

Un estudio del consumo de agua residencial urbana:

EL CASO DE HERMOSILLO, SONORA¹

A STUDY OF URBAN RESIDENTIAL WATER CONSUMPTION:

The case of Hermosillo, Sonora

UM ESTUDO DO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL URBANA:

O caso de Hermosillo, Sonora

Arturo Ojeda-de la Cruz

ojeda@dicym.uson.mx

Jesús Quintana-Pacheco

quintana@dicym.uson.mx

Fernando García-Arvizu

fergarcia@pitic.uson.mx

Recibido: 24 de abril de 2014

Aprobado: 2 de octubre de 2015

<http://dx.doi.org/10.15446/bitacora.v26n1.43134>

Resumen

En el artículo se presenta una parte de la investigación sobre el consumo de agua doméstica en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. Se expone aquí la metodología y los resultados del estudio transversal desarrollado en el verano de 2012, en donde prevaleció un suministro intermitente de agua potable (agua por horas) a los habitantes y demás sectores de la ciudad. Se efectúa un muestreo probabilístico estratificado para recolectar la información de una muestra de viviendas aplicándose un proceso estadístico de análisis de correlación y regresión multivariada a partir de mínimos cuadrados ordinarios, para obtener las variables que inciden en el consumo de agua residencial. De esto resultaron seis variables influyentes en el consumo de agua a nivel de la vivienda.

Palabras clave: suministro de agua, vivienda, población, modelo, consumo de agua.

Abstract

A section of the research concerning domestic water consumption in the city of Hermosillo, Sonora, Mexico, is presented. Presented here a methodology and results of the cross study developed in the summer of 2012, in which prevailed an intermittent supply of drinking water (for hours) to residents and other sectors of the city. Stratified probability sampling to collect information from a sample of households applying a statistical process correlation analysis and multivariate regression by OLS to get the variables that influence residential water consumption, resulting in six influential variables is performed in water consumption at household level.

Keywords: water supply, house, population, pattern, water consumption.

Resumo

Uma seção do inquérito sobre consumo doméstico de água na cidade de Hermosillo, Sonora, México, é apresentado. Apresentamos aqui uma metodologia e os resultados do estudo transversal desenvolvido no verão de 2012, em que prevaleceu um fornecimento intermitente de água (por horas) potável para os moradores e outros setores da cidade. amostragem probabilística estratificada para coletar informações a partir de uma amostra de domicílios aplicando uma análise de correlação de processos estatísticos e de regressão multivariada por OLS para finalmente chegar as variáveis que influenciam o consumo de água residencial, resultando em seis variáveis influentes é realizada no consumo de água a nível doméstico.

Palavras-chave: abastecimento de água, habitação, população, teste padrão, o consumo de água.

¹ Esta investigación fue financiada por la Universidad de Sonora.

Introducción

México presenta una gran variedad de climas, clasificándose estos como áridos en el norte y en el noroeste del territorio, cálido, húmedo y subhúmedos en el sur y en el sureste, y fríos o templados en las regiones geográficas elevadas (INEGI, 2010).

La temporada de lluvias en la mayor parte del territorio nacional se presenta generalmente entre junio y octubre. En las regiones áridas y semiáridas del país las precipitaciones anuales son menores a los 500 mm, mientras que en el sureste superan los 2.000 mm por año. El clima, la ubicación geográfica y el relieve inciden directamente en la disponibilidad del recurso hídrico. La disponibilidad natural de agua per cápita anual en México muestra una tendencia a la baja: en 1950 la media era de 18.035 m³/habitante, en 1995 pasó a 5.011 m³/habitante y en 2010 a 4.422 m³/habitante (Comisión Nacional del Agua, 2012).

En México la actividad humana que demanda el mayor consumo de agua es la labor agrícola, con un 74% del total del recurso hídrico disponible (Comisión Nacional del Agua, 2010). Sin embargo, aunque el consumo de agua para usos urbanos, incluyendo las actividades industrial y comercial es menor, tiene un gran impacto en la estrategia de gestión por su relevancia en el desarrollo económico y en la formación de hábitos de consumo (Monforte García, Aguilar Benítez y González Gaudiano, 2012). En el estado de Sonora también se da una distribución dispereja del uso de los recursos hídricos: el 93% del agua total disponible se utiliza en el sector agrícola y un escaso 5% en el sector doméstico (CEA, 2008).

El objetivo del presente trabajo es obtener las variables más influyentes en el consumo de agua doméstica urbana bajo una situación predominante de escasez de agua en la región donde se localiza el estudio. El trabajo forma parte de una investigación realizada en el verano de 2012, año en que se desarrolló un plan de suministro intermitente de agua (agua por horas) para todo tipo de usuario en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.

Zona de estudio

El estado de Sonora está situado en la región noroeste de México y es la porción más árida del territorio nacional, la cual, es conocida como el Desierto de Sonora, desierto que se localiza en los estados de Arizona y California en el sur de Estados Unidos de América y en los estados de Baja California y Sonora en México (INEGI, 2010). La ciudad de Hermosillo es la capital del estado de Sonora, se ubica en la parte central-poniente de la planicie costera del estado a 210 metros sobre el nivel del mar y se encuentra geográficamente a 29° 06' de latitud norte y 110° 58' de longitud oeste. El municipio ocupa el 8.70% de la superficie del territorio estatal (véase la Figura 1).

La mayor parte de la población de Hermosillo ha padecido *stress hídrico* de manera recurrente. En 1998, 1999 y 2005 el organismo operador Agua de Hermosillo (AGUAH) implementó diferentes planes de tandeo de agua (Pineda, 2006) y a partir del mes de enero de 2010 inició un programa de "racionalización" que consistió en prestar el servicio de abastecimiento de agua por sólo ocho horas al día (Ojeda de la Cruz, 2011). Dicho plan continuó durante 2011 y 2012, concluyendo en la primavera de 2013.

Esta problemática en la escasez del agua es una muestra de que la situación hídrica en la cuenca del río Sonora, donde se localiza la zona de estudio, ha cambiado su dinámica de aportaciones del líquido vital debido a que los escurrimientos de agua han dejado de ser constantes y cuantiosos por un periodo prolongado de estiaje: 15 años.

Arturo Ojeda-de la Cruz

Doctor en filosofía con orientación en Asuntos Urbanos por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Profesor Investigador Titular del Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora. Profesor en Ingeniería Civil y en el posgrado de Desarrollo Sustentable. Miembro del cuerpo académico *Gestión urbana*. Sus líneas de investigación son la gestión sustentable de los servicios urbanos y el análisis urbano.

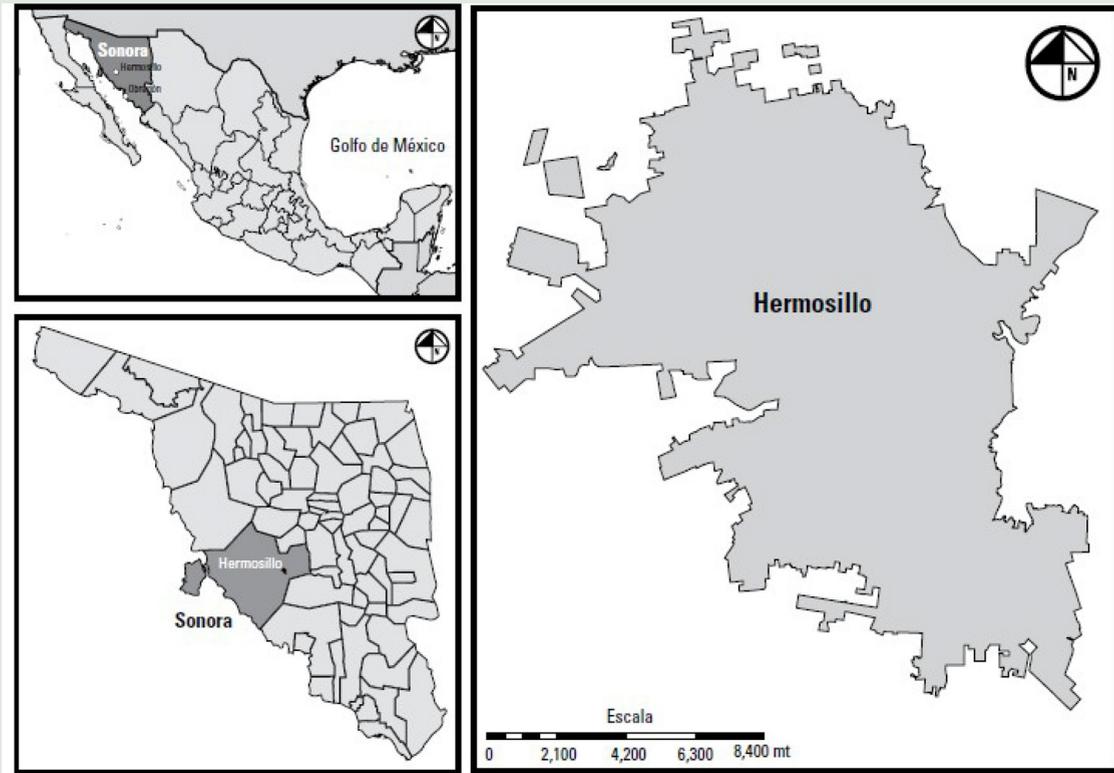
Jesús Quintana-Pacheco

Doctor en Gestión y Valoración Urbana y Arquitectónica de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, España. Profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Minas, coordinador del posgrado en Ingeniería Civil. Miembro del cuerpo académico *Gestión urbana*. Sus líneas de trabajo son la valoración urbana y la gestión sustentable de los servicios urbanos.

Fernando García-Arvizu

Candidato a Doctor en Ingeniería Civil: Construcción en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Caminos Canales y Puertos, de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Es profesor del Departamento de Ingeniería Civil y Minas de la Universidad de Sonora. Es miembro del cuerpo académico *Gestión urbana* y su línea de investigación es la gestión de riesgos.

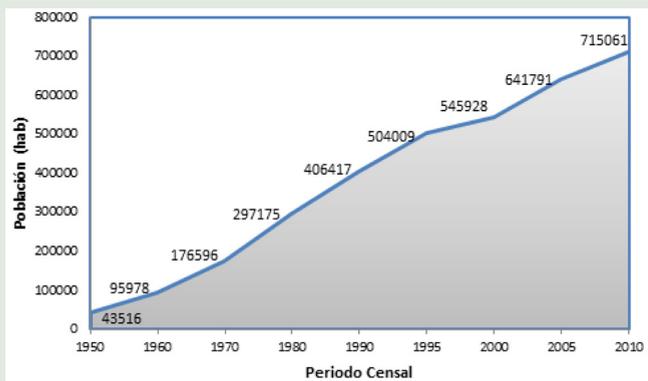
Figura 1. Localización geográfica de la zona de estudio



Fuente: Ojeda de la Cruz, Narváez Tijerina y Quintana Pacheco (2014).

En 1950 Hermosillo contaba con 43.516 habitantes, luego, al presentarse una tasa de crecimiento del 8.2% en el periodo de 1950 a 1960, se generó un repunte importante en la población al final del año 1960. La Figura 2 indica un crecimiento constante de la población en las décadas de 1980 y 1990, y entre 1990 y 1995, presentando tasas elevadas de crecimiento de 3.18% y 4.2% respectivamente, las cuales, llegaron a sobrepasar la media nacional. En 2010 la población total en la ciudad de fue de 715.061 habitantes.

Figura 2. Crecimiento población en la ciudad de Hermosillo.



Fuente: Elaboración propia con base en los datos censales de INEGI (2010).

Dicho crecimiento llevó a la construcción de viviendas denotando con ello una mayor extensión territorial debido al crecimiento horizontal que prevalece en la zona urbana y, a la vez, ha genera-

do un mayor requerimiento de recursos económicos para que el organismo operador Agua de Hermosillo (AGUAH) pueda prestar el servicio de agua a quienes residen en la ciudad. Esto también ha provocado una mayor presión social en el consumo de agua doméstica urbana y de otros servicios básicos.

Estado del arte

Existe una amplia literatura referente al consumo de agua en zonas urbanas en distintas partes del mundo. Kolokytha, Mylopoulos y Mente (2002) realizaron un estudio concerniente al abastecimiento de agua en la ciudad de Thessaloniki, Grecia, en el cual, aplicaron una encuesta en una muestra aleatoria de 2.171 hogares sobre la confiabilidad del servicio, la demanda de agua y las políticas tarifarias. Los resultados señalaron que existe un bajo nivel de aceptación del sistema de abasto pues los usuarios utilizan sus propios depósitos de agua y, la mayoría, prefiere el agua embotellada porque desconfía del agua que sale directamente del grifo. De otra parte, los encuestados piden mayor información acerca de las políticas y los problemas del agua.

Manzungu y Machiridza (2005) adelantaron un estudio en la ciudad de Harare, Zimbabwe, cuyo objetivo fue determinar la posibilidad de implementar la gestión de la demanda de agua a nivel de la vivienda en un estudio enfocado en áreas residenciales de diferentes estratos socio-económicos y densidad demográfica. Aplicaron una encuesta para levantar datos de temas relativos a

la infraestructura física, la disponibilidad de información general sobre la gestión de la demanda, la función de las tarifas de agua, la participación pública y la institucionalización de técnicas de ahorro del agua. Por su parte, Domene y Saurí (2006), realizaron una investigación referente al incremento de la urbanización y el consumo de agua residencial en la Región Metropolitana de Barcelona y, para ello, aplican una encuesta a 532 hogares para evaluar la influencia de factores en el consumo de agua residencial como el tipo de vivienda, el tamaño del hogar y el comportamiento del consumidor.

Randolph y Troy (2008) hicieron una investigación en el área metropolitana de Sydney cuyo propósito era explorar la manera en que el consumo de agua está influido por el comportamiento y las actitudes de los consumidores, por el equipamiento usado para el consumo de agua en los diferentes tipos de vivienda y por el rango de los precios. Para conocer las diferentes opiniones de los habitantes sobre el uso del agua, sus actitudes y medidas de conservación, los autores aplicaron una encuesta en 2.174 viviendas en un muestreo estratificado. De otra parte, Harlan et al. (2009) estudiaron cómo el efecto de los altos niveles de ingreso económico en el hogar inciden en el comportamiento del consumo de agua doméstica en Phoenix, Arizona.

En este mismo sentido, Barberán y Salvador (2010) desarrollaron una investigación sobre el consumo de agua en los hogares de la ciudad de Zaragoza, España, con el propósito de mejorar el conocimiento de los factores que afectan dicho consumo y contribuir a las políticas de gestión de la demanda. Para ello, aplicaron una encuesta en 405 viviendas. A su vez, Shearer (2010) creó un modelo del uso del agua doméstica en Queensland, Australia, con base en un estudio que incluyó una encuesta con un muestreo tipo probabilístico.

March y Saurí (2010) realizaron un estudio en la Región Metropolitana de Barcelona para examinar la influencia de los factores demográficos, socioeconómicos y climáticos en el consumo de agua doméstico. Utilizaron un modelo de regresión lineal múltiple. Mientras que Wentz et al. (2013) desarrollaron un estudio en Tempe, Arizona, cuyo propósito fue determinar los factores influyentes en el consumo de agua residencial en viviendas multifamiliares. Para cuantificar dichas variables aplicaron un análisis estadístico multivariado mediante modelos de regresión múltiple.

Metodología

Para realizar este estudio se aplicó una encuesta a nivel de la vivienda a una muestra representativa en la zona urbana de Hermosillo para conocer las características del servicio de agua que reciben, las preferencias en su uso, la problemática de escasez y las medidas de conservación que utilizan. Posteriormente, se aplicaron técnicas estadísticas ordinarias de análisis multivariado para conocer los determinantes del consumo de agua doméstica, para obtener un modelo del consumo de agua que represente a Hermosillo.

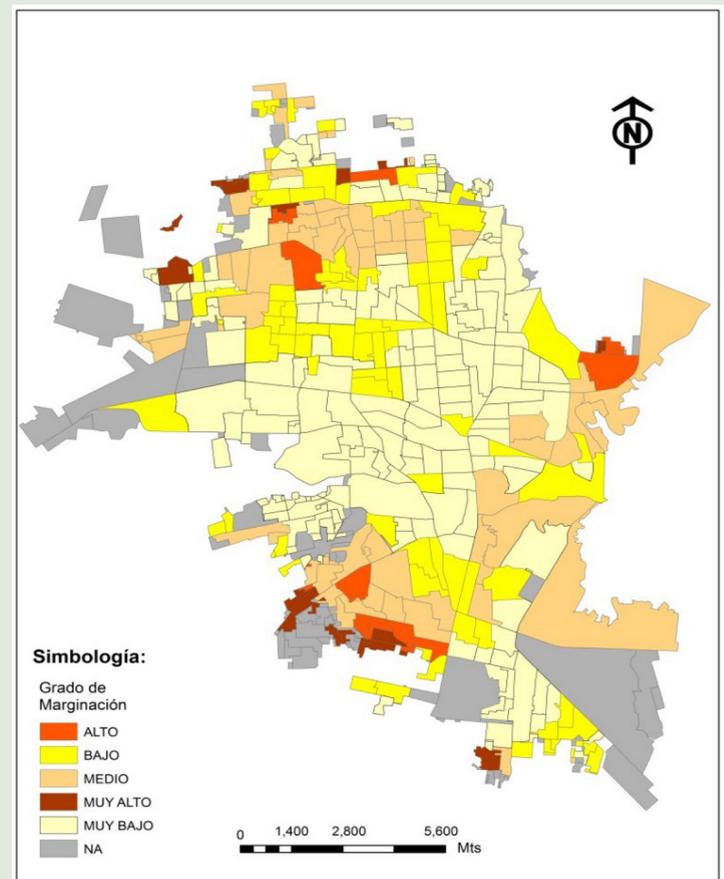
Tamaño y distribución de la muestra

De acuerdo con el censo poblacional de 2010 (INEGI, 2010), Hermosillo tiene 245.073 viviendas registradas. El tamaño de la muestra tuvo en cuenta el valor para determinar la población universo (N) de este estudio. La muestra fue del tipo probabilística y se consideró un 95% del nivel de confianza, una probabilidad de ocurrencia de 0.05 y un error de muestreo del 5%. Para minimizar el error de muestreo, se incrementó un 10% el tamaño de la muestra, la cual, fue de 422 viviendas.

Para fines censales, en 2010, la ciudad de Hermosillo se concibe digitalmente en una cartografía de 500 Áreas Geo Estadísticas Básicas (AGEB), las cuales, sirven para integrar los indicadores censales que obtiene el INEGI en sus procesos. Esta información se tuvo en cuenta para el marco muestral del estudio, al igual que la información relativa a la distribución geográfica del grado de marginación por AGEB que establece el Consejo Nacional de Población (CONAPO) para el mismo año. Esta planificación existe para todas las localidades urbanas del país.

Al utilizar sistemas de información geográfica con ArcGis 9.3 fue posible replicar el mapa de distribución geográfica del grado de marginación (véase la Figura 3), lo cual, fue elemental en el momento de efectuar la distribución de las encuestas que conformaron la muestra.

Figura 3. Distribución espacial del grado de marginación



Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO (2010) e INEGI (2010).

Las AGEB indicadas con la leyenda “NA” (No aplica) corresponden a zonas con terrenos desocupados, comerciales y/o industriales en donde no existen viviendas. Las encuestas de este sector denominado NA fueron relocalizadas en los sectores con un grado de marginación “Muy bajo”, “Bajo” y “Medio” de manera proporcional a la población que contiene cada uno de esos sectores y sus respectivas AGEBS.

Definida la planificación del marco muestral, se procedió a distribuir la muestra considerando el total de 500 AGEBS y partiendo, a su vez, del número global de 422 encuestas obtenidas previamente (véase la Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de la muestra por sector y AGEB

| Grado de marginación por sector | Número de AGEBS | Porcentaje (%) | Número de encuestas por sector geográfico |
|---------------------------------|-----------------|----------------|---|
| Muy alto | 22 | 4.4 | 18 |
| Alto | 15 | 3 | 13 |
| Medio | 72 | 14.4 | 61 |
| Bajo | 87 | 17.4 | 73 |
| Muy bajo | 181 | 36.2 | 153 |
| NA | 123 | 24.6 | 104 |
| TOTAL: | 500 | 100 % | 422 |

Fuente: elaboración propia con base en CONAPO (2010).

Concluida la distribución, se procedió a realizar la asignación de encuestas a nivel de la manzana y a nivel de la vivienda. Para ello, fue necesario consultar nuevamente la cartografía digital en Arc-Gis e identificar el número de manzanas que conforman las AGEB. Luego se utilizó el criterio de números aleatorios para determinar las manzanas y las viviendas que harían parte del estudio. El cuestionario tenía un total de 62 preguntas, todas, con excepción de la última, eran de opción múltiple y el tiempo promedio de aplicación de la encuesta fue de 14 minutos.

La encuesta tenía cuatro secciones en las que se preguntaba sobre las características básicas de la vivienda, las características básicas de las personas que residen en el hogar, los costos originados por el uso del agua y los hábitos de consumo de agua. La respuesta a la pregunta referida al consumo de agua provino directamente de la factura del agua proporcionada por el encuestado. La última pregunta se dejó abierta para conocer las acciones que realiza el usuario para ahorrar agua en el hogar.

La información recolectada se organizó en una base de datos teniendo en cuenta 45 variables. Para ello, se utilizó el software PASW18, conocido como SPSS18.

Análisis estadístico

Concluida la recolección de la información y su inserción en la base de datos, se procedió a la aplicación de técnicas de análisis estadístico para la obtención del modelo de consumo de agua. La estadística aplicada fue el análisis de frecuencias, el análisis de correlación de variables y el análisis de regresión multivariado.

El análisis de frecuencia arroja información del número de repeticiones de un fenómeno o suceso periódico. El análisis de correlación de variables proporciona el grado de relación que existe entre las variables catalogadas como independientes con la variable dependiente: consumo de agua. Por último, el análisis de regresión múltiple permite conocer cuáles de las variables que mostraron asociación pueden explicar la variabilidad de la variable dependiente.

Análisis de correlación y regresión múltiple

Se buscó la relación entre la variable dependiente (consumo de agua) con el grupo de variables independientes a través del valor de coeficiente de correlación. Para conseguir ese propósito, en principio fue necesario revisar la normalidad de la variable dependiente. Este paso considera verificar la situación de posibles datos atípicos (*outliers*), los cuales, pueden alterar de alguna manera el resultado. Una forma de identificar la presencia de tales datos es utilizando el diagrama de cajas (*boxplot*), una herramienta gráfica de la estadística descriptiva que detecta ese posible escenario.

En el presente estudio, se evidenció la presencia de *outliers* en la variable dependiente y en dos variables independientes (número de baños y número de habitantes en la vivienda). La solución fue aplicar una transformación logarítmica (Ln) en esas variables. Posteriormente, se revisó la significancia estadística para la variable dependiente por medio de la prueba de Kolmogorov Smirnov, la cual, permite medir el grado de concordancia entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución teórica (distribución de probabilidad normal). Para asegurar significancia estadística, el *p-valor* debe ser mayor que 0.05 (5%) y de esta manera se puede atestiguar que la distribución es normal.

Cumpléndose esto, se procedió a revisar la correlación entre las variables independientes y la variable dependiente, y posteriormente, el análisis de regresión lineal múltiple aplicando el criterio de mínimos cuadrados ordinarios y también el criterio paso a paso (*stepwise*).

La ecuación general del modelo teórico de regresión aplicado es la siguiente:

Donde:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 \dots + B_n X_n + \epsilon$$

Y = variable dependiente a explicar (consumo de agua)

X₁, X₂, ... X_n = variables independientes

B₀ = coeficiente o constante

B₁ = coeficientes que acompañan a la variable independiente

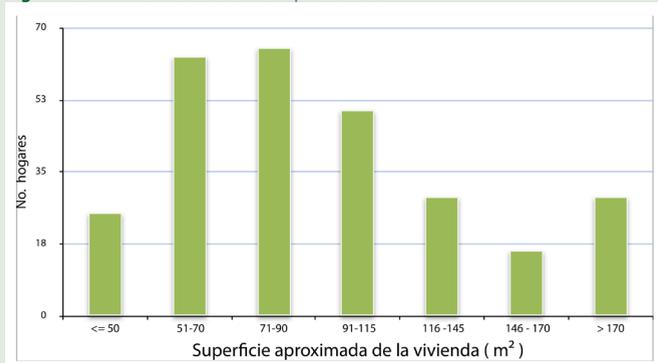
ε = error o residuales (diferencia, de valores predichos y observados)

Resultados

Distribución de frecuencias

A continuación se muestran los resultados para las variables principales con respecto a la distribución de frecuencias. Frente a la variable superficie de construcción, el 42% de las viviendas visitadas tenían una superficie entre 51-90 m² (véase la Figura 4). Le sigue con un 13% el tamaño de vivienda de 91 a 115 m².

Figura 4. Clasificación de la vivienda por tamaño

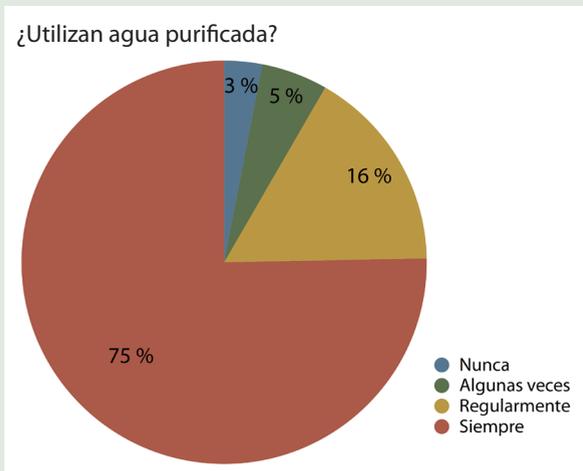


Fuente: Elaboración propia

Referente a la variable material de construcción de la vivienda, se resalta que 49% de las edificaciones son de ladrillo (tabique) y otro 49% de block, el resto de las viviendas son de cartón.

El 75% de los hogares encuestados siempre consume agua purificada (agua de garrafón) (véase la Figura 5).

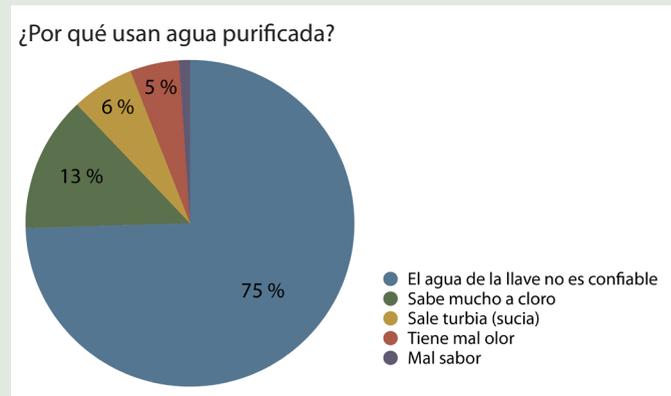
Figura 5. Uso de agua purificada en el hogar



Fuente: Elaboración propia

Resulta importante saber el motivo por el cual la población encuestada utiliza agua de garrafón: el 75% señaló que el agua de la llave no es confiable (véase la Figura 6).

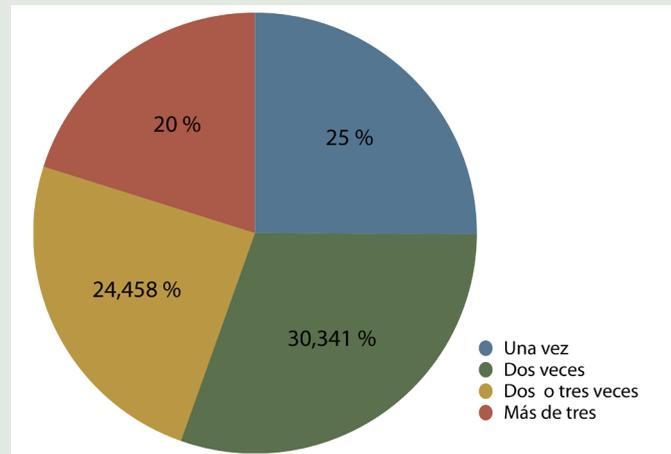
Figura 6. Razones para utilizar agua purificada



Fuente: Elaboración propia

El 82% de los hogares entrevistados disponen de lavadora para la limpieza de su ropa. El 30% de ellos utiliza este electrodoméstico dos veces por semana y el 20% más de tres veces por semana (véase la Figura 7).

Figura 7. Frecuencia del uso de la lavadora por semana



Fuente: Elaboración propia

Al indagar por las razones por la que habría que ahorrar agua (véase la Figura 8), se encontró que el 77% de los encuestados consideran que "el agua es un recurso limitado y valioso", evidenciando que, en general, los habitantes se preocupan y reflexionan sobre el medio ambiente.

Figura 8. Razones para el ahorro de agua



Fuente: Elaboración propia

Referente al importe que el usuario paga por el consumo de agua doméstica, el 60% de los hogares indicó que es un costo aceptable, mientras que el 15% señaló que es barato. Sin embargo, frente a los posibles incrementos de la tarifa, la respuesta de los encuestados estuvo muy dividida (véase la Figura 9): el 39% consideró que el incremento fuera sólo para los grandes consumidores, el 28% indicó que el aumento fuera para todos pero con estímulos para ahorrar agua, mientras que el 33% respondió que la ampliación en la tarifa fuera igual para todos.

Figura 9. Situación de posible incremento en la tarifa



Fuente: Elaboración propia

Análisis de correlación y regresión

El proceso de correlación fue bivariada y se enfocó en identificar cuáles variables independientes tienen relación con el consumo de agua doméstica. Esta etapa se pasó de 45 variables a 21 variables que mostraron asociación con el consumo de agua (véase la Tabla 2). Dicha tabla muestra la descripción de cada variable y su coeficiente de correlación. El análisis de correlación redujo de 45 variables independientes a 21 variables. El coeficiente de correlación (r) indica la asociación que tiene la variable independiente con el consumo de agua.

La significancia estadística debe ser menor o igual al 5% (p -valor ≤ 0.05). Por lo que las variables que muestran mayor significancia estadística son las de p -valor < 0.01 .

En el proceso de regresión múltiple se tomaron en cuenta las 21 variables de la tabla anterior (véase la Tabla 2) y se obtuvieron varias opciones de modelos. El modelo 6 –la solución presentada aquí– es el que ofrece un mejor coeficiente R^2 corregida 0.204 (20.4%), siendo este valor la proporción de la variación conjunta

Tabla 3. Coeficientes del modelo de regresión y sus variables predictoras

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | t | Significación estadística (Sig.) | Estadísticos de colinealidad | |
|---------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------|----------------------------------|------------------------------|--|
| | B | Error típ. | Beta | | | Tolerancia | Factor de inflación de la varianza (FIV) |
| 6 (Constante) | 2.720 | .096 | | 28.191 | .000 | | |
| Cantag1 | -.182 | .060 | -.185 | -3.026 | .003 | .873 | 1.145 |
| Matladr | .171 | .043 | .232 | 3.970 | .000 | .962 | 1.040 |
| Cistbomb | .256 | .073 | .203 | 3.500 | .001 | .968 | 1.033 |
| LNhabit | .199 | .068 | .179 | 2.929 | .004 | .880 | 1.136 |
| Crenta | -.160 | .066 | -.141 | -2.408 | .017 | .961 | 1.040 |
| Tandeo3 | -.142 | .065 | -.127 | -2.178 | .030 | .962 | 1.039 |

*Variable dependiente: LNconsu

Tabla 2. Variables correlacionadas con el consumo de agua

| Variables independientes | Descripción | r |
|--------------------------|---|----------|
| No. recam | Número de recámaras | 0.195** |
| Cpropia | Casa propia | 0.170** |
| Crenta | Casa de renta | -0.157* |
| LNbaños | Número de baños | 0.176** |
| Import2 | Es barato el importe del agua | -0.282** |
| Lava1 | Vivienda con lavadora | 0.196** |
| Intern1 | Vivienda con internet | 0.131* |
| Comp1 | Vivienda con computadora | 0.127* |
| Cistbomb | Vivienda con equipo bombeo de agua | 0.180** |
| LNhabit | Tamaño del hogar | 0.261** |
| Matladr | Vivienda de material ladrillo | 0.205** |
| Nivel1 | Vivienda de un piso | -0.172** |
| Ventrefr | Vivienda con refrigeración | 0.166** |
| Venticooler | Con ventilación húmeda cooler | -0.132* |
| Agpurif4 | Utilizan agua purificada | 0.130* |
| Cantag1 | Utilizan un garrafón agua/semana | -0.270** |
| Cantag4 | Utilizan cuatro o más garrafones | 0.342** |
| Tandeo3 | El tandeo afecta regularmente | -0.134* |
| Raz3 | Es caro traer agua a la ciudad | 0.161** |
| Frelav | Tres o más veces uso de lavadora/semana | 0.232** |
| Serv5 | Califica: servicio regular recibido | -0.165** |
| *p < 0.05 | | |
| **p < 0.01 | | |

Fuente: Elaboración propia

observada en los datos del consumo de agua explicada por las seis variables independientes que son estadísticamente significativas (véase la Tabla 3).

Las variables predictoras del modelo fueron: Usan un (1) garrafón de agua purificada por semana (Cantag1), vivienda de material ladrillo (Matladr), vivienda con cisterna y bomba (Cistbomb), tamaño del hogar (LNhabit), casa en arriendo (Crenta) y afectación regular por el tandeo (Tandeo3).

Los Coeficientes que dan forma a la ecuación del modelo teórico de regresión expuesta con anterioridad (inciso 3.2.1) son los coeficientes no estandarizados (B) que acompañan a cada variable explicativa. También se observa el valor del coeficiente o constante B_0 de la ecuación.

Así entonces, el consumo de agua doméstica mensual para la ciudad de Hermosillo representado esquemáticamente en el modelo de la Figura 10, puede calcularse con la siguiente expresión:

$$\text{Ln}Y = 2,720 + 0.256 \text{ Cist bomb} + 0.199 \text{ LnHabit} + 0.171 \text{ Matladr} - 0.182 \text{ Cantag1} - 0.160 \text{ Crenta} - 0.142 \text{ Tandeo3}$$

Los coeficientes tipificados (Beta) indican el peso relativo en valor absoluto que tiene cada variable, estos proporcionan información de la importancia o del peso relativo que cada una de las variables tiene en la ecuación del modelo. Así entonces podemos afirmar que la variable vivienda de material ladrillo (Matladr) es la de mayor importancia (0.232), seguida por la variable vivienda con equipo bombeo de agua (Cistbomb) (0.203), mientras que la variable afectación regular por el tandeo (Tandeo3) tiene un menor peso relativo (0.127 el tandeo de agua afecta regularmente).

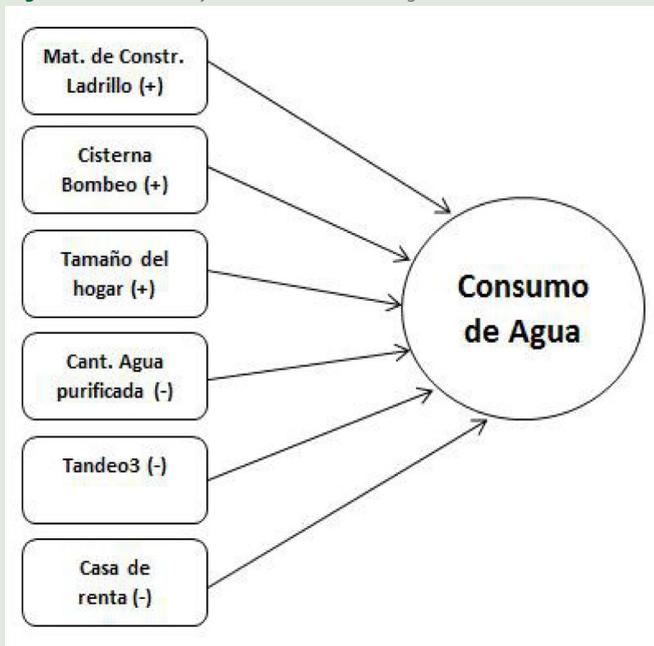
Todas las variables del modelo tienen muy buena significancia estadística (Sig.) con valores menores de 0.05 (5%) del valor especificado en la estadística y pueden verificarse todas las variables. En el caso de la variable de mayor peso relativo vivienda de material ladrillo (Matladr) es significativa (Sig. = 0,000). Los valores de "t" mayores a la unidad en valor absoluto están asociados a la significancia estadística.

La validez de un modelo de regresión debe soportarse por el cumplimiento de las condiciones o supuestos de la regresión, es decir, debe haber condiciones para garantizarlo, por lo que se debe examinar y cumplir la situación de linealidad, homoscedasticidad, independencia, normalidad y no-colinealidad.

Al revisar el modelo se encontró que el valor de Durbin-Watson fue de 1.55, el cual, es muy aceptable pues es menor que el máximo de 2.5 especificado en estos estadísticos, por lo que no existe riesgo de autocorrelación de los residuos. El valor del factor de inflación de la varianza (FIV) mostrado en las Tabla 3 también es satisfactorio para las variables del modelo pues en todas resulta ser menor del valor 5, máximo especificado, por lo que no existe riesgo de colinealidad entre las variables. En la revisión de linealidad y homoscedasticidad del modelo se cumple al verificar que

no existe tendencia alguna en la dispersión de residuos. Por lo tanto, el modelo es congruente y tiene total validez, y se representa en la Figura 10.

Figura 10. Factores influyentes en el consumo de agua



Fuente: elaboración propia

Conclusión

El modelo obtenido para Hermosillo se probó aplicando la ecuación anterior con datos reales en dos viviendas localizadas en distintos sectores y AGEB de la ciudad. En la primera habitan seis personas y la segunda tres personas. El valor cero (0) significa que no aplica esa variable en la vivienda respectiva, mientras el valor 1 (1) sí es aplicable (véase la Tabla 4).

El consumo de agua mensual (m^3) que resulta en cada vivienda de la Tabla 4 tiene un grado de aproximación del 93% con respecto al consumo de agua visto en el recibo-factura del usuario que radica en dichos hogares. Por lo tanto, los resultados de la presente investigación son tolerables y pueden ser utilizados con certeza para acciones de planificación que se relacionen con el abasto de agua en la ciudad de Hermosillo. Así mismo, pueden servir como referente para otras localidades urbanas con características similares.

Tabla 4. Verificación del consumo de agua mensual en dos viviendas

| Vivienda | LNhabit (+) | MatLadr (+) | Cistbomb (+) | Cantag1 (-) | Crenta (-) | Tandeo agua (-) | Consumo mensual (m^3) |
|----------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------|-----------------|---------------------------|
| 1 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 22.3 |
| 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18.9 |

Fuente: elaboración propia

Bibliografía

- BARBERÁN, R., y SALVADOR, M. (2010). *El uso del agua en los hogares de la ciudad de Zaragoza*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza.
- CEA. (2008). *Estadísticas del agua en el Estado de Sonora*. Consultado en: <http://www.ceasonora.gob.mx/>
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (2012). *Estadísticas del agua en México*. México D.F.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2013.pdf>
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (2010). *Estadísticas del agua en México*. México D.F.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2010.pdf>
- CONAPO. (2010). Índice de marginación por localidad. Consultado en: http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indice_de_Marginacion_por_Localidad_2010
- DOMENE, E. y SAURÍ, D. (2006). "Urbanization and water consumption: Influencing factors in the Metropolitan Region of Barcelona". *Urban Studies*, 43 (9): 1605-1623.
- HARLAN, S. et al. (2009). "Household water consumption in an arid city. Affordance and attitudes". *Society and Natural Resources*, 22: 691-709.
- INEGI. (2010). *Censo de población y vivienda 2010*. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/>
- KOLOKYTHA, E., MYLOPOULOS, y MENTES, A. (2002). "Evaluating demand management aspects of urban water policy. A field survey in the city of Thessaloniki, Greece". *Urban Water*, 4: 391-400.
- MANZUNGU, E. y MACHIRIDZA, R. (2005). "An analysis of water consumption and prospects for implementing water demand management at household level in the city of Harare, Zimbabwe". *Physics and Chemistry of the Earth*, 30: 925-934.
- MARCH, H. y SAURÍ, D. (2010). "The suburbanization of water scarcity in the Barcelona Metropolitan Region: Sociodemographic and urban changes influencing domestic water conservation". *The Professional Geographer*, 62 (1): 32-45.
- MONFORTE GARCÍA, G., AGUILAR BÉNÍTEZ, I. y GONZÁLEZ GAUDIANO, E. (2012). "Limitaciones de una gestión sectorizada para la sustentabilidad del agua: caso Monterrey, México". *Bitácora Urbano Territorial*, 20 (1): 53-63.
- OJEDA DE LA CRUZ, A. (2011). "Una aproximación de los sistemas emergentes en la gestión del agua doméstica urbana: caso Hermosillo Sonora". *Epistémus*, 10: 67-73.
- OJEDA DE LA CRUZ, A., NARVÁEZ TIJERINA, A. B. y QUINTANA PACHECO, J. (2014). "Gestión del agua doméstica urbana en Hermosillo, Sonora, México". *Cuadernos de Geografía*, 23 (1): 147-164.
- PINEDA, N. (2006). "Dar de beber a Hermosillo". En: D. Barkin (coord.), *La gestión del agua urbana en México*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, pp. 235-247.
- RANDOLPH, B. y TROY, P. (2008). "Attitudes to conservation and water consumption". *Environmental Science & Policy*, 11: 441-455.
- SHEARER, H. (2010). *Using geographic information system to explore the determinants of household water consumption and response to the Queensland Government demand-side policy measures imposed during the drought of 2006-2008*. Consultado en: http://soac.fbe.unsw.edu.au/2011/papers/SOAC2011_0140_Final.pdf
- WENTZ, E. et al. (2013). "Factors influencing water consumption in multifamily housing in Tempe, Arizona". *The Professional Geographer*, 20 (10): 1-10.