

Consumo doméstico de agua potable en usuarios registrados en la empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno Perú periodo 2015 al 2024

Domestic consumption of drinking water in users registered in the Municipal Basic Sanitation Company of Puno Peru period 2015 to 2024

Guillermo Nestor Fernandez Sila^{1,*} , Roberto Alfaro Alejo²  y Javier Mamani Paredes³ 

¹ Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Civil, Av. Floral N° 1153, Puno, Perú, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1485-693X>

² Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Agrícola, Av. Floral N° 1153, Puno, Perú, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1672-9026>

³ Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Av. Floral N° 1153, Puno, Perú, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4375-3892>

Resumen

La conducta de una población con respecto a la oferta y la demanda de agua potable es bastante importante, considerando las categorías de servicio de agua potable en una ciudad estas proporcionan información real sobre los patrones de consumo y la gestión del agua. Este estudio ha considerado abordar estas diferencias mediante el análisis de datos de consumo facturados entre los años 2015 a 2024, examinando el crecimiento del número de usuarios en la categoría doméstica, las tendencias de consumo y el efecto de la temperatura ambiental. La metodología incluye la correlación entre las variaciones de temperatura mensuales y el consumo de agua, junto con la comprobación de la dotación estipulada en las Normas OS del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú y el consumo real mediante prueba de hipótesis estadística. Nuestros resultados evidencian tasas de crecimiento anual significativas en el número de usuarios en la categoría doméstica. La variación de la temperatura estacional indica correlaciones positivas leves, lo que sugiere que no hay cambios de consumo a cambios de temperaturas en la categoría analizada. El estudio subraya un desacuerdo severo discrepando entre el consumo real y los estándares regulatorios, ya que la categoría doméstica consume significativamente menos de lo considerado. Los modelos de regresión pronostican tendencias futuras de consumo constante, revelando aumentos sostenidos en el número de usuarios de la categoría doméstico. Las implicaciones de la investigación sugieren la necesidad de regulaciones específicas que reflejen los comportamientos reales de consumo y se adapten a las influencias climáticas.

Palabras clave: Agua potable, consumo, doméstico, demanda per cápita, factores climáticos, regresión múltiple.

Abstract

The behavior of a population with regard to the supply and demand of drinking water is quite important, considering that drinking water service categories in a city provide real information about consumption patterns and water management. This study has sought to address these differences by analyzing consumption data billed between 2015 and 2024, examining the growth in the number of users in the domestic category, consumption trends, and the effect of ambient temperature. The methodology includes the correlation between monthly temperature variations and water consumption, together with verification of the allocation stipulated in the OS Standards of the National Building Regulations of Peru and actual consumption through statistical hypothesis testing. Our results show significant annual growth rates in the number of users in the domestic category. Seasonal temperature variation indicates slight positive correlations, suggesting that there are no changes in consumption due to temperature changes in the category analyzed. The study highlights a severe discrepancy between actual consumption and regulatory standards, as the domestic category consumes significantly less than expected. Regression models predict future trends of constant consumption, revealing sustained increases in the number of users in the domestic category. The implications of the research suggest the need for specific regulations that reflect actual consumption behaviors and adapt to climatic influences.

Keywords: Drinking water, consumption, domestic, per capita demand, climatic factors, multiple regression.

Recibido: 08/05/2025

Aceptado: 11/12/2025

Publicado: 30/12/2025

*Autor para correspondencia: gnfernandez@unap.edu.pe

Cómo citar: Fernandez Sila, G. N., Alfaro Alejo, R., & Mamani Paredes, J. (2025). Consumo doméstico de agua potable en usuarios registrados en la empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno Perú periodo 2015 al 2024. *Revista De Investigaciones*, 14(2), 213-225. <https://doi.org/10.26788/ri.v14i2.6861>

Introducción

La evaluación de la oferta y la demanda de servicios de agua potable es un tema crucial para la planificación urbana y la sostenibilidad, especialmente en regiones en rápido desarrollo como Puno, Perú. A medida que las ciudades se expanden y la población crece, comprender la dinámica del consumo de agua entre las diferentes categorías de usuarios se vuelve fundamental para garantizar la gestión sostenible del agua y el desarrollo de políticas (Davis, 2020; Stavenhagen et al., 2018). Muchos determinantes como las variables climáticas y sociodemográficas, actitudes, creencias y otros factores que pueden variar entre diferentes hogares y que potencialmente pueden influir en el consumo de agua (Bich-Ngoc et al., 2022; Hussien et al., 2016). Similarmente, el número de residentes, la precipitación mensual y la temperatura máxima diaria influyen directamente en el consumo residencial de agua (Ahmed et al., 2025; Reis et al., 2023), el sistema de facturación de agua influye en el consumo de agua per cápita en el conjunto de vivienda social analizado (Sborz et al., 2024). Los jefes de hogar que tienen un alto nivel de educación generalmente consumen menos agua que los jefes de hogar que tienen un bajo nivel de educación (Muloiwa et al., 2022; Zevi et al., 2022).

Estudios recientes han explorado la relación entre las variables climáticas y el consumo de agua en zonas urbanas, destacando el papel de la temperatura como determinante clave de la demanda de agua. Sin embargo, estos estudios suelen centrarse en análisis regionales más amplios, pasando por alto los impactos localizados de las variaciones de temperatura en categorías específicas de usuarios dentro de una ciudad (Arslan et al., 2024; Bernabé-Crespo et al., 2021; Bich-Ngoc et al., 2022). Así mismo, Morote et al. (2019), mostró que el consumo en Alicante, España, disminuyó entre 2000 y 2017, debido a diferentes factores y que esta reducción se ha asociado a una mayor conciencia ambiental sobre la necesidad de ahorrar agua. Algunos autores plantearon modelos de regresión para pronosticar consumo de agua en diferentes condiciones (Grespan et al., 2022), estos modelos de regresión pueden estar influenciados por el número de miembros de hogar, el uso de agua subterránea, el uso de inodoros con tanque, el uso del agua al aire libre

(Shimmi, 1980), sin embargo, el consumo puede ser alterado fuertemente por eventos no previstos tales como pandemias a nivel mundial o regional como el COVID-19 (Dias & Ghisi, 2024).

Muchos hogares no reciben la dotación de agua adecuada en sus casas por tener una oferta por parte de la empresa suficiente (Haziq & Panezai, 2017). Al igual que en otras regiones, el número de clientes de servicios públicos se ve afectado por variables demográficas y del mercado laboral (Fullerton et al., 2013). Como apoyo a la toma de decisiones sobre el agua se propone un sistema con la ayuda de SIG para superar los próximos desafíos (Mousi & Bhuvaneswari, 2021). Otros plantean el uso de aprendizaje automático con técnicas de análisis espacial y socioeconómico para estimar el consumo diario de agua en los hogares e identificar los factores que influyen significativamente en su consumo (Tsfay Abraha et al., 2024; Zeroual et al., 2021). Debido a la disparidad socioeconómica en una ciudad los responsables políticos y los promotores de proyectos deben desarrollar métricas más específicas y configurar intervenciones (Tirumala & Tiwari, 2022).

Esta investigación profundiza en el complejo patrón de uso del agua en la categoría domestico de consumidores registrados en la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) EMSA PUNO en la ciudad de Puno, con el objetivo de identificar discrepancias entre el consumo real y las normas regulatorias establecidas.

Un estudio de estos temas es muy importante debido a su potencial para informar a los responsables políticos y a las partes interesadas sobre las peculiaridades del consumo de agua, facilitando así estrategias de gestión hídrica más eficaces en entornos urbanos (Dias & Ghisi, 2024; Shammass & Wang, 2015).

Siendo el agua un recurso indispensable para la existencia de la totalidad de seres vivos y en especial de la humanidad, el desarrollo económico, su gestión se ha convertido en una preocupación inevitable ante el crecimiento poblacional, la urbanización y el cambio climático (Ahmadi et al., 2020; Borah, 2025). En este contexto, la ciudad de Puno, situada en el altiplano peruano, presenta un caso de estudio único debido a sus singulares

condiciones climáticas y dinámica socioeconómica. El suministro de agua de Puno se ve afectado por las variaciones mensuales y estacionales de temperatura, que impactan sobre el patrón de consumo en diferentes sectores. Comprender estos efectos de consumo es esencial para optimizar la distribución del agua y garantizar lo establecido en las normas de Obras de Saneamiento (OS) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú (MVCS, 2021), en especial del consumo per cápita, que es la que se da como consumo en la categoría doméstica. A pesar de la importancia crucial de este tema, existe una escasez de estudios exhaustivos que analicen la interacción entre las fluctuaciones de temperatura, las categorías de usuarios y el consumo de agua en Puno, lo que pone de manifiesto una importante brecha en la literatura existente.

La ubicación geográfica y altitudinal de la ciudad de Puno contrastan, la interacción entre la temperatura y el consumo de agua que es particularmente pronunciada y su dependencia de un suministro limitado de agua. Las investigaciones anteriores se han centrado principalmente en el uso doméstico del agua, existiendo otras categorías como comercial, industrial, estatal y social que también contribuyen a la demanda general de agua, pero en menor incidencia. Además, existe evidencia empírica limitada sobre cómo se compara el consumo real de agua en Puno con los estándares de la RNE, los cuales son cruciales para evaluar la eficiencia y sostenibilidad del uso del agua en la ciudad.

Las tendencias generales de consumo de agua y la influencia de los factores climáticos a nivel mundial o de ciudades importantes son reportados, pero no abordan los desafíos específicos que enfrentan las diversas categorías de usuarios de Puno. Asimismo, la comparación de los datos de consumo real con los estándares de la RNE arrojará luz sobre la

eficiencia de las prácticas actuales de gestión del agua y destacará las oportunidades de mejora, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del suministro de agua de Puno.

Los desafíos que surgen de la brecha de investigación identificada son multifacéticos. La falta de datos exhaustivos sobre el consumo de agua en las diferentes categorías de usuarios de Puno impide el desarrollo de estrategias específicas para la gestión sostenible del agua.

El objetivo principal de este estudio es evaluar la dinámica de la oferta y la demanda de servicios de agua potable en Puno para la categoría de usuarios correspondiente a DOMESTICO. La pregunta de investigación que guía este estudio es: ¿Cómo influyen las variaciones de temperatura en el patrón de consumo de agua en la categoría domestico entre los usuarios en Puno y cómo se compara el consumo real con los estándares de la reglamentación estipulada en las normas OS del Reglamento Nacional de Edificaciones?

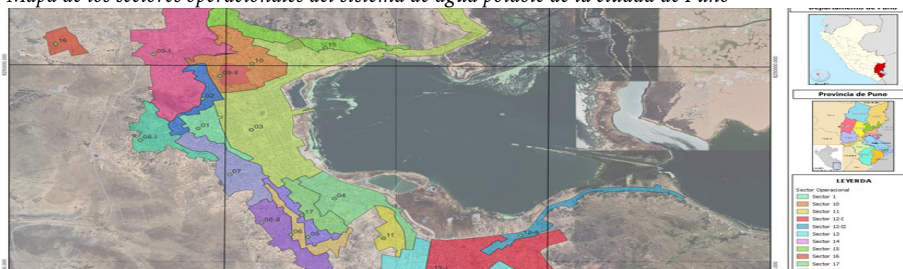
Métodos

Ámbito o lugar de estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Puno, Perú, en el ámbito de servicio de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento (EPS) EMSA PUNO, siendo la ciudad de Puno, una de las más representativas del clima frío en el altiplano peruano, ubicado a una altitud de 3828 msnm, 70° 01' 41" W, 15° 50' 16" S. Cabe indicar que la EPS EMSA PUNO es una de las EPS que tiene un mayor porcentaje de micro medición domiciliaria y el registro de los datos a nivel de la zona sur del país, la cual administra 17 sectores operacionales en la ciudad de Puno, recopilándose el registro de datos proporcionados por la misma, del periodo de 2015–2024 (Figura 1).

Figura 1

Mapa de los sectores operacionales del sistema de agua potable de la ciudad de Puno



Nota. Empresa Municipal de Saneamiento Básico de Puno

Descripción de métodos

a) Periodo de estudio o frecuencia de muestreo

El estudio abarca un período de diez años, de 2015 a 2024, y se centra en la categoría de usuarios denominado doméstico por ser la más representativa, llegando a superar el 90 % de usuarios.

b) Descripción detallada de los materiales, insumos e instrumentos utilizados

La metodología empleada en este estudio fue diseñada meticulosamente para garantizar la rigurosa adquisición, procesamiento y análisis de datos, lo que permite la replicabilidad y la fiabilidad de los resultados. Los criterios de selección se basaron en el estado de registro y el consumo facturado en la EPS EMSA Puno, lo que garantizó que solo se consideraran los usuarios activos dentro del período especificado. Así mismo, se utilizó una computadora de escritorio y una laptop para manejo de softwares.

Los procedimientos del estudio implicaron varios pasos metodológicos clave. Inicialmente, la recopilación de datos sobre el consumo de agua potable para las categorías comercial, doméstica, de instituciones públicas, industrial y social se realizó utilizando la base de datos interna de EPS EMSA Puno, lo que garantizó la precisión y fiabilidad de los registros de consumo facturado. Posteriormente, los datos se procesaron con el R Studio versión 4,5, y Excel, lo que facilitó la organización y el análisis inicial de los volúmenes de consumo. La preparación de los datos implicó la depuración y el procesamiento de los datos recopilados para eliminar cualquier inconsistencia o anomalía que pudiera sesgar los resultados del análisis.

c) Análisis de consumo de agua potable en la categoría doméstico.

Para el análisis de consumo de agua potable en la categoría doméstica se efectuó la evaluación respectiva del número de usuarios y el volumen de consumo promedio por usuario en la categoría. Esto incluyó la verificación de la exactitud de los datos de registro de los usuarios y de los registros de consumo, basado en la facturación de volumen

de agua producida, garantizando un conjunto de datos fiable para el análisis posterior (Di Mauro et al., 2020). El análisis de datos se realizó mediante una combinación de técnicas estadísticas, principalmente con el programa R Studio versión 4,5 y Excel. La estadística descriptiva proporcionó una visión general de las tendencias de consumo.

d) Relación entre la temperatura y el consumo de agua.

La relación entre la temperatura y el consumo de agua se analizó con base en las variaciones mensuales y diarias de temperatura, centrándose en los patrones estacionales y su impacto en el consumo, correlacionando los datos de temperatura mensuales y diarios con los registros de consumo, priorizando el consumo doméstico per cápita debido a su sensibilidad a las fluctuaciones de temperatura.

e) Consumo real con relación a la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones.

El estudio también examinó el consumo real con relación a la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones peruano (RNE) Norma OS100 (MVCS, 2021). Esto implicó una prueba de hipótesis para determinar el consumo promedio mensual en la categoría de usuarios doméstico, utilizando la prueba de diferencia de medias con la distribución t de Student. Se empleó el Excel para el análisis estadístico, lo que garantizó una sólida comprobación de hipótesis sobre las desviaciones del consumo respecto a las normas nacionales.

f) Pronóstico del consumo de agua potable.

Se utilizó un modelo de regresión específico para el pronóstico de consumo real de agua en la categoría, lo cual se logró mediante el desarrollo de un modelo de regresión específico adaptado a los patrones de consumo singulares observados en Puno, centrándose en los volúmenes facturados mensualmente dentro la categoría doméstica. Se derivó la ecuación 1 para predecir las tendencias futuras de consumo, basado en los datos históricos de 2015 a 2020. Rigurosas pruebas de ajuste y confiabilidad se aplicaron al modelo de regresión empleado para la previsión, lo que garantizó la precisión de las predicciones sobre los patrones

de consumo futuros (Eslamian et al., 2016; He & Tao, 2014).

g) Variables analizadas, indicar que variables intervinieron en el objetivo.

El objetivo principal fue determinar la variación o correspondencia de la dotación estipulada en el RNE, norma OS100 con los evaluados en el periodo 2015 al 2024, en este caso se evaluó la TEMPERATURA y el CONSUMO de agua incidiendo en la categoría doméstica, puesto que esta categoría representa el 90,74 % del total usuarios en el 2020.

Los datos recopilados incluyeron el número de usuarios, dotación per cápita según Reglamento Nacional de Edificaciones, el volumen de consumo promedio por usuario en cada categoría, lo que proporcionó una visión general de las tendencias de consumo. Entre los factores ambientales considerados se encuentra la ubicación geográfica de Puno, caracterizada por sus condiciones climáticas únicas, cruciales para comprender la relación entre las variaciones de temperatura y el consumo de agua. Las variaciones estacionales de temperatura se registraron meticulosamente, dado su importante impacto en los patrones de consumo, cuyos datos fueron tomados de los registros del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2022).

h) Prueba estadística aplicada, solo colocar la probabilidad (p) o nivel de significancia estadística.

La información recopilada fue procesada en forma mensual y anual, a los cuales se obtuvo la estadística descriptiva, y pruebas estadísticas de análisis de varianza y diferencia de medias por su variación estacional en la ciudad de Puno, haciendo uso de los softwares R Studio versión 4,5 y Excel.

Resultados y discusión

Análisis de consumo de agua potable en la categoría doméstica.

Los hallazgos clave del estudio revelan patrones de consumo diferenciados en la categoría doméstica de usuarios en Puno.

El análisis del patrón de consumo de agua en la categoría doméstica de usuarios en Puno revela tendencias y correlaciones significativas, lo que permite comprender la dinámica de la demanda de agua en la región.

Sin embargo, el consumo promedio por usuario mostró una variación mínima decreciente de 111,94 litros en 2015 a 102,17 litros en 2024, con una tasa negativa de 0,84 %, que demuestra que el consumo per cápita también se viene reduciendo en el porcentaje (Tabla 1).

Tabla 1

Nivel de consumo de agua potable (l/hab/día), categoría domestico en la ciudad de Puno, periodo 2015- 2024

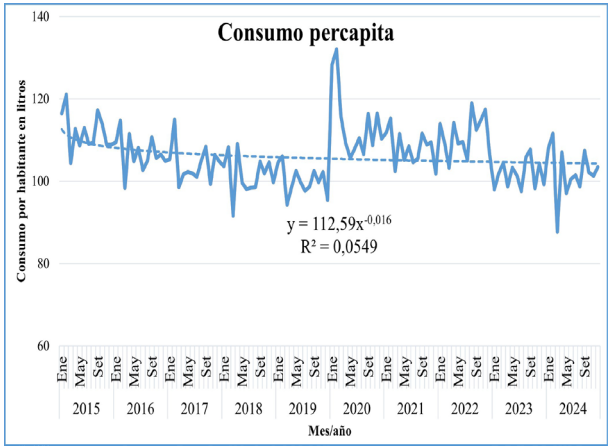
| Categoría | Estadísticos | PERIODOS | | | | | | | | | | Tasa de crecimiento anual |
|-----------|------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------------|
| | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | |
| | Promedio(1/hab/día) | 111,94 | 106,83 | 104,13 | 101,49 | 100,13 | 113,95 | 108,02 | 111,15 | 101,70 | 102,17 | |
| Doméstico | Desviación Estándar | 4,65 | 4,36 | 4,51 | 4,90 | 3,55 | 8,44 | 4,15 | 4,93 | 3,42 | 6,23 | -0,84% |
| | Coefficiente de variabilidad | 4,15 | 4,08 | 4,33 | 4,83 | 3,55 | 7,41 | 3,84 | 4,44 | 3,36 | 6,10 | |

Nota. Elaborado en base a la información recopilada de EMSA Puno.

Se observa el comportamiento del consumo de agua potable por habitante en el periodo analizado. El comportamiento histórico de los Se observa el comportamiento del consumo de agua

potable por habitante en el periodo analizado. El comportamiento histórico de los diez años analizados muestra una leve reducción de consumo por usuario registrado (Figura 2).

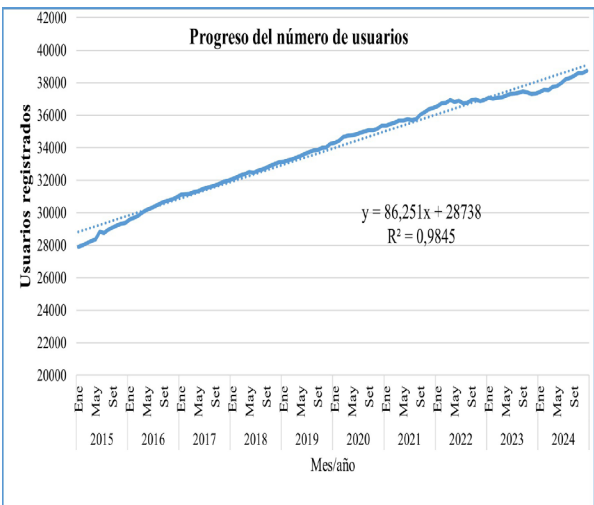
Figura 2
Comportamiento del consumo de agua potable, por usuario en litros, para la categoría domestico en el periodo del 2015 al 2024



Nota. Elaborado en base a la información recopilada de EMSA Puno.

Así mismo, en esta categoría que fue materia del presente experimentó un aumento sustancial en el número de usuarios, de 27 890 a 38 726, con una tasa de crecimiento anual del 3,35 % (Figura 3).

Figura 3
Comportamiento del número de usuarios de agua potable ciudad de Puno-periodo 2015 al 2024, para categoría doméstica



Relación entre la temperatura y el consumo de agua.

Se encontró que las variaciones de temperatura durante el año no tienen impacto en el consumo de la categoría doméstica. encontrándose correlaciones positivas leves entre temperatura máxima y consumo (0,23), entre temperatura media y consumo (0,31) y entre temperatura mínima y consumo (0,31), lo que indica que ninguna sugiere una relación fuerte entre temperatura y consumo. En todos los casos, $p > 0,05$, por lo que no existe evidencia estadísticamente significativa

de una relación lineal entre la temperatura y el consumo (Tabla 2).

Tabla 2
Temperatura y el volumen promedio de agua consumido en categoría domestico de la ciudad de Puno, 2015 al 2024

| Mes | Temperatura Máxima °C | Temperatura Mínima °C | Temperatura media °C | Vol. consumido por habitante por categoría domestica (l/hab/día) |
|-----------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|
| Enero | 15,5 | 5,6 | 9 | 109,93 |
| Febrero | 15,3 | 5,4 | 9,1 | 113,48 |
| Marzo | 15,2 | 5,2 | 8,9 | 100,03 |
| Abril | 15,3 | 3,7 | 8,1 | 107,41 |
| Mayo | 14,9 | 0,8 | 7,1 | 103,79 |
| Junio | 14 | -0,9 | 6,7 | 104,84 |
| Julio | 14,1 | -1,3 | 6,4 | 102,78 |
| Agosto | 14,9 | 0 | 7,4 | 105,19 |
| Setiembre | 15,9 | 1,7 | 8,4 | 109,88 |
| Octubre | 16,5 | 3,4 | 9,2 | 105,30 |
| Noviembre | 16,8 | 4,3 | 10,3 | 107,73 |
| Diciembre | 16,6 | 5,3 | 9,7 | 103,45 |

Nota. Elaborado en base a la información recopilada de EMSA Puno, Senamhi y Climate data.

Las correlaciones son débiles y no significativas, los gráficos de dispersión generados muestran que no existe un patrón lineal claro, puesto que los puntos son dispersos y no muestran una tendencia ascendente o descendente evidente. Esto respalda la baja correlación (Tabla 3).

Tabla 3
Niveles de correlación entre las temperaturas y el consumo per cápita, periodo 2015-2024

| Categoría | Variable | Correlación de r Pearson | p-valor (bilateral) |
|-----------|-----------------------|--------------------------|---------------------|
| Domestica | Temperatura máxima °C | 0,230 | 0,4721 |
| | Temperatura mínima °C | 0,314 | 0,3196 |
| | Temperatura media °C | 0,314 | 0,3204 |

Nota. Elaborado en base a la información recopilada de EMSA Puno y Senamhi.

Consumo real con relación a la normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones. Al comparar el consumo real con las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), se identificaron desviaciones significativas. En la categoría doméstica, el consumo medio fue de 106,15 l/hab/d, por debajo del valor de referencia del RNE de 180 l/hab/d (Tabla 2).

Realizado la prueba t de Student para consumo de agua del conjunto de datos de la última columna

de la tabla 2 que contiene valores mensuales del volumen consumido por habitante para la categoría doméstica (l/hab/día) contra el valor especificado en la norma (180 l/hab/día). El consumo promedio es significativamente distinto de 180 l/hab/día, las hipótesis planteadas son:

$$H_0: \mu = 180 \text{ l/hab/día}$$

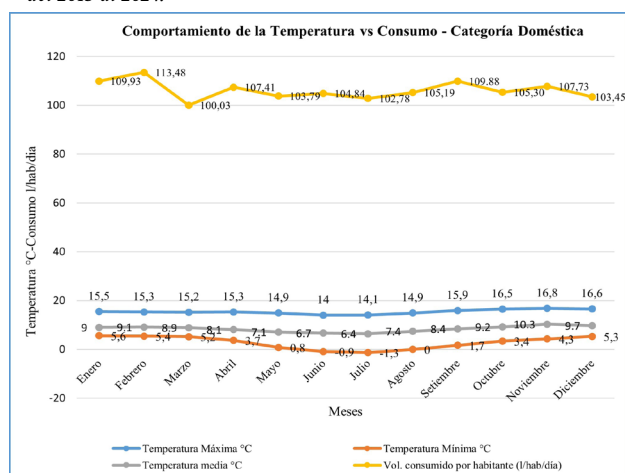
$$H_1: \mu \neq 180 \text{ l/hab/día}$$

La media observada: 106,15 l/hab/día, el estadístico t: -69,0304 y el p-valor: 7,3201e-16, en razón a que el p-valor es extremadamente pequeño (muy inferior a 0,05), se rechaza la hipótesis nula. Esto indica que el consumo promedio es significativamente distinto de 180 l/hab/día. Además, se observa que el valor promedio (106,15 l/hab/día) es mucho menor que el valor hipotético. Esto representa el 58,97 % del valor recomendado por la norma peruana.

El comportamiento de la temperatura contra el volumen consumido (Figura 4).

Figura 4

Comportamiento de la temperatura vs el volumen consumido por usuario en litros para la categoría doméstica en el periodo del 2015 al 2024.



Nota. Elaborado en base a la información recopilada de EMSA Puno y Senamhi.

Pronóstico del consumo de agua potable.

Los modelos de regresión proporcionaron información sobre las tendencias futuras de consumo. El modelo de regresión potencial de la categoría doméstica mostró un ajuste débil con $R^2 = 0,0549$, prediciendo un consumo per cápita de 103,51 l/hab/día para diciembre de 2030, (Tabla 4). El modelo para la categoría doméstica encontrada es:

$$Y = 112,59X^{(-0,016)}$$

Tabla 4

Proyección para el consumo per cápita de agua potable para la categoría doméstica en el periodo del año 2025 al 2030.

| MESES | Proyección del consumo per cápita (l/hab/día) | | | | | |
|-----------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 |
| Enero | 104,27 | 104,12 | 103,97 | 103,84 | 103,72 | 103,60 |
| Febrero | 104,26 | 104,10 | 103,96 | 103,83 | 103,71 | 103,59 |
| Marzo | 104,25 | 104,09 | 103,95 | 103,82 | 103,70 | 103,59 |
| Abril | 104,23 | 104,08 | 103,94 | 103,81 | 103,69 | 103,58 |
| Mayo | 104,22 | 104,07 | 103,93 | 103,80 | 103,68 | 103,57 |
| Junio | 104,21 | 104,05 | 103,92 | 103,79 | 103,67 | 103,56 |
| Julio | 104,19 | 104,04 | 103,90 | 103,78 | 103,66 | 103,55 |
| Agosto | 104,18 | 104,03 | 103,89 | 103,77 | 103,65 | 103,54 |
| Setiembre | 104,17 | 104,02 | 103,88 | 103,76 | 103,64 | 103,53 |
| Octubre | 104,15 | 104,01 | 103,87 | 103,75 | 103,63 | 103,52 |
| Noviembre | 104,14 | 104,00 | 103,86 | 103,74 | 103,62 | 103,51 |
| Diciembre | 104,13 | 103,98 | 103,85 | 103,73 | 103,61 | 103,51 |

Nota. Con datos de la Empresa Municipal de Saneamiento de Puno.

En general, nuestros resultados indican un patrón de consumo uniforme en la categoría doméstica de usuarios, con variaciones de temperatura que no influyen significativamente en la demanda, más si contrasta significativamente de los estándares regulatorios, en este caso la Norma OS100 estipula una dotación de 180 l/hab/día, lo que destaca un valor sobredimensionado en áreas para intervenciones específicas de gestión del agua.

Discusión

La evaluación de la oferta y la demanda en la categoría doméstica de servicio de agua potable de los usuarios registrados en la EPS EMSA Puno de la ciudad de Puno ofrece una visión integral de la dinámica del consumo de agua en diversas categorías. Este estudio se contextualiza en el marco más amplio de la gestión del agua urbana, donde comprender los matices de la dotación y demanda de agua es crucial para la asignación y planificación sostenibles de los recursos hídricos.

Los hallazgos clave de este estudio revelan tendencias uniformes de consumo en la categoría doméstica. Esta categoría muestra un aumento significativo en el número de usuarios, mostró cambios insignificantes en el consumo per cápita, lo que indica un posible punto de saturación o

esfuerzos constantes de conservación por parte de los usuarios, lo que está acorde al aumento de población y también debido a mejoras económicas y el uso de electrodomésticos o usos domésticos adicionales (Zhang et al., 2024). En general estos aumentos en las demandas pueden deberse al aumento de la población, así como al aumento de uso de lavadoras de carga superior (Roshan & Kumar, 2020).

Las correlaciones entre las variaciones de temperatura y el consumo de agua aclaran aún más la compleja relación entre los factores ambientales y el comportamiento del usuario. En la categoría doméstica, una correlación positiva moderada con las temperaturas máximas sugiere que las temperaturas más altas impulsan un mayor uso de agua, probablemente debido a una mayor demanda de refrigeración e hidratación. Por el contrario, Estos hallazgos coinciden con la literatura existente que destaca la influencia de las condiciones climáticas en la demanda de agua, lo que refuerza la importancia de incorporar variables ambientales en las estrategias de gestión del agua (Calianno, 2020; Dimkić, 2020; Kaushalya et al., 2020; Niazmardi et al., 2023). En caso de disminución de consumo puede deberse a una mejor conciencia del uso adecuado del agua a nivel doméstico (Dang et al., 2022), también puede deberse al uso de electrodomésticos más eficientes en el uso del agua (Roshan & Kumar, 2020).

El análisis comparativo con estudios previos revela congruencia y divergencia. La estabilidad observada en el consumo doméstico de agua, a pesar del crecimiento de usuarios, coincide con los hallazgos de estudios urbanos similares, donde la concienciación sobre la conservación y los avances tecnológicos contribuyen a una eficiencia sostenida (Huaquisto Cáceres & Chambilla Flores, 2019; Ismail et al., 2024). Sin embargo, el aumento del consumo industrial por usuario contrasta con los informes de regiones donde el uso industrial de agua se ha estancado debido a regulaciones estrictas e innovaciones tecnológicas. Esta discrepancia subraya la naturaleza localizada de las actividades industriales y la necesidad de estrategias específicas para cada contexto. La disminución del consumo por categoría social, si bien es consistente con las tendencias globales de reducción del uso de agua en sectores económicamente desfavorecidos, resalta

la necesidad de políticas que aborden la equidad y el acceso a los recursos hídricos.

Es importante la obtención de curvas de consumo diferenciadas por diversos sectores y presentados mediante digitalización georreferenciada (Zúñiga et al., 2024). Es recomendable que, para detectar las pérdidas de agua en una red de agua, tomando lectura del medidor de agua durante un horario de consumo mínimo nocturno, puede ser entre la 1:00 a.m. y las 5:00 a.m. (Ang & Mansor, 2021), tomar en cuenta las mediciones precisas en la red, tarifas acordes, y restricciones de uso de agua.

Al ser el agua un recurso limitado y se avizora cada vez mayor escasez, es preciso realizar una gestión adecuada y sostenible, en ese sentido, se sugiere retomar la dotación de la normativa anterior peruana, considerada en la R.S. N° 146-72-VI-DM del 08/03/1972 que estuvo vigente hasta 1991, donde presentan una tabla según tamaño de población y el clima debe de estratificarse en frío, templado y cálido como en los países vecinos de Bolivia, Ecuador y Colombia. En vista de que las variaciones de consumo además de ser estacionales son a nivel espacial (Arellano et al., 2024; Bergel & Młyńska, 2021). Además, que, a nivel mundial, se buscar disminuir el consumo de agua con diversas maneras (Medina-Rivas et al., 2025), además, de mejorar una intención de comportamiento de menor uso de agua (Sarpong & Amankwaa, 2022).

Los métodos de pronóstico para los patrones de consumo de agua residencial intraurbano, considera la integración de datos climáticos y demográficos (Obringer et al., 2022), además, estos modelos implican las características sociodemográficas (género, tamaño del hogar y nivel de ingresos) influyen en el consumo de agua sostenible. Estos factores son las variables más importantes que influyen significativamente en el consumo de agua sostenible (Raja Ahmad et al., 2024).

Sin embargo, es necesario reconocer las limitaciones de este estudio. La dependencia de datos históricos de la EPS EMSA Puno puede introducir sesgos relacionados con la precisión e integridad de los datos. Además, el enfoque del estudio en los usuarios registrados excluye el uso no medido e informal del agua, lo que podría afectar las estimaciones generales del

consumo. A pesar de estas limitaciones, el estudio proporciona información valiosa que mejora nuestra comprensión de la demanda de agua en entornos urbanos de clima frío y altitudes considerables. En general, este análisis destaca la complejidad del patrón de consumo doméstico de agua en Puno y subraya la importancia de adoptar un enfoque multifacético para la gestión del agua que considere factores demográficos, ambientales y socioeconómicos.

Conclusiones

Los resultados demuestran un contraste matizado del consumo de agua en la categoría de usuarios DOMÉSTICO en Puno, destacando la interacción dinámica entre el crecimiento de usuarios, los patrones de consumo y los factores ambientales. La categoría doméstica presenta un crecimiento significativo de usuarios; sin embargo, sus patrones de consumo se mantienen por debajo de los estándares nacionales, lo que sugiere una oportunidad para mejorar la eficiencia.

Los conocimientos obtenidos en este estudio son importantes y cruciales para el desarrollo de políticas hídricas sostenibles que satisfagan las diversas necesidades de las poblaciones urbanas. Estos conocimientos son cruciales para desarrollar estrategias de adaptación que puedan mitigar los impactos de la variabilidad climática en la demanda de agua.

Al alinear los patrones de consumo con los estándares nacionales, los responsables políticos pueden garantizar una asignación equitativa y eficiente de los recursos. Además, las correlaciones observadas entre la temperatura y el consumo pueden aprovecharse para diseñar campañas de concienciación específicas e inversiones en infraestructura que mejoren la resiliencia del uso del agua.

Además, proporcionará información valiosa sobre los hábitos de consumo de la categoría doméstica, facilitando una distribución de agua más equitativa y eficiente. Por último, alinear el consumo real con las normas OS del RNE garantizará que las prácticas de gestión del agua de Puno cumplan con los estándares nacionales, contribuyendo así, a la sostenibilidad general del desarrollo de la

ciudad de Puno. Esta investigación contribuye al creciente conocimiento sobre la gestión del agua urbana al proporcionar evidencia empírica que puede fundamentar la formulación de proyectos de ingeniería adecuados a consumos reales y a tomar las decisiones políticas para la asignación de recursos en entornos urbanos similares. Las investigaciones futuras deberían explorar los factores socioeconómicos que impulsan estos patrones de consumo, especialmente en las categorías con un número de usuarios en descenso y desarrollar modelos predictivos más precisos para orientar los ajustes de políticas y la planificación de infraestructuras.

Agradecimiento

Agradecimiento a la EPS, EMSA Puno, por compartirnos los datos de consumo en las diversas categorías y a la Escuela de Posgrado por el financiamiento de la presente investigación.

Contribución de autores

Conceptualización, Fernandez Sila G. N. (40%), Alfaro Alejo R. (30%), Mamani Paredes J. (30%); *Curación de datos*, Fernandez Sila G. N. (40%), Alfaro Alejo R. (30%), Mamani Paredes J. (30%); *Análisis formal*, Fernandez Sila G. N. (35%), Alfaro Alejo R. (35%), Mamani Paredes J. (30%); *Adquisición de fondos*, Fernandez Sila G. N. (40%), Alfaro Alejo R. (40%), Mamani Paredes J. (20%); *Participación en la investigación*, Fernandez Sila G. N. (35%), Alfaro Alejo R. (35%), Mamani Paredes J. (30%); *Metodología*, Fernandez Sila G. N. (35%), Alfaro Alejo R. (35%), Mamani Paredes J. (30%); *Administración del proyecto*, Fernandez Sila G. N. (40%), Alfaro Alejo R. (30%), Mamani Paredes J. (30%); *Recursos*, Fernandez Sila G. N. (50%), Alfaro Alejo R. (25%), Mamani Paredes J. (25%); *Software*, Fernandez Sila G. N. (35%), Alfaro Alejo R. (35%), Mamani Paredes J. (30%); *Supervisión*, Fernandez Sila G. N. (25%), Alfaro Alejo R. (25%), Mamani Paredes J. (50%); *Validación*, Fernandez Sila G. N. (40%), Alfaro Alejo R. (30%), Mamani Paredes J. (30%); *Visualización*, Fernandez Sila G. N. (40%), Alfaro Alejo R. (30%), Mamani Paredes J. (30%); *Redacción – borrador original*, Fernandez Sila G. N. (50%), Alfaro Alejo R. (25%), Mamani Paredes J. (25%); *Redacción – revisión y edición*, Fernandez Sila G. N. (35%), Alfaro Alejo R. (35%), Mamani

Paredes J. (30%). *El aporte total normalizado de los autores fue de:* Fernandez Sila G. N. (39.29%), Alfaro Alejo R. (31.07%) y Mamani Paredes J. (29.64%).

Referencias

- Ahmadi, M. S., Sušnik, J., Veerbeek, W., & Zevenbergen, C. (2020). Towards a global day zero? Assessment of current and future water supply and demand in 12 rapidly developing megacities. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102295. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102295>
- Ahmed, B. Y., Tolera, S. T., Temesgen, L. M., & Geremew, A. (2025). Domestic water consumptions and associated factors in rural household of Harari region, Eastern Ethiopia; A cross sectional study. *Frontiers in Public Health*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1395946>
- Ang, W. L., & Mansor, N. A. (2021). Understanding the Water Consumption Patterns in Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) for Water Conservation. In N. E. Alias, M. R. M. Haniffah, & S. Harun (Eds.), *Water Management and Sustainability in Asia* (Vol. 23, pp. 133–139). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/S2040-726220210000023019>
- Arellano, A., Benalcázar, N., Arias, G., & Ramírez, I. (2024). Demographic and Geographical Variations in Residential Drinking Water Consumption: A Case Study through Data Disaggregation in Ecuador. *Environment and Ecology Research*, 12(4), 456–466. <https://doi.org/10.13189/eer.2024.120410>
- Arslan, A., Titiz, İ. E., Gürcan, E. C., & Demir, A. (2024). Water Consumption Dynamics in Izmir: Analyzing Influences of District, Seasonality, and External Events. *2024 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ASYU62119.2024.10757161>
- Bergel, T., & Młyńska, A. (2021). Analysis of the Impact of the Air Temperature on Water Consumption for Household Purposes in Rural Households. *Journal of Ecological Engineering*, 22(3), 289–302. <https://doi.org/10.12911/22998993/132742>
- Bernabé-Crespo, M. B., Serrano, M. L. T., & Gómez-Espín, J. M. (2021). Gestión del abastecimiento de agua en una región semiárida: análisis del consumo de agua potable en el Campo de Cartagena–Mar Menor, sureste de España (2010–2019). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 88.
- Bich-Ngoc, N., Prevedello, C., Cools, M., & Teller, J. (2022). Factors influencing residential water consumption in Wallonia, Belgium. *Utilities Policy*, 74, 101281. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2021.101281>
- Borah, G. (2025). Urban Water Stress: Climate Change Implications for Water Supply in Cities. *Water Conservation Science and Engineering*, 10(1), 20. <https://doi.org/10.1007/s41101-025-00344-5>
- Calianno, M. (2020). The Analogues Method: Reproducing the Seasonality of Drinking Water Distribution in Mountain Tourist Resorts. *Revue de Géographie Alpine*, 108–1. <https://doi.org/10.4000/rga.6717>
- Dang, X., Li, L., & Fan, L. (2022). Spatiotemporal variation of household water consumption and coping strategies in water-stressed city of arid and semiarid Northwest China. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.922144>
- Davis, M. L. (2020). *Water and wastewater engineering: design principles and practice*. McGraw-Hill.
- Di Mauro, A., Cominola, A., Castelletti, A., & Di Nardo, A. (2020). Urban Water Consumption at Multiple Spatial and Temporal Scales. A Review of Existing Datasets. *Water*, 13(1), 36. <https://doi.org/10.3390/w13010036>
- Dias, T. F., & Ghisi, E. (2024). Urban Water Consumption: A Systematic Literature Review. *Water*, 16(6), 838. <https://doi.org/10.3390/w16060838>

- Dimkić, D. (2020). Temperature Impact on Drinking Water Consumption. *The 4th EWaS International Conference: Valuing the Water, Carbon, Ecological Footprints of Human Activities*, 31. <https://doi.org/10.3390/environsciproc2020002031>
- Eslamian, S. A., Li, S. S., & Haghighat, F. (2016). A new multiple regression model for predictions of urban water use. *Sustainable Cities and Society*, 27, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.003>
- Fullerton, T. M., White, K. C., Doyle Smith, W., & Walke, A. G. (2013). An empirical analysis of Halifax municipal water consumption. *Canadian Water Resources Journal*, 38(2), 148–158. <https://doi.org/10.1080/07017784.2013.792451>
- Grespan, A., Garcia, J., Brikalski, M. P., Henning, E., & Kalbusch, A. (2022). Assessment of water consumption in households using statistical analysis and regression trees. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104186. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104186>
- Haziq, M. A., & Panezai, S. (2017). *An empirical analysis of domestic water sources, consumption and associated factors in Kandahar city, Afghanistan*.
- He, F., & Tao, T. (2014). An Improved Coupling Model of Grey-System and Multivariate Linear Regression for Water Consumption Forecasting. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(4).
- Huaquisto Cáceres, S., & Chambilla Flores, I. G. (2019). Análisis Del Consumo De Agua Potable En El Centro Poblado De Salcedo, Puno. *Investigacion & Desarrollo*, 19(1), 133–144. <https://doi.org/10.23881/idupbo.019.1-9i>
- Hussien, W. A., Memon, F. A., & Savic, D. A. (2016). Assessing and Modelling the Influence of Household Characteristics on Per Capita Water Consumption. *Water Resources Management*, 30(9), 2931–2955. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1314-x>
- Ismail, A., Shalaby, A., & Khedr, A. A. (2024). Residential Water Consumption Patterns: A Theoretical Review. *Environmental Research, Engineering and Management*, 80(3), 8–31. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.80.3.36870>
- Kaushalya, G. N., Wijeratne, V. P. I. S., & Manawadu, L. (2020). Spatiotemporal Characteristics of the Domestic Water Consumption Patterns and Related Issues in Sri Lanka. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 10(8), 718–721. <https://doi.org/10.29322/IJSRP.10.08.2020.p10492>
- Medina-Rivas, C. M., Morales-Novelo, J. A., Rodríguez-Tapia, L., & Revollo-Fernández, D. A. (2025). Mexico city's decline in per capita domestic water use: a comprehensive spatial-temporal study. *Urban Water Journal*, 22(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2024.2423400>
- Morote, Á.-F., Olcina, J., Rico, A.-M., & Hernández, M. (2019). Water Management in Urban Sprawl Typologies in the City of Alicante (Southern Spain): New Trends and Perception after the Economic Crisis? In *Urban Science* (Vol. 3, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/urbansci3010007>
- Mousi, P., & Bhuvaneswari, V. (2021). Urban Water Consumption and its Influencing Factor Identification using Water Decision Support System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 822(1), 12050. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/822/1/012050>
- Muloiwa, M., Dinka, M. O., & Nyende-Byakika, S. (2022). Analysis of domestic water consumption in peri-urban South Africa: The case study of Thohoyandou in Limpopo province, South Africa. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 14(6), 1546–1559. <https://doi.org/10.1080/20421338.2021.1972504>
- MVCS. (2021). *Reglamento nacional de edificaciones*. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

- Niazmardi, S., Sadrykia, M., & Rezazadeh, M. (2023). Analysis of spatiotemporal household water consumption patterns and their relationship with meteorological variables. *Urban Climate*, 52, 101707. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101707>
- Obringer, R., Nateghi, R., Ma, Z., & Kumar, R. (2022). Improving the Interpretation of Data-Driven Water Consumption Models via the Use of Social Norms. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 148(12). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001611](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001611)
- Ong, C., Tortajada, C., & Arora, O. (2023). *Urban Water Demand Management*. Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-8677-2>
- Raja Ahmad, R. A., Samsudin, S., Azmi, N. A., & Md Yatim, N. H. (2024). Assessing and Modelling Domestic Water Consumption Behavior. *Information Management and Business Review*, 16(2(I)), 151–162. [https://doi.org/10.22610/imbr.v16i2\(I\).3776](https://doi.org/10.22610/imbr.v16i2(I).3776)
- Reis, R. P. A., Rocha, D. G., de Rezende, G. P., Campos, M. A. S., Basso, R. E., & Fioramonte, B. (2023). Influence of the number of residents and climatic factors on residential water consumption. *Water Supply*, 23(4), 1626–1640. <https://doi.org/10.2166/ws.2023.067>
- Roshan, A., & Kumar, M. (2020). Water end-use estimation can support the urban water crisis management: A critical review. *Journal of Environmental Management*, 268, 110663. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110663>
- Sarpong, K. A., & Amankwaa, G. (2022). Household behavioral intention, environmental habit and attitude related to efficient water management: an empirical analysis on pro-environmental behavior among urban residents. *H2Open Journal*, 5(3), 438–455. <https://doi.org/10.2166/h2oj.2022.014>
- Sborz, J., Cominato, C., Kalbusch, A., & Henning, E. (2024). Individualized metering and the influence of other endogenous and exogenous factors on water consumption in social housing. *AQUA – Water Infrastructure, Ecosystems and Society*, 73(12), 2259–2272. <https://doi.org/10.2166/aqua.2024.086>
- SENAMHI. (2022). *Datos Historicos de Clima del Peru*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.
- Shammas, N. K., & Wang, L. K. (2015). *Water Engineering: Hydraulics, Distribution and Treatment*. Wiley.
- Shimmi, O. (1980). Analysis of residential water demand in the Ashida river basin, Japan. *Geographical Review of Japan*, 53(6), 375–388. <https://doi.org/10.4157/grj.53.375>
- Stavenhagen, M., Buurman, J., & Tortajada, C. (2018). Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe. *Cities*, 79, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.03.008>
- Tesfay Abraha, A., Assefa Woldeamanuel, T., & Gebremariam Beyene, E. (2024). Tracking and tracing water consumption for informed water sensitive intervention through machine learning approach. *Npj Clean Water*, 7(1), 28. <https://doi.org/10.1038/s41545-024-00309-6>
- Tirumala, R. D., & Tiwari, P. (2022). Household expenditure and accessibility of water in urban India. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49(8), 2072–2090. <https://doi.org/10.1177/23998083221080178>
- Zeroual, M., Hani, A., & Boustila, A. (2021). Assessing domestic factors determining water consumption in a semi-arid area (Sedrata City) using artificial neural networks and principal component analysis. *Journal of Water and Land Development*, 219–228.
- Zevi, Y., Fatimah, W. M., Ramdani, Y., Habibullah, M. Y., & Mursyida, N. (2022). Estimating household water consumptions in the Bandung Metropolitan area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*,

1065(1), 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1065/1/012037>

Zhang, M., Li, Z., Chen, G., & Li, F. (2024). Land Use Changes and Spatiotemporal Distribution of Domestic Water Consumption in the Northern Slope of Tianshan Mountains. *Water*, 16(21), 3037. <https://doi.org/10.3390/w16213037>

Zúñiga, M. G., Avilés, M., Lamiña, A., & Izurieta, C. (2024). Estudio del comportamiento del consumo horario residencial de agua potable en el cantón Guano parroquia el Rosario. *Revista Digital Novasineria*, 7(2), 18–35. <https://doi.org/10.37135/ns.01.14.02>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY) International License <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>