

## Potencial de Ahorro de Agua en Mexicali: Evaluación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Grises

Claudia Emilia Talamantes-Arriaga, Carlos Salazar-Briones, Samantha Eugenia Cruz Sotelo, José Mizael Ruiz-Gibert.

- Universidad Autónoma de Baja California, [Emilia.talamantes@uabc.edu.mx](mailto:Emilia.talamantes@uabc.edu.mx), Mexicali, Baja California, Mexico
- Universidad Autónoma de Baja California, [csalazar86@uabc.edu.mx](mailto:csalazar86@uabc.edu.mx), Mexicali, Baja California, Mexico
- Universidad Autónoma de Baja California, [samantha.cruz@uabc.edu.mx](mailto:samantha.cruz@uabc.edu.mx), Mexicali, Baja California, Mexico
- Universidad Autónoma de Baja California, [mizael.ruiz@uabc.edu.mx](mailto:mizael.ruiz@uabc.edu.mx), Mexicali, Baja California, Mexico

### Resumen

Este estudio analiza el potencial de ahorro en recursos hídricos y económicos en Mexicali, Baja California para su uso doméstico. Para esta investigación se aplicó un instrumento tipo encuesta, aplicadas a estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), con el propósito de recopilar datos sobre hábitos de consumo de agua, percepciones culturales relacionadas con la sustentabilidad de los recursos hídricos y disposición hacia la reutilización de agua tratada. Mediante un enfoque estadístico y económico, se procesará la información obtenida para proyectar el ahorro tentativo que dichos sistemas podrían generar a nivel urbano. Los resultados esperados no solo contribuirán a optimizar el uso del agua en áreas urbanas, sino que también podrían servir como base para el desarrollo de políticas públicas enfocadas en la sostenibilidad hídrica.

**Palabras clave**—Aguas Grises, Sustentabilidad Hídrica, Planeación Urbana, cultura de consumo de agua

### Abstract

*This study analyzes the potential for water and economic resource savings in Mexicali, Baja California, for domestic use. For this research, a survey-based instrument was applied to students from the Faculty of Engineering at the Autonomous University of Baja California (UABC) to collect data on water consumption habits, cultural perceptions related to water resource sustainability, and willingness to reuse treated water. Through a statistical and economic approach, the collected data will be processed to project the monetary savings that such systems could generate at an urban level. The expected results will not only contribute to optimizing water use in urban areas but could also serve as a basis for the development of public policies focused on water sustainability.*

**Keywords**— Greywater, Water Sustainability, Urban Planning, water consumption culture

### 1. INTRODUCCIÓN

### Contexto y problemática del agua en Mexicali

En el caso particular de Mexicali, ciudad fronteriza con una importante actividad económica y presencia industrial, que comparte costumbres y prácticas de consumo con EUA, que moldeó un entorno socioeconómico diverso: constituido tanto por áreas rurales como urbanas [1][2] Su clima es principalmente árido, con temperaturas extremas en verano, dicha característica influye con los hábitos de consumo de recursos hídricos urbanos, repartido un 78.6% del agua potable disponible al consumo domésticos, 8.4% para el sector comercial, 5.1% para la industria y 7.9% para el Gobierno [3]. Tanto el Estado, como la Ciudad, se abastecen de la cuenca del Río Colorado, con una gran mayoría de su área en territorio Norte Americano y un desbocamiento al mar de Cortés. Desde la capital de Baja California, Mexicali, se bombean aproximadamente más de 2,700 millones de metros cúbicos de agua, a Tijuana y Tecate para cumplir la demanda de agua potable a nivel Estatal [4]. Cabe señalar que existen acuerdos políticos Binacionales, comprometidos a implementar estrategias para la disposición de este recurso. En este sentido la CILA (Comisión Internacional de Límites y Aguas), tiene políticas sobre la reducción y ahorros en el manejo las presas, Morelos y Hoover. El Acta 323[5] establece estrategias que exigen garantizar ciertos volúmenes de almacenamiento como medida preventiva frente a escenarios de sequías y escasez [6]. Cabe mencionar la existencia del acueducto binacional del sur de California conectando con la frontera de Tijuana, este acueducto está regulado por esta misma acta así como el acta 310 [7]. Estas disposiciones podrían implicar reducciones en el suministro de agua, que actualmente en Mexicali asciende a 300 litros por habitante al día.

Tomando en cuenta la importancia estratégica del recurso hídrico en un estado que enfrenta problemas de sequías [8], alta demanda de agua, sobreexplotación de acuíferos y la amenaza de una posible reducción en la dotación asignada, resulta imperativo adoptar medidas adaptativas para una gestión más eficiente del agua. En este contexto, el tema del reúso del agua adquiere una relevancia significativa como una alternativa sostenible para enfrentar estos desafíos y garantizar un uso más racional de este recurso vital.

### Hipótesis

La implementación de sistemas de tratamiento de aguas grises en viviendas de Mexicali podría permitir el aprovechamiento de un 50% o más del agua residual generada. Este porcentaje no solo representa un ahorro significativo en el consumo de agua potable, sino que también conlleva beneficios económicos para los usuarios y mejora la eficiencia en la gestión de los recursos hídricos a nivel urbano. No obstante, esta proyección debe tomarse como un punto de referencia preliminar para futuras investigaciones

que profundicen en los volúmenes reales de agua gris generados en los hogares.

Cabe señalar que el estudio se basa en investigación documental y en estimaciones obtenidas a partir de una encuesta aplicada a 100 estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil de la UABC. Aunque el número de encuestados es limitado, sus domicilios están distribuidos en diversas zonas de la ciudad, lo que brinda una muestra representativa del estilo de vivienda en Mexicali. Además, es importante considerar que el presupuesto del estudio fue reducido, lo que restringió el alcance de la investigación.

### **Metodología**

El presente estudio se propone con un enfoque mixto, integrando tantos elementos cuantitativos como cualitativos, de tipo correlacional. Para lo cual se realizaron tres etapas fundamentales: la primera etapa constó de una revisión bibliográfica utilizando el método PRISMA[9], posteriormente se diseñó un instrumento de levantamiento de información tipo encuesta y por último

Mediante la vinculación de los datos recopilados en encuestas a estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UABC con información documental sobre los volúmenes de generación de agua gris, el uso de agua en lavadoras y los costos de los servicios de agua potable, se busca construir un panorama integral. El análisis cuantitativo se enfocará en estimar el ahorro potencial en términos de volumen, mientras que el análisis cualitativo examinará la percepción cultural y la disposición de los participantes hacia la adopción de sistemas para el tratamiento de aguas grises.

Para garantizar la fiabilidad y validez del instrumento de encuesta utilizado, se llevó a cabo una revisión previa con expertos en el área y una prueba piloto con un grupo reducido de participantes. Esto permitió ajustar las preguntas para mejorar su claridad y pertinencia, asegurando que los datos recopilados reflejaran con mayor precisión la realidad del consumo y percepción del agua gris en el contexto de estudio.

Se hizo uso de la herramienta Excel para el análisis de datos estadísticos, complementando la información con fuentes documentales como la revista Al Consumidor de 2019, específicamente el informe Laboratorio PROFECO Informa sobre lavadoras automáticas y sus características de consumo de agua [10]

## **2. CONTENIDO**

### **Definición y características de las aguas grises**

Las aguas residuales grises son aquellas generadas en el hogar a partir de actividades como el uso de lavadoras, fregaderos y regaderas [11]. Estas aguas contienen menores niveles de

materia orgánica en comparación con las aguas negras, lo que permite su posible reutilización tras un tratamiento adecuado.

Para reforzar la diferenciación entre ambos tipos de aguas residuales, se presenta el siguiente cuadro comparativo (**tabla.1**):

| Característica                    | Aguas Grises  | Aguas Negras   |
|-----------------------------------|---|--|
| <b>Origen</b>                     | Lavadoras, regaderas, fregaderos (excepto de cocina)      | Inodoros y drenaje de cocina   |
| <b>Carga contaminante</b>         | Moderada (jabones, detergentes, restos de cabello y piel) | Alta (materia fecal, orina, grasas, residuos de alimentos)           |
| <b>Potencial de reutilización</b> | Alta, con tratamiento adecuado                            | Baja, requiere tratamiento avanzado                                  |
| <b>Impacto ambiental</b>          | Menor, si se reutiliza correctamente                      | Mayor, puede contaminar cuerpos de agua si no se trata adecuadamente |

(tabla.1), cuadro comparativo de características de agua negra y gris.

### **Beneficios y desafíos de la reutilización de aguas grises**

Las aguas grises, comprendidas por las aguas residuales provenientes de regaderas, lavabos y lavadoras, excluyendo las descargas del inodoro, representan hasta un 60% del consumo hídrico en una vivienda típica [13]. Estas difieren de las aguas negras por contener menores niveles de materia orgánica y contaminantes peligrosos, lo que facilita su tratamiento y reutilización (National Environmental Engineering Research Institute, 2007)[14].

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, reutilizar aguas grises se perfila como una estrategia clave para mitigar el impacto ambiental del consumo [15]. Implementar sistemas domésticos de tratamiento permite reducir hasta un 30% el uso de agua potable, aportando beneficios económicos y ecológicos [16]. Sin embargo, la eficacia de estas iniciativas radica en la accesibilidad, seguridad y eficiencia de las tecnologías empleadas [17]. Este aprovechamiento no solo reduce significativamente el consumo de agua potable, sino que también disminuye la presión sobre las fuentes de agua dulce y los sistemas de alcantarillado [18].

Actualmente, existen diversas tecnologías para tratar aguas grises, desde métodos de filtración simples hasta procesos químicos y biológicos avanzados [19]. A pesar de su potencial, estas soluciones enfrentan retos importantes, como elevados costos de instalación, mantenimiento complejo y requerimientos de espacio, lo que dificulta su adopción en

entornos residenciales convencionales [20]. Por ello, es necesario desarrollar alternativas más asequibles y adaptadas a las necesidades de los hogares promedio.

### **Caracterización del agua gris**

La caracterización del agua gris consiste en identificar y clasificar sus contaminantes para definir los tratamientos más adecuados según su tipo y concentración. A diferencia de las aguas negras, las grises carecen de desechos fecales, lo que las hace aptas para reutilización en usos no potables, como riego o descarga de inodoros [21]. Sus propiedades varían según su origen: las aguas de cocina contienen más grasas, aceites y sólidos suspendidos, mientras que las de baño o lavandería tienen menos nitrógeno y fósforo [22]. Según la OMS(2006)[23], representan hasta el 50% de la materia orgánica biodegradable en alcantarillado doméstico, lo que exige tratamientos específicos, especialmente para las aguas de cocina[24]. La caracterización incluye parámetros como DBO, DQO, sólidos suspendidos y pH, además de considerar factores como productos de limpieza y hábitos de los usuarios, lo que requiere diseños de tratamiento adaptativos [25].

### **Volúmenes**

La reutilización de aguas grises (AG) en el hogar puede reducir significativamente la cantidad y calidad de aguas residuales (AR) vertidas al alcantarillado, influyendo además en el consumo de agua potable y las condiciones socioeconómicas de los hogares [26]. Según Penn [18], reutilizar AG tratada para descargas de inodoros y riego disminuye las AR en un 26% y 41%, respectivamente. Sin embargo, el menor uso de agua potable incrementa la concentración de contaminantes en las AR hasta un 60%, lo que resalta la necesidad de tratamientos adecuados antes de su descarga [15].

La generación de AG varía según factores económicos, culturales y climáticos [26]. López (2012)[27] y Shaikh (2020)[28] estiman que entre el 65% y el 67% del agua doméstica corresponde a AG, mientras que en Omán, Al-Mughalles (2012)[29] reporta hasta un 82% en áreas áridas. Jamrah (2008)[30] define este porcentaje como "factor de retorno", indicando que las AG representan entre el 80% y 83% del consumo de agua fresca en zonas residenciales. Otros estudios, como el de Ghaitidak (2015)[31], sitúan la generación de AG entre un 50% y 80%, con exclusión del agua de cocina debido a su alta carga contaminante.[32] Abedin (2013) estima un 67%, equivalente a 170 litros por habitante al día. Además, Jamrah e. (2006)[33] reportan que las AG representan el 70.6% del consumo doméstico total, asociado principalmente al uso de lavadoras, que demanda entre 50 y 150 litros por habitante al día [35].

### **Criterios para la selección de muestra**

Para el desarrollo de este estudio, se utilizó como herramienta principal una encuesta estructurada compuesta por 24 preguntas, diseñada con el objetivo de analizar la percepción y los hábitos de consumo relacionados con la gestión del agua en el hogar.

La muestra estuvo conformada por 100 estudiantes de la Facultad de Ingeniería, quienes representan una diversidad de contextos socioeconómicos. Este enfoque permite abarcar un panorama amplio y heterogéneo sobre las prácticas y percepciones en relación al consumo de agua y las características de los sistemas domésticos empleados.

Entre los temas abordados en la encuesta destacan:

Percepción de los estudiantes sobre la importancia de la gestión sostenible del agua.

Frecuencia y volumen de consumo según los equipos utilizados en sus hogares, como la marca y el modelo de lavadoras, así como las características de los baños y regaderas.

Factores asociados al entorno socioeconómico de cada participante y cómo estos influyen en sus hábitos de consumo de agua.

La selección de esta muestra y herramienta permite obtener un análisis representativo de las prácticas y necesidades dentro de la comunidad estudiantil, sentando las bases para identificar áreas de mejora y diseñar estrategias enfocadas en la sostenibilidad hídrica.

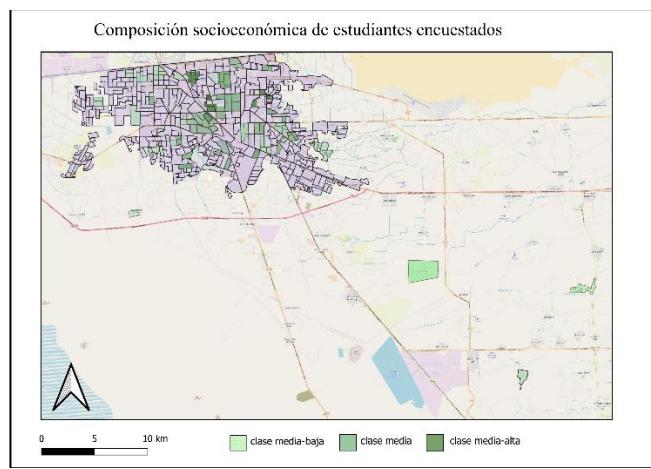
## **RESULTADOS**

Para determinar la composición socioeconómica de los Estudiantes universitarios que participaron en la encuesta, se les preguntó la colonia de su residencia. Con base a información del Plan Municipal de Desarrollo Urbano del IMIP Mexicali [36], se clasificaron según sus características de vivienda en 3 grupos: clase media-alta, clase media, clase media-baja.

En el siguiente mapa (**Imagen.1**) se presenta la geolocalización de las colonias de los encuestados en la Facultad de Ingeniería Civil UABC. con ayuda de AGEBS[37], se determinó un aproximado de la densidad poblacional en cada una de ellas, para proyectar la mayoría de personas con determinadas características de vivienda además de .

Los habitantes de las colonias organizada en los 3 grupos son los siguientes:

| CLASE            | NUM HABITANTES | % DE POBLACION TOTAL |
|------------------|----------------|----------------------|
| Clase Media-Alta | 20,828         | 1.98%                |
| Clase Media      | 130,361        | 12.42 %              |
| Clase Media-Baja | 100,463        | 9.57 %               |



(Imagen.1) En el presente mapa se exponen la ubicación geográfica de las colonias de los encuestados dentro del mapa de Mexicali, Baja California.

Así mismo los resultados arrojaron una valiosa imagen sobre el estilo de vida y la opinión pública con respecto a las estrategias de la gestión sustentable, así como su percepción de la situación hídrica en Mexicali.

Conforme a las preguntas se obtuvieron los siguientes datos: El 63.2% de los estudiantes encuestados cuenta con 4 a 5, habitantes en Casa, 72.4% expreso gastar de 100 a 250 pesos en el pago de los servicios de agua potable. El 79.3% cuenta con 1 a 2 Baños con sanitario y lavabo, 57.5% cuentan con una sola regadera en casa y otro 37.9% con dos. 40.2% no cuenta con espacios para jardín, otro 29.9% con jardín pequeño (menor o igual a 10m<sup>2</sup>). Un destacante 95.4% de los encuestados cuenta con lavadora en casa.

Las marcas de lavadoras más utilizadas según la encuesta fueron:

- Whirlpool (60.7%)
- LG (11.9%)
- Samsung (8.9%)

La mayoría de los encuestados eligió su lavadora principalmente por el tamaño y la calidad. En segundo lugar, consideraron el ahorro de agua, y en tercer lugar, si el aparato era nuevo o usado. Sobre los patrones de consumo se les preguntó por las veces que lavaban su ropa a la semana: 14.9% respondió una vez, 17.2% 4 veces, 18.4% 5 veces o más, con porcentajes más altos 24.1% dice lavar 2 veces y un 25.3% 3 veces a la semana.

El Volumen Potencialmente Reutilizable se obtuvo de la siguiente forma:

Partiendo de la investigación documental, las aguas grises representan aproximadamente entre el 60% y el 65% del consumo doméstico de agua (Comisión Nacional de Vivienda,

2009)[38]. Utilizando las respuestas a la pregunta sobre el rango de precios que los encuestados pagan por los servicios de agua, además de la información disponible sobre las tarifas en la página oficial de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali [39], se estimó el gasto aproximado en cada una de las viviendas encuestadas. A partir de estos datos, se calculó la cantidad de aguas grises generadas en cada vivienda mediante una regla de tres simple, considerando que el 60% del volumen total consumido corresponde a aguas grises, posterior a eso se hizo el siguiente cálculo en Excel expresado en (tabla.2):

| Total, de personas (Tp) (Sumatoria de habitantes en casa) | Total, de m <sup>3</sup> de agua gris mensuales (TAG) | Potencial de ahorro mensual por persona =(TAG/Tp) | Potencial de ahorro mensual por persona en Litro |
|---|---|---|--|
| 335   | 1443.6  | 4.309253731                                       | 4309.253731                                      |

(tabla.2. Potencial ahorrativo convertido de m<sup>3</sup> a L)

Cada habitante de Mexicali genera aproximadamente 4,309.25 L de agua gris al mes. Para una población estimada de 1,197,000 habitantes, esto representa un total de aproximadamente 5,158 millones de litros mensuales. Considerando un margen de error del 5 %, la generación real de agua gris podría oscilar entre 4,900 y 5,400 millones de litros al mes, dependiendo de las variaciones en el consumo individual, hábitos de uso y eficiencia de los sistemas de plomería

Es importante destacar que estos cálculos se basan en promedios y las cifras reales pueden variar según los hábitos de consumo y otros factores.

#### Percepciónn cultural sobre la implementación de estrategias de gestión sustentable de recursos hídricos

La encuesta reveló una percepción ampliamente positiva sobre la reutilización del agua gris en los hogares. Ante la pregunta." ¿Cree que el agua proveniente de lavadoras, lavabos, etc., puede utilizarse para otros servicios en la vivienda?", un abrumador 93.1% de los encuestados respondió afirmativamente.

Sin embargo, cuando se les planteó si estarían dispuestos a invertir en un sistema de tratamiento de aguas grises, las respuestas fueron más variadas: el 52.9% dijo que sí, mientras que un 40.2% expresó dudas, eligiendo la opción 'tal vez'. Entre aquellos que rechazaron la idea, el 55.6% señaló que el

costo era un factor clave, mientras que el 33.3% consideró que no era necesario.

Por otro lado, la percepción sobre la escasez de agua en su entorno también reflejó división de opiniones. Un 39.1% cree que existe un problema de escasez, mientras que el 31% no lo considera así, y el 29.9% tiene una postura incierta, respondiendo 'tal vez'.

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El volumen de 5,158,176,716.417 litros mensuales de aguas grises generadas en las viviendas de Mexicali, según la proyección obtenida en este trabajo, evidencia la necesidad de diseñar e implementar políticas públicas enfocadas en la gestión sostenible del agua. Este dato resalta la urgencia de establecer regulaciones, incentivos y programas de concienciación para optimizar el uso y reaprovechamiento del recurso hídrico en la región.

A partir de la encuesta aplicada, se identificó un perfil detallado de la vivienda promedio, donde la mayoría de los hogares están conformados por 4 a 5 habitantes y casi la totalidad de los encuestados cuenta con lavadora, utilizándola de 2 a 3 veces por semana. Este hallazgo enfatiza la necesidad de generar políticas de ahorro y eficiencia hídrica, como incentivos para la adquisición de tecnologías ahorradoras y campañas educativas sobre el impacto del consumo de agua en las actividades cotidianas.

Las percepciones sobre la reutilización y tratamiento de aguas grises reflejan una diversidad de posturas que podrían incidir con la educación correcta en la aceptación de nuevas soluciones. Por ende, la falta de cultura de consumo del agua en Mexicali se presenta como un desafío clave, por lo que se requiere un enfoque integral de acciones públicas y privadas que promuevan la educación ambiental y la participación ciudadana para generar un cambio de actitud hacia el uso responsable del agua.

Los resultados también han permitido identificar soluciones concretas, como la implementación de sistemas domésticos de reutilización de aguas grises, que podrían ser impulsados mediante incentivos gubernamentales y normativas locales. Estos sistemas no solo contribuyen a la sustentabilidad ambiental, sino que también generan beneficios económicos y sociales al reducir la demanda de agua potable.

En este sentido, se propone la implementación de incentivos gubernamentales que faciliten la adopción de estas soluciones, tales como subsidios directos, financiamiento a bajo interés o la inclusión de programas como Hipoteca Verde de INFONAVIT, que permitan a los propietarios de viviendas instalar sistemas de tratamiento de aguas grises. Asimismo, se recomienda la consideración de normativas que establezcan la separación de tuberías para aguas grises y negras en nuevas construcciones, facilitando así la reutilización del recurso desde la etapa de diseño de las viviendas.

Por lo anterior, es fundamental diseñar estrategias de política pública que fomenten el conocimiento, la accesibilidad y la aceptación de estas tecnologías, promoviendo la colaboración entre autoridades, sector privado y sociedad civil, para avanzar hacia una gestión hídrica más eficiente y sostenible en la región.

### OBSERVACIONES

Es importante subrayar que los resultados presentados en este artículo corresponden a una proyección del potencial de ahorro. Las cifras aquí expuestas están sujetas a variaciones individuales, como los hábitos de consumo en cada vivienda, el número de habitantes y la existencia de posibles fugas. Además, estos factores no son estáticos, ya que pueden cambiar con el tiempo, al igual que las tarifas de consumo utilizadas en los cálculos, las cuales varían periódicamente.

Aunque estos datos representan solo un acercamiento del potencial de ahorro, este ejercicio puede generar resultados más precisos si se aplica a una muestra más amplia y se realiza un análisis más detallado de cada variable. Aun así, los hallazgos son sumamente alentadores, ya que evidencian un enorme potencial de reaprovechamiento del recurso hídrico, que refuerza la viabilidad y el impacto positivo de la implementación de los sistemas de tratamiento de aguas grises en los domicilios de Baja California.

### 4. REFERENCIAS

1. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2020). Recuperado de: <https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/BajaCalifornia/bc.html>
2. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1996). Cuaderno estadístico municipal: Mexicali. Mexicali: Gobierno del Estado de Baja California. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825926533>
3. Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM). (2023). Brinda infraestructura hídrica de CESPM servicio sostenible a Mexicali. Recuperado de <http://www.cespm.gob.mx/tf-noticias.html?not=3871>
4. Comisión Estatal del Agua de Baja California (CEA). (2024). Programa Hídrico del Estado de Baja California. Recuperado de <http://www.cea.gob.mx/phebc/maqueta/index.html>
5. Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos. (2017). Acta 323: Ampliación de las medidas de cooperación y adopción de un plan binacional de contingencia ante la escasez de agua en la cuenca del río Colorado. Recuperado de <https://www.cila.gob.mx/actas/323.pdf>
6. Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos (CILA). (2024). Se anuncian las asignaciones de agua del Río Colorado en 2025 para México y Estados Unidos. Recuperado de <https://cila.sre.gob.mx/cilanorte/index.php/prensa/189prensa156> , <https://cila.sre.gob.mx/cilanorte/index.php/condiciones-cuenca>
7. Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos. (2003). Informe Anual 2003. Recuperado de

- [https://www.ibwc.gov/wpcontent/uploads/2023/04/2003\\_report\\_Spanish.pdf](https://www.ibwc.gov/wpcontent/uploads/2023/04/2003_report_Spanish.pdf)
8. CONAGUA. (2022, mayo). Monitor de Sequía de América del Norte. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADA/Sequ%C3%ADA/Monitor%20de%20sequ%C3%ADA%20en%20Am%C3%A9rica%20del%20Norte/sequia0522.pdf>
  9. Universidad de Navarra. (s.f.). PRISMA 2020: guías oficiales para informar (redactar) una revisión sistemática. Recuperado el 31 de enero de 2025, de [https://biblioguias.unav.edu/revisionessistemáticas/guias\\_oficiales](https://biblioguias.unav.edu/revisionessistemáticas/guias_oficiales)
  10. PROFECO. (2019). Laboratorio Profeco Informa sobre lavadoras automáticas y sus características de consumo de agua. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/426684/ESTUDIO\\_DE\\_CALIDAD\\_LAVADORAS\\_AUTOMATICAS.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/426684/ESTUDIO_DE_CALIDAD_LAVADORAS_AUTOMATICAS.pdf)
  11. Jaboring, S. (2014). Descripción general y viabilidad de sistemas avanzados de tratamiento de aguas grises para viviendas unifamiliares. *Urban Water Journal*, 11(5), 389-398. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.907907>
  12. Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento* (2.ª ed.). Eawag.
  13. Elhegazy, H., & M. M. M. (2020). A state-of-the-art-review on grey water management: a survey from 2000 to 2020s. *Water Science and Technology*, 82(12), 2786-2797. <https://doi.org/10.2166/wst.2020.549>
  14. National Environmental Engineering Research Institute. (2007). *Greywater reuse in rural schools*. United Nations Children's Fund, recuperado de: <https://www.unicef.org/india/reports/greywater-reuse-rural-schools>
  15. Pedrozo-Acuña, A. (2020). La huella hídrica gris y la sustentabilidad. *Perspectivas IMTA*, 16, 1-10. <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-16>
  16. Jamrah, A., Al-Omari, A., Al-Qasem, L., & Ghani, N. A. (2006). Assessment of availability and characteristics of greywater in Amman. *Water International*, 31(2), 210-220. <https://doi.org/10.1080/02508060.2006.9709671>
  17. Bell, L. M. (2018). *Examining the user experience in climate-adaptive policies: Tucson Arizona's residential gray water recycling* (Tesis de maestría). Cornell University. Recuperado de <https://ecommons.cornell.edu/items/0d716188-7ff0-4131-b4a9-ed66364a8d08>
  18. Penn, R. H. (2012). Evaluation of the effects of greywater reuse on domestic wastewater quality and quantity. *Urban Water Journal*, 9(3), 137-148. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2011.652132>
  19. Pidou, M., Avery, L., Stephenson, T., Jeffrey, P., Parsons, S. A., Liu, S., Memon, F. A., & Jefferson, B. (2008). Chemical solutions for greywater recycling. *Chemosphere*, 71(1), 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.10.046>
  20. Allen, L. (2015). *Manual de diseño para el manejo de aguas grises para riego exterior*. Greywater Action. Recuperado de <https://greywateraction.org/wpcontent/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>
  21. Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, 4(1), 85-104. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00064-4)
  22. Oteng-Peprah, M. D., de Vries, N. D., Acheampong, M. A., & van der Steen, P. (2018). Greywater characterization and generation rates in a peri-urban municipality of a developing country. *Journal of Environmental Management*, 206, 498-506. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.068>
  23. Organización Mundial de la Salud. (2006). *Directrices de la OMS para el uso seguro de las aguas residuales, excretas y aguas grises*. Recuperado de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330097/9789243514703-spa.pdf>
  24. Pidou, M., Avery, L., Stephenson, T., Jeffrey, P., Parsons, S. A., Liu, S., Memon, F. A., & Jefferson, B. (2008). Chemical solutions for greywater recycling. *Chemosphere*, 71(1), 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.10.046>
  25. Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., & Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water*, 4(1), 85-104. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00064-4)
  26. Surendran, S., & Wheatley, A. D. (1998). Grey-Water Reclamation for Non-Potable Re-Use. *Water and Environment Journal*, 12(6), 406-413. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1998.tb00209.x>
  27. Suárez López, J., Jácome Burgos, J., del Río, H., Torres, D., & Ures, P. (2012). El reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural. En *Río Mandeo, cuenca fluvial y desarrollo sostenible* (pp. 265-284). A Coruña, España: Diputación de A Coruña. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4013444>
  28. Shaikh, I. N., & Ahammed, M. M. (2020). Quantity and quality characteristics of greywater: a review. *Journal of Environmental Management*, 261, 110266. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110266>
  29. Al-Mughalles, M. H., Rahman, R. A., Suja, F. B., Mahmud, M., & Jalil, N. A. (2012). Household greywater quantity and quality in Sana'a, Yemen. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 17, 1025-1034. <https://www.semanticscholar.org/paper/Household-greywater-quantity-and-quality-in-Sana%27a%2C-Al-Mughalles-Rahman60224cb606e64f54c11cfa6884e1063581fa70c8>
  30. Jamrah, A., Al-Fatais, A., Prathapar, S., & Al-Harrasi, A. (2008). Evaluating greywater reuse potential for sustainable water resources management in Oman. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137(1-3), 315-327. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9767-2>
  31. Ghaitidak, D. M., & Yadav, K. D. (2015). Effect of coagulant in greywater treatment for reuse: selection of optimal coagulation condition using Analytic Hierarchy Process. *Desalination and Water Treatment*, 55(4), 913-925. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.924036>
  32. Abedin, S. B., & Rakib, Z. B. (2013). Generation and quality analysis of greywater at Dhaka City. *Environmental Research, Engineering and Management*, 64(2), 29-41. <https://doi.org/10.5755/j01.reem.64.2.3992>
  33. Jamrah, A., Al-Omari, A., Al-Qasem, L., & Ghani, N. A. (2006). Assessment of availability and characteristics of greywater in Amman. *Water International*, 31(2), 210-220. <https://doi.org/10.1080/02508060.2006.9709671>
  34. Suárez López, J., Jácome Burgos, J.-A., Río Cambeses, H. del, Torres Sánchez, D., & Ures Rodríguez, P. (2012). El reciclaje de aguas grises como complemento a las estrategias de gestión sostenible del agua en el medio rural. En *Río Mandeo, cuenca fluvial y desarrollo sostenible* (pp. 265-284). Diputación de A Coruña. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SUAREZ%20et%20al.%202012.%20Ej%20reciclaje%20de%20aguas%20grises%20como%20complemento%20a%20las%20estrategias%20de%20gesti%C3%ADnB3n.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SUAREZ%20et%20al.%202012.%20Ej%20reciclaje%20de%20aguas%20grises%20como%20complemento%20a%20las%20estrategias%20de%20gesti%C3%ADnB3n.pdf)
  35. Instituto Municipal de Investigación y Planeación Urbana de Mexicali. (2022). *Plan Municipal de Desarrollo Urbano*. Recuperado de <https://www.mexicali.gob.mx/transparencia/administracion/planmunicipal/planmunicipal/PMDU.pdf>
  36. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (1992). *Baja California: resultados definitivos: datos por AGEBS urbana*. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1290/702825419684/702825419684\\_1.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/1290/702825419684/702825419684_1.pdf)
  37. Comisión Nacional de Vivienda. (2009). *Guía del uso eficiente del agua en desarrollos habitacionales*. México: CONAVI. <https://www.conavi.gob.mx/images/documentos/normateca/Guia>

[%20del%20Uso%20Eficiente%20del%20Agua%20en%20Desarrollos%20Habita.](#)

38.Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM). (2024). *Tarifa de consumo.* Recuperado de <https://www.ecespm.gob.mx/consultasenlineacespm/tarifasconsumo.aspx>