

## Participación de los usuarios en la gestión de acuíferos en México: el papel de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS)

(User participation in aquifer management in Mexico: the role of Technical Groundwater Committees (COTAS))

Juan Eloy Rivera Velázquez\*, Nora María Bonilla Hernández\*\* y Emiliano Rivera Bonilla\*\*\*

Recibido: 22/10/25

Aceptado: 28/12/25

### RESUMEN

La sobreexplotación de los acuíferos en México refleja una tendencia alarmante: en los últimos 50 años, el número de acuíferos en condición crítica se multiplicó por más de cuatro, comprometiendo la seguridad hídrica y el desarrollo sustentable del país. Este deterioro no solo responde a la presión demográfica y agrícola, sino también a la insuficiencia de políticas públicas para equilibrar extracción y recarga. En este contexto surge la necesidad de mecanismos de participación social que complementen la gestión institucional. Los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), reconocidos en la Ley de Aguas Nacionales como órganos auxiliares de la Comisión Nacional del Agua, representan uno de los esfuerzos más relevantes para institucionalizar la acción colectiva en la administración de los recursos subterráneos.

En respuesta a esa compleja realidad, esta investigación tiene como objetivo evaluar el impacto de los COTAS en la sustentabilidad de los acuíferos entre 2015 y 2025, con el fin de evaluar esta política pública, identificando áreas de oportunidad que permitan hacer más eficaces a estos cuerpos colegiados.

La mencionada investigación se desarrolló con un enfoque documental, comparativo y longitudinal, tomando como referencia los 653 acuíferos reconocidos oficialmente por CONAGUA. Se clasificaron en cuatro categorías replicables (sustentable, mejoró, igual, empeoró) y se aplicaron comparaciones porcentuales entre acuíferos con y sin COTAS. Además, se analizó el caso del Distrito de Riego 066 en Baja California Sur, donde la transferencia de la gestión a los usuarios permitió reducir la extracción y alcanzar un equilibrio con la recarga.

Los resultados muestran diferencias significativas: los acuíferos con COTAS presentan mayor proporción de sustentabilidad (25% contra 15%), mayor frecuencia de mejora (12% contra 6%) y menor deterioro (12% contra 25%) en comparación con aquellos sin comités. Estos hallazgos confirman que la participación organizada contribuye a mitigar la tendencia de deterioro, aunque su cobertura limitada impide revertir la sobreexplotación a nivel nacional.

La discusión teórica contrasta la lógica de la "tragedia de los comunes" de Hardin con la tesis de Ostrom sobre acción colectiva, proponiendo un modelo conceptual híbrido que integra reglas claras de extracción, equidad en la representación y vinculación institucional. Se concluye que los COTAS no son una solución definitiva, pero sí un mecanismo eficaz para avanzar hacia una gobernanza hídrica más justa y sostenible, en línea con los compromisos internacionales de transparencia y responsabilidad social.

**Palabras clave:** participación social, gobernanza hídrica, acuíferos, Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), sustentabilidad, recursos comunes.

### ABSTRACT

*The overexploitation of aquifers in Mexico reflects an alarming trend: over the past 50 years, the number of aquifers in critical condition has more than quadrupled, compromising the country's water security and sustainable development. This deterioration is driven not only by demographic and agricultural pressures but also by the insufficiency of public policies to balance extraction and recharge. In this context, mechanisms of social participation emerge as necessary complements to institutional management. Technical Groundwater Committees (COTAS), recognized under the National Water Law as auxiliary bodies of the National Water Commission, represent one of the most relevant efforts to institutionalize collective action in the administration of groundwater resources.*

*In response to this complex reality, the present study aims to evaluate the impact of COTAS on aquifer sustainability between 2015 and 2025, assessing this public policy and identifying opportunities to strengthen these committees. The research adopted a documentary, comparative, and longitudinal approach, analyzing the 653 aquifers officially recognized by CONAGUA. Four replicable categories were defined (sustainable, improved, unchanged, deteriorated), and percentage comparisons were made between aquifers with and without COTAS. Additionally, a case study from Irrigation District 066 in Baja California Sur illustrates how transferring management responsibilities to users reduced extraction and achieved balance with natural recharge.*

*Results reveal significant differences: aquifers with COTAS show higher rates of sustainability (25% vs. 15%), greater improvement (12% vs. 6%), and lower deterioration (12% vs. 25%) compared to those without committees. These findings confirm that organized participation helps mitigate deterioration, although limited coverage prevents reversing overexploitation nationwide. The theoretical discussion contrasts Hardin's "tragedy of the commons" with Ostrom's thesis on collective action, proposing a hybrid conceptual model that integrates clear extraction rules, equitable representation, and institutional linkage. It concludes that while COTAS are not a definitive solution, they are an effective mechanism to advance toward fairer and more sustainable groundwater governance, consistent with international commitments to transparency and social responsibility.*

**Keywords:** social participation; water governance; aquifers; Technical Groundwater Committees; sustainability; common resources

**JEL Classification:** Q25; Q56; Q57; Q58; D70; H70.

\* Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales, Universidad Veracruzana, [jurivera@uv.mx](mailto:jurivera@uv.mx), <https://orcid.org/0009-0007-1129-7961>

\*\* Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales, Universidad Veracruzana, [nbonilla@uv.mx](mailto:nbonilla@uv.mx), <http://orcid.org/0000-0003-0549-7311>

\*\*\* Universidad Anáhuac Veracruz campus Xalapa, [emiliano.riverabo@anahuac.mx](mailto:emiliano.riverabo@anahuac.mx), <https://orcid.org/0009-0003-9247-072X>

## INTRODUCCIÓN

En México se observa un incremento significativo en el número en condición crítica, comprometiendo reservas que tardaron millones de años en formarse y que hoy son la principal fuente de abastecimiento para millones de personas. Este deterioro no solo responde a la presión demográfica y agrícola, sino también la falta de mecanismos efectivos de gobernanza hídrica, lo que ha generado un escenario de vulnerabilidad creciente y de difícil reversión. La escasez de agua dulce aprovechable refuerza la importancia estratégica de los acuíferos como fuente de abastecimiento para las actividades humanas.

Adicionalmente México enfrenta un panorama complejo en el tratamiento de aguas residuales, puesto que en 2024 apenas alcanzaba el 45% del caudal generado, muy por debajo de países europeos que superan el 90%. Además, existe una marcada heterogeneidad entre los estados, mientras que algunos tratan casi la totalidad de las aguas residuales, otros apenas una mínima parte. Esta disparidad refleja la necesidad de fortalecer políticas de saneamiento y gestión integrada, pues la falta de cobertura universal limita la posibilidad de garantizar agua en cantidad y calidad adecuada para todos. La insuficiencia en el tratamiento de aguas residuales se traduce en una presión adicional sobre los acuíferos, que se ven obligados a suplir la demanda de agua limpia en un contexto de creciente escasez.

En el ámbito internacional, se ha reconocido esta crisis como un asunto de derechos humanos. Desde 2010, la ONU declaró el acceso al agua y saneamiento como derecho fundamental, y en 2015 incorporó el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 en la Agenda 2030, buscando garantizar disponibilidad y gestión sustentable del agua para todos. Los informes recientes advierten que, pese a avances, miles de millones de personas siguen sin acceso a agua potable segura y que el estrés hídrico afecta ya a una cuarta parte de la población mundial. En este contexto, la participación social organizada se vuelve un elemento clave para avanzar hacia una gobernanza hídrica más justa y sostenible, capaz de responder a los retos locales y globales, y de asegurar que las generaciones futuras cuenten con las mismas oportunidades de acceso que la actual.

Para analizar esta realidad, el presente trabajo se estructura en diversas secciones que buscan ofrecer una visión integral del problema y de las posibles soluciones. En primer lugar, se expone el contexto global y nacional de la disponibilidad y calidad del agua, subrayando tanto la escasez cuantitativa

como los retos cualitativos vinculados al saneamiento de aguas residuales. Esta revisión permite dimensionar la magnitud del desafío y situar el caso mexicano en un marco comparativo internacional.

En segundo término, se presentan los antecedentes normativos y sociales de la gestión del agua en México, destacando la evolución de las políticas públicas y la creación de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) como respuesta institucional y social a la crisis hídrica. Se analiza cómo estas instancias han buscado descentralizar la gestión, fomentar la participación de los usuarios y operar como contraloría social para garantizar la conservación del recurso.

Posteriormente, se desarrolla el análisis empírico con un enfoque documental y comparativo, que evalúa el impacto de los COTAS en la sustentabilidad de los acuíferos entre 2015 y 2025. Este apartado incluye un estudio de caso en el Distrito de Riego 066 de Baja California Sur, lo que permite observar de manera puntual las dinámicas de participación y gestión en un contexto local.

Finalmente, se discuten los hallazgos a la luz de los marcos teóricos de Hardin y Ostrom, contrastando la visión de la “tragedia de los comunes” con las propuestas de acción colectiva y gobernanza comunitaria. A partir de esta reflexión, se propone un modelo conceptual híbrido que integra reglas claras de extracción, equidad en la representación y vinculación institucional, en congruencia con los compromisos internacionales.

### Pregunta de investigación

¿Cuál es el impacto de la participación de los usuarios, a través de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), en la sustentabilidad de los acuíferos en México entre 2015 y 2025?

### Objetivos de la investigación

#### Objetivo general

Analizar el impacto de la participación de los usuarios en la gestión de los acuíferos en México, a través de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas, evaluando su efecto sobre la sustentabilidad y la evolución de las reservas de agua subterránea en el periodo 2015–2025, en congruencia con los compromisos internacionales del ODS 6.

#### Objetivos específicos

1. Describir la evolución histórica de los acuíferos con COTAS entre 2015 y 2025, identificando cambios en disponibilidad y

déficit.

2. Comparar la condición de los acuíferos con y sin COTAS, estableciendo diferencias en sustentabilidad, mejora, estabilidad y deterioro.
3. Analizar cómo los mecanismos de participación en los COTAS inciden en la sustentabilidad y la gobernanza hídrica.
4. Contrastar los hallazgos empíricos con marcos teóricos (Hardin, Ostrom, Cortez, Turner), para valorar la pertinencia de la acción colectiva en la gestión de recursos comunes.
5. Identificar tendencias generales y limitaciones del modelo de gestión participativa en México, proponiendo recomendaciones de política pública.

## **I MARCO TEÓRICO**

### **1.1 Disponibilidad mundial de agua y presión sobre acuíferos**

El agua es un recurso limitado y esencial para la vida. Del total de agua en el planeta, estimada en 1,400 millones de km<sup>3</sup>, únicamente el 2.5% corresponde a agua dulce, es decir, alrededor de 35 millones de km<sup>3</sup>. De esta fracción, el 68.7% se encuentra en glaciares, el 0.8% en permafrost, el 30.1% en aguas subterráneas y apenas el 0.4% en aguas superficiales (SEMARNAT, 2018). Esta distribución evidencia que las reservas de fácil acceso son mínimas y que la mayor parte del agua dulce se encuentra en sistemas de difícil aprovechamiento.

La presión sobre los acuíferos se ha intensificado debido al crecimiento poblacional, la urbanización y la disminución de fuentes superficiales. En muchos países en desarrollo, más del 80% de las aguas residuales se descargan sin tratamiento, lo que incrementa la contaminación y obliga a depender de reservas subterráneas fósiles (ONU, 2015). Estas reservas, acumuladas durante miles de años, son particularmente vulnerables a la sobreexplotación y su agotamiento representa un riesgo inminente para la seguridad hídrica global.

En este contexto, los acuíferos se han convertido en un componente estratégico de la seguridad hídrica mundial. Su gestión requiere instituciones capaces de equilibrar la extracción con la recarga natural, así como mecanismos de cooperación social que eviten el deterioro de un recurso compartido y limitado.

### **1.2 Calidad del agua y retos del saneamiento en México**

La calidad del agua disponible depende directamente del tratamiento de aguas residuales. En México, aunque el volumen tratado se ha duplicado desde finales de los años noventa, en 2024 apenas alcanzaba el 45% del caudal generado (SEMARNAT, 2025). Esta cifra es muy inferior a la de países europeos como Reino Unido, Suecia o Polonia, que superan el 90% de tratamiento (ONU, 2015).

La heterogeneidad entre estados es marcada: mientras Baja California, Sinaloa, Chihuahua y Nuevo León superan el 90% de tratamiento, entidades como Campeche, Hidalgo y Yucatán apenas alcanzan el 10% (CONAGUA, 2023). Esta disparidad refleja la necesidad de fortalecer políticas de saneamiento para reducir la presión sobre los acuíferos y garantizar la calidad del recurso hídrico.

El saneamiento insuficiente incrementa la dependencia de reservas subterráneas y expone a las comunidades a riesgos de contaminación. En este sentido, la gobernanza hídrica debe integrar tanto la infraestructura de tratamiento como la participación social en la vigilancia de la calidad del agua, en línea con los compromisos del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ONU, 2015).

### **1.3 Evolución histórica de acuíferos sobreexplotados en México (1975–2025)**

La sobreexplotación de acuíferos en México muestra una tendencia sostenida durante las últimas cinco décadas. En 1975 se registraban 32 acuíferos sobreexplotados; en 1995 la cifra ascendió a 80; en 2015 se reportaron 94; en 2023, 114; y para 2025, 153 de los 653 acuíferos reconocidos se encuentran en esta condición (CONAGUA, 2015-2023- 2025).

Este incremento de más del 350%, evidencia el deterioro de las reservas subterráneas y plantea riesgos para la seguridad hídrica nacional. La tendencia confirma que las políticas de restricción, como las vedas de perforación de pozos, han tenido un efecto limitado.

La literatura especializada ha señalado que la sobreexplotación responde tanto a la presión demográfica y agrícola como a la falta de mecanismos efectivos de gobernanza. Ramírez Ángeles (2015), por ejemplo, documenta el caso del acuífero Ixtlahuaca-Atlacomulco, donde la extracción intensiva superó la recarga natural, generando un déficit estructural.

En este contexto, la participación social en la gestión de los acuíferos aparece como un componente

necesario para revertir el deterioro. La evidencia comparativa sugiere que los acuíferos con presencia de Comités Técnicos de Aguas Subterráneas muestran mejores resultados relativos en sustentabilidad y menor deterioro, lo que refuerza la importancia de evaluar este modelo de gobernanza.

#### 1.4 Marco normativo nacional: Ley de Aguas Nacionales y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas

La Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1992-2020) constituye el principal instrumento jurídico para la gestión hídrica en México. Esta norma impulsó la descentralización de la administración del agua y estableció la creación de órganos auxiliares de participación social, entre los que destacan los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS).

Estos comités integran a usuarios, instituciones académicas y representantes de la sociedad civil en la gestión de los acuíferos. Su función es actuar como contraloría social, promover planes de manejo y contribuir a la conservación del recurso. Aunque su cobertura es limitada ya que menos del 20% de los acuíferos reconocidos cuentan con un comité en operación (CONAGUA, 2023), resulta trascendente profundizar en el impacto que ha tenido su implementación.

El marco normativo también contempla instrumentos específicos como vedas de perforación, reglamentos regionales y programas de disponibilidad por acuífero. Sin embargo, la evidencia indica que estas medidas han tenido un efecto parcial, y que la participación social organizada representa un complemento necesario para fortalecer la gobernanza hídrica.

En síntesis, los COTAS constituyen la institucionalización de la participación social en la gestión del agua subterránea en México. Su existencia refleja un esfuerzo por alinear la política nacional con principios de transparencia, corresponsabilidad y sustentabilidad, en congruencia con los compromisos internacionales en materia de derecho humano al agua y Objetivos de Desarrollo Sostenible.

#### 1.5 Gobernanza internacional: ONU, Agenda 2030 y ODS 6

La gobernanza del agua se ha consolidado como un eje central en la agenda internacional. Desde la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (ONU, 1992), el Principio 10 estableció la necesidad de garantizar acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia en asuntos ambientales. Este principio marcó un cambio hacia modelos de

gestión más inclusivos y transparentes.

Posteriormente, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015) incorporó el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6), que busca “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Este objetivo reconoce explícitamente la importancia de la participación comunitaria, la cooperación internacional y el fortalecimiento institucional para enfrentar los retos de disponibilidad, calidad y acceso al agua.

En el ámbito del derecho internacional, la Resolución 64/292 de la Asamblea General de la ONU (2010) reconoció el derecho humano al agua y al saneamiento como esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos. Este reconocimiento obliga a los Estados a garantizar acceso suficiente, seguro, aceptable y asequible al agua para uso personal y doméstico.

La convergencia de estos instrumentos internacionales subraya que la gestión del agua no puede limitarse a políticas nacionales, sino que requiere marcos de cooperación global. En este sentido, los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas en México representan un esfuerzo por alinear la política hídrica nacional con los compromisos internacionales de transparencia, participación y sustentabilidad.

#### 1.6 Teoría de los recursos comunes: Hardin y Ostrom

La gestión de los acuíferos puede analizarse a partir de la teoría de los recursos de uso común. En su célebre artículo *The Tragedy of the Commons*, Hardin (1968) argumentó que, cuando un recurso es compartido y de acceso abierto, los individuos tienden a maximizar su beneficio personal, lo que conduce al agotamiento colectivo. Este planteamiento ha sido ampliamente utilizado para explicar la sobreexplotación de acuíferos, bosques y pesquerías.

Sin embargo, Ostrom (1990) cuestionó la inevitabilidad de esta tragedia y demostró que las comunidades pueden desarrollar reglas, instituciones y mecanismos de cooperación que permiten un manejo sustentable de los recursos comunes. Su investigación sobre sistemas de riego y bosques comunitarios mostró que la acción colectiva, basada en confianza, monitoreo y sanciones, puede ser más efectiva que la regulación centralizada o la privatización.

Aplicado al caso mexicano, los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas representan un intento de institucionalizar la acción colectiva en la gestión de acuíferos. Estos comités buscan establecer reglas claras de extracción, promover la transparencia

en la información y fomentar la corresponsabilidad entre usuarios. Aunque su cobertura es limitada, su existencia refleja la influencia de los marcos teóricos de Hardin y Ostrom en el diseño de políticas públicas.

En síntesis, mientras Hardin subraya los riesgos de la explotación individual sin control, Ostrom ofrece un marco para entender cómo la cooperación organizada puede revertir el deterioro. La tensión entre ambos enfoques constituye la base conceptual para evaluar la efectividad de los comités en México.

### 1.7 Evidencia empírica y enfoques emergentes

La investigación de Carrillo Huerta y Gómez Bréton (2019) sobre el acuífero de Tecamachalco demuestra que la acción colectiva de los productores, combinada con incentivos estatales y asistencia técnica, puede modificar patrones de extracción y orientar el uso del agua hacia la sostenibilidad. Sus hallazgos confirman que la gobernanza hídrica requiere tanto instituciones formales (como los COTAS) como dinámicas comunitarias.

De manera complementaria, Cortez Lara y Rivera Velázquez (2020) analizan el modelo adaptativo aplicado al Proyecto de Trasvase Río Daule–Pedro Carbo en Ecuador, destacando la importancia de la flexibilidad institucional y la participación comunitaria en la gestión hídrica. Este enfoque emergente muestra que la sostenibilidad requiere instituciones dinámicas capaces de ajustarse a cambios sociales y ambientales, aportando lecciones valiosas para México y América Latina.

Asimismo, Boelens y Sanchis Ibor (2018) introducen el concepto de territorios hidrosociales, que conecta la gestión del agua con ecología política y justicia social, mostrando cómo las relaciones de poder influyen en la gobernanza hídrica.

En el ámbito nacional, Soares y Hatch Kuri (2023) documentan experiencias de gestión comunitaria en Puebla, evidenciando que la participación social fortalece la sustentabilidad y la equidad en el acceso al agua.

Finalmente, Hernández Aguilar et al. (2025) estudian el monitoreo participativo de cenotes en Yucatán como ejemplo de gobernanza comunitaria innovadora, donde la sociedad local se convierte en actor central de la gestión hídrica.

## **II METODOLOGÍA**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque documental, descriptivo, comparativo y longitudinal, con el objetivo de evaluar el efecto de la participación social en la gestión de acuíferos en México. El análisis

contrastó la evolución de los acuíferos con presencia de Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) frente a aquellos sin órganos colegiados, en el periodo 2015–2025, apoyándose en referencias históricas desde 1975 para mostrar tendencias de largo plazo.

### 11.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis fueron los 653 acuíferos reconocidos por CONAGUA, diferenciados entre aquellos con COTAS en operación (n=89) y los que carecen de ellos (n=564).

### 11.2 Criterios de clasificación

Para garantizar replicabilidad, se definieron cuatro categorías basadas en indicadores oficiales de disponibilidad y recarga:

- Sustentable: balance hídrico positivo (extracción  $\leq$  recarga) durante al menos tres años consecutivos.
- Mejoró: reducción del déficit  $\geq 10\%$  respecto al quinquenio anterior.
- Igual: variación menor al 5% en el balance hídrico.
- Empeoró: incremento del déficit  $\geq 10\%$  respecto al quinquenio anterior.

### 11.3 Procedimiento analítico

1. Descriptivo: se especificaron las características de cada acuífero según disponibilidad y déficit, siguiendo lo señalado por Hernández Sampieri et al. (2014), quienes destacan que los estudios descriptivos permiten especificar las características de un fenómeno.
2. Comparativo: se establecieron diferencias porcentuales entre acuíferos con y sin COTAS, en línea con Hernández Sampieri et al. (2014), que subrayan la utilidad de los estudios comparativos para identificar diferencias entre grupos o condiciones.
3. Longitudinal: se analizaron tendencias en el periodo 2015–2025, con referencia histórica desde 1975, siguiendo la propuesta de Creswell (2014) sobre la integración de análisis cuantitativos y cualitativos en estudios de largo plazo.
4. Estadístico básico: se aplicó una prueba de chi-cuadrado para verificar si las diferencias en sustentabilidad y deterioro entre acuíferos con y sin COTAS son estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ). Este procedimiento se inspira en Yin (2009), quien destaca la importancia de definir unidades de análisis y establecer comparaciones sistemáticas en

estudios de caso.

II.4 Alcances y limitaciones

- Alcances: el diseño metodológico permite identificar tendencias generales y discutir el papel de la acción colectiva en la gobernanza hídrica.
- Limitaciones: cobertura parcial de los COTAS, dependencia de reportes oficiales y ausencia de evaluación cualitativa de la participación.

III RESULTADOS

III.1 Comparación nacional entre acuíferos con y sin COTAS (2015–2025)

El análisis de los 653 acuíferos reconocidos por CONAGUA muestra diferencias significativas según la presencia de órganos de participación social. De los 89 acuíferos con COTAS en operación, el 25% son sustentables y el 12% mejoraron, frente a un mayor deterioro en los 564 acuíferos sin comités, tal como se muestra en la **tabla 1**

Tabla 1 Comparación nacional entre acuíferos con y sin COTAS (2015–2025)

| Condición de acuífero | Con COTAS (n=89) | Sin cotas (n=564) |
|-----------------------|------------------|-------------------|
| Sustentable           | 25%              | 15%               |
| Mejóro                | 12%              | 6%                |
| Se mantuvo igual      | 51%              | 54%               |
| Empeoró               | 12%              | 25%               |

Nota. \* Fuente: Elaboración propia con base en datos oficiales de CONAGUA (2015–2025).

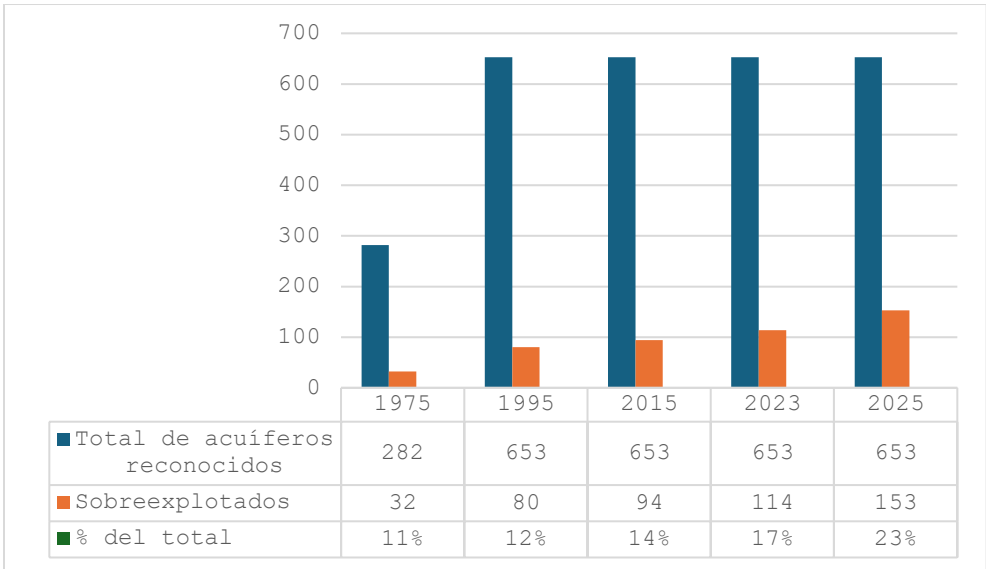
III.2 Evolución histórica de acuíferos sobreexplotados en México (1975–2025)

La revisión de los datos oficiales de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) muestra un incremento sostenido en el número de acuíferos sobreexplotados en México; observando que en 1975 se registraban 32 acuíferos en esta condición; en 1995 la cifra ascendió a 80; en 2015 se reportaron 94; en 2023, 114; y para 2025, 153 de los 653 acuíferos reconocidos se encuentran sobreexplotados

(CONAGUA, 2015; 2023; 2025). Tal como se muestra en la **figura 1**

Este aumento de más del 350% evidencia un deterioro estructural de las reservas subterráneas y plantea riesgos para la seguridad hídrica nacional. La tendencia confirma que las políticas de restricción, como las vedas de perforación de pozos, han tenido un efecto limitado frente a la presión demográfica, agrícola e industrial.

Figura 1 Evolución histórica de acuíferos sobreexplotados en México (1975-2025)



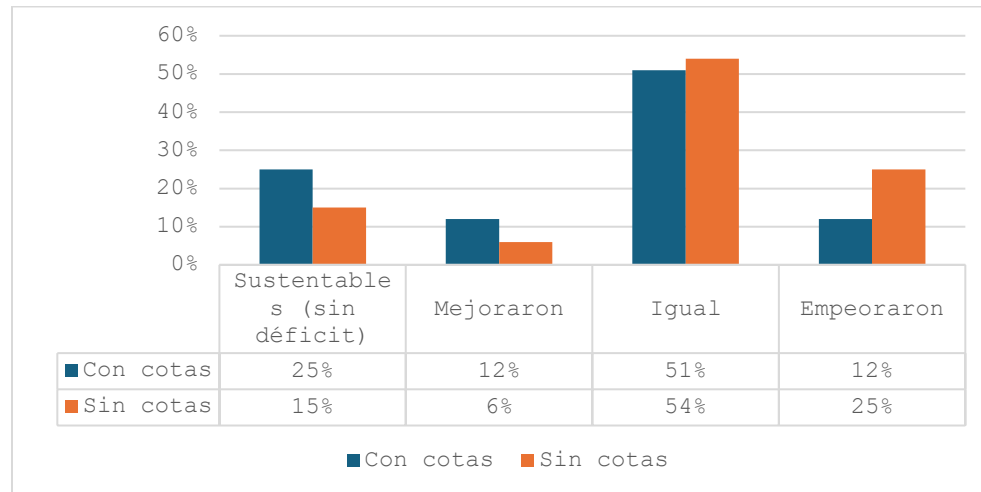
Nota. \* Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA (2015,2023,2025)

### III.3 Comparación entre acuíferos con COTAS y sin COTAS (2015–2025)

El análisis comparativo evidencia diferencias significativas en la condición de los acuíferos según la presencia de órganos de participación social (COTAS). De los 653 acuíferos reconocidos por CONAGUA, 89 cuentan con comités en operación y 564 carecen de ellos. Se observa además que los acuíferos con

COTAS presentan mayor proporción de sustentabilidad (25% vs. 15%); así mismo la mejora es más frecuente en acuíferos con COTAS (12% vs. 6%). Por lo que se refiere al deterioro es significativamente menor en acuíferos con COTAS (12% vs. 25%). Lo anterior muestra que, aunque la cobertura de los COTAS es limitada (menos del 20% de los acuíferos reconocidos), su impacto es positivo en términos de equilibrio y mejora, tal como se muestra en la **figura 2**.

**Figura 2 Comparación entre acuíferos con COTAS y sin COTAS (2015-2025)**



Nota. \* Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA (2015, 2023,2025) y DOF (1992/2020)

### III.4 Interpretación general

Los resultados obtenidos permiten identificar dos tendencias complementarias:

1. Deterioro estructural de los acuíferos: Se hace evidente dado que el número de acuíferos sobreexplotados se ha multiplicado por más de cuatro en medio siglo, pasando de 32 en 1975 a 153 en 2025. Lo que muestra que las políticas normativas tradicionales (vedas, restricciones de perforación) han tenido un efecto limitado frente a la presión demográfica y productiva.
2. Impacto positivo de la participación social: ya que Los acuíferos con COTAS, aunque su cobertura es limitada (menos del 20% de los acuíferos reconocidos), muestran un efecto positivo en términos de equilibrio y reducción del déficit.

Por lo que se asevera que la participación organizada de usuarios, instituciones académicas y sociedad civil contribuye a mitigar la tendencia de deterioro. Los COTAS no eliminan la sobreexplotación, pero sí generan condiciones más favorables para la sustentabilidad.

Estos hallazgos constituyen la base para la discusión, donde se analizará cómo la acción colectiva puede revertir la lógica de la “tragedia de los comunes” (Hardin, 1968) y alinearse con los principios de gobernanza comunitaria planteados por Ostrom (1997), además de los compromisos internacionales del ODS 6.

### III.5 Evidencia empírica, el caso del distrito de riego 066, Santo Domingo, B.C.S Distrito y la reversión del deterioro

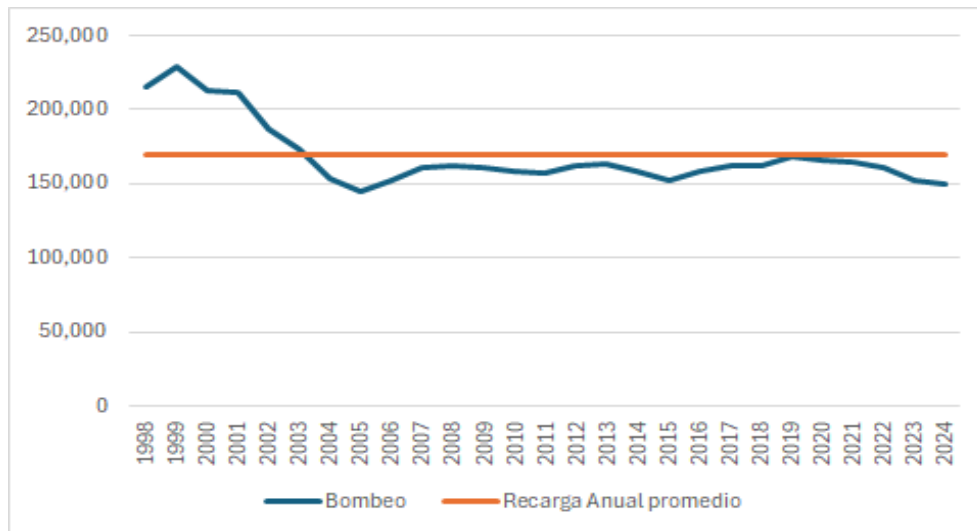
En 1995, la Comisión Nacional del Agua transfirió la administración del Distrito de Riego 066 a los agricultores organizados en la Asociación de Usuarios de Agua para Fines Agropecuarios. Este cambio institucional generó un mayor compromiso de los usuarios con el recurso hídrico, estableciendo límites de acopio, promoviendo la tecnificación del riego y fomentando prácticas de manejo más responsables. La participación organizada permitió romper la inercia de sobreexplotación y construir una cultura de sustentabilidad basada en reglas colectivas y cooperación.

La consecuencia de esta transferencia se observa en la evidencia empírica de la recarga

histórica: entre 1988 y 2024, el volumen anual de recarga mostró una tendencia descendente, pasando de 453 millones de m<sup>3</sup> en 1988 a apenas 150 millones en 2024. Es importante destacar que la transferencia a los usuarios permitió la instalación y consolidación del Consejo técnico de Aguas subterráneas; y a 7 años de

administración de los usuarios de riego agrícola, en 2003 se logró disminuir la extracción por debajo de la recarga media natural por debajo de la recarga media anual estimada en 170 millones de m<sup>3</sup>. como lo muestra la figura 3

**Figura 3 Volumen de extracciones 1998-2024 en millares de metros cúbicos**



Nota. \* Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA (2025)

Este resultado confirma que la acción colectiva organizada puede modificar la tendencia histórica de deterioro. El caso del Distrito 066 valida la tesis de Ostrom: las comunidades, mediante reglas claras y cooperación, son capaces de revertir la “tragedia de los comunes” descrita por Hardin. La evidencia muestra que la participación social no solo tiene impacto estadístico, como en los porcentajes nacionales de acuíferos con COTA, sino también transformaciones reales en la gestión local, generando equidad en el acceso al agua y resiliencia frente al colapso ecológico.

Los resultados son claros: los acuíferos con COTAS muestran mejores indicadores que aquellos sin comités. Sin embargo, no podemos perder de vista las limitaciones del estudio. La cobertura de los COTAS sigue siendo reducida (menos del 20% de los acuíferos cuentan con uno en operación) y dependemos de los reportes oficiales de CONAGUA, que, aunque útiles, no siempre reflejan la complejidad social detrás de los datos. Tampoco se incluyeron aspectos cualitativos, como la percepción de los usuarios o la forma en que se aplican las reglas en la práctica. Estos vacíos nos recuerdan que la acción colectiva funciona, pero necesita políticas más firmes y evaluaciones más amplias para convertirse en una solución estructural.

#### IV DISCUSIÓN

La gestión de los acuíferos en México se enfrenta a la tensión clásica entre la “tragedia de los comunes” planteada por Hardin y las alternativas de acción colectiva propuestas por Ostrom. Mientras Hardin advierte que el uso libre e ilimitado conduce inevitablemente al agotamiento del recurso, Ostrom demuestra que la cooperación organizada puede generar instituciones duraderas y sostenibles.

En este sentido, Nsoh (2022) subraya que:

La gobernanza de las aguas subterráneas comprende la promoción de una acción colectiva responsable para garantizar una utilización socialmente sostenible y una protección efectiva de los recursos de agua subterránea en beneficio de la humanidad y de los ecosistemas dependientes. (p. 387)

Esta afirmación refuerza la pertinencia de los COTAS como mecanismos de acción colectiva, pues su diseño institucional busca precisamente equilibrar derechos y responsabilidades de los usuarios. Además, Nsoh (2022) destaca que los arreglos institucionales más exitosos son “ricas mezclas de

instrumentos públicos y privados” (p. 295), lo que cuestiona la idea de que la única solución sea la regulación centralizada o la privatización total. Este enfoque policéntrico coincide con la experiencia mexicana, donde los COTAS operan como órganos auxiliares de la autoridad estatal, pero con fuerte participación de los usuarios.

La discusión se amplía con los enfoques de territorios hidrosociales (Boelens et al., 2025), que muestran cómo las relaciones de poder y los imaginarios sociales configuran la gestión del agua. En Chile, Salgado-Vargas et al. (2025) evidencian cómo la concentración de poder en actores dominantes puede transformar territorios y excluir comunidades. Este enfoque es relevante para México, donde algunos COTAS enfrentan la captura de decisiones por grandes productores, limitando la equidad y la eficacia de la gobernanza.

Asimismo, estudios recientes de monitoreo participativo (Hernández Aguilar et al., 2025; Alvarado-Arias et al., 2024) evidencian que la ciencia ciudadana y la vigilancia comunitaria fortalecen la transparencia y la legitimidad social. Integrar estas prácticas en los COTAS podría potenciar su capacidad de generar confianza y resultados verificables.

La comparación internacional aporta un marco adicional. En África y Medio Oriente, Dawoud (2025) documenta que 19 países de la región MENA se encuentran bajo el umbral de escasez hídrica, y en 12 de ellos el agua subterránea constituye la principal fuente de abastecimiento. En seis países, más del 80% de las extracciones provienen de acuíferos, lo que genera una presión extrema sobre el recurso. El autor enfatiza que, en ausencia de instituciones sólidas, la participación social por sí sola resulta insuficiente para garantizar la sustentabilidad. La gobernanza requiere cooperación institucional fuerte, mecanismos de regulación efectivos y esquemas de acción colectiva que integren tanto a usuarios como a autoridades. Esta conclusión es relevante para México, donde los COTAS enfrentan limitaciones similares en cuanto a recursos, capacidades técnicas y desigualdad de poder entre actores.

En América Latina, Cortez Lara y Rivera Velázquez (2020) analizan el Proyecto de Trasvase Río Daule–Pedro Carbo en Ecuador, mostrando que la gestión del agua requiere un modelo adaptativo capaz de ajustar reglas y prácticas según las condiciones cambiantes. Este enfoque evidencia que la acción colectiva debe articularse con políticas nacionales y proyectos de gran escala, lo que coincide con la experiencia mexicana de los COTAS, donde la

participación de usuarios necesita fortalecerse mediante instituciones flexibles y policéntricas.

Finalmente, Turner (2000) aporta una perspectiva global desde la economía ambiental y la gobernanza de recursos comunes. Sus trabajos destacan que la sustentabilidad de los recursos hídricos depende de integrar dimensiones económicas, sociales y ecológicas en la gestión, evitando enfoques exclusivamente tecnocráticos. Turner enfatiza que la gobernanza debe ser multiescalar y adaptativa, incorporando incentivos económicos y cooperación social, lo que complementa la visión de Ostrom y refuerza la necesidad de modelos híbridos en México.

En conjunto, la evidencia sugiere que la gobernanza de acuíferos en México requiere un modelo híbrido que combine:

1. Principios de diseño de Ostrom (límites claros, reglas congruentes, supervisión, sanciones, resolución de conflictos).
2. Arreglos policéntricos que integren instrumentos públicos y privados.
3. Monitoreo participativo como mecanismo de verificación social.
4. Instituciones adaptativas que articulen acción local con políticas nacionales y proyectos de gran escala.
5. Vinculación institucional con compromisos internacionales (ODS 6).

Este modelo supera la dicotomía Hardin–Ostrom y se alinea con enfoques emergentes de gobernanza multiescalar, ofreciendo un marco sólido para evaluar la contribución de los COTAS a la sustentabilidad de los acuíferos.

## **V CONCLUSIONES**

El análisis confirma que los acuíferos en México han experimentado un deterioro sostenido; esta tendencia refleja la lógica descrita por Hardin en la tragedia de los comunes: cuando los usuarios actúan de manera aislada, buscando beneficios inmediatos, el recurso compartido se agota.

Sin embargo, la comparación entre acuíferos con y sin Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) muestra que la participación organizada sí marca una diferencia. Donde existen comités, se observa una mayor proporción de sustentabilidad y mejora, y un menor deterioro. Estos resultados coinciden con lo planteado por Ostrom, quien demostró que la cooperación y la construcción de reglas colectivas pueden revertir la inercia hacia el colapso.

La evidencia sugiere que los COTAS no son una solución definitiva, pero sí un paso importante hacia una gestión más justa y sostenible. Su impacto positivo, aunque limitado por la cobertura, confirma que la gobernanza participativa puede equilibrar intereses individuales con el bienestar colectivo.

En este sentido, fortalecer la participación comunitaria, dar mayor peso a las decisiones de los comités y garantizar transparencia son retos inmediatos. Solo con instituciones sólidas y ciudadanía informada será posible avanzar hacia un modelo de gobernanza hídrica que combine normatividad, corresponsabilidad social y sustentabilidad de largo plazo.

Se hace evidente que los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) representan un mecanismo eficaz para fortalecer la acción colectiva y mejorar la sustentabilidad hídrica, aunque su impacto sigue siendo parcial debido a su limitada cobertura y a las restricciones institucionales. Estos hallazgos, sustentados en evidencia empírica y en marcos teóricos internacionales, permiten afirmar que la gobernanza de los acuíferos en México requiere un modelo híbrido que combine participación social, apoyo estatal e instituciones adaptativas.

No obstante, para que estas contribuciones se traduzcan en mejoras sustantivas a nivel nacional, es necesario avanzar hacia propuestas concretas de política pública que fortalezcan la operación de los COTAS y amplíen su alcance. A continuación, se presentan recomendaciones orientadas a consolidar este modelo de gobernanza hídrica en congruencia con los compromisos internacionales del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.

## **VI RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA**

Los resultados de esta investigación confirman que la participación organizada a través de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) contribuye a mejorar la sustentabilidad hídrica, aunque su cobertura limitada impide revertir la sobreexplotación a nivel nacional. A partir de estos hallazgos, se proponen las siguientes recomendaciones de política pública:

### **1. Ampliar la cobertura de los COTAS**

- Extender la creación y operación de

## **REFERENCIAS**

- Boelens, R., y Sanchis Ibor, C. (2018). Territorios hidrosociales: una mirada crítica a la gobernanza del agua. Quito: Abya-Yala.
- Boelens, R., Hommes, L., & Hoogesteger, J. (2025). Hydrosocial territories: imaginaries, materialities, and struggles over knowledge, order and meaning. *Water International*, 50(5), 426–462.

comités en acuíferos estratégicos, priorizando aquellos con mayor déficit hídrico.

- Garantizar financiamiento estable y capacitación técnica para fortalecer su capacidad de gestión.

## **2. Fortalecer la institucionalidad adaptativa**

- Incorporar mecanismos flexibles que permitan ajustar reglas de extracción según variaciones climáticas y disponibilidad real.
- Integrar prácticas de monitoreo participativo, como las experiencias documentadas en Yucatán y Puebla, para aumentar transparencia y legitimidad social.

## **3. Vincular los COTAS con políticas nacionales e internacionales**

- Articular su operación con programas federales de saneamiento y recarga artificial.
- Alinear sus objetivos con los compromisos del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, asegurando coherencia con la Agenda 2030.

## **4. Incentivar la corresponsabilidad económica y social**

- Diseñar esquemas de incentivos para usuarios que reduzcan extracción y adopten tecnologías de eficiencia hídrica.
- Promover la equidad en la representación dentro de los comités, evitando la captura de decisiones por grandes productores.

## **5. Generar evidencia sistemática y evaluaciones periódicas**

- Establecer indicadores nacionales de desempeño de los COTAS, con reportes públicos cada cinco años.
- Fomentar investigaciones comparativas con experiencias internacionales (MENA, Ecuador, territorios hidrosociales) para enriquecer el modelo mexicano.

- Carrillo Huerta, M., y Gómez Bréton, J. (2019). Acción colectiva y sustentabilidad en el acuífero de Tecamachalco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 455–472.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). Atlas del Agua en México. México: CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). Estadísticas del Agua en México. México: CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2025). Disponibilidad de agua subterránea por acuífero. México: CONAGUA.
- Comisión Nacional del Agua (2025), Superficies regadas y volúmenes distribuidos por distrito de riego 2025, <https://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego>
- Cortez Lara, A. (2000). Gobernanza hídrica y participación social en México. *Revista de Estudios Sociales*, 5(2), 33–52.
- Cortez Lara, A. A. y Rivera Velázquez, J.E (2020). "Enfoques Emergentes para la Gestión del Agua. El Modelo Adaptativo del Proyecto de Trasvase Río Daule-Pedro Carbo, Ecuador". En María Eugenia González-Ávila y A. Ortega-Rubio (Coordinadores), *La gestión hídrica en México. Casos de estudio y propuestas de políticas públicas*. ISBN: 978-607-479-362-8 El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B.C., pp. 213-258
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Dawoud, M. A. (2025). Groundwater aquifers recharge with treated wastewater. Food and Agriculture Organization / Environment Agency – Abu Dhabi.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1992-2020). Ley de Aguas Nacionales. México: Secretaría de Gobernación.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248.
- Hernández Aguilar, J. et al (2025). Monitoreo participativo de cenotes en Yucatán: experiencias comunitarias. *Revista de Estudios Ambientales*, 15(2), 201–220.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Nsoh W. Lograr la gobernanza de las aguas subterráneas: Principios de diseño de Ostrom y enfoques de pagos por servicios ecosistémicos. *Derecho ambiental transnacional* . 2022;11(2):381-406.  
DOI: <https://doi.org/10.1017/S2047102522000164>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Río de Janeiro: ONU.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2010). Resolución 64/292: El derecho humano al agua y al saneamiento. Asamblea General de la ONU.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York: ONU
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2025). Informe mundial sobre el desarrollo de los recursos hídricos. París: UNESCO.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ostrom, E. (1997). *Self-governance of common-pool resources*. Bloomington: Indiana University Press.
- Ramírez Ángeles, J. (2015). Sobreexplotación del acuífero Ixtlahuaca-Atzacmulco: un déficit estructural. *Revista de Geografía Agrícola*, 62, 45–59.
- Salgado Vargas, L. F., Nava, L. F., & colaboradores. (2025). Bridging governance gaps: A political ecology analysis of water challenges in Guanajuato, Mexico. *Sustainability*, 17(7), 3245
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2018). Informe de la situación del medio ambiente en México. México: SEMARNAT.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2025). Estadísticas de saneamiento en México. México: SEMARNAT.
- Soares, A., y Hatch Kuri, G. (2023). Experiencias de gestión comunitaria del agua en Puebla. *Revista Mexicana de Sociología*, 85(1), 101–125.
- Turner, R. K. (2000). Sustentabilidad y recursos comunes: una perspectiva económica. *Ecological Economics*, 32(3), 489–504.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.