

ANÁLISIS DE AGUAS DE USO DOMÉSTICO EN VIVIENDAS EMERGENTES DE CARABAYLLO LIMA NORTE Y SU IMPLICANCIA EN LA SALUD PÚBLICA.

Dayana Pineda Arce^a, Cinthia Vasquez Urbina^a, Mario Pineda Perez^{a*}

RESUMEN

El agua es esencial para la vida humana, biológica y socialmente, al constituir gran parte del cuerpo humano y facilitar procesos vitales como la digestión, circulación y excreción, además de ser clave en la agricultura y actividades domésticas como higiene, cocina y saneamiento. En Lima, particularmente en distritos como Carabayllo con alta migración andina y servicios básicos limitados, su calidad varía por factores socioeconómicos y ambientales, regulada por normativas peruanas como el DS N° 031-2010-SA de DIGESA, que establece límites para parámetros físicos, químicos y microbiológicos, alineándose con el derecho humano al agua reconocido por la ONU en 2010, las guías de la OMS y al los Objetivos de Desarrollo sostenible (ODS).

El estudio analizó 20 muestras de agua mediante ensayos físicos (pH, sólidos totales, conductividad, densidad), químicos (calcio/magnesio, nitratos, sulfatos, cloro residual), microbiológicos (coliformes totales/fecales, *E. coli*) y organolépticos (sabor, color, olor) en laboratorios acreditados como Bless-Perú y la Universidad Científica del Sur.

Todos los parámetros cumplieron los límites máximos permisibles: pH neutro-alkalino (7.74), sólidos totales moderados (686 mg/L), conductividad aceptable (1077 μ S/cm), dureza blanda óptima (103.79 mg/L CaCO_3), nitratos bajos (11.04 mg/L), sulfatos seguros (148.90 mg/L), cloro residual adecuado (0.70 mg/L) y ausencia total de coliformes y *E. coli* (<1 UFC/100 mL), contrastando con estudios previos en Perú y Ecuador que reportan contaminaciones microbiológicas y riesgos sanitarios como diarreas o gastroenteritis.

Estos hallazgos confirman la aptitud del agua para consumo humano, previniendo enfermedades hídricas en poblaciones vulnerables y apoyando los ODS 3* y 6 aunque se recomienda monitoreo continuo, educación comunitaria y mejoras en infraestructura para sostener estos estándares en zonas emergentes de Lima Norte.

Palabras clave: Análisis de agua; Carabayllo; Población vulnerable; Salud pública.

^a Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Farmacia y Bioquímica Universidad Científica del Sur. Antigua Panamericana Sur Km 19 Villa el Salvador - Lima – Perú. 100069583@cientifica.edu.pe

ANALYSIS OF DOMESTIC WATER USE IN EMERGING HOUSING AREAS OF CARABAYLLO, NORTH LIMA, AND ITS IMPLICATIONS FOR PUBLIC HEALTH

ABSTRACT

Water is essential for human life, both biologically and socially, as it constitutes a large part of the human body and facilitates vital processes such as digestion, circulation, and excretion. It is also key for agriculture and domestic activities such as hygiene, cooking, and sanitation. In Lima, particularly in districts like Carabayllo with high Andean migration and limited basic services, water quality varies due to socioeconomic and environmental factors. It is regulated by Peruvian regulations such as DIGESA's Supreme Decree No. 031-2010-SA, which establishes limits for physical, chemical, and microbiological parameters, aligning with the human right to water recognized by the UN in 2010, WHO guidelines, and the Sustainable Development Goals (SDGs).

The study analyzed 20 water samples using physical (pH, total solids, conductivity, density), chemical (calcium/magnesium, nitrates, sulfates, residual chlorine), microbiological (total/fecal coliforms, *E. coli*), and organoleptic (taste, color, odor) tests in accredited laboratories such as Bless-Peru and the Scientific University of the South. All parameters met the maximum permissible limits: neutral-alkaline pH (7.74), moderate total solids (686 mg/L), acceptable conductivity (1077 $\mu\text{S}/\text{cm}$), optimal soft hardness (103.79 mg/L CaCO_3), low nitrates (11.04 mg/L), safe sulfates (148.90 mg/L), adequate residual chlorine (0.70 mg/L), and a total absence of coliforms and *E. coli* (<1 CFU/100 mL). This contrasts with previous studies in Peru and Ecuador that reported microbiological contamination and health risks such as diarrhea or gastroenteritis.

These findings confirm the suitability of the water for human consumption, preventing waterborne diseases in vulnerable populations and supporting SDGs 3 and 6. However, continuous monitoring, community education, and infrastructure improvements are recommended to maintain these standards in emerging areas of North Lima.

Keywords: Water analysis; Carabayllo; Vulnerable population; Public health.

INTRODUCCIÓN

El agua representa un elemento esencial para la vida, al cumplir funciones vitales en la supervivencia y el progreso humano en múltiples ámbitos. Biológicamente, resulta indispensable para todos los seres vivos, ya que el cuerpo humano está compuesto mayoritariamente por este líquido, que asegura la hidratación óptima y el correcto funcionamiento de procesos como la digestión, absorción, circulación y excreción^{1,2}. En la agricultura y la producción de alimentos, el agua es igualmente crucial, para facilitar el riego de cultivos, la fotosíntesis y la generación de productos como carne, lácteos y otros componentes básicos de la alimentación humana³.

A escala doméstica, el agua soporta actividades cotidianas indispensables, tales como el consumo directo, la preparación de comidas, la higiene personal (baño, lavado de manos y cepillado dental), la limpieza del hogar (ropa, utensilios y superficies), el saneamiento (inodoros y manejo de aguas residuales), así como el riego de jardines y el empleo en

sistemas de calefacción o refrigeración⁴. Asegurar su calidad para usos domésticos es clave para resguardar la salud pública y el bienestar comunitario.

En Lima, capital peruana, la calidad del agua difiere notablemente entre distritos debido a factores demográficos, socioeconómicos y ambientales; áreas como Lima Este, Norte y Sur enfrentan desafíos específicos en cuanto a la disponibilidad de agua segura para consumo y actividades diarias⁵. Este recurso doméstico suele contener minerales como calcio (máximo 100 mg/L), magnesio (50 mg/L), dureza total (≤ 500 mg/L CaCO_3), sodio (200 mg/L), potasio (10 mg/L), sulfato (250 mg/L), cloruro (250 mg/L) y fluoruro (1,5 mg/L), cuyo pH varía según la fuente y el tratamiento aplicado^{6,7}.

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció el derecho humano al agua y al saneamiento, estableciendo que toda persona debe acceder de forma continua a agua limpia, suficiente, asequible, física y de calidad adecuada para usos personales y domésticos. La contaminación o la falta de saneamiento propician enfermedades como cólera, diarreas, disentería, hepatitis A y fiebre tifoidea (Programa de las Naciones Unidas). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado cuatro ediciones de sus Guías para la calidad del agua potable, orientadas a proteger la salud pública, aunque los estándares varían según el uso previsto y las normativas locales, nacionales o internacionales.

Estudios específicos refuerzan estas preocupaciones. Huera (2013) Un análisis de nueve parámetros en el agua de consumo doméstico del barrio Cuendina en Ecuador (oxígeno disuelto, coliformes totales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez y sólidos disueltos totales), concluyendo que cumplían la normativa y eran de buena calidad⁸. En otros estudios vincularon enfermedades hídricas con un análisis epidemiológico de siete puntos en una red de distribución, evaluando pH, turbidez, cloro residual, olor y parámetros microbiológicos; hallaron macroorganismos riesgosos y recomendaron mejoras en la planta de tratamiento para elevar la calidad y reducir patologías⁹. Un estudio en manantiales de Viques-Junín detectó excedentes de bacterias heterotróficas, *Escherichia coli*, coliformes totales y fecales, superando los límites permisibles¹⁰. Un estudio sobre enfermedades gastrointestinales en Punta Moreno (La Libertad) calificó la calidad de agua como deficiente, afectando al 50% de los residentes con infecciones intestinales (56,3%), intoxicaciones alimentarias (25%), gastroenteritis (12,5%) y colitis (6,3%)¹¹.

En Perú, los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua se rigen por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, mientras que el agua para consumo humano sigue el DS N° 031-2010-SA DIGESA del Ministerio de Salud^{12,13}.

PARTE EXPERIMENTAL

Reactivos y materiales

El estudio se llevó a cabo en el distrito de Carabayllo, situado al norte de Lima. Esta zona recibe una fuerte migración de las regiones andinas del Perú y alberga numerosas comunidades emergentes con servicios básicos limitados. Dadas las particularidades de la investigación, se adoptó un diseño experimental para examinar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua, complementado con un enfoque descriptivo para las características organolépticas. Se recolectaron y analizaron 20 muestras procedentes de distintas áreas de un asentamiento humano. Los análisis se realizaron en el área de

control de calidad fisicoquímica y microbiología del laboratorio Bless-Perú, el cual cuenta con buenas Prácticas de Manufactura y en la Universidad Científica del Sur. Los ensayos realizados fueron:

Ensayos físicos

- Potencial de hidrógeno (pH), para medir la concentración de iones hidrógenos en las muestras.
- Sólidos totales: para cuantifica la cantidad total de partículas suspendidas en el agua.
- Índice de espuma: para conocer la presencia de tensioactivos en el agua.
- Conductividad: para determina la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, atribuible a los electrolitos disueltos¹⁴
- Densidad: para valorar impurezas disueltas en las muestras

Ensayos químicos

- Calcio y magnesio: para cuantifica iones (Ca^{2+} y Mg^{2+}) mediante titulación complexométrica y estimar la dureza total del agua.
- Nitratos: para conocer la concentración de NO_3^- mediante el método de reducción de nitrato.
- Sulfatos: para determina los niveles de SO_4^{2-} utilizando el método yodo métrico.
- Cloro residual: a fin de evaluar la presencia de Cl_2 o especies cloradas libres a través de métodos de oxidación-reducción¹⁵.

Ensayos microbiológicos

Coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*: para detectar la presencia de estos indicadores de contaminación fecal y patógenos potencialmente dañinos para la salud humana¹⁶.

Ensayos organolépticos

Se efectúan mediante un análisis sensorial que evalúa el sabor, color y olor de la muestra tal como se obtuvo en campo^{12,13}.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Ensayos físicos de muestras de agua en el distrito de Carabayllo

Parámetro	Unidad	LCM	LMP	Resultado
Potencial de H^+	Unidad pH	0.10	6,50-8,00	7.74
Sólidos totales	mg/L	5.00	<1000	686.00
Conductividad	uS/cm	0.10	<2000	1077.00
Densidad	g/cm ³	0.0001	<1,020	1,001

Leyenda: LCM Límite de Cuantificación del Método. LMP Límite Máximo Permisible

Los resultados correspondientes a la media aritmética de 20 muestras analizadas demostraron que: pH 7.74: Excelente rango neutro-alcalino lo que favorece estabilidad

microbiológica y evita corrosión en tuberías. Sólidos totales 686 mg/L, mineralización media típica de agua potable, sin afectar palatabilidad. Conductividad 1077 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que correlaciona perfectamente con sólidos disueltos indicando sales inorgánicas normales. Densidad 1.001 g/cm^3 , ligeramente superior al agua pura, pero aceptable, confirma presencia moderada de solutos sin contaminación orgánica.

Los ensayos físicos del agua en Carabayllo muestran cumplimiento total de los Límites Máximos Permitidos (LMP) según el D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 2. Ensayos químicos de muestras de agua en el distrito de Carabayllo

Parámetro	Unidad	LCM	LMP	Resultado
Determinación de Ca^{+} Mg^{+}	Mg/LCaC O_3	5.00	500	103.79
Determinación de nitratos	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/L	0.20	50.00	11.04
Determinación de sulfatos	SO_4 /mg/L	2.50	250	148.90
Determinación de cloro	Cl mg/L	0.01	250	0.70

Leyenda: LCM Límite de Cuantificación del Método. LMP Límite Máximo Permisible

Los resultados correspondientes a la media aritmética de 20 muestras analizadas demostraron que: la determinación de calcio y magnesio registró 103.79 mg/L como CaCO_3 , un valor excelente, lo que clasifica al agua como blanda y óptima para uso doméstico. Los nitratos alcanzaron 11.04 mg/L de $\text{NO}_3\text{-N}$, sulfatos 148.90 mg/L de SO_4 , cloro residual 0.70 mg/L de Cl_2 , todos en rangos seguros que garantizan ausencia de riesgos sanitarios y una desinfección adecuada.

Los ensayos químicos del agua en Carabayllo muestran cumplimiento total de los Límites Máximos Permitidos (LMP) según el D.S. N° 031-2010-SA.

Tabla 3. Ensayos microbiológicos de muestras de agua en el distrito de Carabayllo

Parámetro	Unidad	LCM	LMP	Resultado
Coliformes totales	UFC/100 ml	1.00	0	<1.0
Coliformes fecales	UFC/100 ml	1.00	0	<1.0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 ml	1.00	0	<1.0

Leyenda: LCM Límite de Cuantificación del Método LMP Límite Máximo Permisible

Los ensayos microbiológicos realizados en las muestras de agua del distrito de Carabayllo demostraron ausencia completa de contaminación fecal, cumpliendo estrictamente con los Límites Máximos Permitidos del D.S. N° 031-2010-SA

CONCLUSIONES

El presente estudio confirma que el agua del asentamiento humano Las Lomas en Carabayllo cumple integralmente con los Límites Máximos Permitidos del D.S. N° 031-2010-SA en todos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos evaluados a partir de 20 muestras representativas. Los resultados destacan un pH neutro-alcalino óptimo (7.74), sólidos totales moderados (686 mg/L), dureza blanda excelente (103.79 mg/L CaCO_3), niveles seguros de nitratos (11.04 mg/L), sulfatos (148.90 mg/L) y cloración adecuada (0.70 mg/L), junto con ausencia total de coliformes y *E. coli* (<1 UFC/100 mL). Esta investigación se alinea directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas:

ODS 6 "Agua limpia y saneamiento", contribuyendo a las metas 6.1 (acceso universal a agua potable segura) y 6.3 (mejorar la calidad del agua), demostrando acceso equitativo a agua apta en comunidad emergente de migración andina.

ODS 3 "Salud y bienestar", apoyando la meta 3.9 (reducir mortalidad por agua contaminada), al garantizar agua microbiológicamente segura que previene enfermedades diarreicas, infecciosas y desnutrición en poblaciones vulnerables.

Los resultados tienen relevancia estratégica para la salud pública en Carabayllo, distrito con alta migración andina y cobertura limitada de servicios básicos. La ausencia total de patógenos fecales (<1 UFC/100 mL) y cloración óptima (0.70 mg/L) previenen directamente enfermedades transmitidas por agua como diarreas (56.3% en estudios similares), gastroenteritis y colitis, reduciendo la carga de morbilidad en niños y adultos mayores. La dureza blanda (103.79 mg/L) minimiza riesgos de cálculos renales y mejora higiene doméstica, impactando positivamente la calidad de vida en los habitantes de la localidad evaluada.

Contrariamente a los desafíos documentados en zonas de Lima Norte, el agua analizada es apta para consumo humano, constituyendo un recurso estratégico para la salud pública en comunidades emergentes. Estos resultados posicionan a la zona analizada como caso exitoso frente a estudios regionales que reportan contaminación microbiológica y química, sin embargo, se recomienda monitoreo trimestral para mantener estos estándares, educación comunitaria en higiene del agua y conservación de recursos hídricos. Esta investigación fortalece el derecho humano al agua (ONU 2010).

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Carrera de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Científica del Sur por su valioso apoyo académico y logístico, que facilitó el desarrollo de esta investigación. De igual manera, reconocemos el aporte fundamental del Laboratorio Bless-Perú, cuyo equipo especializado en control de calidad fisicoquímica y microbiológica proporcionó las instalaciones acreditadas y la expertise técnica esencial para la realización exitosa de los ensayos analíticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fundación Aquae. La importancia del agua en los seres vivos [Internet]. [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia-del-agua/>
2. Guyton AC, Hall JE. Guyton y Hall tratado de fisiología médica. 13a ed. Barcelona: Elsevier; 2016.
3. EOS. Uso del agua en la agricultura con métodos sostenibles [Internet]. [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <https://eos.com/es/blog/uso-del-agua-en-agricultura/>
4. Bizkaia. Uso responsable del agua [Internet]. [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: https://www.bizkaia.eus/documents/880311/9767048/Uso_responsable_agua.pdf
5. Córdova R, Cárdenas J. Evaluación de la calidad del pH del agua potable en cuatro zonas de Lima [Internet]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2020 [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671101>
6. Viga Home. Qué minerales debe tener el agua potable [Internet]. [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <https://vigahome.com/blogs/blog-vigahome/cuales-son-los-minerales-que-contiene-el-agua-potable>
7. Bonavista Perú. Análisis de los minerales en el agua de caño en Lima [Internet]. [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <https://www.bonavistaperu.com/analisis-de-los-minerales-en-el-agua-de-cano-en-lima/>
8. Huera V. Evaluación de la calidad de agua de consumo doméstico administrada por la junta de agua sana del barrio Cuendina-Albornóz, Cantón Rumiñahui [tesis de grado en Internet]. Quito: Escuela Politécnica Nacional; 2022 [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22197>
9. Barahona Sánchez KJ, Pardo Villamil MD. Relación entre la calidad del agua distribuida por la Empresa de Servicios Públicos de Viotá (EPV), las enfermedades gastrointestinales y recomendaciones para el mejoramiento del servicio de acueducto en el municipio de Viotá (Cundinamarca) [Internet]. [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3694437>
10. Baca E, Valdez R. Evaluación de la calidad microbiológica del agua de manantial para consumo humano, Viques [tesis profesional en Internet]. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes; 2022 [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/5709/T037_42875662-72890752_T.pdf
11. Rodríguez Pichen L, Jauregui García J. Calidad del agua y las enfermedades gastrointestinales en el centro poblado Punta Moreno, La Libertad [tesis en Internet]. Trujillo: Universidad Privada del Norte; 2019 [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29404/Jeanpier%20Jauregui%20y%20Lesly%20Rodriguez_total_pdf.pdf
12. Perú. Ministerio del Ambiente. Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua [Internet]. Lima: MINAM; 2017 [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
13. Perú. Ministerio de Salud. Decreto Supremo N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano [Internet]. Lima: DIGESA; 2010 [citado 18 Mar 2026]. Disponible en:

- https://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf
14. García PJ. Evaluación de la calidad del agua potable en cuatro zonas de Lima, Perú [tesis en Internet]. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2020 [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/671101/Garcia_PJ.pdf
 15. Huamán M. Determinación de la calidad del agua de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la ciudad de Huancavelica. *Rev Científica*. 2021;12(1):15-25. [citado 18 Mar 2026]. Disponible en: <https://revistas.unh.edu.pe/index.php/rcsxxi/article/view/191>
 16. Cabrera PA. Análisis microbiológico y fisicoquímico de agua de consumo humano del AH Pampas de San Antonio, Carabayllo - Lima (octubre 2022 - mayo 2023) [tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2024. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/2393>