

Comportamiento e indicadores en el consumo de agua potable

Luis Diego Guzmán-Guillen, Departamento de Metrología Física. LACOMET, Costa Rica. Email: lguzman@lcm.go.cr

Resumen

Este artículo presenta un análisis del comportamiento del consumo de agua potable para 58 países y selecciona indicadores que pueden ser utilizados en una métrica del consumo de agua.

Palabras clave: consumo de agua per cápita, consumo estándar de accesorios.

1. Introducción

El consumo de agua potable se encuentra correlacionado directamente a múltiples factores que hacen variar la cantidad de agua apta para el consumo humano que utiliza una persona. Estos factores son analizados en diversos artículos, entre los cuales se pueden citar: factores culturales, la disponibilidad de suministro, el estrato socioeconómico, la cantidad de miembros cohabitando el hogar, el tipo de hogar (urbano o rural), entre muchos otros factores [1]. Adicionalmente, el consumo de agua está inversamente relacionado con la lluvia y positivamente relacionado con la temperatura [2]; afectado por la estación del año, que puede variar según la zona geográfica en cuatro estaciones o dos estaciones en otras, (ejemplo de lo último es Costa Rica, que cuenta con estación seca y estación lluviosa, afectado por fenómenos como el niño o la niña).

Este estudio busca analizar el comportamiento del consumo de agua entre 58 países, los cuales presentan diferencias en los factores correlacionados con el consumo del

agua y los cuales fueron mencionados anteriormente. El método utilizado para recopilar dicha información fue la investigación bibliográfica, utilizando datos provenientes de entidades de gobierno, artículos científicos, estadísticas nacionales e internacionales entre otros, según su disponibilidad.

Es importante señalar que, debido a la falta de homologación en la metodología para determinar el consumo de agua, los datos estadísticos recopilados pueden diferir en aspectos metodológicos como el año de reporte, la técnica de muestreo, el tamaño de la muestra, entre otros.

Se espera que los resultados del presente artículo puedan ser utilizados para establecer indicadores y un marco de referencia que permita determinar potenciales posibilidades de ahorro en el consumo de agua potable y una base para la generación de una métrica y objetivos a plazo definido.

2. Consumo diario per cápita de agua potable

El primer dato estadístico seleccionado fue el consumo de agua potable por persona por día.

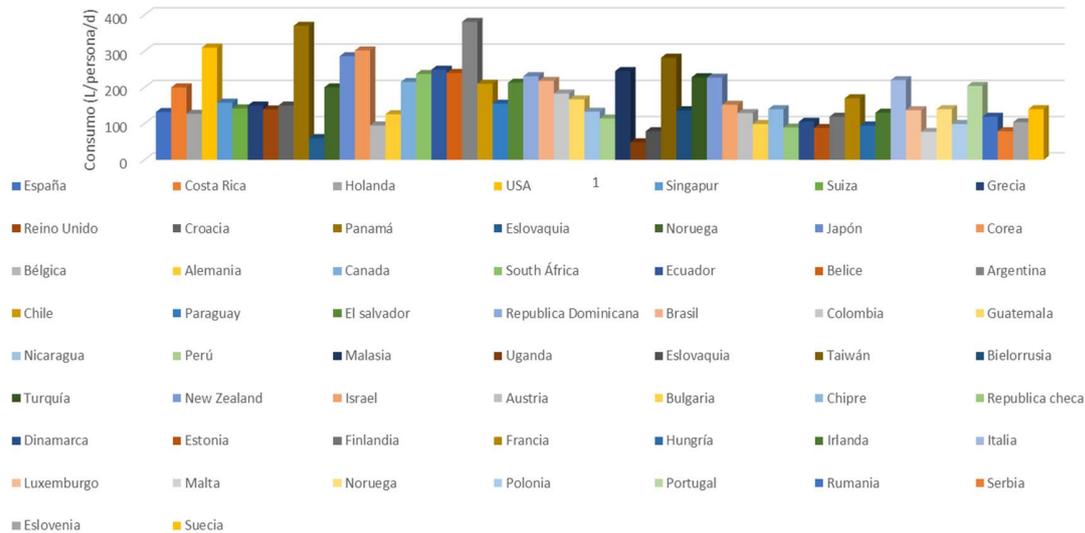


Figura 1. Consumo de agua potable para 58 países distintos en L/(persona d).

Para este indicador, las unidades utilizadas fueron litros por persona por día (L/(persona d)). En la Figura 1 se muestra el resumen del consumo de agua diario por persona de los 58 países seleccionados en el estudio [3, 4, 5].

Con el fin de determinar el mejor estimador del consumo y su dispersión, inicialmente se agruparon los datos en clases de igual tamaño. Al hacer un análisis estadístico exploratorio inicial a este conjunto de datos, con la prueba de asimetría estandarizada se genera un valor de 0,85; esto indica que el conjunto de datos presenta una asimetría hacia la izquierda. Adicionalmente, una prueba de curtosis muestra un valor de 0,53; lo cual reafirma la indicación de que los datos tienen un

comportamiento con una cola superior más pesada con respecto de la curva de comportamiento normal. Esto es evidenciado de manera visual en el histograma de la Figura 2. Seguidamente, para determinar la distribución de probabilidad que mejor representa la serie de datos, se utilizó la prueba de bondad de ajuste mediante la técnica de Anderson Darling realizada mediante el software Minitab, cuyos resultados son mostrados en la Figura 3, para dos distribuciones de probabilidad distintas. La Figura 3.a indica que para el comportamiento normal el valor p es menor que el valor de significancia estadística definido en 0,05 %, con lo cual se puede descartar esta distribución definitivamente, mientras que en la Figura 3.b, la prueba indica que el comportamiento descrito por una

distribución de probabilidad gamma no queda rechazado, ya que el valor p tiene un valor más alto que el valor de significancia estadística definido en 0,05 %.

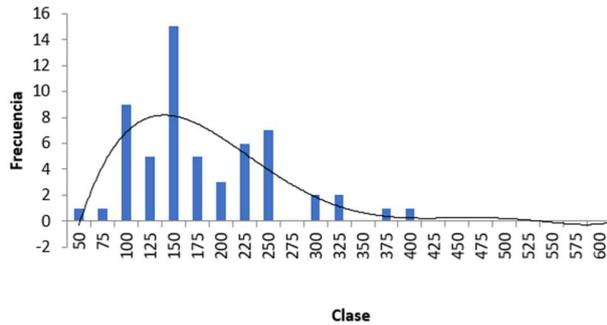


Figura 2. Histograma para los datos agrupados del consumo de agua para 58 países, en L/(persona d).

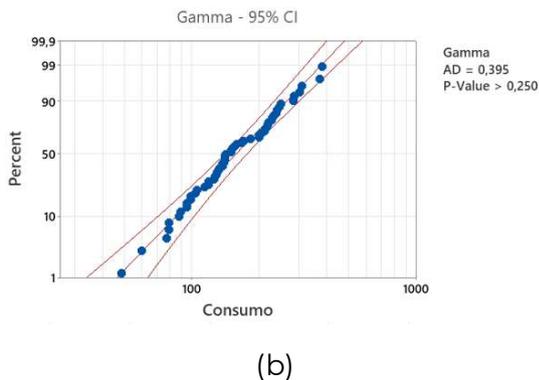
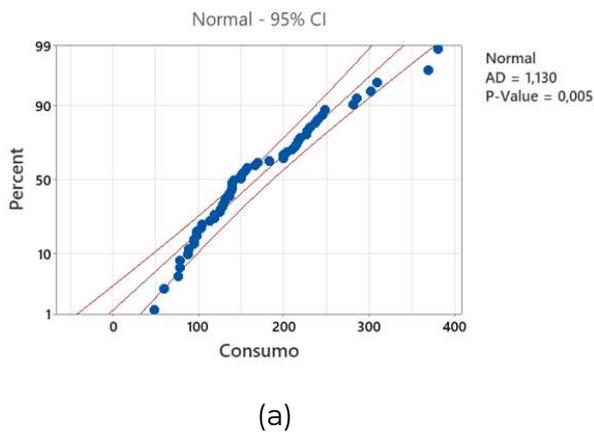


Figura 3. Pruebas de Anderson Darling para (a) función de distribución normal y (b) función de

distribución gamma, para el conjunto de datos agrupados del consumo de agua diario per cápita de 58 países.

La distribución gamma es utilizada para modelar comportamientos físicos que toman valores positivos, también al tomar en cuenta los resultados de las pruebas anteriores, se seleccionó esta distribución como la que mejor se ajusta al comportamiento de los datos.

Finalmente, para la serie de datos de consumo se utiliza la mediana como el mejor estimador central para esta distribución asimétrica, la cual tiene un valor de 150 L/(persona d), con un intervalo de variación entre -60 % y +166.7 %, para una cobertura de confianza del 95 %. Lo anterior, estimado con el método de Monte Carlo mediante la máquina de incertidumbre del Nist [6] , los resultados son mostrados en el Cuadro I. Con este análisis se puede expresar de mejor manera la incertidumbre (en intervalos) para un comportamiento asimétrico y establecer la mediana como el mejor estimador que se separa en 19 L/(persona día) por debajo del promedio.

En comparación, el mejor estimador central calculado por este método es menor que el consumo de agua potable estimado para Costa Rica, según la “Guía práctica para el uso eficiente del agua en el sector público” (200 L/(persona d)) [7], y superior a la recomendación de la OMS para cubrir las necesidades

básicas y de salud (entre 50 L/(persona d) y 100 L/(persona d)) [8].

CUADRO I
Resultado Método Monte Carlo
para el consumo de agua para 58
países

Descripción	Valor L/(persona d)
Promedio	169
Mediana	150
Desviación típica	73.5
Límite inferior incertidumbre	60
Límite superior incertidumbre	400

3. Consumo diario per cápita de agua potable por actividad

El segundo dato estadístico seleccionado es el consumo diario per cápita de agua potable por actividad. Para este indicador las unidades utilizadas son nuevamente L/(persona d). Los datos son provenientes de 12 estudios, y 6 ciudades y sitios del mundo [5], [11], [14]].

En el Cuadro II se resumen los valores promedio correspondientes a este indicador para diferentes actividades,

de manera porcentual. Se asume una distribución T al ser realizada con una menor cantidad de datos disponibles. Seleccionando de la información 5 distintas actividades o accesorios de mayor uso en el hogar.

Estos corresponden al uso de la ducha, el inodoro, los grifos, el lavado de ropa y las fugas [5], [6], [7] . La dispersión de los datos se estimó como la desviación estándar muestral con un factor de cobertura del 95 % de probabilidad.

CUADRO II
Consumo de agua potable
porcentual por actividad

Actividad	Valor (%)
Ducha	(27,0 ± 4,6)
Inodoro	(23,0 ± 3,2)
Grifo	(16,8 ± 2,9)
Fugas	(10,4 ± 4,7)
Lavado ropa	(17,7 ± 2,4)
Otros	(5,1 ± 0,8)

Basado en los resultados del mejor estimador para el consumo diario per cápita de agua potable para los 58 países y los datos del consumo diario per cápita de agua potable porcentual por actividad (o accesorio), es posible estimar el consumo volumétrico diario per cápita por

actividad (o accesorio) y la incertidumbre estimada con el método de Monte Carlo [6] y expresado en forma de intervalo para una probabilidad del 95 %, el cual es mostrado en el Cuadro III.

CUADRO III
Consumo volumétrico diario per cápita de agua potable por actividad

Actividad	Consumo (L/persona d))	Límite inferior incertidumbre (%)	Límite superior incertidumbre (%)
Ducha	40,4	-75,3	172,0
Inodoro	34,5	-68,2	160,6
Grifo	25,2	-62,7	144,3
Fugas	15,6	-100,0	226,9
Lavado ropa	26,5	-68,7	160,4
Otros	7,7	-100,0	159,7

4. Estándares de accesorios

El Cuadro IV muestra estándares de consumo de agua potable para diversos accesorios bajo condiciones estándar [12], [13], estos son accesorios

de la instalación mecánica de agua potable dentro del hogar. Estos datos, al ser comparados con el indicador de consumo de agua potable por actividad, permiten generar algunas conclusiones y patrones de consumo.

CUADRO IV
Estándares de consumo en accesorios.

Accesorio	Consumo	Unidad
Ducha normal	9,46	L/min
Ducha alta eficiencia	7,57	L/min
Orinal Norma	3,80	L/descarga
Orinal alta eficiencia	0,50	L/descarga
Inodoro normal	6,00	L/descarga
Inodoro alta eficiencia	3,80	L/descarga
Lavadora ropa normal	87,06	L/ciclo
Lavadora ropa alta eficiencia	49,21	L/ciclo

Por ejemplo, al tomar el accesorio de mayor consumo, en este caso la ducha, una persona que dure 4,2 min al día, consume un volumen igual al promedio de agua utilizada para los 58 países por día. Pero al valorar el límite superior de incertidumbre del consumo en este accesorio puede utilizarse hasta 11.5 minutos en promedio, utilizando hasta 110 L de agua al día por persona. Esta variabilidad de tiempo permite ahorrar si se efectúan cambios de comportamiento en el uso del recurso.

Al igual si se toma el accesorio con el segundo mayor consumo, para este caso el inodoro, la cantidad promedio utilizada es de 38,8 L de agua para los 58 países, que representan aproximadamente 6 descargas en un inodoro normal al día. Pero si se utiliza un inodoro de alta eficiencia se puede disminuir el consumo aproximadamente en 12 L de agua por persona, con igual cantidad de 6 descargas al día. Esto equivale aproximadamente a un 31 % de ahorro. Caso similar presentado en orinales y máquinas de lavado de ropa.

5. Conclusiones

- Se evidenció una alta dispersión en el consumo diario per cápita de agua, lo cual evidencia grandes diferencias entre los países de mayor consumo con los de menor. Esta alta dispersión con asimetría hacia la izquierda indica una mayor cantidad de países consumiendo por debajo del mejor estimador y una menor cantidad de países consumiendo por arriba de éste.
- Costa Rica presenta un consumo de agua más alto que la mediana de los 58 países considerados en el presente estudio.
- El indicador de consumo de agua por actividad muestra los puntos de mayor consumo (duchas e inodoro) y que inicialmente se pueden enfocar planes de ahorro de agua para generar una disminución notable en el consumo.
- Algunos cambios de comportamiento de los usuarios sumado a la utilización de accesorios de alta eficiencia puede generar ahorros importantes de agua.

6. Referencias

- [1] G. Ramírez, G. Soto, L May, B. Acosta and F. Sánchez. “Estimación de los factores y funciones de la demanda de agua potable en el sector doméstico en México” octubre 2012
- [2] Jiménez, D. Cossío, D. Orrego, S. Vázquez, F. Ponce. R. “Efecto de la variabilidad climática sobre la demanda de agua para uso residencial urbano: el caso de la ciudad de Manizales, Colombia”. 2017
- [3] “The government of the water services in Europe,” 2020.
- [4] C. Garcimartin, J. Astudillo and O. Garzonio, “El agua en la economía de Panamá”. Departamento de Países de Centroamérica y República Dominicana. Abril 2020
- [5] W. Deoreo, P. Meyer and J. Kiefer. “Residencial end uses of the water Version2,” Water Research Foundation. 2016.
- [6] National Institute of Standard and Technology. “Nist uncertainty Machine”, Octubre 2023. [en línea]. Disponible en: <https://uncertainty.nist.gov/>
- [7] C. Andrés; “Guía práctica para el uso eficiente del agua en el sector público costarricense”.
- [8] Organización de las Naciones Unidas, “The Human Right to Water and Sanitation” 2010 .
- [11] N. Hosoi, T. Horii, K. Sato. “Clarification of the actual condition of water use classified by purpose at home in Tokyo by water amount measurement” Bureau of Waterworks. 2015
- [12] Instituto de normas técnicas de Costa Rica, “INTE C171:2016”. Disponible en <https://erp.inteco.org/blog/noticias-2/hogares-ticos-consumen-mas-agua-que-resto-de-centroamericanos-146>.
- [13] “Water Efficiency Management Guide Residential Kitchen and Laundry,” Environmental Protection agency. Noviembre 2017.
- [14] “High-Efficiency Lavatory Faucet Specification Supporting Statement” Environmental Protection agency. Octubre 2007.