

Construcción de políticas y estrategias en el sector agua potable a través de modelos econométricos y de simulación

TORRES-GONZÁLEZ, Miguel Angel†*, GÓMEZ-GÓMEZ, Sonia, JUÁREZ-AGUIRRE Rosalía, OLMOS-BLANQUEL, Elizabeth

Universidad Politécnica de Pachuca

Recibido: 4 de Septiembre, 2017; Aceptado 28 de Noviembre, 2017

Resumen

Construcción de Políticas y Estrategias en el Sector Agua Potable a través de modelos econométricos y de simulación

Objetivo: El propósito principal de este estudio es la aplicación de modelos econométricos y técnicas de simulación para la construcción de políticas y estrategias para mejorar el abastecimiento de servicio de agua potable y alcantarillado en los hogares del Municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo.

Contribución: Los resultados de este análisis pretenden proveer información importante relativa a los factores que intervienen en el suministro del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario en las viviendas del Municipio, tratando de proporcionar una visión realista del problema que permita la elaboración de planes y estrategias innovadoras de mejora en el sector.

El abastecimiento del agua está caracterizado por un gran número de variables y parámetros como el tiempo, la infraestructura o el tipo de abastecimiento. Los métodos multivariantes alternativos como la simulación y la econometría, se justifican para la evaluación de la calidad de las aguas y el servicio (Zeng & Rasmussen, 2005).

Agua, Simulación, Modelo Logístico, Demanda de Agua, Sumisitro de Agua

Abstract

Construction of Policies and Strategies in the Drinking Water Sector through econometric and simulation models Objectives, methodology: The main purpose of this study is the application of econometric models and simulation techniques for the construction of policies and strategies to improve the supply of potable water and sewerage services in the municipalities of Pachuca de Soto, Hidalgo.

Contribution: The results of this analysis are intended to provide important information regarding the factors involved in the provision of potable water and sanitary sewerage services in the municipalities, trying to provide a realistic view of the problem that allows the development of innovative plans and strategies of improvement in the sector.

Water supply is characterized by a large number of variables and parameters such as time, infrastructure or type of supply. Alternative multivariate methods such as simulation and econometrics are justified for the assessment of water quality and service (Zeng & Rasmussen, 2005).

Water, Simulation, Logistic Model, Water Demand, Water Supply

Citacion: TORRES-GONZÁLEZ, Miguel Angel†*, GÓMEZ-GÓMEZ, Sonia, JUÁREZ-AGUIRRE Rosalía, OLMOS-BLANQUEL, Elizabeth. Construcción de políticas y estrategias en el sector agua potable a través de modelos econométricos y de simulación. Revista de Simulación Computacional 2017. 1-2: 17-23

† Investigador contribuyendo como primer autor.

* Correspondencia al autor (email: mtorres@upp.edu.mx)

Introducción

Actualmente, las necesidades de la sociedad evolucionan y se multiplican demandando una mayor atención de los servicios públicos. En el presente, los recursos financieros municipales son escasos para atender todos los servicios que demanda la ciudad debido al crecimiento constante de la población.

Los servicios de agua potable y alcantarillado en la mayor parte de los municipios de México representan una pesada carga económica además de política; un ejemplo claro es la dificultad del aumento en las tarifas, ya que dependen generalmente de la aprobación de los congresos estatales. Esto trae como consecuencia que se establezca una falta de autosuficiencia del Organismo operador y como consecuencia un ineficiente servicio como consecuencia de políticas inconsistentes. Dadas estas consideraciones conceptuales se hace necesario conocer qué opinión tienen los usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado, para ello se puede utilizar diferentes métodos en el análisis social de opinión. Desde esta perspectiva, el mundo es resultado de actividades tanto objetivas como subjetivas e intrínsecas en la interacción humana que comparten códigos comunes de significados y prácticas, sus percepciones y supuestos dependen del contexto social en el cual viven (Lezama, 2004).

Métodos y herramientas**Objetivo general**

Con el desarrollo de la metodología propuesta, se espera encontrar los factores más influyentes en el abastecimiento del servicio de agua y alcantarillado en el Municipio de Pachuca de Soto y estar en posibilidades de proponer políticas y estrategias sensibilizadas mediante simulación de Montecarlo.

Objetivos específicos

1. Realizar una encuesta representativa en el Municipio de Pachuca de Soto.
2. Aplicación del modelo econométrico logit y técnicas de simulación a los datos de la encuesta, que permitan la sensibilización de los parámetros más relevantes en el abasto del servicio de agua y alcantarillado

Con el crecimiento de las manchas urbanas en Pachuca de Soto, Hidalgo, también se incrementa la problemática del medio ambiente.

El servicio de agua potable y alcantarillado que ofrece el Organismo público encargado, sólo se evalúa desde la perspectiva de la eficiencia dejando a un lado la percepción de los usuarios. Por ello, se hizo necesario conocer la valoración social del servicio de agua potable y alcantarillado, sobre todo, de uso público urbano, ello permitió conocer la aceptación o el rechazo de los usuarios hacia organismos administradores; además de identificar las fortalezas y debilidades en su gestión y resolverlos con estrategias adecuadas.

La Consultoría CANAMEME S. DE R.L. DE C.V. llevó a cabo una encuesta a 1,315 viviendas en las principales colonias del Municipio de Pachuca de Soto, en la cual, aplicó un cuestionario con preguntas que permitieron conformar una base de datos con información económica y de percepción social del servicio que reciben los usuarios del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario. En cuanto a las características del levantamiento, se empleó un muestreo aleatorio estratificado, en base al número de viviendas reportadas por el INEGI, en el Censo de población y vivienda 2015, se aplicó en colonias que cuentan con los servicios de agua potable y alcantarillado a usuarios mayores de 18 años.

Se realizó de forma directa, la vivienda y el entrevistado se eligieron de forma aleatoria sistemática.

Modelos de probabilidad no lineal

La estimación e interpretación de los modelos probabilísticos lineales plantea una serie de problemas que han llevado a la búsqueda de otros modelos alternativos que permitan estimaciones más fiables de las variables dicotómicas. Para evitar que la variable endógena estimada pueda encontrarse fuera del rango (0, 1), las alternativas disponibles son utilizar modelos de probabilidad no lineales, donde la función de especificación utilizada garantice un resultado en la estimación comprendido en el rango 0-1. Las funciones de distribución cumplen este requisito, ya que son funciones continuas que toman valores comprendidos entre 0 y 1.

El modelo logit

Dado que el uso de una función de distribución garantiza que el resultado de la estimación esté acotado entre 0 y 1, en principio las posibles alternativas son varias, siendo las más habituales la función de distribución logística, que ha dado lugar al modelo Logit.

Novales (2000) señala que el modelo surge cuando, se desea representar la probabilidad que un individuo escoja la opción $Y_i = 1$, utilizando la función de distribución logística la cual viene dada por la siguiente ecuación:

$$F(z) = \frac{e^z}{1 + e^z} \quad -\infty < z < \infty \quad (1)$$

Que tiene como función de densidad

$$f(z) = \frac{1}{(1+e^z)^2} = F(z) (1 - F(z)) \quad -\infty < z < \infty \quad (2)$$

Gujarati (2004) señala que el modelado logit es uno de los métodos utilizados para desarrollar modelos de probabilidad con una variable respuesta binaria. El cual utiliza la función de distribución logística expresándola de la siguiente manera:

$$P_i = \frac{1}{1+e^{-Z_i}} = \frac{e^{Z_i}}{1+e^{Z_i}} \quad (3)$$

$$Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i \quad (4)$$

Donde: Teniendo que a medida Z_i se encuentre dentro de un rango de $-\infty$ a $+\infty$, P_i se encuentra dentro de un rango de 0 a 1 y que P_i no está linealmente relacionado con Z_i .

Si P_i es la probabilidad de poseer la característica de interés, entonces $(1 - P_i)$ es la probabilidad de no poseer esa característica expresándose:

$$P_i = \frac{1}{1+e^{-Z_i}} = \frac{e^{Z_i}}{1+e^{Z_i}} \quad (5)$$

Donde $\frac{P_i}{1-P_i}$ es la razón de probabilidades a favor de poseer la característica de interés, la razón de probabilidad de que posea la característica de interés respecto de la probabilidad de que no la posea. Tomando el logaritmo natural e introduciéndolo en

$$\frac{P_i}{1-P_i} = \frac{1+e^{Z_i}}{1+e^{-Z_i}} = e^{Z_i} \quad (6)$$

Obteniéndose

$$L_i = \ln \left(\frac{P_i}{1 - P_i} \right) = Z_i \quad (7)$$

Donde:

$$Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i \quad (8)$$

y L es el modelo logit.

Cea D'Ancona (2004) señala que el término genérico logit hace mención a un componente básico como lo son los logaritmos, "técnicamente un logit se refiere a una diferencia entre dos logaritmos", los correspondientes a los niveles diferenciados en la variable dependiente. Esta se caracteriza por ser una variable categórica generalmente enunciada en forma binaria: $Y = 1$ (ocurrencia del evento) e $Y = 0$ (no ocurrencia).

La simulación

La evolución de las tecnologías de la información y la comunicación ha hecho posible que la simulación se haya convertido en una de las técnicas más utilizadas en la actualidad, debido a que permite estudiar y experimentar las complejas iteraciones que ocurren en el interior de un sistema dado, ya sea una empresa, industria o un subsistema de cualquiera de ellas, proporcionando en poco tiempo sugerencias para mejorarlo, reduciendo significativamente el riesgo asociado en el proceso de toma de decisiones (Pérez, 2001).

La simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos (Ríos, 2008). La simulación, como herramienta para la toma de decisiones, posibilita a la organización estudiar los distintos parámetros que caracterizan sus procesos, permitiendo analizar diferentes escenarios sin necesidad de modificar las condiciones existentes en la realidad, lo que viabiliza los procesos de cambios en las organizaciones, optimiza el tiempo y minimiza el consumo de recursos económicos en el proceso de implementación de mejoras (Guasch, Pera, Casanovas, Figueras, 2003).

Según Manoli, Katsiardi, Arampatzis & Assimacopoulos (2005), la gestión del agua para consumo humano debe realizarse como una evaluación sistemática con un horizonte de planificación a largo plazo, simulando los efectos acumulativos de la demandada a través del tiempo con el objeto de prevenir los posibles cambios en futuros inciertos.

Resultados

En este estudio se analizó la percepción ciudadana sobre los servicios que ofrece el Municipio de Pachuca de Soto Hidalgo, México, utilizando modelos econométricos y técnicas de simulación, que permitieron determinar los factores que determinan la satisfacción de los usuarios del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario. El Modelo Logit es un método de análisis explicativo, el cual se utilizó para determinar el grado de satisfacción de los usuarios. En la tabla 1, se listan las variables socioeconómicas que fueron consideradas como relevantes para explicar el nivel de satisfacción del usuario de servicios de agua y alcantarillado de servicios sanitarios.

Variiable	Descripción
U_satisf	Satisfacción del usuario
Ing_mes	Ingresos mensuales familiares
Sexo_if	Sexo del jefe de familia
N_rec	Numero de recamaras
Edad_jefe	Edad del jefe de familia
Tin_aco	Tinaco en la vivienda
C_elect	Energía Electrica de la vivienda
Cisterna	Cisterna de la vivienda
Drena	Drenaje de la vivienda
Agua red	Abastecimiento de agua por red

Tabla 1 Descripción de variables

La aplicación del modelo logit, indica que de las nueve variables incluidas en el estudio, la edad del jefe de familia y el equipamiento de energía eléctrica en el hogar no son significativas para el modelo para un nivel de significancia del 5% (ver tabla 2).

U_satisf	Coefi.	Std. Err	z	P > z
Ing_mes	0.0000796	0.0000123	6.47	0.0001
Sexo_if	0.6480116	0.1573095	4.12	0.0012
N_rec	-.0978615	0.5561928	-0.18	0.086
Edad_jef	0.0025741	0.0053243	0.48	0.6290
Tin_aco	0.831589	0.1864925	4.46	0.0000
C_elect	0.0111739	0.0378881	0.29	0.7680
Cisterna	0.9439581	0.1485376	6.36	0.0021
Drena	0.3096718	0.4391726	0.71	0.0481
Agua red	0.0990887	0.184134	0.54	0.0059
cons	-3.25785	0.7654867	-4.26	0.0000

Tabla 2 Resultados de la aplicación del modelo logit

En la tabla 3, se muestran los diferentes escenarios proporcionados por la rutina estsimp de stata versión 15.0, con los que se analizaron las probabilidades de equipamiento de servicio de agua potable en las viviendas, donde el valor referido como media, se refiere al valor promedio de los ingresos.

Se observó que ha medida que se incrementa el equipamiento de las viviendas de servicios, particularmente drenaje, cisterna, tinaco y abastecimiento por la red de distribución, la probabilidad de satisfacción de el usuario, aumenta.

Variable	1	2	3	4	5
Ing_mes	Media	Media	Media	Media	Media
Sexo_if	0	0	0	0	1
N_rec	1	3	3	3	3
Tin_aco	0	0	0	1	1
Cisterna	0	0	0	1	1
Drena	0	0	1	1	1
Agua red	0	1	1	1	1
No satisf.	0.916	0.880	0.855	0.587	0.459
satisfecho	0.084	0.119	0.145	0.414	0.541

Tabla 3 Escenarios simulados con ESTSIMP

Dada la relevancia de los ingresos, se realizó un análisis de éstos, simulando los efectos por cambio en diferentes percentiles (ver tabla 4). Salta a la vista, que a mayores ingresos, el grado de satisfacción, también aumenta, aunque no de manera relevante.

Variable	Porcentiles			
Ing_mes	10-30	30-50	50-70	70-90
satisfaccion	0.0269	0.033	0.34	0.996

Tabla 4 Probabilidad de satisfacción por cambio de ingresos.

En la tabla 5, se muestran los resultados de la simulación considerando el efecto por el cambio de no contar con equipamiento referente al servicio de agua potable y alcantarillado a en las viviendas, y si tener infraestructura.

El grado de satisfacción se va claramente influido de manera más significativa, por el servicio de drenaje y el abastecimiento de agua potable por medio de la red de distribución pública.

Condicion	Sexo_jf	tinaco	cisterna	drena	red
satisfaccion	0.12739	0.16013	0.18245	0.3612	0.2198

Tabla 5 Probabilidad de satisfacción por cambio en la condiciones de infraestructura en el hogar

Agradecimiento

Este estudio fue realizado con recurso PRODEP, proyecto: apoyo al fortalecimiento a cuerpos académicos 2014, UPPACH-CA-19, liberado mediante el oficio DSA/103.5/14/11447 de 10 de diciembre de 2014.

Conclusiones

Este estudio es un esfuerzo inicial dirigido a entender el efecto que tienen las disparidades socioeconómicas y demográficas en el Municipio de Pachuca de soto, Hidalgo, sobre la distribución del agua potable y el servicio de alcantarillado en el Municipio, e intenta fortalecer la discusión sobre estas desigualdades

Es innegable la relación que guardan los ingresos en el equipamiento del servicio de agua potable y alcantarillado sanitario motivo por el cual el Gobierno Federal, los gobiernos Estatales y los Municipios deberán implementar estrategias y alianzas colaborativas para que el vital líquido llegue a los sectores más marginados del País impulsando su desarrollo sustentable.

Conforme a los resultados, se infiere que la satisfacción del usuario del servicio de agua potable y alcantarillado, se incrementa significativamente, cuando la infraestructura del Organismo operador, proporciona servicios de drenaje y agua entubada (36.12 y 21.98 por ciento, respectivamente, ver tabla 4). Se recomienda al organismo operador del servicio, dimensionar los niveles específicos que existen y se esperan alcanzar.

Los horizontes en el abastecimiento de agua que van desde el acceso al agua por medio de río o pozo (sin tratamiento), hasta el suministro de agua potable domiciliar, por medio de red, con medición, continuidad y presión adecuada, lo que deriva en costos, disposición de pago y administración. En alcantarillado, los niveles varían desde disposición de excretas a campo abierto, hasta el acceso a redes colectoras de alcantarillado sanitario. De acuerdo con la aplicación de la simulación, resalta la importancia de los ingresos en la obtención de servicios, (ver tabla 3), por lo cual, se hace indispensable establecer subsidios para sectores del Municipio vulnerables cuya capacidad económica le impiden cofinanciar las inversiones para la ampliación de infraestructura y mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario, así como implementar dentro de las Instituciones una estructura organizacional cuyas funciones sean las de promover políticas públicas, planeación y soporte técnico.

Bajo éste contexto, es indispensable, utilizar técnicas multivariantes e innovadoras para analizar y probar estrategias de mejora haciendo muestreos propios en Municipios de interés sobre aspectos de importancia como pueden ser en un futuro el sistema tarifario equilibrado o la recuperación de caudal construyendo modelos econométricos y de simulación para elaborar escenarios que permitan realizar pruebas anticipadas de propuestas políticas orientadas hacia la satisfacción de la demanda de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario.

Referencias

- Cea D'Ancona M. 2004. Análisis Multivariable Teoría y Práctica en la Investigación Social. 2ª ed. Editorial Síntesis. Madrid, España, pp. 340.
- E. Manoli, P. Katsiardi, G. Arampatzis & D. Assimacopoulos. (2005). "Comprehensive Water Management Scenarios For Strategic Planning". Global NEST Journal. Disponible en http://www.gnest.org/journal/Vol7_No3/paper_18_Manoli_392.pdf
- Guasch, A.; Pera, M.A.; Casanovas, J.; Figueras, J. (2003) "Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios", Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña, 2ª edición, pp. 187–201.
- Guasch, A.; Pera, M.A.; Casanovas, J.; Figueras, J. (2003) "Modelado y simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios", Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña, 2ª edición, pp. 187–201.
- Gujarati D. 2010. Econometría. 5ª ed. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, México D. F., México, pp. 574.

King, Gary, Michael Tomz, and Jason Wittenberg (2000). "Making the Most of Statistical Analyses: Improving Interpretation and Presentation." *American Journal of Political Science* 44, no. 2 (April 2000): 347-61, copy at <http://gking.harvard.edu/files/abs/making-abs.shtml>

Novalés A. 1993. *Econometría*. 2ª. ed. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, Madrid, España, pp. 540.

Pérez, I. (2001) "Procedimiento para la optimización de experimentos simulados", Tesis Doctoral, Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría, La Habana, Cuba.

Ríos, I.D. (2008) "Simulación. Métodos y aplicaciones", Editorial RA-MA S.A, 2ª edición, España.

Sachs J, Larraín F. (1994). *Macroeconomía en la economía global*. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, México, pp. 620.

Tomz, Michael, Wittenberg, Jason, and King, Gary. (2003). *CLARIFY: Software for Interpreting and Presenting Statistical Results*. Version 2.1. Stanford University, University of Wisconsin, and Harvard University. January 5. Available at <http://gking.harvard.edu/>

Zeng, X., Rasmussen, T.,C.(2005): Multivariate statistical characterization of water quality in lake Lanier, Georgia, USA. *J. Environ. Qual.* 34 (6), 1980-1991.