

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y  
Humanidades, Asunción, Paraguay**

ISSN en línea: 2789-3855, 2026

## **Simbiosis industrial: viabilidad técnica del reúso de agua de ósmosis inversa en lavanderías del centro de México**

**Industrial symbiosis: technical feasibility of reverse osmosis rejects  
water reuse in laundries of central Mexico**

**Carlos Omar Palma Urzúa**

m23680023@cuautla.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0000-0002-8585-5862>  
Instituto Tecnológico de Cuautla  
Cuautla – México

**Omar Oswaldo Torres Fernández**

omar.torres@cuautla.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0009-0003-5919-7688>  
Instituto Tecnológico de Cuautla  
Cuautla – México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6078>

**Redilat**  
Red de Investigadores  
Latinoamericanos

**LATAM**

Revista Latinoamericana de  
Ciencias Sociales y Humanidades

**Artículo recibido:** 06 de febrero de 2026.  
**Aceptado para publicación:** 23 de junio de 2026.  
**Conflictos de Interés:** Ninguno que declarar.

**VOLUMEN VII**

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6078>

## Simbiosis industrial: viabilidad técnica del reúso de agua de ósmosis inversa en lavanderías del centro de México

Industrial symbiosis: technical feasibility of reverse osmosis rejects water reuse in laundries of central Mexico

**Carlos Omar Palma Urzúa<sup>1</sup>**

m23680023@cuautla.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0000-0002-8585-5862>  
Instituto Tecnológico de Cuautla  
Cuautla – México

**Omar Oswaldo Torres Fernández**

omar.torres@cuautla.tecnm.mx  
<https://orcid.org/0009-0003-5919-7688>  
Instituto Tecnológico de Cuautla  
Cuautla – México

Artículo recibido: 06 de febrero de 2026. Aceptado para publicación: 23 de junio de 2026.  
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

### Resumen

La vulnerabilidad hídrica y el incremento de los costos operativos en las pequeñas y medianas empresas del centro de México exigen la transición hacia modelos de producción sostenible y economía circular a microescala. El presente estudio evalúa la viabilidad técnica de implementar un modelo de simbiosis industrial interempresarial mediante el aprovechamiento parcial del agua de rechazo de un sistema de ósmosis inversa para su reutilización en los procesos de una lavandería comercial contigua en Cuautla, Morelos. Metodológicamente, la investigación se estructuró bajo el enfoque de mejora continua aplicando un muestreo racional durante cinco días consecutivos para caracterizar los parámetros críticos de calidad como potencial de hidrógeno, sólidos disueltos totales, cloro residual libre y dureza total. Los análisis revelaron un índice de compatibilidad físico-química del agua del 25% debido a la rigidez de los límites estandarizados internacionales; no obstante, el análisis interpretativo de ingeniería identificó una ventaja operativa crítica: el agua de rechazo presentó una dureza promedio de 0 mg/L frente a los 280 mg/L del agua de red de la lavandería. Para mitigar los efectos de ambas fuentes, se plantea un modelo de mezcla controlada con una dosificación analítica de arranque de 70% agua de rechazo y 30% agua de red, sujeta a calibración adaptativa continua mediante monitoreo de caudal. Se concluye que la simbiosis hídrica interempresarial es técnicamente viable bajo esquemas de baja inversión física, mitigando el impacto ambiental por descargas al drenaje y optimizando la eficiencia operativa del sector servicios.

*Palabras clave:* simbiosis industrial, economía circular, ósmosis inversa, dureza del agua, eficiencia hídrica

### Abstract


Water vulnerability and increasing operational costs in small and medium-sized enterprises in central Mexico demand a transition toward sustainable production models and micro-scale circular economy.

---

<sup>1</sup> Autor de correspondencia.

This study evaluates the technical feasibility of implementing an inter-enterprise industrial symbiosis model by partially utilizing reverse osmosis reject water for reuse in the processes of an adjacent commercial laundry in Cuautla, Morelos. Methodologically, the research was structured under a continuous improvement approach, applying rational sampling for five consecutive days to characterize critical quality parameters such as potential of hydrogen, total dissolved solids, free residual chlorine, and total hardness. The analyses revealed a water physical-chemical compatibility index of 25% due to the rigidity of international standardized limits; however, the engineering interpretive analysis identified a critical operational advantage: the reject water presented an average hardness of 0 mg/L compared to 280 mg/L in the laundry's network water. To mitigate the effects of both sources, a controlled blending model is proposed with an initial analytical dosage of 70% reject water and 30% network water, subject to continuous adaptive calibration through flow monitoring. It is concluded that inter-enterprise water symbiosis is technically feasible under low physical investment schemes, mitigating environmental impact from drainage discharges and optimizing operational efficiency in the service sector.

*Keywords:* industrial symbiosis, circular economy, reverse osmosis, water hardness, water efficiency

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Palma Urzúa, C. O., & Torres Fernández, O. O. (2026). Simbiosis industrial: viabilidad técnica del reúso de agua de ósmosis inversa en lavanderías del centro de México. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (3), 1989 – 1998.  
<https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6078>

## INTRODUCCIÓN

A nivel global, la gestión sostenible de los recursos hídricos se ha consolidado como uno de los desafíos más críticos del siglo XXI, quedando explícitamente integrada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (United Nations, 2015). En el contexto de la República Mexicana, la disponibilidad y el acceso al agua potable enfrentan una crisis estructural agudizada por la sobreexplotación de los mantos acuíferos, la falta de inversión en infraestructura de distribución y el cambio climático (Páez, 2026). Esta problemática adquiere matices severos en la zona oriente del estado de Morelos, particularmente en el municipio de Cuautla, donde el estrés hídrico de sus fuentes subterráneas y el acelerado crecimiento urbano han mermado la continuidad y calidad del suministro de la red pública (CEAGUA, 2024; El Sol de Cuautla, 2025; Saldívar & Saldívar, 2020).

En este escenario de escasez, las pequeñas y medianas empresas enfrentan una marcada vulnerabilidad operativa y financiera. Al no contar con garantías de un flujo constante por parte de la red municipal, muchas de estas unidades productivas se ven obligadas a recurrir de manera sistemática al abastecimiento externo mediante camiones cisterna privados o pipas, lo que incrementa exponencialmente sus costos de producción y compromete la estabilidad del modelo de negocio (Barker & Galindo, 2021). Adicionalmente, sectores comerciales de consumo intensivo de agua, como las plantas purificadoras y los servicios de lavandería textil, operan bajo esquemas lineales tradicionales de "tomar, usar y desechar", generando un volumen considerable de efluentes residuales que son vertidos de forma directa e ineficiente al drenaje municipal (Gutiérrez & Arango, 2023; Pineda, 2023).

Frente a la linealidad extractiva, los paradigmas de la Economía Circular y la Ecología Industrial ofrecen alternativas de optimización mediante el rediseño de flujos materiales y energéticos (Geissdoerfer et al., 2017). Dentro de este marco, la Simbiosis Industrial surge como una estrategia colaborativa donde industrias tradicionalmente separadas intercambian subproductos, agua o energía, logrando que el residuo de un proceso se convierta en la materia prima de otro (Murray et al., 2017). Si bien la literatura científica documenta ampliamente casos exitosos de simbiosis hídrica en grandes complejos petroquímicos o macroparques industriales, la literatura enfocada en la aplicabilidad de estos modelos colaborativos a microescala empresarial (asociatividad interempresarial) sigue siendo escasa, particularmente en economías emergentes de América Latina (Sabatino, 2022).

En los sistemas comerciales de purificación de agua, el proceso de ósmosis inversa actúa como una tecnología de separación por membranas que genera una corriente de agua purificada de alta calidad y un efluente secundario conocido como agua de rechazo o concentrado (Ahmed, 2021; Gude, 2017). Este flujo de rechazo, que comúnmente representa entre el 20% y el 50% del agua cruda de alimentación, es descartado al drenaje debido a su concentración de sales disueltas, lo que constituye un severo desperdicio del recurso en zonas con veda hídrica (Dévora-Isiordia et al., 2021). No obstante, desde una perspectiva de ingeniería de procesos, este efluente secundario conserva propiedades físico-químicas de alto valor potencial que podrían integrarse a actividades secundarias que no demanden agua de calidad potable, tales como el lavado textil industrial (Barker & Smith, 2019).

Con base en lo anterior, el objetivo principal de este artículo es evaluar la viabilidad técnica del aprovechamiento parcial del agua de rechazo proveniente del sistema de ósmosis inversa de una planta purificadora (cuyo suministro base es mediante pipas) para su transferencia y reúso en una lavandería comercial contigua (abastecida de forma convencional por la red pública municipal). A través de una caracterización físico-química analítica y la formulación de un modelo de mezclas controladas de carácter flexible, se busca demostrar que la asociatividad interempresarial y la simbiosis hídrica local no solo mitigan la huella ambiental del sector, sino que actúan como un

mecanismo de resiliencia operativa y optimización de costos en entornos con severa escasez del recurso.

## **METODOLOGÍA**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y de carácter experimental-aplicado (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). El diseño metodológico se estructuró con base en la filosofía de mejora continua del Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) (Deming, 1986), enfocando el presente manuscrito en la transición de la fase de verificación (Check) hacia la propuesta de optimización operativa (Act).

### **Plan de Muestreo y Caracterización de Laboratorio**

Para garantizar la representatividad estadística de los datos sin incurrir en costos redundantes, se implementó un esquema de Muestreo Racional basado en los principios de control de calidad de Besterfield (2018) y los fundamentos del control estadístico de procesos (Montgomery, 2020). El periodo de monitoreo comprendió cinco días consecutivos de operación normal en ambas unidades productivas en Cuautla, Morelos.

Las muestras se recolectaron en recipientes estériles de polietileno en horarios fijos de alta demanda operativa: a las 12:00 horas para el agua de rechazo del sistema de ósmosis inversa (alimentado por pipa) y a las 10:00 horas para el agua de suministro de la lavandería comercial (proveniente de la red pública municipal). Los parámetros físico-químicos analizados, seleccionados por su impacto directo en el desgaste textil y la eficiencia de los tensioactivos, fueron: Potencial de Hidrógeno (pH), Sólidos Disueltos Totales (TDS), Cloro Residual Libre y Dureza Total expresada como mg/L de  $CaCO_3$ . Todas las mediciones se ejecutaron en sitio mediante instrumentos portátiles debidamente calibrados y siguiendo los lineamientos de los Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

### **Métrica de Evaluación: Índice de Compatibilidad Físico-Química del Agua (ICFA)**

Como herramienta metodológica para cuantificar matemáticamente el grado de adaptabilidad del efluente de rechazo frente a los requerimientos de la industria del lavado, se utilizó el Índice de Compatibilidad Físico-Química del Agua (ICFA). Este indicador evalúa de forma binaria si los valores promedio obtenidos se ubican dentro de los rangos ideales recomendados por la literatura internacional especializada para lavanderías industriales (EPA, 2012; Gotoh & Kishino, 2017). La ecuación formal del índice se expresa como:

$$ICFA = \left( \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \right) \times 100$$

Donde  $P_i$  representa el valor binario de cumplimiento del parámetro  $i$  (asignando un valor de 1 si el parámetro analizado se encuentra dentro del rango óptimo internacional para procesos de lavado, y 0 si se encuentra fuera de los límites aceptables), mientras que  $n$  corresponde al número total de variables físico-químicas críticas evaluadas en el estudio.

Para fines de simplificación operativa y facilitar la replicabilidad del modelo en el entorno industrial, la relación matemática anterior puede expresarse conceptualmente en función de los criterios evaluados mediante la siguiente ecuación:

$$ICFA = \left( \frac{\text{Número de parámetros dentro del rango recomendado}}{\text{Número total de parámetros evaluados}} \right) \times 100$$

## RESULTADOS

### Análisis Estadístico Descriptivo de las Fuentes Hídricas

El procesamiento estadístico de los datos primarios recolectados en campo se realizó mediante el software Microsoft Excel 2021, determinando las medias aritméticas y las desviaciones estándar ( $\sigma$ ) como indicadores de estabilidad del recurso.

La Tabla 1 presenta el estadístico descriptivo del agua de rechazo generada por el sistema de ósmosis inversa de la planta purificadora. Los resultados demuestran una notable estabilidad temporal, reflejada en bajas desviaciones estándar. El pH promedio se situó en 8.44 ( $\sigma = 0.13$ ), mostrando una ligera tendencia a la alcalinidad, mientras que los TDS registraron una media de 192.2 mg/L ( $\sigma = 7.98$ ). Un hallazgo crítico fue el registro constante de 0 mg/L tanto en cloro residual como en dureza total.

**Tabla 1**

*Estadístico descriptivo del agua de rechazo de ósmosis inversa*

Parámetro	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar ( $\sigma$ )
pH	8.44	8.2	8.5	0.13
TDS (mg/L)	192.2	180	199	7.98
Dureza (mg/L)	0	0	0	0.00
Cloro residual (mg/L)	0	0	0	0.00

**Nota:** Valores promedio obtenidos a partir de cinco mediciones directas en campo utilizando instrumentos portátiles calibrados. Fuente de alimentación: Pípa.

**Fuente:** elaboración propia.

Por otra parte, la Tabla 2 expone las condiciones físico-químicas del agua de red pública utilizada por la lavandería comercial. Los TDS se mantuvieron estables con un promedio de 173.4 mg/L ( $\sigma = 2.07$ ) y un pH neutro de 6.88 ( $\sigma = 0.18$ ). Sin embargo, la dureza total exhibió una concentración media severa de 280 mg/L de  $CaCO_3$ , con una desviación estándar de 27.3 mg/L, lo que clasifica a este recurso como "agua extremadamente dura".

**Tabla 2**

*Estadístico descriptivo del agua de suministro de la lavandería*

Parámetro	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar ( $\sigma$ )
pH	6.88	6.8	7.2	0.18
TDS (mg/L)	173.4	170	175	2.07
Dureza (mg/L)	280.0	250	300	27.30
Cloro residual (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.00

**Nota:** Valores promedio obtenidos a partir de cinco mediciones directas en campo utilizando instrumentos portátiles calibrados. Fuente de alimentación: Red Pública.

**Fuente:** elaboración propia.

## Modelo Adaptativo de Mezcla Controlada como Estrategia Simbiótica

Para corregir los extremos físico-químicos de ambas fuentes (la dureza nula del rechazo y la dureza excesiva de la red), se propone el diseño de un sistema de Mezcla Controlada Dinámica aprovechando la infraestructura de almacenamiento por gravedad (tinaco de 800 L) detallada en la propuesta de ingeniería. Se establece una proporción analítica de arranque de 70% agua de rechazo y 30% agua de red pública. Teóricamente, esta dosificación inicial permite ablandar el recurso final, proyectando una dureza combinada remanente en el rango de 84 mg/L de  $CaCO_3$ , ubicándose perfectamente dentro del óptimo industrial (50–150 mg/L) recomendado por la EPA (2012).

Es imperativo resaltar el carácter flexible y adaptativo de esta propuesta bajo la filosofía del ciclo PDCA. Al no tratarse de un modelo estático, la implementación operativa contempla la calibración continua del sistema. Dependiendo de los factores estacionales que afectan la dureza de los pozos municipales de Cuautla o la calidad del agua de pipa, la dosificación tiene la capacidad técnica de transicionar hacia relaciones 60/40 u 80/20. Esta flexibilidad, monitoreada en tiempo real mediante la instalación de los caudalímetros (Medidores A y B), asegura la estabilidad del proceso textil sin arriesgar la calidad del servicio.

## DISCUSIÓN

### Interpretación de los Resultados

Al aplicar la ecuación del ICFA sobre los valores promedio del agua de rechazo (Tabla 1) contrastándolos con los límites óptimos de la literatura técnica internacional para procesos de lavado industrial —rango de pH de 6.5–8.5 y dureza de 50–150 mg/L (Environmental Protection Agency [EPA], 2012), así como un contenido de TDS de 500–1000 mg/L y cloro residual de 0.2–0.5 mg/L (Gotoh & Kishino, 2017)—, el resultado matemático arroja un ICFA del 25% (cumpliendo únicamente el parámetro de pH). En una evaluación lineal o automatizada, un ICFA tan bajo determinaría el rechazo del efluente. No obstante, el análisis desde la perspectiva de la ingeniería de operaciones revela una paradoja técnica.

Por una parte, respecto a los TDS y el Cloro, estar por debajo del mínimo de la literatura (192.2 mg/L de TDS frente a los niveles recomendados) no es una desventaja operativa; al contrario, reduce drásticamente el riesgo de sedimentación o depósito de partículas sólidas en las fibras textiles durante el centrifugado y secado. Asimismo, la ausencia de cloro previene el desgaste oxidativo acelerado y la decoloración prematura de las prendas.

Por otra parte, la presencia de dureza cero en el agua de rechazo se registró debido a que la planta purificadora somete el agua de pipa a un proceso previo de ablandamiento por intercambio iónico para proteger las membranas de ósmosis inversa. Lavar con dureza cero puede alterar ligeramente la reología del enjuague, pero es infinitamente superior al agua de red de la lavandería (280 mg/L), la cual precipita los tensioactivos del detergente, incrementa los costos químicos y genera incrustaciones minerales severas en las resistencias térmicas de las lavadoras. Este comportamiento del agua previamente suavizada y su interacción en sistemas industriales coincide con las dinámicas de remineralización y control iónico estudiadas en la gestión de efluentes osmotizados en el contexto nacional (Villegas-Mendoza et al., 2020).

### Implicaciones Teóricas y Prácticas

Desde una perspectiva teórica, este estudio expande el alcance de la ecología industrial al demostrar que los modelos de simbiosis hídrica no son exclusivos de los grandes complejos corporativos, sino que son replicables a microescala empresarial mediante la asociatividad de pequeñas empresas. En el ámbito práctico, los hallazgos ofrecen una solución inmediata a la vulnerabilidad operativa de los

comercios con uso intensivo de agua en entornos con severo estrés hídrico. La implementación de la mezcla controlada dinámica no solo disminuye la dependencia de la red pública municipal y el consumo de agua de extracción, sino que optimiza la administración de operaciones y el control de calidad en el piso de producción (Gutiérrez & Arango, 2023; Sabatino, 2022).

### Limitaciones del Estudio

La principal limitación de esta investigación radica en la especificidad geográfica y geológica de la matriz hídrica evaluada. Los criterios de compatibilidad y la tasa de mezcla analítica (70/30) validados en este trabajo responden exclusivamente a las propiedades físico-químicas del agua de rechazo y de la red pública detectadas en el municipio de Cuautla, Morelos. Proponer una generalización estática de estos resultados para su réplica ciega en otras regiones o estados carecería de fundamento técnico, ya que las concentraciones iónicas varían drásticamente según el acuífero de extracción o la fuente de abastecimiento industrial. Por lo tanto, el modelo se limita a ofrecer una ruta metodológica replicable, la cual exige de forma obligatoria la caracterización analítica previa de las corrientes específicas y su contraste individualizado frente a los límites normativos del sector correspondiente.

### CONCLUSIÓN

El desarrollo de la presente investigación permitió validar la viabilidad técnica de un modelo de simbiosis industrial hídrica a microescala interempresarial, rompiendo con el paradigma de que las estrategias de ecología industrial son exclusivas de los grandes complejos corporativos o parques industriales tecnificados. Los hallazgos confirman que la asociatividad entre micronegocios locales puede generar soluciones de alto impacto ambiental y operativo sin requerir infraestructuras de alta complejidad.

En primer lugar, se demostró la inviabilidad del enfoque lineal del ICFA. La aplicación automatizada o rígida de índices estandarizados como el ICFA (el cual arrojó un 25% de compatibilidad) puede descartar erróneamente efluentes con un alto potencial operativo. El análisis interpretativo de ingeniería es indispensable para identificar oportunidades de optimización que las métricas binarias ocultan.

En segundo lugar, se logró la capitalización de la paradoja de la dureza. La ausencia total de dureza (0 mg/L de  $CaCO_3$ ) en el agua de rechazo —atribuible al ablandamiento previo por intercambio iónico dentro de la planta purificadora— constituye una ventaja operativa masiva para mitigar la severa dureza presente en la red pública de Cuautla (280 mg/L).

En tercer lugar, se constató la eficacia del modelo adaptativo 70/30. La formulación de una mezcla controlada con una dosificación de arranque del 70% de agua de rechazo y 30% de agua de red pública se consolida como una estrategia hidráulica viable. Este modelo proyecta una dureza remanente óptima de 84 mg/L, idónea para maximizar el rendimiento de los detergentes, proteger las fibras textiles y prolongar la vida útil de los equipos de lavado.

Finalmente, el sistema asegura flexibilidad operativa y mejora continua. Basado en la filosofía del ciclo PDCA, el diseño no se establece como un sistema estático, sino como una propuesta flexible con capacidad de transicionar hacia relaciones 60/40 u 80/20. El uso de instrumentación de bajo costo, mediante caudalímetros, faculta a las unidades productivas para adaptar la dosificación en tiempo real ante las variaciones estacionales de los pozos municipales o el suministro por camiones cisterna.

La principal contribución de este artículo radica en la documentación de un caso de éxito de economía circular aplicada a sectores comerciales tradicionales en entornos con severo estrés hídrico. El modelo propuesto es de bajo costo de inversión (Low-CapEx), lo que facilita su replicabilidad en otras pequeñas

y medianas empresas del centro de México, promoviendo la resiliencia urbana, la reducción de descargas contaminantes al drenaje y la asociatividad empresarial local como pilar de sustentabilidad.

### **RECOMENDACIONES**

Como futuras líneas de investigación, se sugiere romper la frontera del binomio purificadora-lavandería y explorar la escalabilidad multisectorial del efluente de rechazo cuando las tasas de producción de la planta purificadora superen la capacidad de absorción de la unidad textil. Se recomienda evaluar la viabilidad de transferir los excedentes hídricos hacia otros giros comerciales urbanos y agrícolas contiguos —tales como la industria de la masa y la tortilla, la fabricación de materiales de construcción, la alimentación de redes sanitarias domésticas o el riego de áreas verdes y campos de cultivo locales—, siempre y cuando se ejecute un mapeo de demandas y se contrasten las propiedades físico-químicas del concentrado contra los rangos recomendados por la literatura especializada para cada aplicación específica (Ahmed, 2000; Azeem, 2023; Herrera-López et al., 2021). Asimismo, se aconseja instrumentar el sistema mediante sensores automatizados de flujo y conductividad para dinamizar la distribución y dosificación segura del recurso en tiempo real.

## REFERENCIAS

Ahmed, M. S.-H. (2000). Use of desalination reject brine for irrigation. *Desalination*, 130(2), 155-166. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)00080-6](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00080-6)

Ahmed, M. S.-H.-G. (2021). Treatment and potential reuse of reverse osmosis concentrate: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 40, Artículo 101887. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.101887>

American Public Health Association. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23a ed.). APHA.

Azeem, A. A. (2023). Wastewater utilization for concrete production: Prospects, challenges, and opportunities. *Journal of Building Engineering*, 80, Artículo 108078. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108078>

Barker, J., & Smith, L. (2019). Water conservation strategies in commercial textiles and commercial laundry facilities. *International Journal of Cleaner Production*, 212, 880-892. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.145>

Barker, R., & Galindo, H. (2021). Análisis económico de las tarifas de agua comercial y la vulnerabilidad operativa de las PyMEs en el centro de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(3), 142-168. <https://doi.org/10.24201/tca.v12i3.2145>

Besterfield, D. H. (2018). *Control de calidad* (9a ed.). Pearson Educación.

CEAGUA [Comisión Estatal del Agua de Morelos]. (2024). *Plan hídrico estatal: Diagnóstico de acuíferos y zonas de veda en Morelos*. Comisión Estatal del Agua de Morelos.

Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. MIT Press.

Dévora-Isiordia, G. E., González, F. A., López, J. A., & Luna, M. R. (2021). Evaluación económica de evaporación de salmueras de ósmosis inversa: Gestión ambiental en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 523-537. <https://doi.org/10.20937/RICA.53921>

El Sol de Cuautla. (2025). Gabriel Tepepa en Cuautla: Baches, falta de agua y servicios agravan crisis urbana. *El Sol de Cuautla*. <https://oem.com.mx/elsoldecuautla/local/gabriel-tepepa-en-cuautla-baches-falta-de-agua-y-servicios-agravan-crisis-urbana-29734415>

Environmental Protection Agency. (2012). *Guidelines for water reuse* (EPA/600/R-12/618). U.S. Environmental Protection Agency.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

Gotoh, K., & Kishino, T. (2017). Effect of water hardness on detergency and soil redeposition in laundry washing. *Journal of Surfactants and Detergents*, 20(2), 341-349. <https://doi.org/10.1007/s11743-016-1905-5>

Gude, V. G. (2017). Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(4), 591-609. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9449-7>

Gutiérrez, A., & Arango, J. F. (2023). Modelos de negocio sostenibles basados en la simbiosis industrial: Un análisis de la reutilización de efluentes. *Estudios Gerenciales*, 39(166), 45-58. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2023.166.5412>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.

Herrera-López, D., Mejía-González, G., Cuevas-González, R., & Arévalo-Velázquez, M. A. (2021). Sistema acoplado reactor anaerobio con deflectores-humedal artificial como alternativa para reúso de agua residual en riego de áreas verdes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 289-302. <https://doi.org/10.20937/RICA.53643>

Montgomery, D. C. (2020). *Control estadístico de la calidad (7a ed.)*. Limusa Wiley.

Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369-380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>

Páez, A. (22 de marzo de 2026). Crisis hídrica en México: 6 millones de hogares sin acceso al agua por desinversión y fugas. *La Crónica de Hoy*. <https://www.cronica.com.mx/nacional/2026/03/22/crisis-hidrica-en-mexico-6-millones-de-hogares-sin-acceso-al-agua-por-desinversion-y-fugas/>

Pineda, L. (2023). La problemática de la gestión del agua en el sector industrial de Cuautla y zonas metropolitanas. *Revista de Ciencias Sociales de Morelos*, 14(2), 77-94.

Sabatino, S. F. (2022). Economía circular en pequeñas y medianas empresas: Desafíos y oportunidades en América Latina. *Revista de Gestión Ambiental*, 41, 15-28.

Saldívar, A., & Saldívar, M. E. (2020). Balance hidrológico y vulnerabilidad de los acuíferos en la cuenca del Río Cuautla. *Investigaciones Geográficas*, (103), 1-18. <https://doi.org/10.14350/rig.60124>

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Villegas-Mendoza, I. E., Piña-Soberanis, M., Alvillo-Rivera, A. J., Silva-Luna, C. D., & Linares-Ocampo, J. J. (2020). Remineralización de agua osmotizada mediante un contactor de calcita de flujo continuo ascendente. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 11(3), 277-308. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-03-08>

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .