



REVISTA INCLUSIONES

**POLÍTICAS PÚBLICAS EN MEXICO:
SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS**

Revista de Humanidades y Ciencias Sociales

Volumen 9 · Número Especial

Abril / Junio

2022

ISSN 0719-4706

Editores:

Dra. Talina Merit Olvera Mejía

Dra. Berenice Alfaro Ponce

Dr. Israel Cruz Badillo

CUERPO DIRECTIVO

Director

Dr. Juan Guillermo Mansilla Sepúlveda
Universidad Católica de Temuco, Chile

Editor

Alex Véliz Burgos
Obu-Chile, Chile

Editor Científico

Dr. Luiz Alberto David Araujo
Pontificia Universidade Católica de Sao Paulo, Brasil

Editor Brasil

Drdo. Maicon Herverton Lino Ferreira da Silva
Universidade da Pernambuco, Brasil

Editor Europa del Este

Dr. Alekzandar Ivanov Katrandhiev
Universidad Suroeste "Neofit Rilski", Bulgaria

Cuerpo Asistente

Traductora: Inglés

Lic. Pauline Corthorn Escudero
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Portada

Lic. Graciela Pantigoso de Los Santos
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Carolina Aroca Toloza
Universidad de Chile, Chile

Dr. Jaime Bassa Mercado
Universidad de Valparaíso, Chile

Dra. Heloísa Bellotto
Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dra. Nidia Burgos
Universidad Nacional del Sur, Argentina

Mg. María Eugenia Campos
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Francisco José Francisco Carrera
Universidad de Valladolid, España

Mg. Keri González
Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México

Dr. Pablo Guadarrama González
Universidad Central de Las Villas, Cuba

Mg. Amelia Herrera Lavanchy
Universidad de La Serena, Chile

Mg. Cecilia Jofré Muñoz
Universidad San Sebastián, Chile

Mg. Mario Lagomarsino Montoya
Universidad Adventista de Chile, Chile

Dr. Claudio Llanos Reyes
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Dr. Werner Mackenbach
Universidad de Potsdam, Alemania
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Mg. Rocío del Pilar Martínez Marín
Universidad de Santander, Colombia

Ph. D. Natalia Milanesio
Universidad de Houston, Estados Unidos

Dra. Patricia Virginia Moggia Münchmeyer
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Ph. D. Maritza Montero
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Dra. Eleonora Pencheva
Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Dra. Rosa María Regueiro Ferreira
Universidad de La Coruña, España

Mg. David Ruete Zúñiga
Universidad Nacional Andrés Bello, Chile

Dr. Andrés Saavedra Barahona
Universidad San Clemente de Ojrid de Sofía, Bulgaria

Dr. Efraín Sánchez Cabra
Academia Colombiana de Historia, Colombia

Dra. Mirka Seitz
Universidad del Salvador, Argentina

Ph. D. Stefan Todorov Kapralov
South West University, Bulgaria

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Comité Científico Internacional de Honor

Dr. Adolfo A. Abadía

Universidad ICESI, Colombia

Dr. Carlos Antonio Aguirre Rojas

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Martino Contu

Universidad de Sassari, Italia

Dr. Luiz Alberto David Araujo

Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil

Dra. Patricia Brogna

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Horacio Capel Sáez

Universidad de Barcelona, España

Dr. Javier Carreón Guillén

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Lancelot Cowie

Universidad West Indies, Trinidad y Tobago

Dra. Isabel Cruz Ovalle de Amenabar

Universidad de Los Andes, Chile

Dr. Rodolfo Cruz Vadillo

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México

Dr. Adolfo Omar Cueto

Universidad Nacional de Cuyo, Argentina

Dr. Miguel Ángel de Marco

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Emma de Ramón Acevedo

Universidad de Chile, Chile

Dr. Gerardo Echeita Sarrionandía

Universidad Autónoma de Madrid, España

Dr. Antonio Hermosa Andújar

Universidad de Sevilla, España

Dra. Patricia Galeana

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dra. Manuela Garau

Centro Studi Sea, Italia

Dr. Carlo Ginzburg Ginzburg

Scuola Normale Superiore de Pisa, Italia

Universidad de California Los Ángeles, Estados Unidos

Dr. Francisco Luis Girardo Gutiérrez

Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

José Manuel González Freire

Universidad de Colima, México

Dra. Antonia Heredia Herrera

Universidad Internacional de Andalucía, España

Dr. Eduardo Gomes Onofre

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

Dr. Miguel León-Portilla

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Miguel Ángel Mateo Saura

Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel", España

Dr. Carlos Tulio da Silva Medeiros

Diálogos em MERCOSUR, Brasil

+ Dr. Álvaro Márquez-Fernández

Universidad del Zulia, Venezuela

Dr. Oscar Ortega Arango

Universidad Autónoma de Yucatán, México

Dr. Antonio-Carlos Pereira Menaut

Universidad Santiago de Compostela, España

Dr. José Sergio Puig Espinosa

Dilemas Contemporáneos, México

Dra. Francesca Randazzo

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras

Dra. Yolando Ricardo

Universidad de La Habana, Cuba

Dr. Manuel Alves da Rocha

Universidade Católica de Angola Angola

Mg. Arnaldo Rodríguez Espinoza

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

Dr. Miguel Rojas Mix

*Coordinador la Cumbre de Rectores Universidades
Estatales América Latina y el Caribe*

Dr. Luis Alberto Romero

CONICET / Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Maura de la Caridad Salabarría Roig

Dilemas Contemporáneos, México

Dr. Adalberto Santana Hernández

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Juan Antonio Seda

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dr. Saulo Cesar Paulino e Silva

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Miguel Ángel Verdugo Alonso

Universidad de Salamanca, España

Dr. Josep Vives Rego

Universidad de Barcelona, España

Dr. Eugenio Raúl Zaffaroni

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Blanca Estela Zardel Jacobo

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Comité Científico Internacional

Mg. Paola Aceituno

Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile

Ph. D. María José Aguilar Idañez

Universidad Castilla-La Mancha, España

Dra. Elian Araujo

Universidad de Mackenzie, Brasil

Mg. Romyana Atanasova Popova

Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Dra. Ana Bénard da Costa

Instituto Universitario de Lisboa, Portugal

Centro de Estudios Africanos, Portugal

Dra. Alina Bestard Revilla

*Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte,
Cuba*

Dra. Noemí Brenta

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Ph. D. Juan R. Coca

Universidad de Valladolid, España

Dr. Antonio Colomer Vialdel

Universidad Politécnica de Valencia, España

Dr. Christian Daniel Cwik

Universidad de Colonia, Alemania

Dr. Eric de Léséulec

INS HEA, Francia

Dr. Andrés Di Masso Tarditti

Universidad de Barcelona, España

Ph. D. Mauricio Dimant

Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel

Dr. Jorge Enrique Elías Caro

Universidad de Magdalena, Colombia

Dra. Claudia Lorena Fonseca

Universidad Federal de Pelotas, Brasil

Dra. Ada Gallegos Ruiz Conejo

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Dra. Carmen González y González de Mesa

Universidad de Oviedo, España

Ph. D. Valentin Kitanov

Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Mg. Luis Oporto Ordóñez

Universidad Mayor San Andrés, Bolivia

Dr. Patricio Quiroga

Universidad de Valparaíso, Chile

Dr. Gino Ríos Patio

Universidad de San Martín de Porres, Perú

Dr. Carlos Manuel Rodríguez Arrechavaleta

Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México

Dra. Vivian Romeu

Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México

Dra. María Laura Salinas

Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

**REVISTA
INCLUSIONES** M.R.
REVISTA DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS SOCIALES

Dr. Stefano Santasilia

Universidad della Calabria, Italia

Mg. Silvia Laura Vargas López

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Dra. Jaqueline Vassallo

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

**CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL**

Dr. Evandro Viera Ouriques

Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil

Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez

Universidad de Jaén, España

Dra. Maja Zawierzeniec

Universidad Wszechnica Polska, Polonia

Indización, Repositorios y Bases de Datos Académicas

Revista Inclusiones, se encuentra indizada en:





REX



UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN



Universidad de Concepción



BIBLIOTECA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



ORES



uOttawa

Bibliothèque Library



EVALUACIÓN DE LAS EFICIENCIAS EN EL ABASTO DEL AGUA EN MÉXICO

THE EVALUATION OF WATER SUPPLY EFFICIENCIES IN MEXICO¹

Mtra. Belida Ariana Reyes Mata

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6267-4209>

re082346@uaeh.edu.mx

Dr. Juan Bacilio Guerrero Escamilla

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0971-7564>

juan_guerrero9464@uaeh.edu.mx

Fecha de Recepción: 03 de febrero de 2022 – **Fecha Revisión:** 04 de febrero de 2022

Fecha de Aceptación: 14 de marzo de 2022 – **Fecha de Publicación:** 01 de abril de 2022

Resumen

El abasto del servicio público del agua en México se encuentra a cargo de los Organismos Operadores del Agua, su desempeño es valorado conforme al modelo de eficiencia de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), organismo público federal facultado para ejercer como órgano superior de carácter técnico, normativo, y consultivo. Para CONAGUA la eficiencia del sistema de agua potable es la “capacidad de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores con un servicio de calidad total”, y el contexto propicio para alcanzar esta eficiencia se presenta en tres escenarios: en la ingeniería del sistema de abastecimiento, en la comercialización de los servicios de agua potable y en el desarrollo institucional del organismo operador, por lo que en su evaluación considera el cálculo de cinco eficiencias: Eficiencia Física 1, Eficiencia Física 2, Eficiencia Comercial, Eficiencia de Cobro y Eficiencia Global; en este trabajo valoramos los resultados alcanzados por los Organismos Operadores de Agua en México en el periodo de 2012 a 2018 con respecto a dichas eficiencias, buscando identificar los aspectos de mayor relevancia en el desempeño de estos organismos. Siendo instancias facultadas por Ley para la gestión y prestación de este recurso su desempeño debe ser evaluado, además de generar los instrumentos necesarios para su retroalimentación y mejora continua ante los nuevos retos a los que deben enfrentarse para brindar un servicio eficiente y de calidad año con año.

Palabras Claves

Eficiencia – Servicio de utilidad pública – Abastecimiento de agua – Agua
Organismo operador gubernamental

Abstract

The regulation of water supply in Mexico is in charge of Water Utilities and its performance is regulated according to the model of efficiency from Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), it means, an authorized Public Federal Agency that act as a technical, normative and consultative

¹ El artículo es resultado de la Investigación de Tesis de Doctorado “Estimación de la eficiencia en los organismos operadores del agua mediante la construcción de un modelo de evaluación en el periodo 2012-2018” financiado con recursos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través de la beca de posgrado entregada a estudiantes del Doctorado en Políticas Públicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

higher authority. To CONAGUA, the efficacy of clean waters is “the capability of collect, flow, regulate, treat, and distribute from the natural resource to the costumers place with a high level of quality”. So, the proper context to reach the efficacy required is presented on three stages, in the engineering distribution, treated Waters commercialization and the development of the Water Utility. Therefore, its evaluation considers the range of five efficiencies: Physical Efficiency 1, Physical Efficiency 2, Trading Efficiency, Charges Efficiency and Global Efficiency. This document analyze the Mexican Water Utilities results from 2012 to 2018 according to the efficiencies described, and looking for the most relevant performing aspects from it, and since they have been empowered by law to provide and gestionate this service, its performance must be evaluated, in addition to generating the necessary instruments of feedback and continuous improvements to face the new challenges providing a qualy and effective service year after year.

Keywords

Efficiency – Public ownership of utilities – Water Supply – Water – Water resource Management

Para Citar este Artículo:

Reyes Mata, Belida Ariana y Guerrero Escamilla, Juan Bacilio. Evaluación de las eficiencias en el abasto del agua en México. Revista Inclusiones Vol: 9 num Esp. (2022): 118-141.

Licencia Creative Commons Attribution Non-Comercial 3.0 Unported
(CC BY-NC 3.0)

Licencia Internacional



Propósito de la investigación

Los estudios sobre la eficiencia de los organismos operadores del agua aún son escasos, y las problemáticas en el abasto van en incremento ante las transformaciones territoriales y los cambios a nivel mundial que limitan el acceso a este recurso, por ello, el objetivo general de este trabajo es:

Construir un Índice de Eficiencia General sobre el abastecimiento del agua (IEG) en nuestro país con base en los resultados obtenidos en las cinco eficiencias de los organismos operadores del agua en el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), mediante un análisis factorial exploratorio de los resultados alcanzados en el periodo de 2012-2018.

Modelo de análisis

En México, como en el resto del mundo, existen diversas problemáticas relacionadas con el abasto del agua que se presentan, tanto en zonas urbanas como rurales, de acuerdo con el Programa Nacional Hídrico 2020-2024, a nivel nacional, sólo el 58% de la población del país tiene agua diariamente en su domicilio y cuenta con saneamiento básico mejorado². En el medio urbano se alcanza un valor de 64%, y en el medio rural el valor es apenas del 39%. Los prestadores del servicio de agua en el país son, en su mayoría, organismos públicos descentralizados que se enfrentan a diversas dificultades, entre ellas, la insuficiencia de recursos financieros para operar adecuadamente, problemas de recaudación, bajas tarifas del servicio y falta de personal capacitado, además, existen factores externos que a nivel mundial han comenzado a impactar en el abasto del recurso del agua, como lo son los efectos del cambio climático y la sobreexplotación de los mantos acuíferos. De acuerdo con Ricardo Jordán y Daniela Simioni³, uno de los elementos básicos en la mejora de la calidad de vida es el acceso adecuado a los servicios públicos y, el recurso del agua, además, ostenta una mayor relevancia cuando se le analiza desde la perspectiva de sus impactos, es un recurso básico para la vida, para el desarrollo de las actividades económicas, para garantizar y mantener la salud, para la producción de alimentos, etc. Pero, ¿Qué tan eficiente es el abasto del agua en nuestro país?

En México los organismos encargados de prestar este servicio son denominados Organismos Operadores de Agua (OOA), y están facultados para proveer los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales de acuerdo con lo establecido en los artículos 115, fracción III de la Constitución Política de nuestro país y en los artículos 20 y 44 de la Ley de Aguas Nacionales. La eficiencia en la prestación de los servicios públicos, a cargo de dichos organismos operadores, se mide y evalúa bajo los criterios de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), organismo público con carácter técnico, normativo y, consultivo de la Federación, en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico⁴, además, tiene

² El saneamiento básico mejorado considera a los habitantes de las viviendas que tienen sanitarios de uso exclusivo para la vivienda y que su sanitario está conectado a la red de drenaje o a una “fosa séptica” (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Programa Nacional Hídrico 2019-2024 (2019), 10.

³ Ricardo Jordán y Daniela Simioni, *Guía de Gestión Urbana* (Santiago: Comisión Económica para América Latina (CEPAL), 2003), 26.

⁴ Ley de Aguas Nacionales, Artículo 3, Fracción XII, México (2020) 2, 13, 61.

a su cargo el diseño de la política nacional de gestión urbana del agua y es la instancia facultada para dar seguimiento a la revisión de los niveles de cumplimiento en materia de eficiencia en dichos organismos.

Para la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la eficiencia del sistema de agua potable es la “capacidad de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores con un servicio de calidad total”⁵ y el contexto propicio para alcanzar esta eficiencia se presenta en tres escenarios:

- a. El de la ingeniería del sistema de abastecimiento
- b. El de la comercialización de los servicios de agua potable
- c. El del desarrollo institucional del organismo operador

En lo que refiere a la ingeniería del sistema de abastecimiento se deben cumplir la eficiencia física, la eficiencia hidráulica, la eficiencia energética y la calidad del agua. En la comercialización de los servicios de agua potable se busca alcanzar la eficiencia en facturación, cobranza, contabilidad, padrón de usuarios, estimación de consumos, tarifas, control de suministros, comunicación y transporte y comunicación social. Y en lo que refiere al desarrollo institucional se busca alcanzar la eficiencia en aspectos como la autonomía organizada, liderazgo, administración de personal, orientación financiera, orientación al consumidor, capacidad técnica, formación de personal, interacción con instituciones externas. La medición de la eficiencia de los organismos operadores se presenta en cinco resultados: Eficiencia Física 1, Eficiencia Física 2, Eficiencia Comercial, Eficiencia de Cobro y Eficiencia Global.

La información disponible a la fecha es el resultado del análisis de 39 Indicadores históricos, proporcionados por los organismos operadores en el periodo 2012-2018, dichos indicadores se emplean para calcular 32 indicadores de gestión, entre ellos, las cinco eficiencias. El modelo de análisis propuesto en este trabajo se centra en los resultados de dichas eficiencias para identificar la más representativa a nivel nacional y, con ello, llegar a conocer las variables de mayor peso para los organismos operadores que presentan mejores resultados en el desarrollo y cumplimiento de sus funciones, y con ello, dirigir las acciones de mejora hacia dicho conjunto de variables.

De acuerdo con la evaluación realizada por la Auditoría Superior de la Federación (2019)⁶, existen cuatro modalidades para la administración de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento:

- a. Organismos operadores municipales

Los ayuntamientos tienen la atribución de prestar el servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales en zonas urbanas y rurales dentro de su territorio. La recomendación para zonas urbanas es crear organismos públicos descentralizados de la administración municipal, con personalidad jurídica y patrimonio propios, con funciones administrativas⁷

⁵ Comisión Nacional del Agua CONAGUA, Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F. (2012) 10.

⁶ Auditoría Superior de la Federación, Evaluación Número 1585-DE de la Política Pública de Agua Potable, México, Cámara de Diputados, México (2019) 38

⁷ Auditoría Superior de la Federación, Evaluación Número 1585-DE de la Política Pública de Agua Potable... 38

b. Organismos operadores intermunicipales

Para la prestación de los servicios públicos en localidades de municipios limítrofes y conurbados que pueden compartir infraestructura hidráulica se crean convenios entre dos o más municipios y organismos operadores intermunicipales encargado de la gestión en la totalidad del territorio de dichos municipios⁸

c. Organismos operadores estatales

En cada entidad federativa existe un organismo público descentralizado del gobierno del Estado que funge como ente rector para la administración del agua. Sus atribuciones varían en cada Estado, pero de forma general tienen los siguientes objetivos:

- a. Fijar los objetivos, políticas, estrategias, programas y normas que conlleven al óptimo aprovechamiento del agua en su Estado, que garantice su sustentabilidad.
- b. Formular y proponer al poder ejecutivo el Programa Estatal Hídrico.
- c. Orientar las leyes correspondientes y con base en la disponibilidad del agua, las acciones que atiendan: la demanda del recurso, las descargas, el tratamiento y la reutilización de aguas residuales, la recarga de acuíferos, el control de avenidas y la prevención de inundaciones.
- d. Establecer la coordinación con las autoridades federales y municipales, para participar en la planeación, programación, diseño, construcción, control y evaluación de obras en cada Estado y en los municipios.
- e. Promover, coordinar, concertar y realizar la investigación y desarrollo tecnológico en materia de agua, y la formación y capacitación de recursos humanos.

Promover una cultura del agua que fomente el reconocimiento de este recurso como finito, vital y escaso⁹.

d. Organismos privados como concesionarios

Con el propósito de impulsar la eficiencia física y comercial y para facilitar el acceso a la tecnología de punta y nuevas fuentes de financiamiento, se ha promovido, a través de las leyes, la participación de los sectores privado y social en las funciones de: prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, ejecución de estudios, proyectos y construcción de infraestructura hidráulica relacionada con los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento, administración, operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica y la ejecución de actividades que propicien la capitalización, la ampliación y la mejoría de los servicios públicos¹⁰.

⁸ Auditoría Superior de la Federación, Evaluación Número 1585-DE de la Política Pública de Agua Potable... 38

⁹ Auditoría Superior de la Federación, Evaluación Número 1585-DE de la Política Pública de Agua Potable... 38

¹⁰ Auditoría Superior de la Federación, Evaluación Número 1585-DE de la Política Pública de Agua Potable... 38

El modelo de eficiencia de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)

De acuerdo con CONAGUA¹¹, la eficiencia total de la calidad del servicio de agua potable es el resultado de diversos componentes:

- a. Ingeniería de producción y distribución. Donde se busca la eficiencia física, hidráulica energética y de calidad del agua.
- b. Comercialización del servicio. Donde se busca la eficiencia en facturación, cobranza, contabilidad, padrón de usuarios, estimación de consumos, tarifas, control de suministros, comunicación y transporte y comunicación social.
- c. Desarrollo institucional. Donde se debe alcanzar la eficiencia en la autonomía organizada, liderazgo, administración de personal, orientación financiera, orientación al consumidor, capacidad técnica, formación de personal e interacción con instituciones externas.

La eficiencia en el escenario de ingeniería de producción y distribución

Para la estimación de la eficiencia, en este escenario, la CONAGUA sugiere un análisis a detalle de toda la información referente a la ingeniería e infraestructura empleada por el organismo operador.

Para la construcción del modelo de eficiencia técnica se diseñan elementos de eliminación y control de fugas, enmarcados en un programa estratégico de acciones para incrementar la eficiencia en el funcionamiento del sistema de agua potable. Este modelo debe contemplar:

- a. La elaboración del diagnóstico del nivel de fugas actual
- b. Identificación de causas que originan el estado actual de fugas
- c. Diseñar medidas preventivas y facilitadoras de reducción y control de fugas
- d. Definir las acciones para la eliminación intensiva de fugas y alcanzar un nivel aceptable
- e. Diseñar el programa permanente de control de fugas para mantener un nivel aceptable
- f. Estimar los costos, realizar la calendarización y diseñar los esquemas de financiamiento

La eficiencia hidráulica es la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento urbano, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema¹², aunque no existe un indicador específico que permita valorar esta eficiencia, la CONAGUA sugiere parámetros de disponibilidad espacial y temporal del agua a los usuarios como:

1. Consumo unitario de los usuarios (l/h/día)
2. Dotación (l/h/día)

¹¹ Comisión Nacional del Agua CONAGUA, Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable... 1

¹² Comisión Nacional del Agua CONAGUA, Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F. (2012), 64.

3. Continuidad del servicio de agua (horas/día)
4. Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (+-%)
5. Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm²)

La eficiencia energética se determina mediante técnicas que miden el uso de la energía en el sistema de agua potable y especifican cuánta de esa energía es desperdiciada, los elementos para el suministro y transformación energética necesarios para la producción, suministro y tratamiento de agua, van desde el medidor de consumo del suministrador de energía, el transformador del centro de control de motor, el motor eléctrico, la bomba y la disposición final del agua potable y residual.

La calidad del agua es resultado de la demanda, para el caso de las aguas subterráneas, de las aguas usadas como las municipales, industriales, agrícolas, pecuarias, etc., de su recolección, de la eficiencia de su tratamiento y de la capacidad de autodepuración de los cuerpos de agua en que se descarguen. Las valoraciones que se toman en cuenta en la calidad del agua son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos disueltos totales (SDT)

La eficiencia en el escenario de comercialización del producto

Los organismos operadores de agua potable y saneamiento se integran básicamente de cinco sistemas: operacional, comercial, de planificación, financiero y administrativo, y cada uno de estos sistemas cuenta con un sistema propio de información, o bien, se puede contar con un Sistema de Información de todo el organismo operador. Cada uno de dichos sistemas contribuye al fortalecimiento de las funciones y cumplimiento de metas que garantiza un servicio de calidad en el abasto del recurso del agua como se describe en la Tabla 1.

Planificación	Operacional	Comercial	Financiero	Administrativo y de apoyo
Realiza el diagnóstico para la cuantificación de la problemática, situación actual, cobertura, establecer metas, etc. Debe formular los planes de la institución para análisis de alta gerencia, realizar la planificación estratégica, táctica y operacional y establecer un sistema de	Corresponde con los recursos y actividades necesarios para administrar la elaboración de proyectos y la construcción de obras, así como para operar los sistemas de agua y de alcantarillado y mantener las instalaciones y equipos utilizados en los sistemas. Funciona a través de sus tres subsistemas:	Se encarga de la promoción y venta de los servicios y de la recuperación de costos que a su vez permita alcanzar la autosuficiencia financiera del organismo. Busca promover la expansión y el mantenimiento del mercado consumidor, registrar los consumidores y establecer una cuenta para	Es el conjunto de políticas y normas establecidas por la institución para la realización de sus operaciones financieras, además incluye los procedimientos y métodos para registrar y evaluar la gestión financiera e informar los resultados. Lo integran los subsistemas de:	Se integra por los sistemas de: Administración y Desarrollo de Recursos Humanos, Administración de Suministros, Administración de Patrimonio, Administración de Transportes y el sistema de Comunicación Social.

información para control gerencial y estructurar los subsistemas de planificación física, organizacional, económico-financiera y de programación y control.	Gerencia de proyectos y obras, operación y mantenimiento	cada uno de ellos.	de recursos financieros y Contabilidad.	
---	--	--------------------	---	--

Fuente: Instituto Mexicano del Agua IMTA. Sistema Comercial de Organismos de Agua Potable: Organización y funcionamiento para una mejor calidad del servicio, (2017), 30.

Tabla 1
Sistemas básicos de un organismo operador

La eficiencia en el escenario del Desarrollo Institucional

De acuerdo con la CONAGUA¹³, en este escenario se requiere del fortalecimiento de las eficiencias en la autonomía organizativa, el liderazgo del personal directivo, la administración de personal, la orientación financiera, los esquemas orientados hacia el consumidor, la capacidad técnica del personal, la capacitación del personal y la interacción con instituciones externas. Por lo que las eficiencias de este escenario requieren de acciones conjuntas entre los organismos y las instancias rectoras del sector como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y CONAGUA.

La eficiencia de carácter institucional refiere a un ecosistema óptimo para el pleno desarrollo y fortalecimiento de los organismos operadores en aspectos de índole estratégico y ejecutivo, por lo que la propuesta de CONAGUA en el documento de la Política Pública de Mejoramiento de Eficiencias en los Sistemas Urbanos de Agua Potable y Saneamiento¹⁴, es fortalecer la autonomía y sustentabilidad financiera de los organismos, la capacidad técnica, la planificación de la eficiencia y la calidad del servicio.

Metodología empleada en el análisis

El análisis de la información se realizará a través de la aplicación de un modelo de estadística multivariada, el modelo de análisis factorial, este modelo involucra variables latentes, las cuales son variables que no pueden medirse de manera directa y se estiman a través de variables manifiestas u observadas. En el análisis factorial se asume que la variable latente es continua, de forma que pueden ordenarse de mayor a menor nivel de atributo. El objetivo de este análisis es estudiar la estructura de correlación entre un grupo de variables medidas, asumiendo que la asociación entre las variables puede ser explicada por una o más variables latentes denominadas factores¹⁵.

Cuando la correlación se explica a través de un solo factor se denomina unifactorial, y si se explica con más de un factor se trata de un modelo multifactorial. En los modelos

¹³ Comisión Nacional del Agua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Mejora de la Eficiencia Comercial, s.f., 7-8 de la CONAGUA y el Instituto Mexicano del Agua (IMTA), México, (2017), 157.

¹⁴ Comisión Nacional del Agua, Política Pública de Mejoramiento de Eficiencias en los Sistemas Urbanos de Agua Potable y Saneamiento, México, (2012), 11-19.

¹⁵ Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. GENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas... 15.

multifactoriales, las variables que componen cada uno de los factores están fuertemente correlacionadas¹⁶.

El análisis factorial permite encontrar los factores relevantes que no pueden ser observados de manera directa, y debido a que los datos del estudio refieren a las cinco eficiencias alcanzadas por los distintos organismos operadores del agua en diversos años, el análisis factorial permitirá conocer estos factores relevantes que explican significativamente a las variables originales, y con ello, conocer los aspectos significativos en la eficiencia de los organismos operadores. Existen dos tipos de Análisis Factorial: Exploratorio y Confirmatorio, la conveniencia de utilizar uno u otro se encuentra en el objetivo de la investigación, para los propósitos de este trabajo se aplicará un Análisis Factorial Exploratorio.

Miguel Cruz Ramírez en Introducción al análisis factorial en educación matemática¹⁷, detalla que el Análisis Factorial Exploratorio busca descubrir la estructura interna de un conjunto de variables basándose en la hipótesis de que pueden existir una serie de factores asociados a dichas variables y la carga de cada uno de los factores se utiliza para intuir la relación de dichos factores con las distintas variables a partir de los siguientes pasos:

- 1) Objetivos
- 2) Diseño
- 3) Supuestos
- 4) Derivación de los Factores
- 5) Evaluación del ajuste global

Los objetivos

Como ya se ha descrito con anterioridad, el propósito de este trabajo es construir un Índice General de Eficiencia con base en la información disponible de las eficiencias en el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua (PIGOO), en el proceso de análisis de la información se describirán las variables y los componentes contemplados en el cálculo de cada una de las eficiencias, de modo que los objetivos son:

Objetivo General

Construir un índice de eficiencia general sobre el abastecimiento del agua (IEGAA) en nuestro país con base en los resultados obtenidos en las cinco eficiencias de los organismos operadores del agua en el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), mediante un análisis factorial exploratorio de los resultados alcanzados en el periodo de 2012-2018.

Objetivos específicos

1. Conocer el modelo de eficiencia planteado por la Comisión Nacional del Agua.
2. Identificar las variables consideradas en el cálculo de las eficiencias del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO).

¹⁶ Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. CENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas... 15

¹⁷ Miguel Cruz Ramírez en Introducción al análisis factorial en educación matemática, Revista electrónica ResearchGate, [en línea], México, (2018), 8.

3. Analizar los resultados alcanzados en materia de eficiencia por parte de los Organismos Operadores de Agua en México.

Diseño

Para los propósitos de esta investigación se ha utilizado la información disponible en el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua en el periodo de 2012-2018 y que corresponde a las cinco eficiencias¹⁸:

1. Eficiencia Física 1. Evalúa la eficiencia entre lo consumido y lo producido y se calcula con el siguiente algoritmo:

$$E_{FIS1} = \frac{V_{CON}}{V_{APP}} * 100$$

Donde:

V_{CON} : Volumen de agua consumido (m³)

V_{APP} : Volumen anual de agua potable producido (m³)

2. Eficiencia Física 2. Evalúa la eficiencia entre lo facturado y lo producido y se calcula con el siguiente algoritmo:

$$E_{FIS2} = \frac{V_{AF}}{V_{APP}} * 100$$

Donde:

V_{AF} : Volumen de agua facturado (m³)

V_{APP} : Volumen anual de agua potable producido (m³)

3. Eficiencia Comercial. Evalúa la eficiencia entre la facturación y el pago de la misma y se calcula con el siguiente algoritmo:

$$E_{COM} = \frac{V_{AP}}{V_{AF}} * 100$$

Donde:

V_{AP} : Volumen de agua pagado (m³)

V_{AF} : Volumen de agua facturado (m³)

4. Eficiencia de Cobro. Evalúa la eficiencia de cobro del agua y se calcula con el siguiente algoritmo:

$$E_{COB} = \frac{P_{VEN}}{P_{FAC}} * 100$$

¹⁸ La Comisión Nacional del Agua describe el cálculo de las eficiencias en el documento de los Indicadores de Gestión Prioritarios en Organismos Operadores, Subcoordinación Hidráulica Urbana, Coordinación Hidráulica Urbana, México, (2014), 81-90

Donde:

P_{VEN} : Ingreso por venta de agua (\$)

P_{FAC} : Dinero facturado por venta de agua (\$)

5. Eficiencia Global. Calcula la eficiencia global del sistema de agua potable mediante el siguiente algoritmo:

$$E_{global} = E_{FIS2} * E_{COM}$$

Donde:

E_{FIS} : Eficiencia física 2

E_{COM} : Eficiencia comercial

Supuestos

En el Modelo de Análisis Factorial, se parte de los supuestos de normalidad y de cierto grado de correlación entre las variables, Carolina Méndez Martínez y Martín Alonso Rondón Sepúlveda en Introducción al análisis factorial exploratorio, 2012, recomiendan que previo al Análisis Factorial se realicen algunas de las siguientes pruebas¹⁹ y con ello verificar que dicho análisis es viable:

- Realizar una inspección visual de la matriz de correlación esperando encontrar correlaciones mayores a 0.30.
- También se puede utilizar la prueba de esfericidad de Bartlett, donde se evalúa la hipótesis nula de que no existe correlación entre las variables y, por tanto, la matriz de correlación es la matriz identidad.
- Otro método es la evaluación de la fuerza de la relación entre dos variables a partir de correlaciones parciales utilizando el índice Kaiser Meyer Olkin (KMO), cuyo resultado de aceptación se encuentran entre 0.80 y 1.
- Un método más es el Índice de adecuación de la muestra individual (MSA) que indica que tanta correlación tiene un ítem específico con los demás ítems en la matriz y sus resultados también son de aceptación entre más próximos se encuentren al valor de 1.
- Por último, se puede calcular el determinante de la matriz de correlaciones, donde se espera que tome valores entre 0 y 1, si el resultado se aproxima a cero sin llegar a este valor entonces se considera válido realizar el análisis factorial, y si el resultado es próximo a 1 entonces las variables son independientes y no habría porque hacer el análisis.²⁰

En el modelo de factores a f_1, f_2, \dots, f_k se les denomina factores comunes y a u_1, u_2, \dots, u_p factores específicos. Los supuestos básicos sobre los que se construye el modelo son los siguientes:

¹⁹ Carolina Méndez Martínez, Martín Alonso Rondón Sepúlveda, "Introducción al análisis factorial exploratorio", Revista Colombiana de Psiquiatría, Vol: 41 num 1 (2012): 200.

²⁰ Carolina Méndez Martínez y Martín Alonso Rondón Sepúlveda, Introducción al análisis factorial exploratorio, ... 201

1. Los factores comunes f_j $j=1,2,\dots,k$, no están correlacionados y tienen media cero y varianza uno.
2. Los factores específicos u_i no están correlacionados y tienen media cero y varianza Ψ_i $i=1,2,\dots,p$.
3. Los factores comunes no están correlacionados con los factores específicos²¹.

Bajo estos supuestos, la varianza de cada una de las variables observables del modelo o variables indicadoras (X_i) se descompone en dos componentes no correlacionados, la varianza común o *comunalidad* y la varianza específica o *especificidad*. La *comunalidad* es la varianza de la variable X_i que es explicada por los factores comunes. La *especificidad* es la varianza no explicada por los factores comunes. El objeto de interés del análisis factorial son los factores comunes y sus características asociadas²².

Derivación de los Factores

Cuando ya se ha determinado que el análisis factorial es viable, entonces se procede a la determinación de los Factores, las dos metodologías más utilizadas son: el análisis de componentes principales y el análisis de factores comunes. Para los propósitos de este trabajo se ha empleado el análisis de componentes principales o también denominado factorización de ejes principales.

La factorización de ejes principales es un método iterativo para estimar las comunalidades y extraer los factores. Los factores se extraen de forma sucesiva, de modo que el primer factor que se obtiene explique la mayor cantidad de la varianza común, el segundo factor se extrae de una matriz de correlación residual que se obtiene una vez que se toma en cuenta la influencia del primer factor y el proceso continúa hasta extraer el número suficiente de factores²³.

En la determinación del número ideal de Factores, Carolina Méndez y Martín Rondón²⁴ mencionan que se utilizan los siguientes criterios:

- a. El criterio del valor propio, que representa el total de la varianza explicada por Factor, y la selección se realiza para aquellos Factores que tengan valores propios mayores a 1.
- b. Criterio del test de pendiente, también depende de los valores propios pero realiza un análisis visual para encontrar la inflexión donde cambia la concavidad, es subjetivo y depende del criterio del investigador.
- c. Criterio del porcentaje de varianza, este criterio establece el porcentaje de varianza total mínimo que deben alcanzar los Factores, y los seleccionados serán aquellos que cumplan con dicho porcentaje.

²¹ Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. CENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas, Cuaderno Técnico Número 6, Primera edición, Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. México, D.F. (2009), 18.

²² Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. CENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas, Cuaderno Técnico... 18-19

²³ Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. CENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas... 19

²⁴ Carolina Méndez Martínez, Martín Alonso Rondón Sepúlveda, Introducción al análisis factorial exploratorio... 203

d. Criterio a priori, se presenta cuando el investigador determina a priori el número de Factores.

e. Criterio del promedio de valores propios, se realiza calculando el promedio de los valores propios y aquellos que obtienen valores por arriba o iguales al promedio son seleccionados.

Evaluación del ajuste global

Finalmente se realiza la evaluación del ajuste en cuanto a su significancia y se realiza estadísticamente y de forma práctica:

a. Estadísticamente, se evalúa la significancia de las ponderaciones, de forma que valores por debajo de 0.3 son no significativos, entre 0.3 y 0.5 es aporte mínimo, entre 0.5 y 0.7 de aporte significativo y resultados mayores a 0.7 es considerado relevante.

b. La evaluación práctica, corresponde a un análisis de los resultados con base en la experiencia y el conocimiento que se tenga sobre el problema de estudio.²⁵

Construcción del Modelo

Con base en la información disponible del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua (PIGOO), en el periodo de 2012 a 2018, 387 organismos han participado en la evaluación de eficiencias como se describe en la Tabla 2:

Entidad Federativa	Número de Organismos Operadores Participantes	Entidad Federativa	Número de Organismos Operadores Participantes
Aguascalientes	4	Morelos	11
Baja California	4	Nayarit	11
Baja California Sur	4	Nuevo León	1
Campeche	2	Oaxaca	3
Chiapas	5	Puebla	9
Chihuahua	49	Querétaro	2
Coahuila	10	Quintana Roo	9
Colima	2	San Luis Potosí	16
Ciudad de México	1	Sinaloa	8
Durango	3	Sonora	65
Guanajuato	46	Tabasco	2
Guerrero	5	Tamaulipas	9
Hidalgo	6	Tlaxcala	4
Jalisco	10	Veracruz	14
Estado de México	19	Yucatán	3
Michoacán	15	Zacatecas	35

Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua (PIGOO).

Tabla 2

Número de Organismos Operadores de Agua participantes en el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua (PIGOO) por Entidad Federativa

²⁵ Carolina Méndez Martínez, Martín Alonso Rondón Sepúlveda, Introducción al análisis factorial exploratorio... 205-206

La base de datos resultante concentró la información de estos Organismos Operadores, y se aplicaron los siguientes pasos para la construcción del modelo y el análisis factorial exploratorio aplicado:

En el presente trabajo se han definido las variables de la investigación con base en las cinco eficiencias:

Siendo cada una de las variables observadas X 's las siguientes:

- X_1 = Eficiencia Física 1
- X_2 = Eficiencia Física 2
- X_3 = Eficiencia Comercial
- X_4 = Eficiencia de Cobro
- X_5 = Eficiencia Global

En la tabla 3 se detalla el número de organismos que proporcionaron información por año y de acuerdo a cada una de las Eficiencias. La base de datos se depuró eliminando aquellos resultados sin información, dado que no todos los organismos proporcionaron información en cada uno de los años de estudio y tampoco lo hicieron para cada una de las Eficiencias de forma homóloga, con ello la base final para el estudio se conformó de 5,729 observaciones en total.

	Física 1 X_1	Física 2 X_2	Comercial X_3	Cobro X_4	Global X_5
2012	114	182	172	178	173
2013	130	175	173	178	172
2014	126	178	176	187	172
2015	118	211	201	213	211
2016	111	268	194	206	218
2017	66	220	167	165	166
2018	58	126	105	114	107
Totales	723	1360	1188	1241	1219

Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua (PIGOO).

Tabla 3.

Número total de organismos operadores con información por tipo de eficiencias en el PIGOO

El modelo de factores²⁶

Utilizando el software denominado Rstudio para realizar el Análisis Factorial siguiendo los pasos descritos en la metodología se derivó la Matriz de Correlación:

1. Análisis de la Matriz Correlación:

²⁶ Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. CENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas, Cuaderno Técnico Número 6, Primera edición, Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. México, D.F. (2009).

	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅
X₁	1.00	0.24	0.20	0.15	0.18
X₂	0.24	1.00	0.22	0.17	0.52
X₃	0.20	0.22	1.00	0.73	0.55
X₄	0.15	0.17	0.73	1.00	0.54
X₅	0.18	0.52	0.55	0.54	1.00

El cálculo de la Matriz de Correlación se presenta cuando los datos no se presentan dimensionalmente homogéneos, o bien, se encuentran altamente correlacionados, además de no ser simétricos.

2. Calculando los Factores:

Para el caso en estudio se definen dos factores para el Modelo:

	Factor1	Factor2
X₁	0.161	0.230
X₂		0.996
X₃	0.839	0.177
X₄	0.843	0.130
X₅	0.554	0.501

	Factor1	Factor2
SS loadings	1.75	1.345
Proportion Var	0.35	0.269
Cumulative Var	0.35	0.619

Dado que los factores son variables latentes que explican la asociación entre las variables manifiestas, entonces se puede representar el modelo de factores de manera similar al modelo de regresión lineal, en el que se exprese esta relación entre factores y variables de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \lambda_{11}f_1 + \lambda_{12}f_2 + \dots + \lambda_{1k}f_k + u_1 \\
 X_2 &= \lambda_{21}f_1 + \lambda_{22}f_2 + \dots + \lambda_{2k}f_k + u_2 \\
 X_p &= \lambda_{p1}f_1 + \lambda_{p2}f_2 + \dots + \lambda_{pk}f_k + u_p
 \end{aligned}$$

Donde;

- f_1, f_2, \dots, f_k = son variables explicativas
- X 's = son variables de respuesta
- λ 's = son los coeficientes asociados a cada factor (cargas factoriales)
- u 's = son los errores del modelo

Las cargas factoriales indican la correlación entre cada variable y el factor correspondiente; así, una variable con mayor carga factorial será más representativa del factor. Las cargas factoriales sirven para interpretar la función que cumple cada variable para definir cada uno de los factores²⁷.

Los resultados del modelo muestran la representatividad de las variables X_3 y X_4 para el Factor 1 y la representatividad de la variable X_2 para el Factor 2.

3. La Validación del Modelo Factorial: Se realizó a través de pruebas de normalidad, de no correlación entre los factores y de varianzas y covarianzas llegando a los siguientes resultados que demuestran la validez del modelo:

Pruebas de normalidad de los factores

Factor1		Factor2	
Min. :	-2-2555	Min. :	-2-2448
1st Qu.:	-0.4953	1st Qu.:	-0.4477
Median :	0.2188	Median :	0.1766
Mean :	0.0000	Mean :	0.0000
3rd Qu.:	0.7202	3rd Qu. :	0.6336
:		:	
Max. :	1.7048	Max. :	1.9076

Prueba de nocorrelación entre los factores

	Factor1	Factor2
Factor1	1.0000	0.0087
Factor2	0.0087	1.0000

Grafico de varianzas y covarianzas



²⁷Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. GENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas... 17-18.

4. Nombrando los Factores: Se definieron nombres para los Factores.

Factor 1 = Índice de Eficiencia de Cobro (IEC)

Factor 2 = Índice de Eficiencia de Macro y Micro Medición (IEMM)

5. Construcción del Índice General de Eficiencia:

$E (IGE) = IEC + IEMM$

El Índice General de Eficiencia es el resultado de la eficiencia de cobro y de la eficiencia en la macro y micro medición de los servicios de abasto del agua.

Interpretación de los resultados

El Análisis Factorial permite reducir a cierto número de Factores las variables de estudio, y para este modelo, los Factores resultantes son dos:

a. En el Factor 1 las variables significativas son X3 y X4 que representan a la Eficiencia Comercial y la Eficiencia de Cobro. La Eficiencia Comercial evalúa la relación entre lo facturado y lo pagado, mientras que la Eficiencia de Cobro refiere a la competencia de los organismos operadores para cobrar el recurso que abastecen, en sus valoraciones se contemplan los procedimientos relacionados al cobro del recurso provisto, los organismos operadores aumentan su eficiencia en la medida en que implementan mejores prácticas para el cobro del servicio, lo cual es el resultado de contar con sistemas eficientes de facturación que permitan tener los padrones de usuarios actualizados y los sistemas de pago más accesibles a los mismos.

b. En el Factor 2 la variable significativa es X2 que representa a la Eficiencia Física 2. La Eficiencia Física 2 evalúa la relación entre lo facturado y lo producido, comprende en sus dimensiones de medición las buenas prácticas que los organismos operadores de agua tienen para realizar la macro y la micro medición del agua, siendo representativos los sistemas empleados en dichas mediciones y los sistemas y procedimientos logísticos, de organización y de recursos humanos para realizar la más eficiente medición de los flujos del recurso del agua que se abastecen y que son efectivamente facturados.

Los Factores obtenidos agrupan un conjunto de aspectos técnicos, de gestión y administrativos, que son relevantes en el cumplimiento de la eficiencia de cobro y comercial en los organismos operadores de agua. De acuerdo con los elementos contemplados en el modelo de eficiencia de la Comisión Nacional del Agua, el Índice de Eficiencia de Cobro obtenido en este análisis está resaltando los aspectos técnicos, de infraestructura y comerciales de los organismos operadores, dichos aspectos comprenden los siguientes componentes:

De carácter general los que refieren a la cobertura de la red y el servicio, buscando identificar las zonas reales de atención y las potenciales que contemplan el crecimiento urbano y demográfico en el territorio de su competencia.

De carácter técnico los aspectos que mejoren los volúmenes del recurso suministrados al sistema de abasto, en ello contribuye la incorporación de sistemas de

macro medición cada vez más eficientes, sobre la captación de agua y de flujos de extracción. En este conjunto de elementos también se contempla el registro, seguimiento y atención a las fugas del sistema de abasto que a su vez involucra el adecuado mantenimiento y actualización de la red de infraestructura de abasto, así como el consumo de energía empleado en la prestación del servicio.

De carácter comercial los aspectos relacionados con la facturación y el cobro del recurso. El monitoreo de los consumos y la implementación de sistemas de facturación y cobro cada vez más eficientes es lo que permite mejorar los resultados en los organismos operadores del agua. Un elemento determinante de ello son los sistemas empleados para el registro de consumos de acuerdo a cada tipo de usuario, los organismos operadores del agua emplean tecnología y recurso humano en el registro de los consumos por lo que las acciones de mejora deberán integrar estos elementos en propuestas más eficientes para registros más precisos y transparentes.

En este sentido la propia Comisión Nacional del Agua refiere que la eficiencia física²⁸ debe contemplar:

- La elaboración del diagnóstico del nivel de fugas actual
- Identificación de causas que originan el estado actual de fugas
- Diseñar medidas preventivas y facilitadoras de reducción y control de fugas
- Definir las acciones para la eliminación intensiva de fugas y alcanzar un nivel aceptable
- Diseñar el programa permanente de control de fugas para mantener un nivel aceptable
- Estimar los costos, realizar la calendarización y diseñar los esquemas de financiamiento.

Así mismo, en los aspectos hidráulicos, la Comisión Nacional del Agua sugiere que los organismos operadores den seguimiento puntual a los parámetros de disponibilidad espacial y temporal del agua²⁹ a los usuarios como:

- Consumo unitario de los usuarios (l/h/día)
- Dotación (l/h/día)
- Continuidad del servicio de agua (horas/día)
- Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (+-%)
- Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm²)

Y en la eficiencia energética la Comisión Nacional del Agua sugiere mantener técnicas que miden el uso de la energía en el sistema de agua potable y especifican cuánta de esa energía es desperdiciada, los elementos para el suministro y transformación energética necesarios para la producción, suministro y tratamiento de agua, van desde el medidor de consumo del suministrador de energía, el transformador del centro de control de motor, el motor eléctrico, la bomba y la disposición final del agua potable y residual.

²⁸ Comisión Nacional del Agua CONAGUA, Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable... 34

²⁹ Comisión Nacional del Agua CONAGUA, Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable...64

En lo que refiere al segundo Factor denominado en el modelo como Índice de Eficiencia en Macromedición y Micromedición, se resaltan los aspectos técnicos de medición a detalle en esas dos dimensiones.

La macromedición se centra en los registros y seguimiento de los volúmenes de extracción y suministro del recurso, la eficiencia en este componente contempla la mejora en la tecnología aplicada para la medición de los flujos de entrada y salida del agua, el monitoreo de los volúmenes de abasto, la red de infraestructura empleada para el traslado del recurso, el monitoreo de los caudales producidos en las captaciones y la tecnología empleada en los macromedidores de suministro.

La micromedición es el “conjunto de acciones que permite conocer sistemáticamente el volumen de agua consumido por los usuarios, lo que garantiza que el consumo se realice dentro de los patrones establecidos y que la cobranza sea justa y equitativa por los servicios prestados”³⁰. De acuerdo con el Instituto Mexicano del Agua (2017), la micromedición es uno de los factores más importantes para lograr la eficiencia total en la calidad de los servicios de agua potable en el escenario de la comercialización del producto.

Las cuotas que se cobran a los consumidores influyen en su comportamiento como usuarios del recurso, si se cobra una cuota fija el usuario tiene derecho a utilizar toda el agua que desee, y si cambia el consumidor no cambiará sus hábitos y fomentará el desperdicio, ya que el consumidor no tiene incentivo para mantener en buen estado el sistema de distribución en su domicilio, por tanto, la medición de consumos permite conocer la demanda de los diferentes tipos de usuarios, lo que proporciona parámetros realistas que son necesarios para la elaboración de proyectos de expansión. Sin la medición no puede haber un control efectivo de la producción, de la distribución y del consumo de agua³¹. Con la medición de consumos y la aplicación de un sistema tarifario adecuado se induce al usuario a reducir consumos y desperdicios, con lo cual se generan beneficios técnicos, financieros, sociales y económicos³², por tanto, el consumo de agua debe cobrarse con base en el consumo medido.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, la eficiencia en este componente requiere de:

- a. Instalación de medidores en tomas de cuota fija
- b. Instalación de medidores en las tomas nuevas
- c. Sustitución de medidores deteriorados
- d. Sustitución de medidores por antigüedad
- e. Realizar lecturas exactas, para lo que se requiere personal capacitado y certificado
- f. Mantener actualizada el área de micromedición

³⁰ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Sistema Comercial de Organismos de Agua Potable: organización y funcionamiento para mejorar la calidad del servicio, México (2017) 113.

³¹ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Sistema Comercial de Organismos de Agua Potable... 165, 171.

³² Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Sistema Comercial de Organismos de Agua Potable... 203

Conclusiones

El análisis factorial es una técnica de estadística multivariada que permite conocer los factores de mayor relevancia en variables que no proporcionan información de manera directa, y ha permitido realizar el análisis de las cinco eficiencias contempladas en la valoración del desempeño de los organismos operadores del agua con base en la propuesta de la Comisión Nacional del Agua.

Los organismos operadores del agua cuentan con la facultad normativa para realizar la gestión y prestación del servicio del agua, tanto en espacios urbanos como rurales, por lo que deben hacer frente a los cambios que experimenta el territorio, tanto en los aspectos relacionados a la población como en aquellos que impactan a las ciudades y poblados de cada región. Los procesos que se emplean en el cumplimiento de sus funciones y los resultados alcanzados deben ser monitoreados y evaluados de manera continua. En México la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es el órgano de carácter técnico, normativo, y consultivo de la Federación, que, además, se encarga de la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico³³, también tiene a su cargo el diseño de la política nacional de gestión urbana del agua, y es la instancia facultada para dar seguimiento a la revisión de los niveles de cumplimiento en materia de eficiencia en dichos organismos.

El modelo de eficiencia de la Comisión Nacional del Agua contempla tres escenarios donde se deben alcanzar niveles óptimos en el desempeño de los organismos operadores, por lo que ha puesto en marcha el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua Potable (PIGOO), donde se analiza la información de 39 indicadores históricos proporcionados por los organismos, con ellos se generan 32 indicadores de gestión y en ellos se contempla el cálculo de cinco eficiencias:

- Eficiencia Física 1. Evalúa la eficiencia entre lo consumido y lo producido.
- Eficiencia Física 2. Evalúa la eficiencia entre lo facturado y lo producido.
- Eficiencia Comercial. Evalúa la eficiencia entre la facturación y el pago de la misma.
- Eficiencia de Cobro. Evalúa la eficiencia de cobro del agua.
- Eficiencia Global. Calcula la eficiencia global del sistema de agua potable.

En el modelo de análisis se han utilizado los resultados obtenidos en las cinco eficiencias por parte de los organismos operadores, que en el periodo de 2012 a 2018 han proporcionado información, y se ha utilizado el análisis factorial como un instrumento adecuado para la identificación de las eficiencias más relevantes en los organismos operadores del agua en México, lo cual a su vez permite conocer las variables representativas en la eficiencia de los procesos relacionados con la prestación del servicio del agua.

El análisis factorial realizado ha contemplado cinco etapas:

1. El análisis de la Matriz Correlación
2. El cálculo de los Factores. El modelo identificó dos Factores representativos

³³ Ley de Aguas Nacionales (2020) 13

3. La validación del Modelo Factorial mediante pruebas de normalidad, de no correlación entre los factores y de varianzas y covarianzas.

4. Se nombraron los Factores:

Factor 1 = Índice de Eficiencia de Cobro (IEC)

Factor 2 = Índice de Eficiencia de Macro y Micro Medición (IEMM)

5. Se determinó el Índice General de Eficiencia como:

$$E \text{ (IGE)} = \text{IEC} + \text{IEMM}$$

Los resultados obtenidos muestran los aspectos significativos en la eficiencia de los organismos operadores del agua, por un lado los componentes de la eficiencia de cobro y comercial, por otro, los de la macro y micro medición:

a. En el Factor 1 las variables significativas son la Eficiencia Comercial y la Eficiencia de Cobro, ambas agrupan aspectos técnicos, administrativos y de gestión que deben mejorar en los organismos:

Los de carácter general que refieren a la cobertura de la red y el servicio, monitoreando los cambios y haciendo frente a los nuevos retos que les plantea la transformación territorial por variables como: el crecimiento demográfico, la concentración poblacional en los centros urbanos, el cambio climático, etc. Los de carácter técnico enfocados en los volúmenes del recurso captados y suministrados, el registro, seguimiento y atención de las fugas del sistema de abasto, el mantenimiento y actualización de la red de infraestructura de abasto y el consumo de energía empleado en la prestación del servicio. Los de carácter comercial relacionados con la facturación y el cobro del recurso, implementando sistemas de facturación y cobro cada vez más eficientes e integrales donde se contemple el uso de tecnología y la capacitación del personal que registra los consumos por tipo de usuario.

b. En el Factor 2 la variable significativa es la Eficiencia Física 2 que evalúa la relación entre lo facturado y lo producido y que comprende la macro y micro medición del agua, siendo representativos los sistemas empleados en dichas mediciones y los sistemas y procedimientos logísticos, de organización y de recursos humanos para realizar la más eficiente medición de los flujos del recurso del agua que se abastecen y que son efectivamente facturados.

Las condiciones bajo las cuales los organismos operadores del agua cumplen con sus funciones y brindan el servicio a los centros urbanos y rurales son distintas a lo largo del país, sin embargo, se pueden conocer los aspectos generales que impactan en la mejora de sus procedimientos; por lo que los resultados de la presente investigación permiten contar con información sobre variables significativas en la eficiencia de los organismos operadores del agua, y con ello, proponer la dirección de los recursos y las acciones de mejora que dichos organismos deben emprender y tomar en cuenta en los próximos años de su gestión.

Referencias

Auditoría Superior de la Federación, Evaluación Número 1585-DE de la Política Pública de Agua Potable, México, Cámara de Diputados, (2019). Consultado el 20 de noviembre de 2021 en https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2017c/Documentos/Auditorias/2017_1585_a.pdf

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Ley de Aguas Nacionales, Última reforma 6 de enero, México (2020). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf

Camacho Héctor, Casados Jorge, Regulación de los servicios de agua potable y saneamiento en México, Secretaría de Medio Ambiente. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, (2017) https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/regulacion-servicios/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. CENEVAL, Análisis Factorial: una técnica para evaluar la dimensionalidad de las pruebas, Cuaderno Técnico Número 6, Primera edición, Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. México, D.F. (2009) <https://xdoc.mx/documents/analisis-factorial-5e1e217908cb9>

Cohen Ernesto, Franco Rolando, Evaluación de proyectos sociales. Siglo XXI Editores, Primera Edición, México, (1992). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1915/S3092C678E_es.pdf

Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales CAASIM. (Varios años). Armonización Contable. Cuenta Pública 2014-2019. Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales [en línea]. Consultado el día 29 de Abril de 2020 en <http://caasim.hidalgo.gob.mx/pag/armonizacionContable.html>

Comisión Nacional del Agua, Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Gobierno Federal, México (2012) <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/sgapds-1-12.pdf>

Comisión Nacional del Agua, Política Pública de Mejoramiento de Eficiencias en los Sistemas Urbanos de Agua Potable y Saneamiento en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Gobierno Federal, México, (2012). <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-45-12.pdf>

Comisión Nacional del Agua, Indicadores de Gestión Prioritarios en Organismos Operadores, Instituto Mexicano de la Tecnología del Agua, Subcoordinación Hidráulica Urbana, Coordinación Hidráulica Urbana, México, (2014). Recuperado de: http://www.pigoo.gob.mx/Informes/HC1415-1_IndicadoresdeGestionPrioritariosenOrganismosOperadores.pdf

Comisión Nacional del Agua, Ley Federal de Derechos, Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, México, (2019). <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/CGRF-1-19%20LFD.pdf>

Comisión de Agua y Alcantarillado de Sistemas Intermunicipales, Estudio de Actualización del Diagnóstico y de Control del Agua No Contabilizada Pachuca, Hidalgo. CAASIM, México, (2019). Recuperado de <http://transparencia.hidalgo.gob.mx/descargables/ENTIDADES/CAASIM/transparencia2020/1ertrimestre/Secretaria%20Tecnica/ESTUDIO%20DE%20AGUA%20NO%20CONTABILIZADA.pdf>

Comisión Nacional del Agua, Manual de operación y procedimientos. Programa de agua potable, drenaje y tratamiento PROAGUA, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, México, (2020). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/544463/MANUAL_DE_PROAGUA_2020.PDF

Comisión Nacional del Agua, Banco mundial, Gobierno de España y ANEAS, Agua urbana en el Valle de México ¿Un camino verde para mañana? Washington. D.C., México, (2013). <https://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2015/06/Agua-Urbana-en-el-Valle-de-Mexico.pdf>

Cruz Ramírez Miguel, Conf. 8 Introducción al análisis factorial en educación matemática, ResearchGate, [en línea] (2018). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/326449965_Conf_8_Introduccion_al_analisis_factorial_en_educacion_matematica

Díaz Monroy Luis Guillermo, Estadística Multivariada: Inferencia y Métodos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Departamento de Estadística. Facultad de Ciencias, Bogotá Colombia, Recuperado de http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Estadistica/Estadistica_Multivariada_Inferencia_y_Metodos/Estadistica_multivariada_inf.pdf

Guerrero Escamilla Juan Bacilio, Análisis Factorial, Presentación, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, Censo de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, (2020). Consultado el día 07 de abril de 2020 en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, (2010). Consultado el día 07 de abril de 2020 en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, Encuesta Intercensal 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, (2015). Consultada el día 25 de abril de 2020 en <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html?ps=microdatos#Tabulados>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, Mapa Digital 6.3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México, (2020). Consultado el día 25 de abril de 2020 en <https://www.inegi.org.mx/temas/mapadigital/>

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, Sistema Comercial de Organismos de Agua Potable. Organización y funcionamiento para mejorar la calidad del servicio. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Primera Edición, México, (2017). Disponible en: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/sistema-comercial/Libro-Sistema-Comercial.pdf

Jordán Ricardo, Simioni Daniela, Martelli Giorgio, Aspectos teóricos y de desarrollo. Fichas de instrumentos de gestión urbana municipal, Capítulo 3. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, (2003). Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5591/1/S0380537_es.pdf

Ley de Aguas Nacionales, México. 2020.

Méndez Martínez Carolina, Rondón Sepúlveda Martín Alonso, Introducción al análisis factorial exploratorio, Revista Colombiana de Psiquiatría, volumen 41, número 1, enero-abril, 2012, Asociación Colombiana de Psiquiatría, Bogotá, Colombia, (2012).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Programa Nacional Hídrico 2020-2024, Gobierno de México, Diario Oficial de la Federación, México, (2020). Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609188&fecha=30/12/2020

REVISTA
INCLUSIONES M.R.
REVISTA DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS SOCIALES

CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Inclusiones**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Inclusiones**.