

DOI: 10.24850/j-tyca-15-01-04

Artículos

Determinantes de la autosuficiencia financiera de los organismos operadores de agua mexicanos

Determinants of financial self-sufficiency of Mexican water utilities

Rodrigo Navarro¹, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6372-6779>

Hugo Briseño², ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8465-8683>

¹Universidad Panamericana, Facultad de Ingeniería, Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, México, rnavarro@up.edu.mx

²Universidad Panamericana, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, México, hbrisenos@up.edu.mx

Autor para correspondencia: Hugo Briseño, hbrisenos@up.edu.mx

Resumen

El objetivo de este artículo es explorar las variables que impactan en la autosuficiencia financiera de los organismos operadores de agua en México. Para lo anterior, se construye una base de datos de panel con la



información pública disponible de 31 organismos de grandes ciudades que atienden a una tercera parte de la población urbana del país durante los años 2017 a 2019 referente a autosuficiencia financiera, tarifa doméstica, comercial e industrial, nivel de subsidio cruzado, eficiencia física, eficiencia comercial, eficiencia de cobro, eficiencia global y una variable dicotómica que se activa cuando el organismo es de un estado del sureste mexicano. Se encuentra que hay una relación significativa positiva entre la autosuficiencia, y las variables tarifa doméstica, eficiencia física, eficiencia comercial y eficiencia global. Asimismo, hay una fuerte relación significativa negativa entre la autosuficiencia y que el organismo pertenezca a un estado en el sureste mexicano. Se concluye que la información financiera pública de los organismos es muy limitada y que una adecuada tarifa, así como la eficiencia en la gestión, incrementan la autosuficiencia financiera; asimismo, los estados del sureste, donde hay mucha agua, carecen de incentivos para mejorar la eficiencia de los organismos operadores de agua.

Palabras clave: tarifa, agua para uso urbano, eficiencia física, eficiencia comercial, eficiencia global, organismos operadores de agua

Abstract

This article aims to explore the variables that impact the financial self-sufficiency of water utilities in Mexico. A panel database is built with the public information available from 31 agencies in big cities, which serve a third of the country's urban population during the years 2017 to 2019, referring to financial self-sufficiency, domestic, commercial and industrial

tariffs, cross-subsidy level, physical efficiency, commercial efficiency, collection efficiency, global efficiency and a dichotomous variable that is activated when the utility is from a state in southeastern Mexico. It is found that there is a significant positive relationship between self-sufficiency and the variables domestic tariff, physical efficiency, commercial efficiency and global efficiency. Likewise, a strong significant negative relationship is found between self-sufficiency and that the organization belongs to a state in the Mexican southeast. It is concluded that the public financial information of the organizations is very limited, that an adequate tariff, as well as efficiency in management, increases financial self-sufficiency; and that the southeastern states, where there is a lot of water, decrease incentives to improve the efficiency of water utilities.

Keywords: Tariff, urban water, physical efficiency, commercial efficiency, global efficiency, water utilities

Recibido: 03/08/2022

Aceptado: 08/11/2022

Publicado online: 23/11/2022

Introducción

Dados los crecientes procesos de urbanización en las ciudades, así como los problemas de escasez de agua que existen en algunos centros poblacionales, es fundamental estudiar a las entidades encargadas de administrar el recurso en las ciudades. En el caso de México, dichas entidades son comúnmente llamadas organismos operadores de agua (OOAs). Derivado de la reforma al artículo 115 constitucional en el año 1983, el municipio es la instancia facultada para administrar el agua. Sin embargo, dado que algunos municipios carecen de capacidades económicas o institucionales, el Estado puede hacerse cargo de esta importante tarea. Asimismo, existen algunas ciudades en las que el servicio de agua potable es administrado, al menos en algunas funciones, por empresas privadas. Por lo anterior, en México existen organismos operadores municipales, estatales y con participación privada en la administración. La gran mayoría de éstos son organismos públicos descentralizados municipales.

El desempeño de los organismos operadores de agua, a partir de ahora OOAs, ha sido estudiado tradicionalmente con la metodología del análisis envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), en el que a través de entradas (*inputs*) y salidas (*outputs*) se observa qué organismos logran mayor eficiencia. Sin embargo, se carece de estudios que analicen el desempeño financiero de los organismos, lo cual también es muy importante porque permite que éste cubra sus gastos operativos y pueda

hacer frente a las necesidades de infraestructura para proveer de agua a los ciudadanos.

El objetivo de este artículo es explorar los factores asociados con el adecuado manejo financiero de los organismos operadores de agua (medido a través de la autosuficiencia financiera), así como su impacto.

En los siguientes apartados se realiza una revisión de literatura sobre los factores que impactan en el desempeño de los organismos operadores de agua y se propone un enfoque de evaluación de la gestión desde la autosuficiencia financiera; se explica la construcción de una base de datos y se analizan diferentes modelos econométricos; para finalizar, se exponen las conclusiones acerca de los principales factores que influyen en la autosuficiencia financiera de los OOA en México.

Estudios sobre el desempeño de los organismos operadores de agua (OOAs)

En este apartado se lleva a cabo una revisión de la literatura sobre los principales estudios que abordan el desempeño de los OOA a nivel internacional, también llamados *water utilities* en el idioma inglés. Para lo anterior, se realizó una búsqueda en el campo "título del artículo" del motor de búsqueda de la base de datos Scopus. Las palabras clave de búsqueda incluyeron "water utilities", con la posibilidad de utilizar adicionalmente la palabra "performance", "non revenue water", "unaccounted for water", "efficiency", "UFW" o "unaccounted-for water";

con la limitante de solo artículos y *journals*. Se consideró que los trabajos con estos términos específicos en el título, resumen o palabras clave cumplían con los requisitos del estudio. Además, abarcó el periodo de 2017 a 2022. El código de búsqueda completo se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Sintaxis de búsqueda sobre desempeño de los organismos operadores de agua (OOAs).

Base de Datos	Sintaxis	Resultados
Scopus	TITLE ("water utilities" AND ("performance" OR "non revenue water" OR "Unaccounted for Water" OR "efficiency" OR "UFW" OR "Unaccounted-for Water")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2017) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j"))	32

Fuente: base de datos Scopus.

De todos los artículos encontrados en esta búsqueda, se analizó el método, así como los principales hallazgos. La metodología más utilizada para analizar el desempeño de los organismos operadores de agua es el análisis envolvente de datos o DEA por sus siglas en inglés (Cetrulo,

Ferreira, Marques, & Malheiros, 2020; Gidion *et al.*, 2019b; Güngör-Demirci, Lee, & Keck, 2017; Ngobeni & Breitenbach, 2021; Robles-Velasco, Rodríguez-Palero, Muñuzuri, & Onieva, 2022; Romano, Molinos-Senante, & Guerrini, 2017; Romano, Salvati, & Guerrini, 2018); y el análisis de frontera estocástica o SFA por sus siglas en inglés, como complemento del DEA (Molinos-Senante, Maziotis, & Sala-Garrido, 2021). Algunos autores llaman la atención sobre las limitaciones del DEA y el SFA, y la importancia de caracterizar el contexto del sector de los OOA (Estruch-Juan, Cabrera, Molinos-Senante, & Maziotis, 2020), así como presentar una visión más holística (Akimov & Simshauser, 2020). Cetrulo *et al.* (2020) mencionan que en el DEA la inversión para alcanzar una cobertura universal podría penalizar los resultados de eficiencia cuando esto es algo positivo para el organismo. Por lo anterior, quizás no sea la mejor herramienta para medir el desempeño de los OOA.

En menor medida se emplean otros métodos, como el involucramiento estocástico no paramétrico de datos o StoNED, por sus siglas en inglés (Molinos-Senante *et al.*, 2021); el DEA de red, en el que se busca hacer análisis comparativos entre organismos de diferentes segmentos (Gidion, Hong, Adams, & Khoveyni, 2019a); el DEA en dos etapas (Güngör-Demirci, Lee, & Keck, 2018a); el doble *bootstrap* DEA, con la finalidad de caracterizar grupos según variables contextuales (Nithammer, Mahabir, & Dikgang, 2022; Salazar-Adams, 2021); el *bootstrap* DEA combinado con una regresión truncada, también para incluir variables del contexto (Ablanado-Rosas, Campanur, Olivares-Benitez, Sánchez-García, & Nuñez-Ríos, 2020); análisis de regresión de panel de datos (Angeles-Castro, Arriola-Barcenas, & Baeza-Almaraz, 2018; Güngör-Demirci, Lee,

Keck, Guzzetta, & Yang, 2018b; Li, 2018); regresiones múltiples y redes neuronales artificiales (Nafi & Brans, 2018), y panel de datos con factores dinámicos (Zirogiannis & Tripodis, 2018).

En algunos artículos se proponen metodologías diferentes para evaluar a los organismos. Tskhai (2020) propone evaluar a los OOA's según una matriz que combina recursos externos e internos contra resultados externos e internos, concluyendo que es importante tomar en cuenta las características de la región en donde se encuentra el organismo. D'Inverno, Carosi y Romano (2021) señalan la importancia de generar indicadores de desempeño más globales, que integren aspectos financieros, económicos, ambientales y de calidad en el servicio, a fin de evaluar al organismo desde una visión más amplia. Berg (2020) hace énfasis en la relevancia de generar información precisa, confiable y relevante que permita construir indicadores clave del desempeño (Key Performance Indicators-KPIs) para medir la gestión y mejorarla en el largo plazo. Pinto, Costa, Figueira y Marques (2017) ven pertinente definir indicadores para determinar categorías de calidad en el servicio.

También existen otro tipo de estudios que abordan distintos aspectos importantes a considerar en los organismos. Por ejemplo, subrayar la importancia de que los OOA's cumplan con su mandato de suministrar agua a todos los ciudadanos, incluidos los de escasos recursos (Kemendi & Tutusaus, 2018). Guerrini, Molinos-Senante y Romano (2018) señalan la necesidad de generar incentivos para ahorrar costos y mejorar la productividad, al igual que mejorar la inversión en los organismos. Kayaga, Kingdom y Jalakam (2018) hablan sobre la relevancia de tener un diseño organizacional que clarifique los roles y

responsabilidades de los actores dentro del organismo para lograr un mejor desempeño. Da Silveira y Mata-Lima (2021), así como Walker, Williams y Styles (2020) subrayan la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso de energía en la provisión del servicio de agua en los OOA. Tskhai (2022) sugiere que el desempeño de los organismos puede medirse a través de indicadores externos (características de los consumidores), e internos (características de la empresa). Santos, Cardoso y Galvão (2022) recomiendan que los sistemas de agua tengan un marco de evaluación de desempeño para detectar vulnerabilidades ante inundaciones para prever inversiones en rehabilitación.

Sobre los principales hallazgos de los estudios antes mencionados, se encuentra que las variables que influyen de manera positiva en el desempeño de los OOA, de manera general, son las siguientes: razón de conexiones con medición sobre aquellas sin medición (Nithammer *et al.*, 2022); tamaño del organismo (D'Inverno *et al.*, 2021; Ngobeni & Breitenbach, 2021); organismos con varias funciones u organismos múltiples (D'Inverno *et al.*, 2021); organismos privados (Li, 2018; Salazar-Adams, 2021); cortar el servicio a usuarios que no pagan por el mismo (Salazar-Adams, 2021); el número de conexiones por unidad de volumen de agua perdida (Ablanedo-Rosas *et al.*, 2020); facturación, recolección y rentabilidad (Angeles-Castro *et al.*, 2018); longitud de la red e ingresos operativos (Güngör-Demirci *et al.*, 2018b); número de directores y directores con conexiones políticas (Romano *et al.*, 2018), y empresas públicas cuando se excluye la calidad, pero empresa con participación privada cuando se considera la calidad del servicio (Romano *et al.*, 2017).

En cuanto a las variables que impactan negativamente en el desempeño destacan las fugas de agua (Güngör-Demirci *et al.*, 2018b; Molinos-Senante *et al.*, 2021); miembros de la junta no graduados o empresas medianas (Romano *et al.*, 2018), el número de conexiones, y la precipitación (Güngör-Demirci *et al.*, 2017).

Los estudios se han realizado en varios países del mundo como España (Robles-Velasco *et al.*, 2022); Sudáfrica (Ngobeni & Breitenbach, 2021; Nithammer *et al.*, 2022); Italia (D'Inverno *et al.*, 2021; Guerrini *et al.*, 2018; Romano *et al.*, 2018); México (Ablanedo-Rosas *et al.*, 2020; Angeles-Castro *et al.*, 2018; Salazar-Adams, 2021); Brasil (Cetrulo *et al.*, 2020); Rusia (Tskhai, 2020); Tanzania (Gidion *et al.*, 2019b); China (Li, 2018), y EUA (California) (Güngör-Demirci *et al.*, 2017; Güngör-Demirci *et al.*, 2018a; Güngör-Demirci *et al.*, 2018b).

Dado que el presente estudio es sobre OOA's de México, se considera relevante retomar los hallazgos de los estudios más importantes en los últimos años. Angeles-Castro *et al.* (2018) realizan un análisis de panel de datos de 368 OOA's durante el periodo 2010-2014, para explicar la eficiencia total (volumen de agua cobrado entre producido), encontrando que las empresas pequeñas son más eficientes y que la facturación, cobranza y rentabilidad son factores muy relevantes para mejorar la eficiencia. Ablanedo-Rosas *et al.* (2020) realizan un método de dos etapas, combinando Bootstrap DEA y un análisis de regresión truncada, generando evidencia de que el número de conexiones por unidad de volumen de agua perdida tiene un impacto significativo positivo en la eficiencia operativa de los OOA's en México. Salazar-Adams (2021), a través de un doble Bootstrap DEA, y con información de 359 organismos,

sugiere que los pocos OOA's privados son más eficientes que los públicos; también señala que cortar el agua ante la falta de pago tiene una relación positiva con la eficiencia (Salazar-Adams, 2021).

Como se ha visto anteriormente, las investigaciones enfocadas en el desempeño de los OOA's tanto en México como en el mundo se centran en calcular la eficiencia técnica a través de los diferentes tipos de DEA, y en menor medida en buscar explicaciones contextuales que puedan tener una relación positiva o negativa con dicha eficiencia. En los últimos años, solo se detectó para México que el estudio de Angeles-Castro *et al.* (2018) se enfoca en estudiar la eficiencia total o global (volumen de agua cobrado entre producido), en lugar de calcular la eficiencia técnica generada por el DEA.

En la presente investigación se busca un enfoque en el desempeño financiero del organismo operador. En concreto, calcular los factores que están asociados con la autosuficiencia financiera del mismo en función de variables como la tarifa, y las eficiencias física, comercial y global. No se detectaron estudios similares al que se propone, mismo que tiene como limitaciones la poca información publicada por los OOA's en México, considerando que puede haber un efecto de las diferentes coberturas de macro y micromedición que dan origen a parte de los datos publicados.

Estudios previos, como el de Briseño y Sánchez (2018), señalan que a los municipios se les asignó una responsabilidad de administrar el agua para uso urbano, pero ha hecho falta que desarrollen los recursos y capacidades institucionales necesarios para ello. Es muy importante que cuenten con medición, facturación y cobranza adecuadas para tener unas finanzas sanas que les permitan hacer frente a los costos operativos y a

las necesidades de infraestructura. Briseño (2018) menciona que la tarifa de agua se debe determinar con criterios técnicos e ir acompañada con eficiencia en la operación del organismo, pues de nada sirve incrementar los ingresos del mismo si éstos no se utilizarán de modo adecuado. Es importante señalar que cuando hay una percepción en la población de que la autoridad tiene un buen desempeño, hay una mayor disposición a pagar por el servicio (Briseño & Macedo, 2021).

En el siguiente apartado se describe la construcción de una base de datos sobre OOA's en México con información sobre autosuficiencia financiera, tarifas y eficiencias, con la finalidad de analizar, a través de modelos econométricos, cuáles son los factores que impactan en que los organismos tengan una mejor relación de ingresos entre egresos.

Base de datos y metodología

Con la finalidad de encontrar las principales variables que impactan en la autosuficiencia financiera de los OOA's en México, se integró una base de datos con la información disponible de organismos de diferentes ciudades durante los años 2017, 2018 y 2019. El criterio para definir cuáles serían las observaciones fue que el organismo en cuestión tuviera al menos información sobre su tarifa doméstica, pues es una variable fundamental para explicar los ingresos; y un indicador de autosuficiencia financiera. En concreto, se obtuvieron las tarifas doméstica, industrial y comercial de la página del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la

Comisión Nacional del Agua (Conagua). Para las tarifas se propuso un indicador al que se llamó nivel de subsidio cruzado (NSC), que es la división del promedio de las tarifas comercial e industrial entre la tarifa doméstica. El subsidio cruzado, en esencia, es cobrar una tarifa significativamente más alta a los usuarios comerciales e industriales para subsidiar a los domésticos a quienes se les cobra una tarifa más baja. El número de OOAs de los que se obtuvo la información es de 31, mismos que atienden a una cuarta parte de la población total del país y a una tercera parte de la población urbana, según el Sistema Urbano Nacional (SUN).

La variable autosuficiencia financiera (variable a explicar o dependiente) se obtuvo del "Sistema de información para incentivar el cobro-pago del agua", una iniciativa de la Fundación Gonzalo Río Arronte, en conjunto con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). En esta iniciativa se busca incentivar las mejores prácticas en la gestión del agua entre los OOAs y los distritos de riego. De este mismo sistema se obtuvieron otras variables que son de suma relevancia para evaluar la correcta administración de los OOAs, como son las siguientes: eficiencia física, eficiencia comercial, eficiencia de cobro y eficiencia global. La eficiencia física es un porcentaje que se obtiene de la división del agua facturada entre el agua producida (ambas en metros cúbicos); la eficiencia comercial es la división del agua cobrada entre el agua facturada (medidas en metros cúbicos); la eficiencia de cobro es el porcentaje de agua cobrada sobre el agua facturada (medidas en pesos); y la eficiencia global es el porcentaje de agua cobrada entre producida (en metros

cúbicos), o el producto de la eficiencia física y la eficiencia comercial (Río Arronte & IMTA, 2021).

Para medir el impacto de zonas con alta disponibilidad de agua, se construyó una variable dicotómica que toma el valor de uno cuando el organismo pertenece a alguna entidad federativa del sureste del país y cero en otro caso. La idea que subyace con esta variable es que las zonas del sureste mexicano tienen menos incentivos para ser eficientes en la gestión del agua, pues no tienen el problema de la escasez de este recurso en la magnitud que se tiene en estados del centro y norte del país. En la Tabla 2 se observan las variables, fuente, descripción y estadística descriptiva.

Tabla 2. Variables, fuente y estadística descriptiva.

Variable	Descripción	Fuente	Obs.	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
AFIN (%)	Ingresos por venta de agua entre egresos reportados por el OOA	Río Arronte e IMTA (2021)	90	65.17	67.19	29.69	5.33	175.1
TARIFAD	Tarifa para un consumo doméstico de 30 m ³ por mes	Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) (2022)	147	16.36	14.92	8.85	1.02	68.33
TARIFAC	Tarifa para un consumo comercial de 30 m ³ por mes		148	29.42	25.56	16.50	3.95	76.58
TARIFAI	Tarifa para un consumo industrial de 30 m ³ por mes		142	33.51	29.20	18.99	4.62	97.36

Variable	Descripción	Fuente	Obs.	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
NSC	División del promedio de la tarifa comercial e industrial entre la tarifa doméstica	Elaboración propia con datos de Conagua (2022)	142	2.16	1.81	1.28	0.86	8.68
EFISICA (%)	Volumen facturado entre volumen producido en metros cúbicos	Río Arronte e IMTA (2021)	96	56.88	56.71	13.05	25.14	84.44
ECOMERCIAL (%)	Volumen cobrado entre volumen facturado en metros cúbicos. También llamada eficiencia en cobro volumétrico		81	75.60	78.03	17.56	34.21	114.5
ECOBRO (%)	Ingresos por venta de agua entre ingresos esperados de agua facturada		93	78.10	81.54	17.06	35.81	114.5
EGLOBAL (%)	Volumen cobrado entre volumen producido en metros cúbicos		82	44.22	40.49	15.65	15.66	76.78
SURESTE	Organismo en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Campeche, Tabasco, Chiapas, Veracruz o Oaxaca = 1; en otro caso = 0	Mapa de la república mexicana	159	0.17	0.00	0.38	0	1

Para observar el grado de asociación entre las variables se lleva a cabo una matriz de correlación, misma que se observa en la Tabla 3. Las variables que mayor correlación tienen con la autosuficiencia financiera

son eficiencia de cobro (0.63), eficiencia comercial (0.47) y eficiencia global (0.47). En cuanto a las relaciones entre las posibles variables explicativas de la autosuficiencia financiera, los grados de asociación más altos se encuentran entre los diferentes tipos de tarifas; y entre los pares de variables eficiencia física y eficiencia global (0.76), eficiencia comercial y eficiencia cobro (0.63), y eficiencia comercial con eficiencia global (0.78).

Tabla 3. Matriz de correlación.

	AFIN	TARIFAD	TARIFAC	TARIFAI	NSC	EFISICA	ECOMERCIAL	ECOBRO	EGLOBAL
AFIN	1								
TARIFAD	0.31	1							
TARIFAC	0.23	0.63	1						
TARIFAI	0.13	0.59	0.88	1					
NSC	-0.22	-0.33	0.28	0.36	1				
EFISICA	0.19	-0.09	0.16	0.21	0.36	1			
ECOMERCIAL	0.47	0.08	0.17	0.23	-0.01	0.23	1		
ECOBRO	0.63	0.14	0.21	0.22	0.00	0.15	0.63	1	
EGLOBAL	0.47	-0.00	0.25	0.29	0.25	0.76	0.78	0.48	1

Con la base de datos antes mencionada y analizada se realizan varios modelos econométricos de panel para encontrar cuáles son las variables que explican de mejor manera la autosuficiencia financiera de los OOA. En el siguiente apartado se describen los diferentes modelos, así como sus respectivas pruebas de validación.

Modelos y resultados

Dada la naturaleza de la información de la base de datos en la cual existen unidades de medición (OOAs) y unidades de tiempo (años 2017, 2018 y 2019), se hacen regresiones de panel de datos. Se encontró que para cumplir con la prueba de validación de correcta especificación, la variable dependiente debía estar en nivel, y la mayoría de las explicativas, salvo algunos casos, en logaritmo. Los modelos con los mejores ajustes, así como sus pruebas de validación, se muestran en la Tabla 4. Es importante señalar que los modelos de panel son de tipo *pooled*. No se reportan efectos fijos y aleatorios debido a que las variables resultaron con coeficientes contrarios a los esperados en la mayoría de los casos.

Tabla 4. Modelos de regresión de panel para explicar la autosuficiencia financiera (AFIN).

Concepto	(Modelo 1)	(Modelo 2*)	(Modelo 3*)	(Modelo 4)
	AFIN	AFIN	AFIN	AFIN
Constante	-28.7576 (0.1876)	-41.1077 (0.2049)	-187.894 (0.0045)	-113.467 (0.0075)
TARIFAD			0.768049 (0.0302)	
I_TARIFAD	8.31395 (0.0118)			
I_TARIFAC		8.33014 (0.0642)		
I_NSC		-10.8304 (0.0096)		
I_EFISICA			27.7403 (0.0359)	27.4261 (0.0027)
I_ECOMERCIAL			28.9707 (0.0836)	15.7876 (0.0475)
I_EGLOBAL	18.7594 (0.0003)	22.8665 (0.0015)		
SURESTE	-23.2960 (0.0100)	-20.9793 (0.0152)		-36.5681 (0.0000)
Observaciones / OOA	74 / 31	72 / 31	74 / 30	78 / 30
Coefficiente R^2	0.49	0.50	0.35	0.46
R^2 ajustada	0.47	0.47	0.33	0.43
Valor p prueba de normalidad	0.31	0.15	0.14	0.10
Valor p prueba Reset de Ramsey	0.58	0.77	0.29	0.80
Valor p prueba de White	0.06	0.04	0.04	0.09
VIF TARIFAD			1.019	
VIF I_TARIFAD	1.427			
VIF I_TARIFAC		1.504		
VIF I_NSC		1.163		
VIF I_EFISICA			1.046	1.054
VIF I_ECOMERCIAL			1.052	1.108
VIF I_EGLOBAL	1.082	1.153		
VIF SURESTE	1.524	1.565		1.079

Notas: valor p entre paréntesis.

*Desviaciones típicas robustas para corregir heteroscedasticidad.

En el modelo 1 se utilizaron como variables explicativas de autosuficiencia financiera (AFIN) las variables tarifa doméstica (TARIFAD) y eficiencia global (EGLOBAL) en forma funcional logarítmica, así como la variable dicotómica SURESTE. En este modelo se eliminó la observación de Ensenada para el año 2018, pues se consideró un dato atípico, por tener un residuo superior a 2.5 desviaciones alrededor de la media. En este modelo resulta significativa positiva al 1 % la variable $I_EGLOBAL$ y al 5 % la variable $I_TARIFAD$. Asimismo, la variable SURESTE es significativa negativa al 5 % . El coeficiente R^2 de 0.49 indica que el 49 % de la variabilidad en la variable dependiente autosuficiencia financiera (AFIN) se explica por los cambios en las variables independientes utilizadas en el modelo. Dado que los factores de inflación de la varianza (VIF, por sus siglas en inglés) son menores a 10 y la correlación entre las variables involucradas en el modelo son menores a 0.5, se asume que no hay multicolinealidad. El modelo cuenta con normalidad en los errores, correcta especificación y homocedasticidad.

Respecto al modelo 2, se utilizan como variables explicativas la tarifa comercial (TARIFAC), el nivel de subsidio cruzado (NSC) y la eficiencia global (EGLOBAL), todas en forma funcional logarítmica. Además, se introduce la variable dicotómica SURESTE. Resulta significativa positiva al 1 % $I_EGLOBAL$, y al 10 % $I_TARIFAC$. Por otro lado, SURESTE es significativa negativa al 5 % y I_NSC al 1 %. La bondad de ajuste medida a través del R^2 es de 0.50. Se asume que no hay multicolinealidad dado que los factores de la inflación de la varianza (VIF) son menores a 10 y las correlaciones entre pares de variables incluidas en el modelo son menores a 0.5. El modelo cuenta con normalidad en los

errores y correcta especificación. Debido a que no cumple con homocedasticidad, se utilizaron desviaciones típicas robustas.

El modelo 3 incluye como variables explicativas la tarifa doméstica (TARIFAD) sin logaritmo, y la eficiencia física (EFISICA) y comercial (ECOMERCIAL) en forma funcional logarítmica. Las variables TARIFAD y $I_{EFISICA}$ resultan significativas positivas al 5 %; y $I_{ECOMERCIAL}$ al 10 %. El coeficiente R^2 es de 0.35. Se asume que no hay multicolinealidad dado que los VIF son menores a 10 y la correlación entre pares de variables es menor a 0.5. El modelo cumple con normalidad y correcta especificación. Se utilizaron desviaciones típicas robustas ante la presencia de heterocedasticidad.

En el modelo 4 se utilizan las variables EFISICA y ECOMERCIAL con forma funcional logarítmica. También se agrega la variable dicotómica SURESTE. La variable $I_{EFISICA}$ resulta significativa positiva al 1 % y $I_{ECOMERCIAL}$ al 5 %. SURESTE es significativa negativa al 1 %. El coeficiente R^2 es 0.46. Se asume que no hay multicolinealidad porque los VIF son menores a 10 y la correlación entre pares de variables es menor a 0.5. El modelo cumple con normalidad, correcta especificación y homocedasticidad.

En la Tabla 5 se observa la matriz de correlación de las variables transformadas como fueron utilizadas en los modelos de regresión. Tal como se señaló anteriormente, no hay una alta correlación (mayor a 0.5) entre las variables utilizadas en cada uno de los modelos.

Tabla 5. Matriz de correlación de las variables utilizadas en el modelo.

	AFIN	TARIFAD	I_TARIFAD	I_TARIFAC	I_NSC	I_EFISICA	I_ECOMERCIAL	I_EGLOBAL
AFIN	1							
TARIFAD	0.31	1						
I_TARIFAD	0.42	0.88	1					
I_TARIFAC	0.33	0.67	0.77	1				
I_NSC	-0.27	-0.34	-0.40	0.24	1			
I_EFISICA	0.22	-0.06	-0.13	0.04	0.31	1		
I_ECOMERCIAL	0.46	0.10	0.23	0.23	0.01	0.21	1	
I_EGLOBAL	0.46	0.04	0.08	0.21	0.21	0.73	0.81	1

En cuanto a la interpretación de los coeficientes, es importante atender a la forma funcional en la que se encuentra tanto la variable dependiente como cada una de las independientes. En ese orden de ideas, y para facilitar la comprensión de los resultados, se realizaron algunas conversiones para que los coeficientes puedan ser interpretados como elasticidades. El tipo de modelo, según la forma funcional, los coeficientes, la elasticidad y su interpretación se observan en la Tabla 6. Cabe señalar que los incrementos o decrementos en las variables explicativas están acotados, por lo que es importante considerar los máximos y mínimos señalados en la estadística descriptiva.

Tabla 6. Interpretación de los resultados (variables explicativas de AFIN).

VARIABLES X'S	Forma funcional	Coeficientes β 's	Elasticidad	Interpretación
TARIFAD	Nivel - nivel	0.768049	$\beta \left(\frac{X}{Y}\right)^* = 0.768 \left(\frac{17.62}{62.50}\right) = 0.2165$	En términos de un modelo nivel-nivel, un incremento de un peso en la tarifa doméstica aumenta 0.77 % la autosuficiencia financiera En términos de elasticidad, un incremento del 1 % en la tarifa doméstica aumenta entre 0.14 y 0.22 % la autosuficiencia financiera
I_TARIFAD	Nivel - log	8.31395	$\beta \left(\frac{1}{Y}\right)^* = 8.314 \left(\frac{1}{61.50}\right) = 0.1352$	
I_TARIFAC	Nivel - log	8.33014	$\beta \left(\frac{1}{Y}\right)^* = 8.330 \left(\frac{1}{62.29}\right) = 0.1337$	Un incremento del 1 % en la tarifa comercial aumenta en 0.13 % la autosuficiencia financiera
I_NSC	Nivel - log	-10.8304	$\beta \left(\frac{1}{Y}\right)^* = -10.83 \left(\frac{1}{62.29}\right) = -0.1739$	Un incremento del 1 % en el nivel de subsidio cruzado disminuye en 0.17 % la autosuficiencia financiera
I_EFISICA	Nivel - log	27.4261 a 27.7403	$\beta \left(\frac{1}{Y}\right)^* = 27.43 \left(\frac{1}{61.97}\right) \text{ a } 27.74 \left(\frac{1}{62.50}\right)$	Un incremento del 1 % en la eficiencia física aumenta en 0.44 % la autosuficiencia financiera
I_ECOMERCIAL	Nivel - log	15.7876 a 28.9707	$\beta \left(\frac{1}{Y}\right)^* = 15.79 \left(\frac{1}{61.97}\right) \text{ a } 28.97 \left(\frac{1}{62.50}\right)$	Un incremento del 1 % en la eficiencia comercial aumenta entre 0.25 y 0.46 % la autosuficiencia financiera
I_EGLOBAL	Nivel - log	18.7594 a 22.8665	$\beta \left(\frac{1}{Y}\right)^* = 18.76 \left(\frac{1}{61.50}\right) \text{ a } 22.87 \left(\frac{1}{62.29}\right)$	Un incremento del 1 % en la eficiencia global aumenta entre 0.31 y 0.37 % la autosuficiencia financiera
SURESTE	Nivel - D	-20.9793 a -36.5681	No aplica	Cuando el organismo pertenece a un estado del sureste mexicano la autosuficiencia financiera disminuye entre 21 y 37 unidades porcentuales

*Según Gujarati y Porter (2010) se pueden medir las elasticidades utilizando promedios de X y Y.

Fuente: elaboración propia con orientación de Gujarati y Porter (2010).

Como ya se ha señalado, y dado lo expuesto en la Tabla 6, se puede apreciar que incrementos en las tarifas (doméstica y comercial) y en las eficiencias (física, comercial y global) generan aumentos en la autosuficiencia financiera, y viceversa. Por el contrario, incrementos en el subsidio cruzado hacen que disminuya la autosuficiencia financiera. Asimismo, la pertenencia a algún estado del sureste también provoca que baje la variable AFIN.

Respecto a la Tabla 6, es importante considerar que los cambios en la variable dependiente corresponden a cambios alrededor de valores promedio de las variables explicativas. Considerar modificaciones en las variables explicativas que hicieran que se alejaran bastante del punto de los valores promedio puede propiciar predicciones erróneas de los cambios en la variable dependiente.

Con la finalidad de ejemplificar la utilidad práctica de los modelos expuestos, se sustituyeron los valores promedio de la estadística descriptiva en la ecuación del modelo 3, arrojando una autosuficiencia financiera del 62.08 %, muy cercana al 65.17 % observada. En el siguiente apartado se ofrecen algunas conclusiones sobre los hallazgos de esta investigación.

Conclusiones

En el presente artículo se realiza una revisión de la literatura sobre los factores que inciden en el desempeño de los OOA. Se encuentra un hueco en la literatura sobre la exploración de los determinantes del desempeño financiero en los OOA y se propone un estudio sobre la gestión del agua para uso urbano en México desde el punto de vista de la autosuficiencia financiera.

Se lleva a cabo un modelo econométrico en el que la variable dependiente es la autosuficiencia financiera (ingresos entre egresos), y las explicativas con signo positivo son la tarifa (doméstica y/o comercial) y la eficiencia (física, comercial y/o global). Por otro lado, las variables independientes con relación negativa con la autosuficiencia financiera son el nivel de subsidio cruzado y estar ubicado en el sureste mexicano.

Cabe señalar que existen otras variables que pueden impactar en la autosuficiencia financiera de los OOA, mismas que no se incluyen en los modelos, pero que son susceptibles de una reflexión, por ejemplo las tomas clandestinas, las decisiones políticas al fijar la tarifa y la protección a la población vulnerable.

Respecto a las tarifas, es importante que sean suficientes para cubrir el costo del servicio y rehabilitar las redes de distribución, así como para mejorar la infraestructura existente. Las tarifas deben ser determinadas técnicamente y no con criterios políticos. Un adecuado esquema tarifario, además de mejorar las finanzas del organismo, desincentiva el consumo de agua. Por lo anterior, es muy recomendable

la creación de consejos independientes al OOA que puedan tomar decisiones sobre la estructura tarifaria con razonamientos técnicos, dejando de lado incentivos estrictamente políticos. Cabe aclarar que en todo momento es muy importante proteger a la población económicamente vulnerable.

Es muy común en México que las tarifas comerciales e industriales sean significativamente más altas que las domésticas. A este fenómeno se le llama subsidio cruzado. En el presente estudio se obtuvo un indicador llamado nivel de subsidio cruzado, que es la división del promedio de las tarifas industriales y comerciales entre la tarifa doméstica. La relación con la autosuficiencia financiera resultó negativa. Lo anterior indica que tener tarifas comerciales e industriales muy altas respecto a la tarifa doméstica puede ser contraproducente. Por un lado, puede generar una dependencia financiera en menos cantidad de usuarios (comerciales e industriales) y, por otro, incentivar el consumo irresponsable de agua en los usuarios domésticos al no valorar el servicio, incrementando así los costos de producción.

En este estudio se muestra evidencia de que la eficiencia en el organismo, medida como porcentaje de facturación sobre producción (eficiencia física), como cobro entre facturación en volumen (eficiencia comercial) y como cobro entre producción en volumen (eficiencia global), impacta positivamente de manera significativa en la autosuficiencia financiera del OOA. Es importante, por lo tanto, fortalecer el nivel de facturación del organismo a través de la detección y reparación de fugas, colocación y calibración de medidores para los diferentes tipos de usuarios, e identificación de tomas clandestinas. También es conveniente

incrementar la cobranza del agua a los usuarios, protegiendo siempre a la población económicamente vulnerable, a fin de desincentivar el consumo desmedido del recurso y mejorar las finanzas del organismo.

Resulta también de interés el hallazgo encontrado en esta investigación sobre el menor desempeño financiero que tienen los OOA's ubicados en las entidades federativas del sureste mexicano. Lo anterior debido a que no existe una necesidad imperante por la eficiencia, dado que el agua no es un recurso escaso en comparación con los estados del centro y del norte del país. Por lo anterior, es importante que en las ciudades donde hay un problema real de escasez de agua exista el conocimiento de la sociedad y de las autoridades sobre el mismo, para promover la eficiencia de los OOA's, para evitar en un futuro no contar con este preciado líquido.

Para finalizar, se considera relevante impulsar a los OOA's a generar y publicar información que permita a las autoridades, académicos y sociedad civil conocer el desempeño en materia de gestión y disponibilidad de agua, con el objetivo de prever posibles problemas futuros en esta materia y mejorar la resiliencia de las ciudades ante el cambio climático.

Referencias

- Ablanedo-Rosas, J. H., Campanur, A. G., Olivares-Benitez, E., Sánchez-García, J. Y., & Nuñez-Ríos, J. E. (2020). Operational efficiency of Mexican water utilities: Results of a double-bootstrap data envelopment analysis. *Water (Switzerland)*, 12(2). Recuperado de <https://doi.org/10.3390/w12020553>
- Akimov, A., & Simshauser, P. (2020). Performance measurement in Australian water utilities. Current state and future directions. *Australian Journal of Public Administration*, 79(1), 111-142. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/1467-8500.12376>
- Angeles-Castro, G., Arriola-Barcenas, L. J., & Baeza-Almaraz, C. B. (2018). Determinants of total efficiency in water utilities in Mexico. *Applied Economics Letters*, 25(21), 1531-1534. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/13504851.2018.1430324>
- Berg, S. V. (2020). Performance assessment using key performance indicators (KPIs) for water utilities: A primer. *Water Economics and Policy*, 6(2). Recuperado de <https://doi.org/10.1142/S2382624X20500010>
- Briseño, H. (2018). Water pricing models in Mexico according to social criteria (Modelos tarifarios de agua en México según criterios sociales). *Tecnología y ciencias del agua*, 9(6), 173-192. Recuperado de <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-06-08>

- Briseño, H., & Macedo, E. (2021). Willingness to pay to improve water quality in Zapopan (Disposición a pagar para mejorar la calidad del agua en Zapopan). *Tecnología y ciencias del agua*, 12(1), 1-21. Recuperado de <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-01-10>
- Briseño, H., & Sánchez, A. (2018). Decentralization, consolidation, and crisis of urban water management in Mexico. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(4), 25-47. Recuperado de <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-04-02>
- Cetrulo, T. B., Ferreira, D. F. C., Marques, R. C., & Malheiros, T. F. (2020). Water utilities performance analysis in developing countries: On an adequate model for universal access. *Journal of Environmental Management*, 268. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110662>
- Conagua, Comisión Nacional del Agua. (2022). *Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)*. Recuperado de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=tarifas&ver=reporte&o=1&n=nacional>
- D'Inverno, G., Carosi, L., & Romano, G. (2021). Environmental sustainability and service quality beyond economic and financial indicators: A performance evaluation of Italian water utilities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 75(February 2020), 100852. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100852>

- Da Silveira, A. P. P., & Mata-Lima, H. (2021). Assessing energy efficiency in water utilities using long-term data analysis. *Water Resources Management*, 35(9), 2763-2779. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02866-8>
- Estruch-Juan, E., Cabrera, E., Molinos-Senante, M., & Maziotis, A. (2020). Are frontier efficiency methods adequate to compare the efficiency of water utilities for regulatory purposes? *Water (Switzerland)*, 12(4). Recuperado de <https://doi.org/10.3390/W12041046>
- Gidion, D. K., Hong, J., Adams, M. Z. A., & Khoveyni, M. (2019a). Network DEA models for assessing urban water utility efficiency. *Utilities Policy*, 57, 48-58. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.02.001>
- Gidion, D. K., Hong, J., Hou, B., Shillamkwese, S. S., Adams, M. Z. A., & Khoveyni, M. (2019b). Consistency in efficiency benchmarking: Urban water utility regulation with performance improvement. *Water Science and Technology: Water Supply*, 19(7), 1955-1964. Recuperado de <https://doi.org/10.2166/ws.2019.072>
- Guerrini, A., Molinos-Senante, M., & Romano, G. (2018). Italian regulatory reform and water utility performance: An impact analysis. *Utilities Policy*, 52, 95-102. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jup.2018.03.005>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. New York, EUA: McGraw Hill.

- Güngör-Demirci, G., Lee, J., & Keck, J. (2017). Measuring water utility performance using nonparametric linear programming. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 34(3-4), 206-220. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/10286608.2018.1425403>
- Güngör-Demirci, G., Lee, J., & Keck, J. (2018a). Assessing the performance of a California water utility using two-stage data envelopment analysis. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 144(4). Recuperado de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000921](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000921)
- Güngör-Demirci, G., Lee, J., Keck, J., Guzzetta, R., & Yang, P. (2018b). Determinants of non-revenue water for a water utility in California. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 67(3), 270-278. Recuperado de <https://doi.org/10.2166/aqua.2018.152>
- Kayaga, S. M., Kingdom, W., & Jalakam, A. (2018). Organisational design for improved performance of urban water utilities in developing countries. *Utilities Policy*, 50, 49-59. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.10.001>
- Kemendi, T. J., & Tutusaus, M. (2018). The impact of pro-poor interventions on the performance indicators of a water utility: Case studies of nakuru and kisumu. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 8(2), 208-216. Recuperado de <https://doi.org/10.2166/washdev.2018.088>
- Li, L. (2018). Private sector participation and performance of county water utilities in China. *China Economic Review*, 52, 30-53. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2018.06.001>

- Molinos-Senante, M., Maziotis, A., & Sala-Garrido, R. (2021). Benchmarking the economic and environmental performance of water utilities: A comparison of frontier techniques. *Benchmarking*. Recuperado de <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2021-0481>
- Nafi, A., & Brans, J. (2018). Prediction of water utility performance: The case of the water efficiency rate. *Water (Switzerland)*, 10(10). Recuperado de <https://doi.org/10.3390/w10101443>
- Ngobeni, V., & Breitenbach, M. C. (2021). Production and scale efficiency of South African water utilities: The case of water boards. *Water Policy*, 23(4), 862-879. Recuperado de <https://doi.org/10.2166/wp.2021.055>
- Nithammer, C. M., Mahabir, J., & Dikgang, J. (2022). Efficiency of South African water utilities: A double bootstrap DEA analysis. *Applied Economics*, 54(26), 3055-3073. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.2002802>
- Pinto, F. S., Costa, A. S., Figueira, J. R., & Marques, R. C. (2017). The quality of service: An overall performance assessment for water utilities. *Omega (United Kingdom)*, 69, 115-125. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.08.006>
- Río Arronte, & IMTA, Fundación Gonzalo Río Arronte & Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2021). *Sistema de información para incentivar el cobro-pago del agua*. Recuperado de <http://www.fgra-cobro-pago.org.mx/>

- Robles-Velasco, A., Rodríguez-Palero, M., Muñuzuri, J., & Onieva, L. (2022). Sustainable Development and efficiency analysis of the major urban water utilities in Spain. *Water (Switzerland)*, 14(9). Recuperado de <https://doi.org/10.3390/w14091519>
- Romano, G., Molinos-Senante, M., & Guerrini, A. (2017). Water utility efficiency assessment in Italy by accounting for service quality: An empirical investigation. *Utilities Policy*, 45, 97-108. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.02.006>
- Romano, G., Salvati, N., & Guerrini, A. (2018). Governance, strategy and efficiency of water utilities: The Italian case. *Water Policy*, 20(1), 109-126. Recuperado de <https://doi.org/10.2166/wp.2017.172>
- Salazar-Adams, A. (2021). The efficiency of post-reform water utilities in Mexico. *Utilities Policy*, 68. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101153>
- Santos, L. F., Cardoso, M. A., & Galvão, A. F. (2022). Storm water systems' performance: Assessment framework application to Portuguese water utilities. *International Journal of Water Resources Development*. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/07900627.2021.2004882>
- Tskhai, A. (2020). Model for evaluating the efficiency of Russian water utilities. *Utilities Policy*, 62. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100986>

- Tskhai, A. (2022). The impact of increasing environmental requirements on the efficiency of water utilities: Russian case. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 24(2), 633-644. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02133-9>
- Walker, N. L., Williams, A. P., & Styles, D. (2020). Key performance indicators to explain energy & economic efficiency across water utilities, and identifying suitable proxies. *Journal of Environmental Management*, 269. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110810>
- Zirogiannis, N., & Tripodis, Y. (2018). Dynamic factor analysis for short panels: Estimating performance trajectories for water utilities. *Statistical Methods and Applications*, 27(1), 131-150. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10260-017-0394-y>