



Doi: <https://doi.org/10.70577/asce.v5i1.684>

Recibido: 2026-01-05

Aceptado: 2026-01-13

Publicado: 2026-02-20

Recursos hídricos: Análisis de la extracción y tratamiento del agua, y cuantificación de cambios en el área de lagos y ríos

Water resources: Analysis of water extraction and treatment, and quantification of changes in the area of lakes and rivers

Autores

Jessica Mercedes Chacha Carrillo¹

<https://orcid.org/0009-0004-8555-9184>

jessmecheca@gmail.com

Investigador Independiente

Riobamba - Ecuador

Ramón Gabriel Aguilar Vega²

<https://orcid.org/0000-0003-3934-7047>

raguilar@poligran.edu.com

Institución Universitaria Politécnico

Grancolombiano

Bogotá - Colombia

Mario Andrew Chang Gómez³

<https://orcid.org/0009-0003-4287-5868>

marioandrewcg@gmail.com

Universidad Nacional de la Amazonía

Peruana

Iquitos - Perú

Juan Carlos Ceron Vinueza⁴

<https://orcid.org/0009-0001-6250-0604>

jccv1985@hotmail.com

Investigador Independiente

Quito - Ecuador

Cristian German Freire Ordóñez⁵

<https://orcid.org/0000-0003-1108-5030>

cgreireo@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador

Quito - Ecuador

Cómo citar

Chacha Carrillo, J. M., Aguilar Vega, R. G., Chang Gómez, M. A., Ceron Vinueza, J. C., & Freire Ordóñez, C. G. (2026). Recursos hídricos: Análisis de la extracción y tratamiento del agua, y cuantificación de cambios en el área de lagos y ríos. *ASCE MAGAZINE*, 5(1), 2033–2050.



Resumen

La escasez de agua es un problema global que ha aumentado en los últimos años. El objetivo del estudio es desarrollar un análisis de la extracción y tratamiento de agua dulce, y cuantificar los cambios generados en el área de lagos y ríos. Se trabajó con un enfoque cuantitativo, cualitativo, descriptivo y crítico; la información fue obtenida de la plataforma de la Naciones Unidas, y están disponibles en CEPALSTAT, se analizaron los países de México, Colombia, Ecuador y Perú; durante los años 2012, 2016, 2020 y 2022, en un solo caso 2024, la estadística se aplicó dentro de un nivel de confianza de 95%. En los niveles de extracción de agua dulce, se identificó a Ecuador como un país que mantiene constante su consumo (6,8%); al contrario, Colombia y México tuvieron un incremento continuo; por otra parte, la agricultura es la actividad que extrae mayor cantidad de agua, seguido de la industria y los servicios; de forma general, México fue el mayor consumidor de agua, pues alcanzó como picos más altos de extracción; se conoció que México, es el país con menor cantidad de metros cúbicos de aguas residuales tratadas; por su parte, en los cambios permanentes del área del agua perteneciente a lagos y ríos, se identificó a Ecuador como el país que genera incrementos continuos de 2,2 a 14,4%. Finalmente, se recomienda realizar un análisis utilizando como factor principal, las aguas subterráneas, y trabajar específicamente con México, pues este país presentó mayor variabilidad en sus resultados.

Palabras clave: Agua residual, América Latina, Conservación del agua, Escasez, Recursos hídricos



Abstract

Water scarcity is a global problem that has increased in recent years. The objective of this study is to develop an analysis of freshwater extraction and treatment, and to quantify the resulting changes in lake and river areas. A quantitative, qualitative, descriptive, and critical approach was used. The data was obtained from the United Nations platform and is available on CEPALSTAT. The countries of Mexico, Colombia, Ecuador, and Peru were analyzed during the years 2012, 2016, 2020, and 2022, with 2024 included in one case. The statistical analysis was applied with a 95% confidence level. In terms of freshwater extraction levels, Ecuador was identified as a country with a constant consumption (6.8%); in contrast, Colombia and Mexico experienced continuous increases. Agriculture is the activity that extracts the largest amount of water, followed by industry and services. Overall, Mexico was the largest water consumer, reaching the highest extraction peaks. It was also found that Mexico has the lowest volume of treated wastewater in cubic meters. Regarding permanent changes in the area of water belonging to lakes and rivers, Ecuador was identified as the country with continuous increases from 2.2% to 14.4%. Finally, it is recommended that an analysis be conducted using groundwater as the main factor, focusing specifically on Mexico, as this country showed greater variability in its results.

Keywords: Wastewater, Latin America, Water conservation, Scarcity, Water resources

Introducción

El agua representa más del 70% de la superficie de la Tierra, sin embargo, sólo el 3% es agua dulce, del cual solo dos tercios están concentrados en forma de glaciares, capas de hielo y permafrost, o enterrados profundamente en el suelo, cabe considerar que, otra fuente de agua dulce, es el agua superficial, que se presenta en forma de ríos, lagos, presas y arroyos (Arora & Mishra, 2022). Con el incremento poblacional, la necesidad de agua limpia y la obtención de agua dulce, para fines vitales se ha intensificado, por lo que, su acceso y conservación se ha convertido en un problema inminente, como consecuencia directa de la escasez hídrica (Elwakeel et al., 2025).

Asimismo, la degradación del agua ha empeorado desde la década de 1990 y se espera que se intensifique aún más, lo que conlleva, mayores amenazas para la salud humana, el medio ambiente y la sostenibilidad (Du Plessis, 2023). De la misma forma, las variaciones hidrológicas provocadas por el cambio climático también añaden presión adicional a la gestión sostenible de los recursos hídricos, especialmente en las regiones que ya experimentan presiones o estrés hídrico (Zahedi et al., 2024).

Por lo tanto, es importante reconocer que, la escasez de agua es un problema global que ha aumentado en los últimos años, pues se conoce, que unos 4 mil millones de personas sufren esta situación durante al menos un mes al año, generalmente ocurre en zonas con alta densidad de población, presencia influyente de la agricultura y zonas áridas (Rodríguez et al., 2022).

En este caso, las crisis hídricas en América Latina son una clara consecuencia de una mala gestión de los recursos, a nivel mundial se estima que esta región posee abundancia relativa de agua, pues casi el 30% de la precipitación mundial se presenta en esta zona, por ello, se genera el 33% de la esorrentía global, esto proporciona una disponibilidad de agua de aproximadamente 3000m³ per cápita al año, lo que representa una de las asignaciones de agua dulce más altas del mundo (Bezerra et al., 2022).

Cabe considerar que, la contaminación, las desigualdades económicas y la ubicación geográfica, restringen significativamente la prestación de servicios esenciales relacionados con el agua, aun cuando los países latinos, son conocidos como los mayores proveedores de agua dulce (Abolfathi et al., 2022). Pues se estima que, en América Latina, la gobernanza inadecuada del agua puede manifestarse como prácticas de uso del agua insostenibles e informales, contaminación y conflictos relacionados con grandes proyectos de desarrollo de infraestructura y recursos naturales (Haubrock et al., 2025).

A su vez, la calidad del agua dulce es esencial para los seres humanos y la salud de los ecosistemas, y se ha convertido en un desafío global, tanto en los países en desarrollo, como en los desarrollados (Adnan et al., 2024), se estima que, las principales fuentes de contaminación del agua incluyen las aguas residuales de hogares, sectores comerciales e industrias, así como la escorrentía de tierras urbanas y agrícolas, pues aproximadamente el 80% de las aguas residuales municipales sin tratar se vierten en masas de agua, motivo por el cual, es indispensable se generen estrategias destinadas a mitigar dichas fuentes contaminantes (Kumar et al., 2023).

En el mismo contexto, se conoce que el agua es un recurso fundamental para la vida, pero garantizar su disponibilidad se enfrenta a los desafíos de los fenómenos climáticos extremos y la intervención humana (Scanlon et al., 2023); en este caso, se debe evaluar la evolución actual e histórica de los recursos hídricos, considerando las aguas superficiales y subterráneas como un recurso único e interconectado, pues existen tendencias en el almacenamiento total de agua, que han variado entre regiones durante el último siglo, por lo que, el monitoreo de las aguas proporciona un contexto a largo plazo, sobre la existencia o no de variabilidad hídrica (Kuang et al., 2024).

Las mencionadas inequidades en el acceso al agua, junto con los crecientes eventos de escasez, falta de monitoreo de los flujos de agua, impulsan cada vez más el desarrollo de marcos y acciones para una gestión más eficiente de los recursos hídricos, ante el antecedente expuesto, dentro de la investigación el objetivo es desarrollar un análisis de la extracción y tratamiento de agua dulce, y cuantificar los cambios generados en el área de lagos y ríos, dentro de los años 2012, 2016, 2020, 2022 y 2024, específicamente en países latinos como; Colombia, Ecuador, México y Perú.

Material y métodos

La investigación se realizó al trabajar con un enfoque cuantitativo, cualitativo, descriptivo y crítico. La información base para elaborar el análisis, fue obtenida de la plataforma de la Naciones Unidas, específicamente del banco de datos regional para el seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en América Latina y el Caribe, cuyos indicadores próximos y complementarios regionales están disponibles en CEPALSTAT (Objetivo 6, Agua limpia y saneamiento) cuyo objetivo es garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. La base de datos usada, fue específicamente referente a los países de México, Colombia, Ecuador y Perú; se utilizó la información perteneciente a los años 2012, 2016, 2020 y 2022, mientras que en un solo caso se trabajó con el año 2024; cabe recalcar, que dicha información tuvo como última

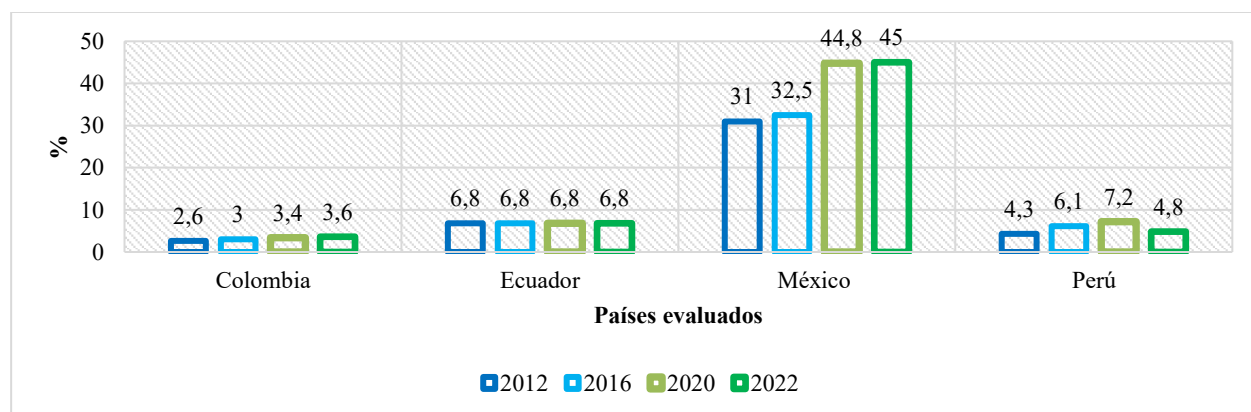
actualización la fecha de 24 de noviembre de 2025. La estadística aplicada se mantuvo dentro de un nivel de confianza de 95%, los factores evaluados fueron; niveles de extracción de agua dulce sin desglose (general); extracción del recurso hídrico destinado específicamente de la industria, agricultura y servicios; total de aguas residuales que han sido tratadas de forma segura; y cambios permanentes en el área del agua perteneciente a lagos y ríos.

Resultados

Al evaluar los niveles de extracción de agua dulce, en proporción a los recursos disponibles de forma general, se identificó a Ecuador como un país en donde al pasar un periodo de 10 años, sus niveles de extracción se conservan de forma constante (6,8%); al contrario en Colombia y México durante el tiempo evaluado se generó un incremento continuo en el gasto del recurso hídrico disponible, dichos países alcanzaron los más altos niveles de extracción, en el último año evaluado, en donde obtuvieron 3,6 y 45% respectivamente; cabe destacar, que Perú es la única nación que pese a tener incrementos de extracción de agua dulce durante los primeros años, en la última evaluación demostró una considerable disminución como se aprecia en la figura 1.

Figura 1.

Porcentajes de extracción de agua dulce en proporción a los recursos disponibles en países Latinos.



Nota. Los porcentajes expuestos son el resultado de los valores generales de extracción, es decir sin desglose.

En la figura 2a, en cuanto a la extracción del recurso hídrico destinado al uso específicamente de la industria, México fue el mayor consumidor de agua, pues alcanzó el pico más alto de consumo (4,3%) en el año 2020 en comparación con los demás países evaluados, sin embargo, este en el

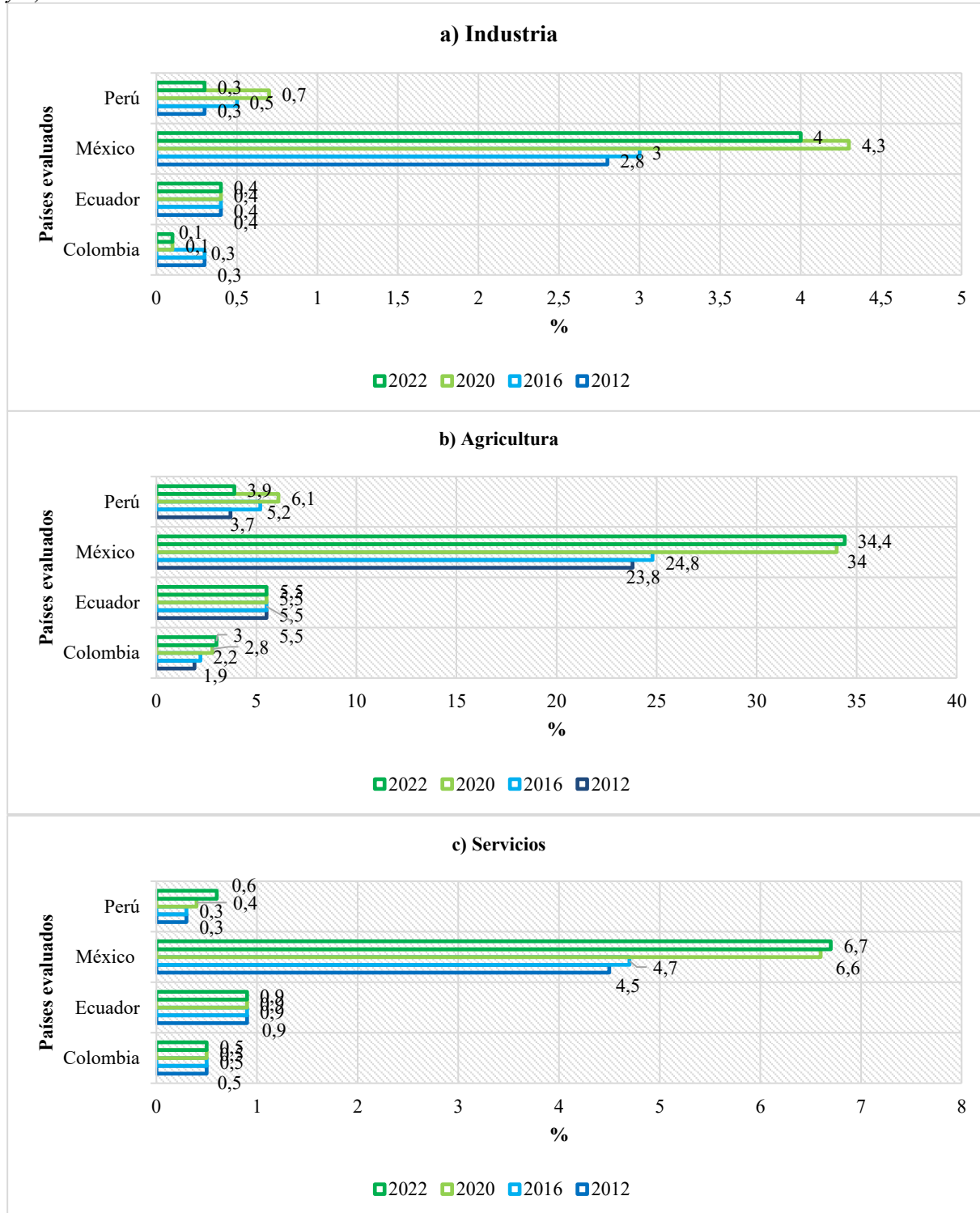
último periodo evaluado tuvo una reducción de 0,3%; por otra parte, Perú mostró una distribución de extracción aparente a los mexicanos con la diferencia en que los valores de consumo fueron menores y la reducción fue mayor (0,4%); cabe considerar, que el país colombiano destinó menor cantidad del recurso a la industria proporcionando 0,3% en 2012 y 2016, mientras que en 2020 y 2022 su porcentaje bajo y se mantuvo en 0,1%.

En cuanto a la extracción del líquido vital para fines de agricultura, se identificó nuevamente a México como el mayor consumidor con picos que sobrepasan el 23,8% y logran un máximo de 34,4% en el último año evaluado; es importante destacar, que Ecuador mantiene un mismo porcentaje de extracción (0,5%) en todos los periodos analizados; por su parte, Perú en 2020 tuvo su mayor consumo (6,1%) mientras que en 2022 esto se redujo casi a la mitad (3,9%); finalmente, Colombia aun cuando tiene los valores más reducidos demuestra un incremento consecutivo de consumo siendo su mayor nivel un 3%, como se muestra en la figura 2b.

El recurso hídrico destinado para cubrir los servicios básicos de la población, tanto en Colombia, como en Ecuador durante el tiempo evaluado mantuvo una proporción continua de 0,5 y 0,9% respectivamente; por otra parte, Perú y México demuestran niveles con acenso en cada año analizado, por lo que alcanzaron como picos más altos los porcentajes de 0,6 y 6,7% respectivamente, cabe destacar, que este último país, marca una notable diferencia de consumo con todos los países evaluados, pues los tres países no llegan ni al 1% de extracción y México sobrepasa el 6%, como se expone en la figura 2c.

Figura 2

Niveles de extracción de agua dulce desglosando en el consumo en la a) Industria, b) Agricultura y c) Servicios.

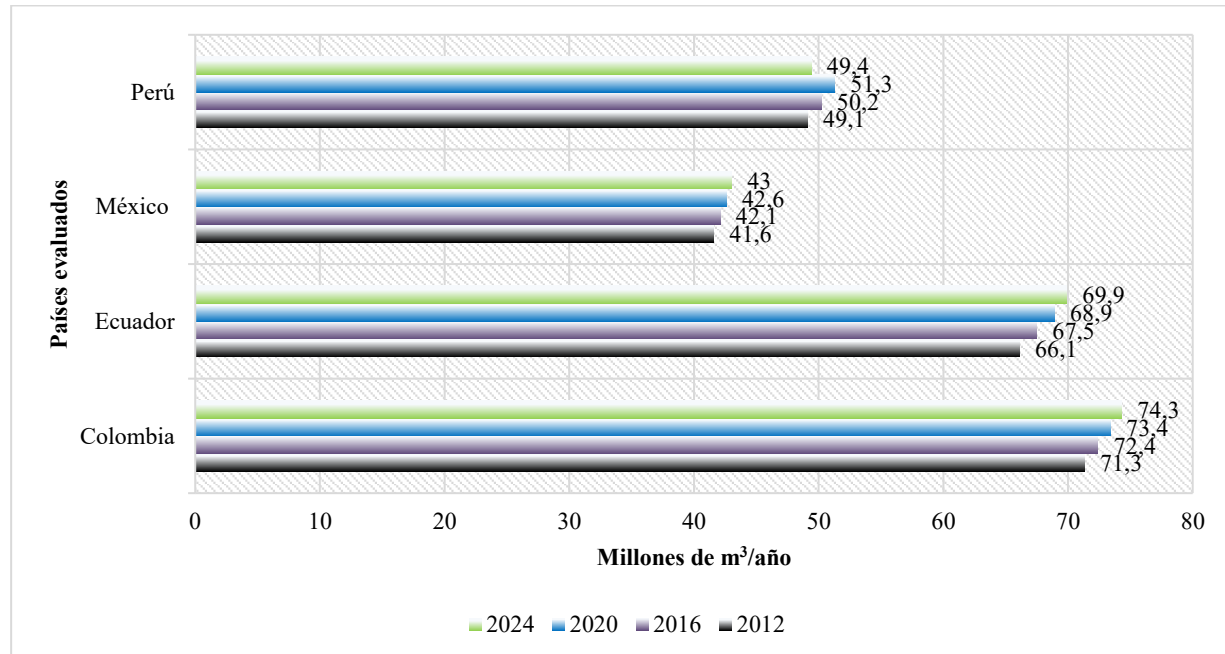


Nota. Los porcentajes expuestos corresponden a los países Latinos evaluados durante los años considerados para el estudio.

Al evaluar el total de aguas residuales que han sido tratadas de forma segura, se conoció que México aun cuando ha sido expuesto como el mayor consumidor de agua dulce, es el país con menor cantidad de metros cúbicos de agua tratada de forma segura anualmente, en comparación con las demás naciones estudiadas, conservando un rango de 41,6 a 43 millones de $\text{m}^3/\text{año}$ durante el periodo 2012-2024; de forma contraria Colombia siendo un estado con los más bajos niveles de extracción de agua dulce, se estableció como el país con mayor cantidad de aguas residuales tratadas conservando un rango de 71,3 a 74,3 millones de $\text{m}^3/\text{año}$ durante la evaluación, los rangos siguientes fueron ocupados por Ecuador (66,1 a 69,9 millones de $\text{m}^3/\text{año}$) y Perú (49,1 a 51,3 millones de $\text{m}^3/\text{año}$) en escala de descenso, como se observa en la figura 3.

Figura 3

Total de aguas residuales tratadas de forma segura (millones de $\text{m}^3/\text{año}$).



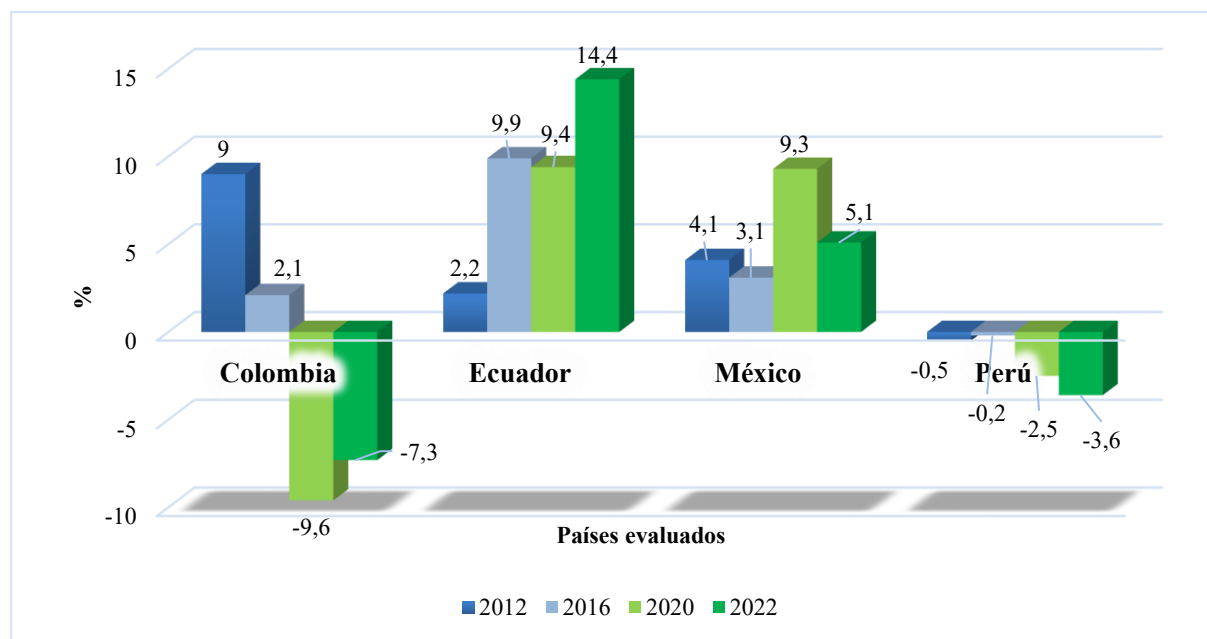
Nota. Los datos expuestos agrupan el total de las aguas residuales tratadas de cada año evaluado.

En la figura 4, se aprecia los cambios permanentes en el área del agua perteneciente a lagos y ríos en porcentajes, en donde se identifica a Ecuador como el país que se mantiene generando incrementos, pues luego de 10 años, pasó de 2,2 a 14,4% el área en lagos y ríos; cabe considerar, que México conserva una variabilidad poco estable pues expone incrementos y disminuciones en sus porcentajes; por su lado, Colombia tiende a mitigar la proporción de sus áreas de agua, ya que en el primer año evaluado inicia con 9% y en 2022 expone un -7,3% es decir, tuvo un incremento

negativo (redujo sus áreas); Perú expone el peor de los casos pues en 2012 presentó -0,5% y en 2022 (10 años después) expuso una reducción total de -3,6% del área analizada.

Figura 4

Descripción de los cambios permanentes en el área del agua perteneciente a lagos y ríos.



Nota. Los valores con signo negativo corresponden a reducciones en la proporción del área perteneciente a lagos y ríos.

Discusión

En cuanto a la extracción de agua dulce, se conoció que solo Ecuador mantuvo un mismo porcentaje durante una década, mientras que, países como Colombia y México, tuvieron incrementos anualmente, siendo este último el mayor consumidor, de forma contraria Perú es la única nación que, aun cuando tuvo incrementos en los primeros años evaluados, finalmente demostró una disminución de extracción considerable; resultado que refleja la aplicación o no de la sostenibilidad de los recursos hídricos, por parte, de los políticas de cada uno de los estados.

Frente a dicho resultado Tinoco et al. (2022) afirman que, México tiene siete de las nueve características de vulnerabilidad frente al cambio climático, y a la vez, esta nación se proyecta como uno de los países de América Latina que presentarán el mayor índice de estrés hídrico en 2040. Por lo ello Eyzaguirre et al. (2023) agrega que, dichas condiciones implican un impacto en

los sectores social, de salud y agrícola, aumentando la desigualdad, la pobreza y la crisis hídricas, las cuales al relacionarse con las débiles políticas de mitigación y adaptación aumentan, la vulnerabilidad de millones de habitantes. Lo que es corroborado por Pacheco-Vega (2020) quien menciona que, la escasez de agua no solo se define por factores geográficos, sino que también es consecuencia de un sistema de gobernanza hídrica deficiente, por lo cual, se requiere de una gestión de los recursos hídricos con marcos institucionales y regulatorios adecuados, a más de una coordinación y participación social para equilibrar los usos y prácticas sostenibles sobre un recurso limitado.

Por otra parte, al generar un desglose de la extracción del recurso hídrico destinado al uso específicamente de la industria, agricultura y servicios, se identificó a México como el mayor consumidor en todos los casos evaluados; también se conoció que, en todos los países la agricultura es la finalidad que mayor cantidad de agua extrae de las fuentes naturales; a la vez, a excepción de Perú, las naciones analizadas priorizan el agua para el uso de servicios básicos, por lo que, el área de la industria ocupa el tercer lugar de destinos del agua dulce extraída anualmente.

Lo que es corroborado por Herrera-Franco et al. (2022) quienes mencionan que, en las últimas décadas, el crecimiento económico ha incrementado la demanda de fuentes de agua subterránea (dulce), dicho desarrollo del mercado debe mantenerse vinculado con nuevas estrategias sostenibles que mantengan el equilibrio entre el progreso económico y la disponibilidad de agua, así como la toma de decisiones específicamente en los productores agrícolas, pues estos siempre mantienen rangos elevados de consumo de agua.

Por su parte, Dorn y Huber (2020) argumentan, que el desarrollo de los países no debe medirse por el crecimiento económico, más bien, no se debe subestimar a la extracción de los recursos hídricos, pues al incrementar los requisitos alimenticios, también se eleva las necesidades de obtención de agua, lo que en ciertas ocasiones direcciona a una negación del líquido vital, para consumos como los servicios básicos y se brinda prioridad a la agricultura e industria, lo que en cierta forma direcciona a la sociedad a un maldesarrollo y la conduce a un cambio en donde los ganadores son pocos sujetos internacionalizados y los perdedores son los habitantes locales. Por ende, Cousins et al. (2024) confirman que, el crecimiento económico, no equivale ni se traduce necesariamente en una mejor calidad de vida o autonomía social, ni siquiera en justicia social, pues las grandes masas económicas principalmente se direccionan en la producción y explotación de recursos, dejando de la lado los servicios que otorgan bienestar a la población.

En cuanto al total de aguas residuales que han sido tratadas de forma segura, se determinó que México fue la nación con menores registros en tratamiento de aguas, aun cuando este se ha establecido como el mayor consumidor de agua dulce; por otra parte, Colombia es el país con mejores niveles de tratamiento de estas aguas, seguido por Ecuador. Dicho resultado expone directamente la importancia que le brinda cada estado, al cuidado de los recursos hídricos, en donde se destaca un desequilibrio en las proporciones de extracción y tratamiento de agua dulce, lo que representa un manejo deficiente de los recursos.

En este caso, Ahmed et al. (2021) añaden que, las variaciones del tratamiento de las aguas residuales, y la falta de un manejo correcto de esta, otorga una variación negativa en la calidad y seguridad hídrica, lo que ha sido un problema crónico en la mayoría de los países en desarrollo, principalmente debido a las descargas de aguas residuales sin tratar en ríos y arroyos. A la vez, Salamanca-Cano y Durán-Díaz (2023) aseguran que, aunque este vínculo potencial parece intuitivo, los problemas de enfermedades y salud pública no suelen abordarse directamente en los debates sobre la gestión de los recursos hídricos y el tratamiento de las aguas residuales.

Asimismo, Maldonado-Benitez et al. (2025) corroboran lo mencionado, al afirmar que el continuo aumento de la población mundial está incrementando la demanda del suministro de agua dulce, lo que representa un factor importante que afecta su disponibilidad, el cual está asociado con el desarrollo socioeconómico, el cambio climático y la falta general de instalaciones de saneamiento y tratamiento de residuos en áreas altamente pobladas de países en desarrollo.

De la misma forma Moreno-Cruz et al. (2024) aseguran que, los impactos en la calidad del agua de los ecosistemas reducen sustancialmente su disponibilidad en las regiones, por lo tanto, el saneamiento eficiente de las aguas residuales se está convirtiendo en un problema que debe considerarse, particularmente en los países en desarrollo, donde hay un retraso importante en la prestación de este servicio estratégico e indispensable para la población.

Finalmente, al considerar los cambios permanentes en el área del agua perteneciente a lagos y ríos, Ecuador se destaca como un país que se mantiene generando incrementos en dichas áreas durante el lapso del tiempo evaluado; de forma contraria, México es una nación con alta variabilidad en sus porcentajes, demostrando inestabilidad tanto en incrementos, como en disminuciones; a su vez, Colombia y Perú en los últimos años redujeron sus áreas de conservación de agua, lo que destaca

la falta de políticas destinadas al cuidado y preservación de los recursos hídricos, dichos comportamientos de reducción aportan directamente al agotamiento hídrico futuro.

Frente al resultado expuesto, Aranguren-Díaz et al. (2024) corroboran que, la cantidad de agua dulce accesible es limitada, lo que la convierte en un recurso agotable ypreciado, sin embargo, la sobreexplotación, la contaminación, y el mal manejo han aumentado la vulnerabilidad de este recurso vital. Como consecuencia, Morante-Carballo et al. (2022) reafirman que, el agua subterránea tiene un papel importante en el almacenamiento de agua dulce, representando el 30,1% del total del planeta; estos reservorios también contribuyen a la formación de lagos y ríos, cabe considerar, que el 97% de esta agua al ser extraída, se utiliza como recurso hidrológico para el desarrollo de la economía moderna, principalmente en el consumo humano, la agricultura, la necesidad doméstica y la manufactura; por lo que, es indispensable combatir la escasez del agua con ayuda de estrategias de gestión que permitan remediar su consumo y evitar el agotamiento hídrico.

Conclusiones

Al considerar la extracción de agua dulce, Ecuador conservó un mismo porcentaje en todo el periodo evaluado, a diferencia de Colombia y México, quienes tuvieron ascensos continuos, siendo este último país el que mantuvo una cuantificación muy elevada y distinguida de las demás naciones analizadas, por su parte, Perú finalmente demostró una disminución, lo que confirma que, las políticas de sostenibilidad del recurso hídrico, no se aplican bajo un mismo nivel de seguridad y rigurosidad.

Dentro del desglose de la extracción del recurso hídrico, se identificó a la agricultura como la actividad que tiene el consumo más elevado; los servicios básicos fueron la segunda finalidad del destino de agua dulce a excepción de Perú, nación en donde se otorga mayor preferencia al sector industrial.

En el caso del tratamiento de las aguas residuales se identificó un desequilibrio altamente negativo por parte de México, pues este fue considerado el país que más agua extrae y menos agua residual trata.

A la vez, al considerar los cambios permanentes en el área del agua perteneciente a lagos y ríos, Ecuador ha generado incrementos en estas áreas, por su parte, Colombia y Perú últimamente redujeron su capacidad de conservación de agua, lo que fortalece al agotamiento hídrico.



En proyectos posteriores de investigación, se recomienda realizar un análisis aparente, utilizando como factor principal, las aguas subterráneas, pues estas son las fuentes base de donde se obtiene el agua dulce, y trabajar específicamente con México, pues este país presentó mayor variabilidad en sus resultados.

Referencias bibliográficas

- Abolfathi, M., Dehdari, T., Zamani-Alavijeh, F., Taghdisi, M. H., Ashtarian, H., Rezaei, M., & Irandoost, S. F. (2022). Identification of the opportunities and threats of using social media among Iranian adolescent girls. *Heliyon*, 8(4), e09224. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09224>
- Adnan, M., Xiao, B., Bibi, S., Xiao, P., Zhao, P., Wang, H., Ali, M. U., & An, X. (2024). Known and Unknown Environmental Impacts Related to Climate Changes in Pakistan: An Under-Recognized Risk to Local Communities. *Sustainability*, 16(14), 6108. <https://doi.org/10.3390/su16146108>
- Ahmed, S. S., Bali, R., Khan, H., Mohamed, H. I., & Sharma, S. K. (2021). Improved water resource management framework for water sustainability and security. *Environmental Research*, 201, 111527. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111527>
- Aranguren-Díaz, Y., Galán-Freyle, N. J., Guerra, A., Manares-Romero, A., Pacheco-Londoño, L. C., Romero-Coronado, A., Vidal-Figueroa, N., & Machado-Sierra, E. (2024). Aquifers and Groundwater: Challenges and Opportunities in Water Resource Management in Colombia. *Water*, 16(5), 685. <https://doi.org/10.3390/w16050685>
- Arora, N. K., & Mishra, I. (2022). Sustainable development goal 6: Global Water Security. *Environmental Sustainability*, 5(3), 271-275. <https://doi.org/10.1007/s42398-022-00246-5>
- Bezerra, M. O., Vollmer, D., Acero, N., Marques, M. C., Restrepo, D., Mendoza, E., Coutinho, B., Encomenderos, I., Zuluaga, L., Rodríguez, O., Shaad, K., Hauck, S., González, R.,



- Hernández, F., Montelongo, R., Torres, E., & Serrano, L. (2022). Operationalizing Integrated Water Resource Management in Latin America: Insights from Application of the Freshwater Health Index. *Environmental Management*, 69(4), 815-834. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01446-1>
- Cousins, J. J., Cantor, A., & Turley, B. (2024). Water throughout the green energy transition: Hydrosocial dimensions of coal, natural gas, and lithium. *WIREs Water*, 11(6), e1751. <https://doi.org/10.1002/wat2.1751>
- Dorn, F. M., & Huber, C. (2020). Global production networks and natural resource extraction: Adding a political ecology perspective. *Geographica Helvetica*, 75(2), 183-193. <https://doi.org/10.5194/gh-75-183-2020>
- Du Plessis, A. (2023). Water Resources from a Global Perspective. En A. Du Plessis, *South Africa's Water Predicament* (Vol. 101, pp. 1-25). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24019-5_1
- Elwakeel, K. Z., Mohammad, R. M., Alghamdi, H. M., & Elgarahy, A. M. (2025). Hybrid adsorbents for pollutants removal: A comprehensive review of chitosan, glycidyl methacrylate and their composites. *Journal of Molecular Liquids*, 426, 127262. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2025.127262>
- Eyzaguirre, I. A. L., Iwama, A. Y., & Fernandes, M. E. B. (2023). Integrating a conceptual framework for the sustainable development goals in the mangrove ecosystem: A systematic review. *Environmental Development*, 47, 100895. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2023.100895>
- Haubrock, P. J., Stubbington, R., Fohrer, N., Hollert, H., Jähnig, S. C., Merz, B., Pahl-Wostl, C., Schüttrumpf, H., Tetzlaff, D., Wesche, K., Tockner, K., & Haase, P. (2025). A Holistic Catchment-Scale Framework to Guide Flood and Drought Mitigation Towards Improved



- Biodiversity Conservation and Human Wellbeing. *WIREs Water*, 12(1), e70001.
<https://doi.org/10.1002/wat2.70001>
- Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., Montalván-Burbano, N., Mora-Frank, C., & Berrezueta, E. (2022). Bibliometric Analysis of Groundwater's Life Cycle Assessment Research. *Water*, 14(7), 1082. <https://doi.org/10.3390/w14071082>
- Kuang, X., Liu, J., Scanlon, B. R., Jiao, J. J., Jasechko, S., Lancia, M., Biskaborn, B. K., Wada, Y., Li, H., Zeng, Z., Guo, Z., Yao, Y., Gleeson, T., Nicot, J.-P., Luo, X., Zou, Y., & Zheng, C. (2024). The changing nature of groundwater in the global water cycle. *Science*, 383(6686), eadf0630. <https://doi.org/10.1126/science.adf0630>
- Kumar, L., Kumari, R., Kumar, A., Tunio, I. A., & Sassanelli, C. (2023). Water Quality Assessment and Monitoring in Pakistan: A Comprehensive Review. *Sustainability*, 15(7), 6246. <https://doi.org/10.3390/su15076246>
- Maldonado Benitez, V. M., Morales Matamoros, O., & Moreno Escobar, J. J. (2025). Towards Resilient Cities: Systematic Review of the Literature on the Use of AI to Optimize Water Harvesting and Mitigate Scarcity. *Water*, 17(13), 1978. <https://doi.org/10.3390/w17131978>
- Morante-Carballo, F., Montalván-Burbano, N., Quiñonez-Barzola, X., Jaya-Montalvo, M., & Carrión-Mero, P. (2022). What Do We Know about Water Scarcity in Semi-Arid Zones? A Global Analysis and Research Trends. *Water*, 14(17), 2685. <https://doi.org/10.3390/w14172685>
- Moreno Cruz, C. F., Monroy Hermosillo, O., Thalasso, F., Tzintzun Camacho, O., & Ramírez Vives, F. (2024). Toilet effluent separation and brown water treatment: Survey and initial feasibility testing in Mexico. *Science of The Total Environment*, 922, 171281. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171281>



- Pacheco-Vega, R. (2020). Governing Urban Water Conflict through Watershed Councils—A Public Policy Analysis Approach and Critique. *Water*, 12(7), 1849. <https://doi.org/10.3390/w12071849>
- Rodríguez, C., García, B., Pinto, C., Sánchez, R., Serrano, J., & Leiva, E. (2022). Water Context in Latin America and the Caribbean: Distribution, Regulations and Prospects for Water Reuse and Reclamation. *Water*, 14(21), 3589. <https://doi.org/10.3390/w14213589>
- Salamanca-Cano, A. K., & Durán-Díaz, P. (2023). Stakeholder Engagement around Water Governance: 30 Years of Decision-Making in the Bogotá River Basin. *Urban Science*, 7(3), 81. <https://doi.org/10.3390/urbansci7030081>
- Scanlon, B. R., Fakhreddine, S., Rateb, A., De Graaf, I., Famiglietti, J., Gleeson, T., Grafton, R. Q., Jobbagy, E., Kebede, S., Kolusu, S. R., Konikow, L. F., Long, D., Mekonnen, M., Schmied, H. M., Mukherjee, A., MacDonald, A., Reedy, R. C., Shamsudduha, M., Simmons, C. T., ... Zheng, C. (2023). Global water resources and the role of groundwater in a resilient water future. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(2), 87-101. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00378-6>
- Tinoco, C., Julio, N., Meirelles, B., Pineda, R., Figueroa, R., Urrutia, R., & Parra, Ó. (2022). Water Resources Management in Mexico, Chile and Brazil: Comparative Analysis of Their Progress on SDG 6.5.1 and the Role of Governance. *Sustainability*, 14(10), 5814. <https://doi.org/10.3390/su14105814>
- Zahedi, R., Yousefi, H., Aslani, A., & Ahmadi, R. (2024). System dynamic model of water, energy and food nexus for policy implementation. *Applied Water Science*, 14(10), 213. <https://doi.org/10.1007/s13201-024-02279-z>



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.