

Análisis correlacional de la gestión del agua dulce en México: estudio basado en datos de 2010 a 2020 de la OCDE

Correlational analysis of freshwater management in Mexico: an OECD data-based study (2010–2020)

Jesús Alberto Somoza Ríos¹

Rosa Penélope Mares Galindo²

Recibido: 10 de enero de 2026 Aprobado: 29 de abril de 2026

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20100190>

RESUMEN

El agua dulce es un recurso vital para el desarrollo económico, social y ambiental; sin embargo, su disponibilidad enfrenta presiones crecientes derivadas de factores estructurales y del incremento en su demanda. El objetivo de este estudio es analizar la evolución de la disponibilidad de agua dulce en México durante el periodo 2010–2020, así como evaluar la asociación entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce utilizando datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Metodológicamente, se adopta un enfoque cuantitativo con un diseño descriptivo-correlacional. Se llevó a cabo un análisis descriptivo de la disponibilidad total de agua dulce y se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación lineal entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce. La significancia estadística se determinó mediante la prueba asociada al coeficiente de correlación utilizando el software R. Los resultados muestran una tendencia descendente en la disponibilidad total de agua dulce, así como una fuerte asociación positiva entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce. Estos hallazgos sugieren una presión creciente sobre los recursos hídricos en México. Asimismo, se reconoce que el estudio identifica asociaciones estadísticas entre las variables analizadas, sin establecer relaciones causales, lo que abre la posibilidad de futuras investigaciones orientadas a profundizar en las dinámicas del recurso hídrico.

Palabras clave: gestión de agua dulce, recursos hídricos, extracción de agua dulce, políticas públicas.

ABSTRACT

Freshwater is a vital resource for economic, social, and environmental development; however, its availability faces increasing pressure due to structural factors and growing demand. The aim of this study is to analyze the evolution of freshwater availability in Mexico during the period 2010–2020, as well as to evaluate the association between time and total gross freshwater abstraction using data from the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). Methodologically, a quantitative approach with a descriptive-correlational design is adopted. A descriptive analysis of total freshwater availability was conducted, and the Pearson correlation coefficient was used to assess the linear relationship between time and total gross freshwater abstraction. Statistical significance was determined using the associated test for the correlation coefficient implemented in R software. The results show a downward trend in total freshwater availability, as well as a strong positive association between time and total gross freshwater abstraction. These findings suggest increasing pressure on water resources in Mexico. Furthermore, the study identifies statistical associations between the analyzed variables, without implying causal relationships, which suggests the need for further research to better understand freshwater dynamics.

Keywords: Freshwater management, water resources, freshwater abstraction, public policies.

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, México, ORCID: 0000-0002-1168-9355. Correo electrónico: alberto.somoza@uas.edu.mx

² Universidad Autónoma de Sinaloa, México, ORCID: 0009-0003-3871-7015. Correo electrónico: penelope.mares@uas.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El agua dulce es un recurso natural y esencial para la vida, el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente. En México, este recurso se encuentra bajo una presión cada vez mayor debido a distintos factores como el crecimiento demográfico, la urbanización, la expansión agrícola y los efectos del cambio climático. Ante esta situación, la adecuada gestión del agua dulce es fundamental para garantizar la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible del país.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2023), México se encuentra entre los países con mayor estrés hídrico a nivel mundial. Este fenómeno ha sido documentado también en estudios nacionales, los cuales señalan una creciente presión sobre el recurso hídrico en el país (CONAGUA, 2021; OCDE, 2011). En 2020, este indicador alcanzó un valor de 0.43, lo que implica que México extrae aproximadamente el 43% de sus reservas hídricas renovables disponibles anualmente. La Figura 1 muestra la disponibilidad de agua dulce en México durante el periodo 2010–2020, la cual corresponde a la suma del agua superficial y subterránea.

Figura 1: Disponibilidad de agua dulce en México (2010-2020)

Año	Agua dulce superficial (millones de m ³)	Agua dulce subterránea (millones de m ³)	Total de agua dulce (million m ³)
2010	42,345	36,214	78,559
2011	41,892	35,781	77,673
2012	41,439	35,348	76,787
2013	40,986	34,915	75,899
2014	40,533	34,482	75,015
2015	40,080	34,049	74,129
2016	39,627	33,616	73,243
2017	39,174	33,183	72,357
2018	38,721	32,750	71,471
2019	38,268	32,317	70,585
2020	37,815	31,884	69,699

Fuente: Cálculos propios basados en datos de la OCDE (2023).

El análisis de los datos revela que la disponibilidad de agua dulce superficial y subterránea en México disminuyó durante el periodo de 2010 a 2020. En 2010, la disponibilidad total de agua dulce fue de 78,559 millones de m³, mientras que en 2020 fue de 69,699 millones de m³. Esta disminución representa una caída de 11.2%. Como se puede observar en la figura 1, la disponibilidad de agua dulce en México ha disminuido constantemente en la última década. Esta tendencia es preocupante, ya que podría tener graves consecuencias para la seguridad hídrica del país.

Diversos autores han señalado que la disponibilidad de agua dulce en México se ve afectada por diversos factores, entre los que destacan los siguientes:

- Variabilidad climática: Las sequías y las inundaciones son cada vez más frecuentes e intensas en México debido al cambio climático (Camilloni et al., 2020). Estos fenómenos extremos pueden afectar significativamente la disponibilidad de agua dulce (Zeng et al., 2020).
- Crecimiento demográfico: El crecimiento de la población en México ha ejercido una presión hídrica cada vez mayor sobre los recursos del país (Hernández et al., 2014). La demanda de

agua para consumo humano, agricultura e industria ha aumentado considerablemente en las últimas décadas (Wang et al., 2021).

- Contaminación del agua: La contaminación del agua es un grave problema en México que afecta la calidad y disponibilidad del agua dulce (Gómez et al., 2025). Las principales fuentes de contaminación del agua en México son las aguas residuales domésticas e industriales, la escorrentía agrícola y la minería (Zhang et al., 2019).
- Deforestación: La deforestación reduce la capacidad del suelo para absorber y almacenar agua, lo que aumenta el riesgo de inundaciones y sequías (Gómez, 2001; Li et al., 2020).

Dados los retos que enfrenta México en materia de agua dulce, es urgente implementar una gestión sustentable de este recurso. Como mencionan algunos autores, lo cual implica adoptar medidas para:

- Reducir la demanda de agua: Esto se puede lograr implementando políticas de eficiencia en el uso del agua en todos los sectores, incluyendo la agricultura, la industria y el consumo doméstico (Garrido et al., 2008). También es importante promover la reutilización del agua y el tratamiento de las aguas residuales (Hoekstra y Mekonnen, 2012).
- Mejorar la gestión de los recursos hídricos: Esto implica reforzar las instituciones responsables de la gestión del agua, mejorar la planificación y el seguimiento de los recursos hídricos e invertir en infraestructuras para el almacenamiento y la distribución del agua (Jouravlev et al., 2021; Yang et al., 2022).
- Proteger los ecosistemas acuáticos: Conservar los bosques y los humedales es esencial para proteger la calidad y la disponibilidad del agua dulce. También es importante restaurar los ecosistemas acuáticos degradados (Pittock et al., 2019; Gao et al., 2018).
- Promover la educación y la participación social: Es esencial concienciar a la población sobre la importancia del agua dulce y promover su participación en la gestión de este recurso (Gutiérrez et al., 2024; Huang et al., 2019).

Por otro lado, desde un enfoque de la gobernanza del agua, existen diversos estudios que han señalado que los principales problemas de escasez hídrica no responden únicamente a limitaciones físicas del recurso, sino que también a las fallas institucionales y de coordinación entre los distintos actores. La gobernanza hídrica está integrada por medio de arreglos formales e informales mediante los cuales se toman decisiones sobre el uso, la asignación y la conservación del agua, donde se involucran múltiples niveles de gobierno, usuarios y organizaciones sociales. En este contexto, donde predominan las estructuras fragmentadas de gestión, como en varios países de América Latina, se observa una mayor posibilidad de sobreexplotación de acuíferos y uso ineficiente de los recursos, aun cuando existe disponibilidad técnica para una gestión más sostenible (Pahl-Wostl et al., 2012; OCDE, 2011).

Además, desde una perspectiva económica, el agua dulce se considera un insumo productivo fundamental cuya asignación ineficiente genera altos costos sociales. La literatura económica ha documentado que la subvaloración del agua, la ausencia de mecanismos adecuados de recuperación de costos y los subsidios generalizados han contribuido a patrones de consumo que son insostenibles, particularmente en el sector agrícola. En este sentido, estudios empíricos sugieren que la implementación de instrumentos económicos, como las tarifas diferenciadas y los esquemas de incentivos para el uso eficiente del agua, pueden reducir la presión sobre los recursos hídricos sin que

se afecte negativamente la producción, esto siempre que se acompañen de políticas redistributivas adecuadas (Dinar et al., 2015; Grafton et al., 2018).

A nivel nacional, la problemática hídrica expresa una creciente presión sobre el recurso, asociada principalmente al crecimiento poblacional, la concentración urbana y la distribución desigual del agua en el territorio (CONAGUA, 2021). Asimismo, el uso del agua presenta una alta concentración en el sector agropecuario, el cual representa aproximadamente el 76% del volumen total concesionado, seguido del abastecimiento público e industrial, lo que evidencia una elevada demanda en las actividades productivas (CONAGUA, 2021; FAO, 2021).

En términos de disponibilidad, se ha documentado una disminución del agua per cápita, lo que ha generado condiciones de estrés hídrico y vulnerabilidad en diversas regiones del país (CONAGUA, 2021; IMCO, 2023). A ello se suma el deterioro en la calidad del agua, derivado de la contaminación en cuerpos superficiales y acuíferos, lo que limita su disponibilidad para consumo humano y uso productivo (CONAGUA, 2021; Esparza, 2014).

Desde una perspectiva institucional, los problemas relacionados con el agua no responden únicamente a su disponibilidad física, sino también a factores de gobernanza. Se ha documentado que los conflictos por el agua están asociados a problemas de asignación, acceso y coordinación entre actores, lo que incide en su uso ineficiente (Becerra Pérez et al., 2006; OECD, 2011).

En este sentido, la problemática hídrica en México requiere un análisis integral que considere tanto las condiciones físicas del recurso como los factores estructurales asociados a su gestión. Bajo este contexto, el presente estudio analiza el comportamiento del agua dulce en México durante el periodo de 2010 a 2020, utilizando datos de la OCDE.

El objetivo del presente estudio es analizar la evolución de la disponibilidad de agua dulce en México durante dicho periodo y evaluar la asociación lineal entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce. Los resultados pueden contribuir a la comprensión de las tendencias del recurso hídrico y servir como insumo para la toma de decisiones en materia de gestión del agua en el país.

MÉTODOS Y MATERIALES

El presente estudio se basa en un diseño de investigación cuantitativo, descriptivo y correlacional. Este enfoque permite la medición precisa de las variables y la obtención de resultados estadísticamente analizables (Creswell, 2014). Este tipo de diseño es ampliamente utilizado en estudios sobre recursos hídricos, donde se busca identificar tendencias y patrones a partir de datos observables (Gao et al., 2018; Wang et al., 2021).

La unidad de análisis corresponde a observaciones anuales de México durante el periodo 2010–2020. Los datos utilizados fueron obtenidos de la base de datos de la OCDE, la cual proporciona información estandarizada y comparable sobre disponibilidad, uso y gestión del agua a nivel internacional (OECD, 2023).

Las variables de estudio se definieron de la siguiente manera:

- Variable dependiente (Y): extracción bruta total de agua dulce (millones de m³).
- Variable independiente (X): periodo (años).

En una primera etapa, se realizó un análisis descriptivo de la disponibilidad total de agua dulce, con el propósito de identificar tendencias generales durante el periodo de estudio. Este análisis permitió observar la evolución de la disponibilidad de agua superficial y subterránea en México.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis correlacional mediante el coeficiente de correlación de Pearson, con el objetivo de evaluar la relación lineal entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce. Este coeficiente permite estimar la fuerza y dirección de la relación entre variables cuantitativas continuas (Cohen, 1988).

El procesamiento y análisis de los datos se realizó utilizando el software estadístico R versión 4.2.2 (R Core Team, 2022), mediante la función `cor.test()` para evaluar la significancia estadística de la correlación. Este procedimiento permite contrastar la hipótesis nula de ausencia de correlación frente a la hipótesis alternativa de existencia de asociación lineal.

El uso del coeficiente de correlación de Pearson resulta pertinente en este estudio debido a la naturaleza continua de las variables y al interés por identificar patrones de asociación temporal. Investigaciones previas en el ámbito de los recursos hídricos han empleado este enfoque para examinar tendencias en la extracción de agua y su relación con dinámicas socioeconómicas y ambientales (Yin et al., 2018; Wada et al., 2016).

No obstante, es importante señalar que, debido al diseño descriptivo-correlacional del estudio, los resultados permiten identificar asociaciones estadísticas entre las variables analizadas, pero no establecer relaciones causales. Asimismo, el uso de datos agregados a nivel nacional permite identificar tendencias generales, aunque limita el análisis de heterogeneidades regionales dentro del país.

RESULTADOS

En relación con el objetivo de analizar la evolución de la disponibilidad de agua dulce en México, el análisis descriptivo de los datos reveló una disminución en la disponibilidad de agua dulce superficial y subterránea en México durante el periodo de 2010 a 2020. En 2010, la disponibilidad total de agua dulce fue de 78,559 millones de m³, mientras que en 2020 fue de 69,699 millones de m³, lo que representa una caída del 11.2%. Este descenso en la disponibilidad de agua dulce subraya la creciente presión sobre los recursos hídricos del país.

En correspondencia con el objetivo de evaluar la asociación lineal entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre las dos variables de interés: la extracción bruta total de agua dulce (variable dependiente) y el periodo de tiempo de extracción (variable independiente). Los resultados mostraron una fuerte correlación positiva entre las extracciones brutas totales de agua dulce y el periodo de extracción, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.979. Este resultado indica una relación directa y significativa entre las dos variables, sugiriendo que a medida que avanzan los años, también aumenta la extracción bruta total de agua dulce.

Para dar sustento estadístico al análisis, se evaluó la significancia del coeficiente de correlación de Pearson mediante la prueba asociada a dicho coeficiente. Los resultados confirmaron la significancia estadística de la correlación observada ($t = 14.33$, $gl = 9$, $p < 0.001$), lo que refuerza la confiabilidad de los resultados obtenidos. Ambos análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R, empleando las funciones "`cor`" y "`cor.test`".

Tabla 1: Resultados del análisis de correlación de Pearson

Variable X (Independiente)	Variable Y (Dependiente)	n	r	t	gl	p-value
Tiempo de extracción (TIME_PERIOD_FRESHWATER_ABSTRACTIONS)	Extracción bruta total de agua dulce (TOTAL_GROSS_ABSTRACTION_FRESHWATER)	11	0.979	14.33	9	< 0.001

Fuente: Cálculos propios basados en datos de la OCDE (2023).

La Tabla 1 presenta los resultados del análisis de correlación de Pearson entre el periodo de extracción de agua dulce y la extracción bruta total de agua dulce. Como se observa, el coeficiente de correlación es de 0.979, indicando una fuerte asociación positiva entre ambas variables. La prueba de significancia confirma que esta relación es estadísticamente significativa ($p < 0.001$). Estos resultados permiten dar cumplimiento al objetivo del estudio al evidenciar tanto la tendencia decreciente en la disponibilidad de agua dulce como la fuerte asociación positiva entre el tiempo y la extracción del recurso.

Este comportamiento es consistente con estudios internacionales los cuales han documentado un aumento progresivo en las extracciones de agua en países con alto crecimiento demográfico y expansión de actividades agrícolas, incluso en contextos de disminución de la disponibilidad hídrica (Wada et al., 2014; Vörösmarty et al., 2010; Rodell et al., 2018; FAO, 2021). Por lo que la evidencia empírica presentada refuerza la hipótesis de que las dinámicas de demanda han prevalecido sobre las restricciones físicas del recurso.

Al comparar estos resultados con experiencias internacionales, se puede observar que México comparte patrones similares con otras economías emergentes caracterizadas por altos niveles de estrés hídrico. Estudios realizados en regiones áridas y semiáridas de Asia y Medio Oriente muestran correlaciones positivas entre el tiempo y la extracción de agua, asociadas a políticas centradas en el aumento de la oferta y en la expansión de la infraestructura hidráulica, más que en la gestión de la demanda (Scanlon et al., 2012). Esta similitud sugiere que los retos identificados en este estudio forman parte de una problemática global, aunque con manifestaciones específicas a nivel nacional.

Estos resultados resaltan la necesidad de implementar políticas de gestión de recursos hídricos más efectivas y sostenibles en México. La relación directa entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce pone de manifiesto la creciente presión sobre los recursos hídricos y la urgencia de adoptar medidas que promuevan el uso eficiente del agua.

El análisis de correlación de Pearson entre las dos variables principales, el tiempo de extracción de agua dulce (TIME_PERIOD_FRESHWATER_ABSTRACTIONS) y la extracción total de agua dulce (TOTAL_GROSS_ABSTRACTION_FRESHWATER), confirma un coeficiente de correlación de 0.979. Este valor, muy cercano a 1, indica una fuerte correlación positiva entre las variables, evidenciando que a medida que transcurre el tiempo, la extracción bruta total de agua dulce en México también aumenta.

La significancia estadística de este resultado ($p < 0.001$) proporciona evidencia robusta de que la correlación observada no es producto del azar, subrayando la tendencia creciente en la extracción de agua a lo largo del periodo estudiado.

Para visualizar esta relación, se elaboraron dos tipos de gráficos utilizando el software R:

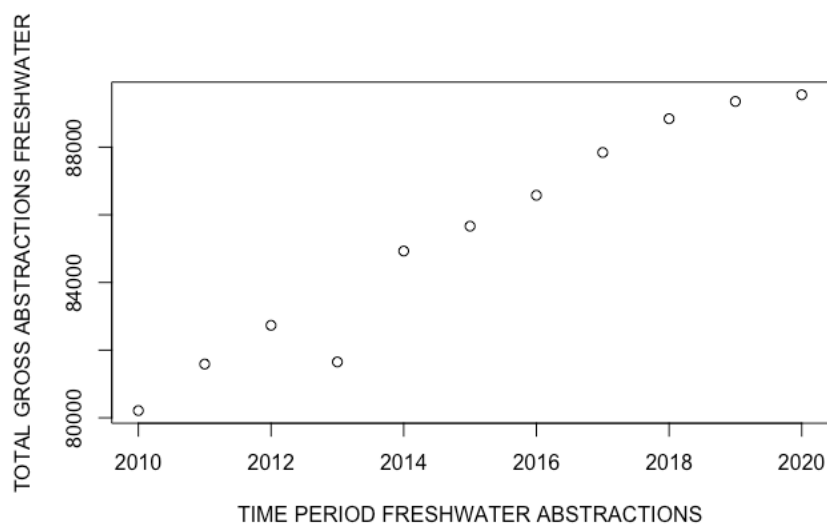
1. Gráfico de dispersión:

Este gráfico permite observar la distribución de los puntos de datos, donde el tiempo de extracción de agua dulce se sitúa en el eje X y la extracción bruta total de agua dulce en el eje Y. La distribución de los puntos proporciona información visual sobre la forma y la fuerza de la relación entre las variables. Para realizar este gráfico se utilizó el comando “plot” de R.

2. Gráfico de dispersión con línea de tendencia central:

Además del gráfico de dispersión simple, se incluyó una línea de tendencia central para ajustar la distribución de los puntos. Esta línea permite visualizar la tendencia general de la relación entre las variables. Para crear este gráfico se utilizó el comando “ggplot” de R.

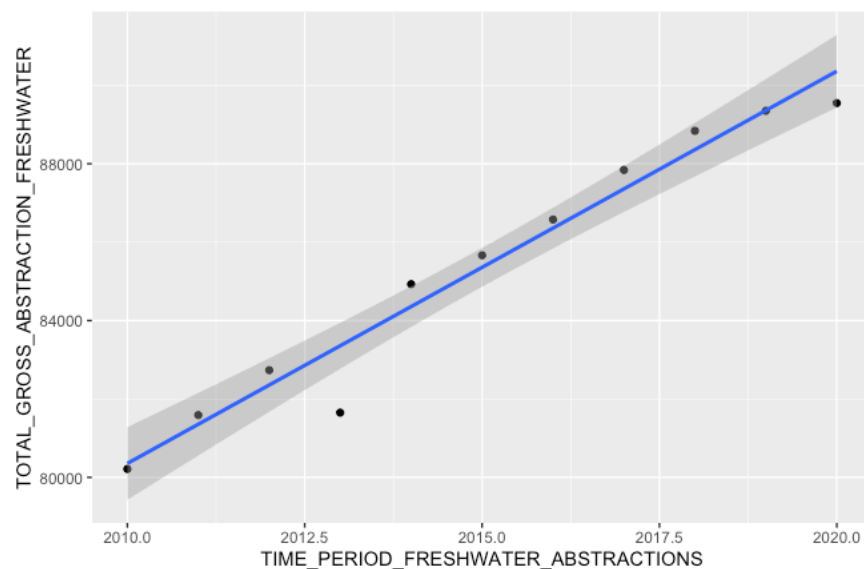
Gráfica 1: Gráfica de dispersión



Fuente: Cálculos propios basados en datos de la OCDE (2023).

La gráfica de dispersión muestra la relación entre la extracción bruta total de agua dulce (en millones de metros cúbicos) y el periodo de extracción de agua dulce (en años) en México. Cada punto representa el volumen de extracción correspondiente a un año específico.

Gráfica 2: Gráfica de dispersión con línea de tendencia central.



Fuente: Cálculos propios basados en datos de la OCDE (2023).

El gráfico con línea de tendencia muestra la relación entre las extracciones totales de agua dulce en México y el periodo de extracción, indicando la dirección y fuerza de la relación, y confirmando una tendencia creciente en las extracciones de agua dulce.

Los resultados de este estudio indican que las extracciones de agua dulce han aumentado significativamente, lo que refleja una disminución preocupante en la disponibilidad de agua dulce en México. Este incremento en las extracciones puede atribuirse a varios factores, incluyendo:

- Crecimiento demográfico
- Cambio climático
- Expansión agrícola

La fuerte correlación positiva entre las extracciones totales de agua dulce y el periodo de tiempo de extracción subraya la necesidad de implementar medidas para gestionar eficientemente los recursos hídricos en México. Es imperativo adoptar políticas que reduzcan la demanda de agua en todos los sectores, incluyendo la agricultura, la industria y el consumo doméstico, para asegurar la disponibilidad de este recurso vital en el futuro.

DISCUSIÓN

En correspondencia con el objetivo del estudio, los resultados obtenidos permiten identificar, por un lado, una disminución en la disponibilidad total de agua dulce y, por otro, un incremento sostenido en la extracción bruta total a lo largo del periodo analizado. En conjunto, estos hallazgos sugieren un escenario de creciente presión sobre el recurso hídrico en México.

La evidencia obtenida en este estudio muestra una tendencia relevante en la gestión del agua en el país. La fuerte correlación positiva entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce refleja un patrón sostenido de incremento en la demanda del recurso durante la última década. Este comportamiento es consistente con lo señalado en la literatura internacional, donde se advierte un aumento en la presión sobre el agua asociado al crecimiento demográfico, la expansión de las actividades productivas y el incremento en la demanda del recurso (FAO, 2021; UNESCO, 2023).

No obstante, es importante destacar que la relación identificada entre el tiempo y la extracción bruta total corresponde a una asociación estadística y no implica causalidad directa, en concordancia con el diseño metodológico descriptivo-correlacional adoptado en este estudio. En este sentido, la disminución en la disponibilidad de agua dulce y el incremento en su extracción pueden explicarse por múltiples factores, entre los que destacan el crecimiento demográfico, la expansión de las actividades productivas y las limitaciones en la gestión del recurso, tal como lo señala la literatura especializada (OECD, 2011).

En el caso de México, estos resultados se relacionan con lo documentado en estudios previos que señalan que la presión sobre el agua se encuentra vinculada tanto a factores estructurales como institucionales. En particular, se ha identificado que los problemas de acceso, asignación y control del agua, así como la falta de coordinación entre actores, influyen en el uso ineficiente del recurso (Becerra Pérez et al., 2006).

Asimismo, la calidad del agua representa un elemento crítico en la disponibilidad efectiva del recurso. La contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos limita su uso para consumo humano y actividades productivas, lo que agrava la problemática hídrica en el país (Esparza, 2014; OECD, 2011).

Adicionalmente, el cambio climático constituye un factor que influye en la disponibilidad del recurso hídrico, al generar variaciones en los patrones de precipitación y aumentar la frecuencia de eventos extremos, como sequías e inundaciones. Estas condiciones incrementan la dependencia de fuentes de agua subterránea, lo que eleva la presión sobre los acuíferos y puede derivar en procesos de sobreexplotación, tal como ha sido señalado en estudios previos (Camilloni et al., 2020; Zeng et al., 2020).

Por último, la persistencia de una tendencia creciente en la extracción de agua dulce plantea interrogantes relevantes sobre la sostenibilidad de los actuales esquemas de gestión hídrica. En este contexto, se reconoce la necesidad de incorporar criterios de sostenibilidad en la formulación de políticas públicas orientadas a garantizar el uso eficiente y equitativo del recurso.

Finalmente, los resultados del presente estudio no solo reflejan la problemática actual, sino que también abren la posibilidad de futuras investigaciones que incorporen variables explicativas y enfoques multivariados, con el fin de profundizar en la comprensión de las dinámicas del recurso hídrico.

RECOMENDACIONES

Dada la problemática identificada en el análisis, resulta pertinente promover estrategias integradas orientadas a una gestión más eficiente y sostenible del agua en México. En este sentido, se proponen las siguientes líneas de acción:

1. Reducción de la demanda de agua

Fomentar el uso eficiente del recurso en los distintos sectores productivos, particularmente en la agricultura mediante la implementación de tecnologías de riego más eficientes, así como en el sector industrial y doméstico a través de prácticas de ahorro y reutilización del agua. Estas acciones resultan especialmente relevantes en el contexto nacional, donde el sector agropecuario concentra la mayor proporción del uso del agua (CONAGUA, 2021; FAO, 2021; Gao et al., 2018).

2. Mejora en la gestión de los recursos hídricos

Fortalecer las instituciones responsables de la administración del agua, mejorar los sistemas de monitoreo y planificación, e impulsar inversiones en infraestructura para el almacenamiento, distribución y tratamiento del agua. La evidencia señala que los problemas hídricos también están asociados a factores de gobernanza y coordinación institucional (OCDE, 2011; Becerra Pérez et al., 2006; Jouravlev et al., 2021).

3. Protección de ecosistemas acuáticos

Promover la conservación y restauración de ecosistemas clave, como bosques y humedales, los cuales desempeñan un papel fundamental en la recarga de acuíferos y en la regulación del ciclo hidrológico. Estas acciones contribuyen a mejorar la disponibilidad y calidad del agua en el largo plazo (Esparza, 2014; Pittock et al., 2019; Gao et al., 2018).

4. Educación ambiental y participación social

Impulsar estrategias de concientización sobre el uso responsable del agua, así como fomentar la participación activa de la sociedad en la gestión del recurso. La literatura señala que la participación social es un elemento clave para mejorar la gobernanza del agua y la efectividad de las políticas públicas en esta materia (Huang et al., 2019; Gutiérrez et al., 2024).

5. Líneas futuras de investigación

Asimismo, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en el análisis de la gestión del agua mediante enfoques multivariados, incorporando variables económicas, institucionales y ambientales, así como estudios a nivel regional que permitan identificar diferencias territoriales en el uso y disponibilidad del recurso.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió analizar la evolución de la disponibilidad de agua dulce en México y evaluar la asociación entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce durante el periodo 2010–2020, a partir de datos de la OCDE.

Los resultados evidencian una tendencia decreciente en la disponibilidad del recurso hídrico, así como una asociación positiva y estadísticamente significativa entre el tiempo y la extracción bruta total de agua dulce. En conjunto, estos hallazgos sugieren un incremento sostenido en la presión sobre el agua en el país.

No obstante, es importante señalar que, debido al enfoque descriptivo-correlacional del estudio, los resultados permiten identificar asociaciones estadísticas, pero no establecer relaciones causales entre las variables analizadas. En este sentido, se reconoce la necesidad de desarrollar investigaciones futuras que incorporen modelos explicativos y enfoques más complejos, con el fin de profundizar en la comprensión de las dinámicas del recurso hídrico.

En términos generales, los hallazgos del estudio aportan evidencia relevante para la comprensión de la problemática del agua en México y constituyen un insumo útil para el diseño de políticas públicas orientadas a la gestión sostenible del recurso.

BIBLIOGRAFÍA

- Becerra Pérez, Mariana, Sáinz Santamaría, Jaime, & Muñoz Piña, Carlos. (2006). Los conflictos por agua en México. Diagnóstico y análisis. *Gestión y política pública*, 15(1), 111-143. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792006000100111&lng=es&tlng=es.
- Camilloni, I., Barros, V., Moreiras, S., Poveda, G., Tomasella, J., Moreno, J. M., & Marengo, J. A. (2020). Inundaciones y sequías. *Adaptación frente a los riesgos del cambio climático en los países iberoamericanos—Informe RIOCCADAPT*, 391-417.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- CONAGUA. (2021). *Estadísticas del Agua en México 2021*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM%202021.pdf>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Dinar, A., Pochat, V., & Albiac, J. (2015). Water pricing experiences and innovations. *Springer*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16465-6>
- Esparza, Miguel. (2014). La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, (89), 193-219. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-03482014000200008&lng=es&tlng=es.
- Famiglietti, J. S. (2014). The global groundwater crisis. *Nature Climate Change*, 4, 945–948. <https://doi.org/10.1038/nclimate2425>
- FAO. (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point*. Synthesis report 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb7654en>
- Gao, H., Ma, J., Zhang, X., & Wu, P. (2018). Assessing water scarcity in agricultural production system based on the generalized water scarcity index and sustainability. *Journal of Arid Land*, 10(1), 132-145. <https://doi.org/10.1007/s40333-018-0003-2>
- Garrido, A., & Varela, C. (2008). Economía del agua en la agricultura e integración de políticas sectoriales. *Panel Científico-Técnico de Seguimiento de la Política de Aguas*. Sevilla. https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_agricultura.pdf

- Gómez, J. J. (2001). Vulnerabilidad y medio ambiente. In *International Seminar Las Diferentes Expresiones de la Vulnerabilidad Social en América Latina y el Caribe*, CEPAL, Santiago de Chile. https://buyteknet.info/fileshare/data/ana_pla_sis_amb/Vul_medio%20ambiente.pdf
- Gómez, J. N. O., & Pérez, W. A. A. (2025). El cambio climático y su incidencia en el derecho al agua en México. *Revista Científica de Estudios Sociales (RCES)*, 4(6), 113-128. <https://doi.org/10.62407/0bnwhe62>
- Grafton, RQ, Williams, J. y Jiang, Q. (2017), Posibles vías y tensiones en el nexo entre alimentos y agua. *Earth's Future*, 5: 449-462. <https://doi.org/10.1002/2016EF000506>
- Gutiérrez-Soto, G., López-Sandin, I., Iqbal, H. M. N., Parra-Arroyo, L., Parra-Arroyo, J., & Parra-Saldívar, R. (2024). El Agua: Pilar Fundamental para la Sostenibilidad del Futuro. *Revista De Ciencias Agroalimentarias Y Biotecnología*, 1(3), 25-38. <https://doi.org/10.29105/rcab1.3-18>
- Hernández, A. R., Galeana, G. J., & Villegas, B. I. (2014). La urbanización en México 2010-2030: un esbozo de los retos y oportunidades asociados al crecimiento urbano y regional. En: *La situación demográfica de México*, 139-164. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/494085/SDM_2014_completo_WEB-7.pdf
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The global water footprint of humanity: First comprehensive assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), 3287-3291.
- Huang, L., Li, X., & Zhang, Y. (2019). Hydrological drought risk assessment in China based on the copula method. *Journal of Arid Land*, 11(4), 587-602. <https://doi.org/10.1007/s40333-019-0028-6>
- IMCO. (2023). *Aguas en México: ¿escasez o mala gestión?* IMCO. <https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/Situacion-del-agua-en-Mexico.pdf>
- Jouravlev, A., Matus, S. S., & Sevilla, M. G. (2021). Reflexiones sobre la gestión del agua en América Latina y el Caribe. *Serie Páginas Selectas de la CEPAL*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 332. <https://hdl.handle.net/11362/46792>
- Li, X., Wu, P., & Ma, J. (2020). Analysis of the vulnerability of water resources systems in China based on the water scarcity footprint method. *Journal of Arid Land*, 12(1), 157-172. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0023-0>
- OCDE. (2011). *Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach*, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264119284-en>.
- OCDE. (2017). *Water Risk Hotspots for Agriculture*, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264279551-en>.
- OECD. (2023). *Freshwater extraction data for Mexico (2010-2020)*. OECD Data. <https://www.oecd.org/content/oecd/en/search/data.html?q=water+administration&orderBy=mostRelevant&page=0>
- Pahl-Wostl, C., Gupta, J., & Petry, D. (2008). Governance and the global water system. *Global Governance*, 14(4), 419-435. <https://doi.org/10.1163/19426720-01404003>
- Pittock, J., Finlayson, M., Arthington, A., Roux, D., Matthews, J., Biggs, H., & Viers, J. (2019). Gestión de áreas protegidas de agua dulce, ríos, humedales y estuarios. *Gobernanza y gestión de áreas protegidas*, 609-650. <https://doi.org/10.22459/GGAP.2019.19>
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rodell, M., Famiglietti, J. S., Wiese, D. N., et al. (2018). Emerging trends in global freshwater availability. *Nature*, 557, 651-659. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1>
- Wang, Y., Zhang, L., & Wang, X. (2021). Spatiotemporal variation and influencing factors of water use efficiency in China's arid and semi-arid regions. *Journal of Arid Land*, 13(3), 379-392. <https://doi.org/10.1007/s40333-021-0050-5>
- Yang, J., Zhang, Q., & Sun, H. (2022). Integrated water resources management in arid and semi-arid regions: A case study of the Tarim River Basin in China. *Journal of Arid Land*, 14(2), 205-218. <https://doi.org/10.1007/s40333-022-0034-7>
- Yin, Y., Wang, L., Wang, Z., Tang, Q., Piao, S., & Chen, D., et al. (2020). Quantifying water scarcity in northern China within the context of climatic and societal changes and south-to-north water diversion. *Earth's Future*, 8, e2020EF001492. <https://doi.org/10.1029/2020EF001492>
- Zeng, Y., Zhang, X., & Li, X. (2020). Impact of climate change on hydrological processes in the upper reaches of the Yangtze River. *Journal of Arid Land*, 12(2), 234-249. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0016-4>
- Zhang, Y., Liu, C., & Li, Z. (2019). Evaluation of water quality and pollution sources in the middle reaches of the Yellow River using multivariate statistical techniques. *Journal of Arid Land*, 11(2), 203-216. <https://doi.org/10.1007/s40333-019-0072-2>