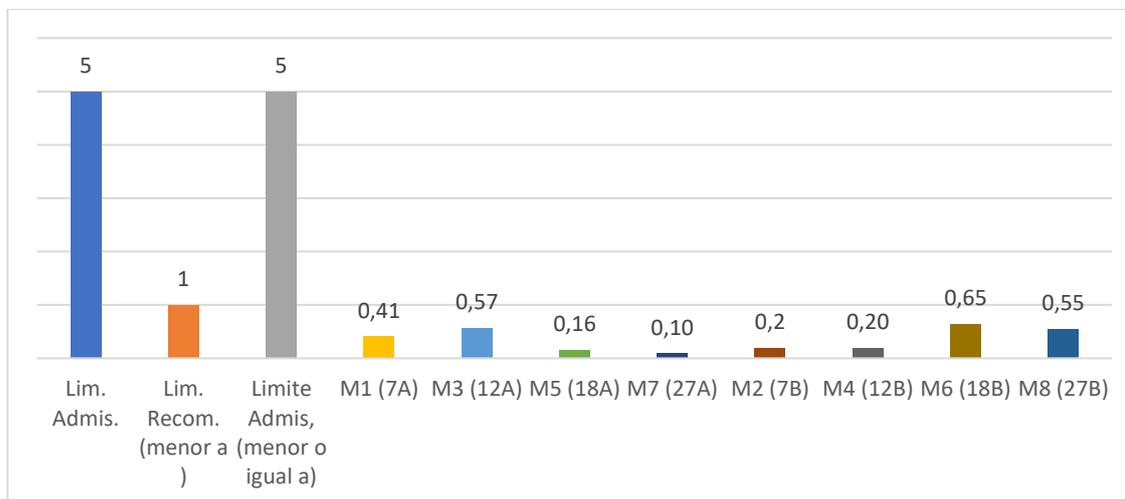
Según la tabla 2, se establece que el sabor y olor del agua deben ser aceptables según las regulaciones. No se proporcionan límites específicos en términos numéricos, sino que se indica que el resultado debe ser "Aceptable" en todos los casos.

Al analizar los resultados obtenidos, se observa que, tanto para el agua de grifo como para el agua envasada, en todos los momentos de medición (M1, M3, M5, M7, M2, M4, M6,

M8), se clasifica como "Aceptable". Esto indica que, de acuerdo con las regulaciones, el sabor y olor del agua se encuentran dentro de los estándares aceptables.

Gráfico 3

Resultado del parámetro Turbiedad del agua de grifo y agua envasada



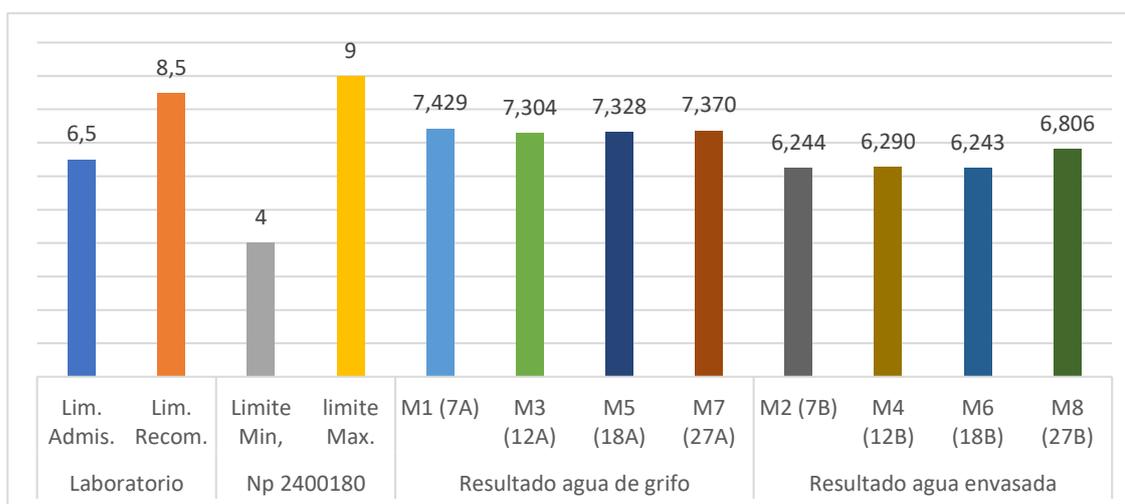
De acuerdo con el gráfico 3, el límite admisible de turbiedad es de 5 UTN, mientras que el límite recomendado es de 1 UTN (inferior a 1).

Al analizar los resultados obtenidos para el agua de grifo y el agua envasada en diferentes muestras (M1, M3, M5, M7, M2, M4, M6, M8), se observa lo siguiente:

El valor mínimo registrado de turbiedad es 0,1 UTN, mientras que el máximo es de 0,65 UTN. Esto indica que en todos los casos los valores se encuentran por debajo del límite recomendado de 1 UTN, lo cual es positivo.

Gráfico 4.

Resultado de pH de agua de grifo y agua envasada



Según el gráfico 4, se establece que el rango admisible de pH va de 6,5 a 8,5, según la normativa del laboratorio LEBA, pero para la normativa NP 2400180 el valor mínimo de pH es 4 y el valor máximo es de 9, según el gráfico 4 se observa lo siguiente:

Los resultados obtenidos para el pH en todas las muestras pueden interpretarse de la siguiente manera, en relación al agua de grifo (M1, M3, M5, M7) los resultados indican que el agua es alcalina, por otro lado, los resultados que corresponden al agua envasada (M2, M4, M6, M8) indican que es acida. Cabe mencionar que todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los límites establecidos según las normativas del Laboratorio de Ecología Básica y Aplicada y la Np 2400180.

Tabla 3

Resultado del parámetro % de salinidad

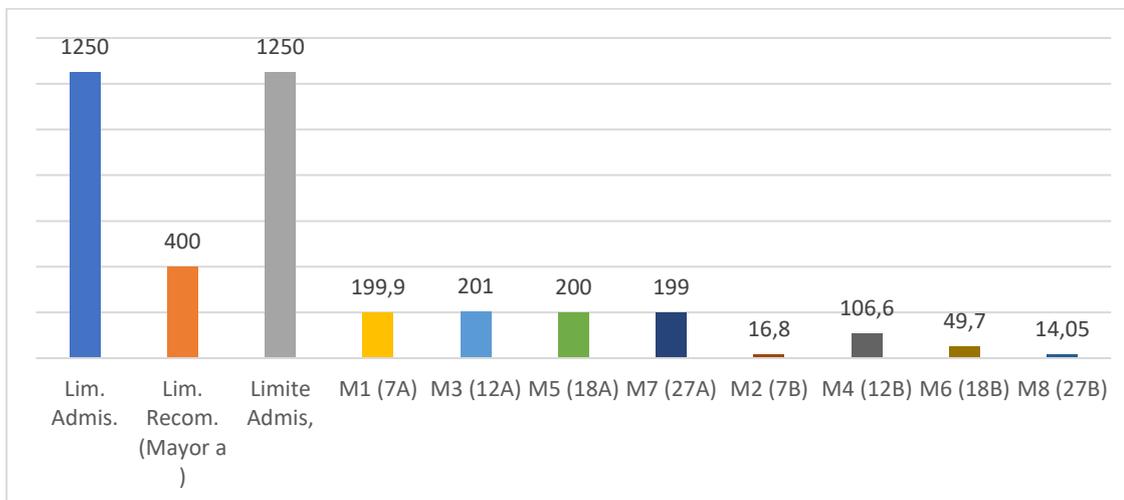
PARÁMETRO	Laboratorio		Np 2400180	Resultado agua de grifo				Resultado agua envasada			
	Lim. Admis.	Lim. Recom.	Limite Admis.	M1 (7A)	M3 (12A)	M5 (18A)	M7 (27A)	M2 (7B)	M4 (12B)	M6 (18B)	M8 (27B)
Salinidad %	0,5	0	s.r.	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,00

Según la tabla 3, se establece que el límite admisible para la salinidad es de 0,5% y el límite recomendado es de cero (0).

Los valores registrados para la salinidad del agua de grifo y el agua envasada son todos iguales a cero en todas las mediciones. Esto indica que la salinidad del agua es nula y se encuentra dentro de los límites establecidos por las regulaciones.

Gráfico 5.

Resultado de Conductividad de agua de grifo y agua envasada

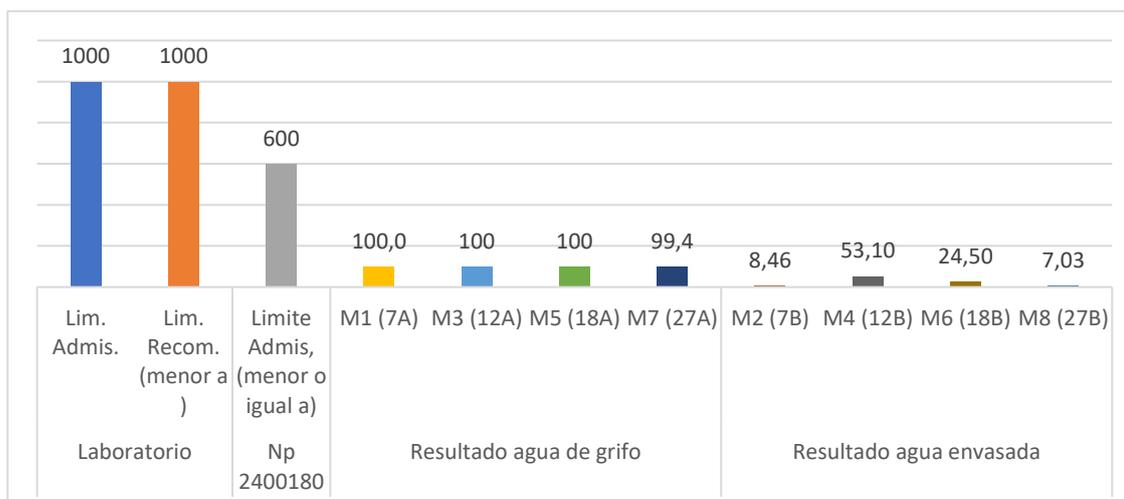


Se establece que el límite admisible para la conductividad es de 1250 $\mu\text{s}/\text{cm}$, mientras que el límite recomendado es mayor a 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Los resultados obtenidos para el agua de grifo y el agua envasada en diferentes muestras (M1, M3, M5, M7, M2, M4, M6, M8), se observa lo siguiente:

Los valores registrados para la conductividad del agua de grifo y el agua envasada se encuentran por debajo del límite admisible establecido de 1250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en todas las mediciones de ambas normativas, pero muy por debajo al límite recomendado por el laboratorio que indica debe ser mayor a 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$, todos los valores obtenidos están por debajo de dicho valor.

Gráfico 6.

Resultado del parámetro Solidos Totales Disueltos

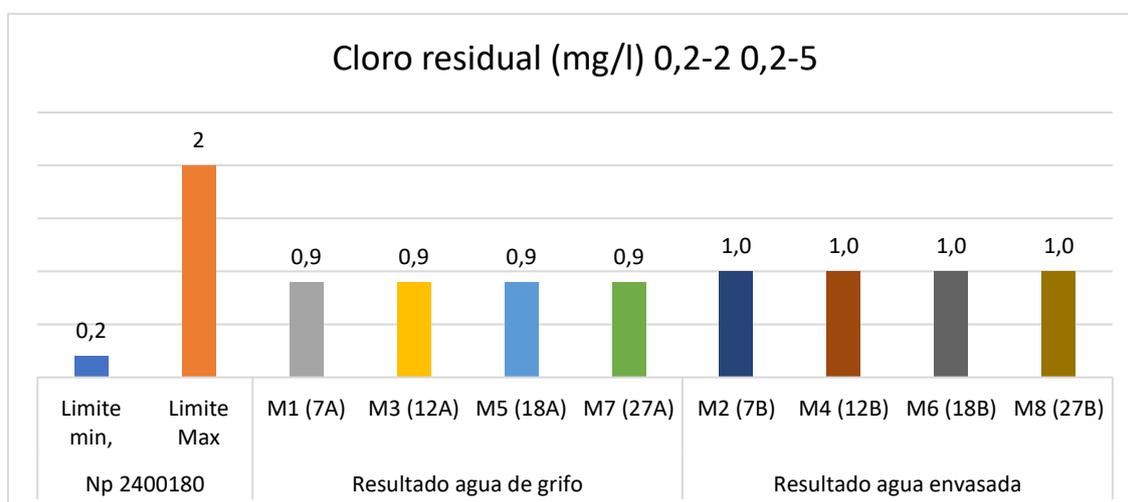


Se establece que el límite admisible y recomendado para los sólidos totales disueltos es de 1000 mg/l según las reglas del laboratorio de Ecología Básica y Aplicada, según la NP2400180 se indica que el límite admisible es menor o igual a 600 mg/l.

Según los resultados se observa que: los resultados indican que tanto el agua de grifo como el agua envasada cumplen con los límites establecidos para los sólidos totales disueltos, con la mayoría de los valores cercanos a 100 mg/l. Sin embargo, algunos valores del agua envasada se encuentran en el límite inferior, lo cual puede sugerir una menor concentración de sólidos disueltos en comparación con el agua de grifo. Esto puede ser beneficioso en términos de calidad del agua, ya que niveles más bajos de sólidos totales disueltos pueden indicar una menor presencia de impurezas.

Gráfico 7

Resultado de Cloro residual de agua de grifo y agua envasada

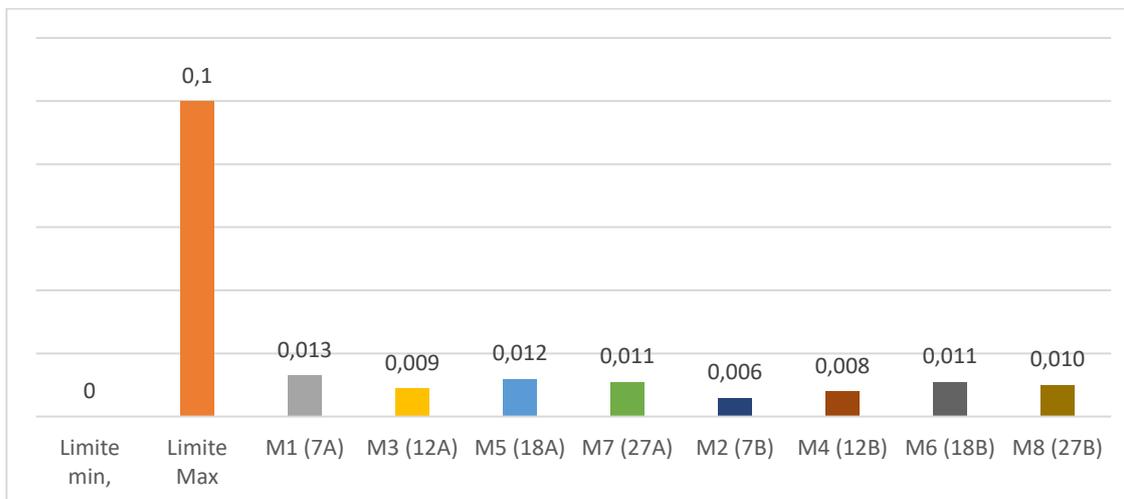


Se establece que el límite admisible para el cloro residual es de 0,2 a 2 mg/l, mientras que el límite recomendado es de 0,2 a 5 mg/l según el laboratorio de Ecología Básica y Aplicada. Además, según la NP 2400180 se indica que el límite mínimo es de 0,2 mg/l y el límite máximo es de 2 mg/l.

En términos de impacto potencial, los resultados muestran que tanto el agua de grifo como el agua envasada cumplen con los límites establecidos para el cloro residual. Los valores registrados se encuentran dentro del rango recomendado de 0,2 a 2 mg/l, lo cual indica que se está utilizando una cantidad adecuada de cloro para la desinfección del agua.

Gráfico 8

Resultado del parámetro Nitrito de agua de grifo y agua envasada

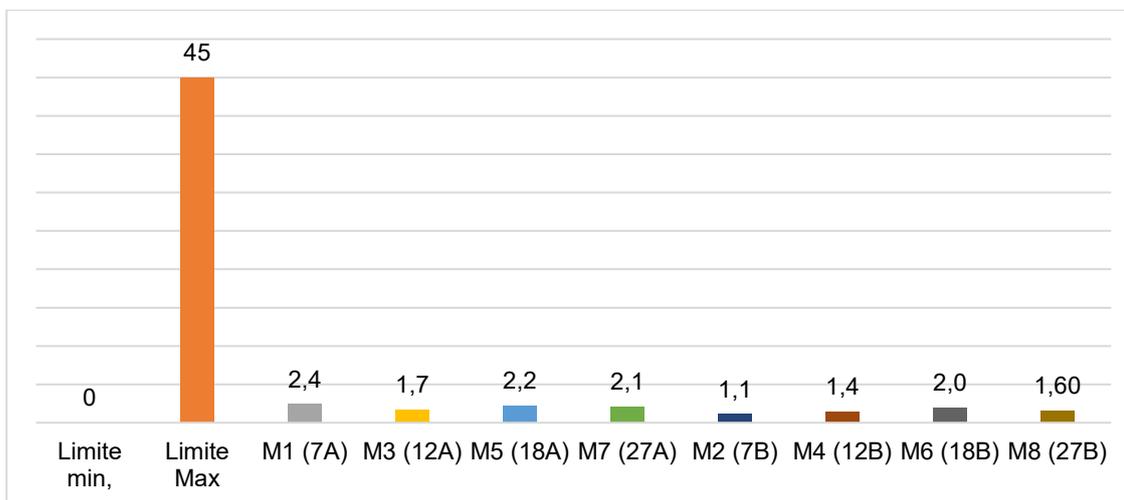


Los límites de admisión para el nitrito son de 0 mg/l (sin presencia) y el límite recomendado es menor a 0,1 mg/l según la normativa NP2400180.

Los resultados indican que los niveles de nitrito en el agua de grifo y el agua envasada se encuentran dentro del límite máximo que es de 0,1 mg/l, lo que sugiere una buena calidad en términos de nitrito para ambos tipos de agua.

Gráfico 9

Resultado del parámetro Nitrato de agua de grifo y agua envasada



Se establece que el límite mínimo es de 0 mg/l y 45 mg/l como máximo según la NP2400180.

Los resultados muestran que los niveles de nitrato en el agua de grifo y el agua envasada varían en un rango significativo. Los valores registrados están dentro de los límites admisibles establecidos de 0 mg/l a 45 mg/l. Sin embargo, es importante monitorear y

mantener los niveles de nitrato dentro de los límites recomendados, ya que altas concentraciones de nitrato en el agua pueden tener implicaciones para la salud humana.

Coliformes Totales (UFC/100ml) y Coliformes Escherichia Coli (UFC/100ml)

Tabla 4

Resultados de Coliformes Totales y Coliformes Escherichia Coli

PARÁMETRO	Laboratorio	Laboratorio - Resolución 222/02				Np 2400180	Resultado agua de grifo				Resultado agua envasada			
	Limite Admisible	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Limite Max	M1 (7A)	M3 (12A)	M5 (18A)	M7 (27A)	M2 (7B)	M4 (12B)	M6 (18B)	M8 (27B)
Coliformes Totales (UFC/100ml)	3	200	1000	4000	≤4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes Escherichia Coli (UFC/100ml)	0	200	1000	4000	≤4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Todos los resultados registrados para los coliformes totales y E. Coli en el agua de grifo y el agua envasada son iguales a 0 UFC/100ml. Esto indica que no se detectó la presencia de coliformes totales ni E. Coli en las muestras analizadas.

Desde el punto de vista de la salud humana, la ausencia de coliformes totales y E. coli en el agua es un indicador positivo. Estas bacterias son utilizadas como indicadores de la calidad microbiológica del agua, especialmente en relación con la posible contaminación fecal. Su presencia en niveles altos puede indicar la existencia de contaminación fecal y la posible presencia de otros microorganismos patógenos asociados, que podrían causar enfermedades gastrointestinales. Por lo tanto, si los resultados de coliformes totales y E. coli son altos, esto podría indicar un riesgo potencial para la salud humana.

En cuanto al medio ambiente, la presencia de altos niveles de coliformes totales y E. coli en el agua puede indicar contaminación fecal proveniente de fuentes como aguas residuales no tratadas, desechos animales o contaminación agrícola. Esta contaminación puede tener efectos negativos en los ecosistemas acuáticos y terrestres, así como en la calidad del agua en general. La contaminación fecal puede afectar la vida acuática, la calidad del suelo y los recursos hídricos, lo que resulta en un impacto negativo en la biodiversidad y en la calidad.

Conclusión

De conformidad con lo expuesto, el agua de grifo y el agua envasada muestran que ambas opciones son seguras y cumplen con los estándares establecidos en la mayoría de los parámetros evaluados. Sin embargo, el agua envasada presenta algunas ventajas, como una menor concentración de sólidos totales disueltos y valores ligeramente inferiores en promedio para el nitrato. Estos resultados sugieren que el agua envasada podría ofrecer una mayor pureza en términos de impurezas y compuestos inorgánicos. No obstante, es fundamental tener en cuenta que estos resultados se basan en las muestras analizadas y podrían variar en diferentes ubicaciones o momentos. De esta forma se acepta la hipótesis de investigación.

Referencias

- Acosta, C., (2015). “*Determinación de la calidad del agua del río San Sebastián y su impacto en la salud y calidad de vida de los habitantes del caserío San Sebastián, Municipio de Santa Rosa de Lima, Departamento de la Unión*”. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Recuperado de:
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/8281/1/13101589.pdf>
- Alcora. (2016). *Agua apta para consumo humano*. <https://alcora.es/blog/agua-apta-consumo-humano/>
- Alonso, J. (2013). “*Evaluación de calidad de las aguas del arroyo Aguapey (Paraguay) mediante el empleo de macro invertebrados como Bioindicadores*”. Universidad Nacional de Itapúa. Escuela de Posgrado. Recuperado de:
<https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/TES-BN-025.pdf>
- Alonso, J., (2018). *Índice milimétrico basado en macroinvertebrados acuáticos para evaluar la calidad de las aguas en arroyos del Sur del Departamento de Itapúa*. Universidad Nacional de Itapúa. Recuperado de:
https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Alonso%2C_J_TESIS_Dr_Gestion_Ambiental_2018.pdf
- Cajas, M., (2019). *Determinación del índice de calidad del agua del manantial del Centro Poblado de Cochatama – Huannuco – 2019*. Universidad de Huánuco. Facultad de Ingeniería. Recuperado de:
<http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2344/CAJAS%20CONDEZO%2C%20Miguel%20Ángel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calva, N., (2013). “*La conminación del río Zamora y su influencia en la salud de los habitantes de Sauces Norte*”. Universidad Nacional de Loja. Recuperado de:

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17965/1/TESIS%20FINAL.docx2.pdf>

- Caminati, A., y Caqui, R., (2013). *Análisis y diseño de un sistema de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura*. Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1738/ING_526.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carvajal, J., y Olives, M., (2019). *Determinación de puntos de muestreo para el estudio de la calidad de agua de la Acequia Pumamaqui*. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17425/1/UPS%20-%20ST004111.pdf>
- Cherres, A., (2020). *Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua potable procedente de fuentes superficial – Tumbes -2019*. Universidad Nacional de Tumbes. Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado de: <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/2050/TESIS%20-%20CHERRES%20SEMINARIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Galarza, G., (2019). “*Calidad de agua del Río Rímac Chicla, Provincia de Huarochiri, Departamento de Lima*”. Universidad Nacional Federico Villarreal. Recuperado de: <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/3607/MAYCA%20ZEGARRA%20GIAN-CARLOS%20GUILLERMO%20-%20TITULO%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garces, A., (2005). *Gestión de recursos hídricos en Chile: proposición de un modelo de gestión integrada para la Cuenca Maipo Mapocho*. Universidad de Chile. Vicerrectoría de Asuntos Académicos Departamento de Postgrado y Postítulo Programa Interfacultades. Recuperado de: <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Garcés,%20Juan%20Antonio.pdf>
- Gómez, J. (2015). *Calidad de agua. Escuela Superior Politécnica del Litoral*. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201%2C2%2C3.pdf>
- Helen, A., (2018). “*Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, Provincia y Región Pasco - 2018*”. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Facultad de Ingeniería. Recuperado de: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/428/1/T026_70776177_T.pdf

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M., (2010). *Metodología de la investigación*. 5ta Edición. México: Editorial Mcgraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. ISBN: 978-607-15-0291-9
- Hurtado, J., y Baron, K., (2017). *Propuesta de tratamiento fisico-mecánico de las aguas subterráneas con problemas de dureza del Parque Residencial Puertas del Sol Distrito de la Victoria – Lambayeque*. Universidad de Lambayeque. Facultad de Ciencias de Ingeniería. Recuperado de:
<https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/114/3/TESIS%20.pdf>
- INTN. (2016). *Norma Paraguaya NP 2400180*. Agua potable, requisitos generales
- Jaime, E., y Sanabria, L., (2017). “*Evaluación de la calidad del agua para la determinación del tratamiento requerido para la potabilización en el condominio campestre las Heliconias, corregimiento Villa San Andrés Municipio de Aguachica, Cesar*”. Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. Recuperado de:
<http://repositorio.ufpso.edu.co/bitstream/123456789/1672/1/30052.pdf>
- Loayza, J., y Cano, P., (2015). “*Impacto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua de la subcuenca del río Shullcas – Huancayo - Junín*”. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3507/Loayza%20Quispe%20-%20Cano%20Rojas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mancheno, G., y Ramos, C., (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la Quebrada Huarmiyacu del Cantón Urcuqui, Provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuqui*. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería y Ambiental. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9219/3/CD-6112.pdf>
- Martínez, F. (2014). *Análisis de Agua*. Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de:
https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- Martínez, J., (2017). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano del distrito de Saman, Provincia de Azangaro-Puno*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Biológicas. Recuperado de:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6585/Martinez_Olivares_Jose_Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mejía, J., (2020). *Evaluación de calidad de agua cruda proveniente de fuentes subterráneas previo a su distribución para uso doméstico del Barrio San Luis de la Parroquia Lloa*. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21135/1/CD%2010651.pdf>

- Meza, M., (2020). *Evaluación de la calidad del agua potable en el Municipio de Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Centro de Investigación en Genética y Ambiente. Recuperado de: <https://cigya.uatx.mx/Tesis/2017MMM.pdf>
- Minaya, R. (2017). *Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la Laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Recuperado de: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1
- Panta, K., (2021). *Evaluación de la calidad del agua potable mediante las características físico químicas y microbiológicas desde abril a junio del 2021*. Universidad Agraria del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado de: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PANTA%20COELLO%20KLEBER%20AARO N.pdf>
- Quispe, J., (2016). *Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de riego de la estación experimental de Cota Cota*. Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Agronomía. Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6781/T-2215.pdf?sequence=1>
- Raffino, M. (2019). *Agua*. Recuperado de: <https://concepto.de/agua/>
- Sánchez, C., (2019). *Análisis espacio temporal de los parámetros físicoquímicos de la quebrada las Delicias, cerros orientales de Bogotá*. Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Ingeniería. Recuperado de: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/15060/1/2019-analisis_fisicoquimico_quebrada.pdf
- Sánchez, J., (2018). *Calidad de aguas residuales de los principales colectores, para identificar los problemas que causan a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la empresa prestadora de servicios de saneamiento E.P.S Sedacusco S.A.* Universidad a las Peruanas. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Recuperado de: https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/2973/Tesis_Calidad_Aguas_Coletores.pdf?sequence=1
- Sempértegui, R., (2021). *Calidad microbiológica del agua para consumo humano en la comunidad de Colpa Tuapampa, Chota*. Universidad Nacional Autónoma de Chota. Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado de:

<http://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/UNACH/184/1/Roxana%20Sempertegui%20Rafael.pdf>

Tiburcio, R., (2019). “*Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en el cuerpo Marino Receptor de la Caleta Puerto Rico – Sechura- Piura 2019*”. Universidad Nacional de Piura. Facultad de Ingeniería Pesquera. Recuperado de:

<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2282/PES-TIB-GUE-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tisalema, A., (2019). “*Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de las aguas de la Laguna de Lagos de la zona Central del Ecuador*”. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencias de la Salud. Recuperado de:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30324/1/Angel%20Tisalema%20-%20Laguna%20de%20Langos%20-%20Tesis%20Final.pdf>

Vicuña, F., (2019). *Evaluación de la calidad del agua potable del sistema de abastecimiento y el grado de satisfacción en la población de Olleros-Huaraz, periodo 2015-2016*. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”. Recuperado de:

http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2900/T033_17937577M.pdf?sequence=1&isAllowed=y