

## INFORMATIVO CIENTÍFICO N°3 / 2022

Elaborado por el Área Evaluación de Riesgo, ACHIPIA

La Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria (ACHIPIA) ha desarrollado un nuevo tipo de publicación denominada **Informativo Científico** cuya orientación es compartir con la comunidad científica y otros actores información de interés proveniente, por un lado, de estudios, evaluaciones de riesgo y otras publicaciones internacionales, así como de estudios o evaluaciones de riesgos realizadas por nuestra Agencia, vinculados con la inocuidad de los alimentos.

### RIESGOS EN LA UTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EL RIEGO DE CULTIVOS

El uso de aguas grises domiciliarias en la agricultura se ha convertido en una práctica común en países desarrollados y en vías de desarrollo como una manera de enfrentar la escasez hídrica. Si bien la reutilización de aguas trae beneficios a las comunidades, puede ir acompañada de efectos adversos directos para la salud humana si no son aplicadas medidas adecuadas.

Con un correcto manejo, las aguas grises pueden ser utilizadas en pasturas animales, irrigación de plantas o flores ornamentales, e incluso para irrigar cultivos de alimento que serán consumidos sin procesamientos adicionales.

La **definición de aguas grises** varía según los países (o dentro del mismo país como el caso de Estados Unidos) y diferentes organizaciones (Amman, 2006; Epa et al., 2012; World Health Organization., 2006). En general, se considera aguas grises a las **aguas domésticas** que no han sido tratadas ni contaminadas por las aguas del inodoro. Se incluye a las aguas originadas de **bañeras o duchas, lavabos, desagües de piso y lavadoras**. El agua proveniente de la cocina, incluyendo a la utilizada por las lavavajillas, puede no ser considerada como aguas grises debido a su alto contenido de materia orgánica. Esta, junto al agua originada de los inodoros, es comúnmente considerada como **aguas negras**, las cuales poseen una gran contaminación con material fecal.

La reutilización de aguas grises como fuente alternativa de agua, puede proporcionar **beneficios significativos a nivel económico, social y ambiental** (Sanz & Gawlik, 2014).

Dentro de los **finés de reutilización** de aguas residuales<sup>1</sup> más conocidos a nivel mundial se encuentran los urbanos, industriales, recreacionales, medioambientales, potables, y agrícolas. Sin embargo, se ha mencionado que las aguas grises deben ser **adecuadamente tratadas** previo a su reutilización (Masi et al., 2016).

Ejemplos de la reutilización de aguas en la agricultura se muestra en la siguiente Tabla:

**Tabla 1. Principales usos de aguas recicladas en la agricultura a nivel mundial**

<b>Uso Agrícola</b>	<b>Cultivos alimentarios no procesados; cultivos alimentarios procesados; pasturas para animales productores de leche o carne; forraje; cultivos de semillas; plantas o flores ornamentales; huertas; cultivos hidropónicos; acuicultura; vitivinicultura; invernaderos.</b>
---------------------	--

Las aguas grises (lavabo, bañera/ducha, y lavadora) corresponden a cerca del 61%-65% (Vuppaladadiyam et al., 2019) del total de aguas residuales generadas a nivel doméstico (aguas grises más inodoro, y cocina), representando una **fuentes significativa de agua** que puede ser reutilizada de manera segura y sustentable.

Su reutilización en irrigación debe considerar varios factores, incluyendo la **interacción sustrato-planta-agua**. La calidad de agua de irrigación, sensibilidad y tolerancia de la planta, características del suelo, y práctica de irrigación y drenaje son esenciales en la producción de cultivos (Epa et al., 2012).

Malas prácticas de aplicación de aguas grises pueden modificar las propiedades del suelo, dañar las plantaciones e incluso causar la contaminación de aguas subterráneas (Vuppaladadiyam et al., 2019).

Este tipo de agua tiende a tener concentraciones más altas de componentes a los cuales la zona de la raíz de la planta es más sensible (Epa et al., 2012).

---

<sup>1</sup> Reutilización de aguas residuales, las que pueden incluir aguas residuales urbanas, definidas como aguas residuales domésticas, o la mezcla de estas con aguas residuales industriales y/o escorrentía de agua lluvia.

Con el fin de evitar interacciones nocivas para el cultivo, las guías de reutilización de aguas grises señalan el considerar al menos los siguientes parámetros:

#### Tabla 2. Parámetros de calidad de agua a considerar en la reutilización de aguas grises

**pH, BOD5 (Demanda Bioquímica de O<sub>2</sub> de 5 días), TSS (Sólidos Suspendedos Totales), Turbidez, FC (Coliformes Fecales), TC (Coliformes Totales), N, NH<sub>4</sub>, P, Cl<sub>2</sub> residual, TDS (Sólidos Totales Disueltos)**

(Vuppaladadiyam et al., 2019).

#### Ejemplo de utilización de aguas grises en Chile

Con el fin de garantizar la disponibilidad y el acceso al agua, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) ha ejecutado una serie de proyectos en las comunas de Nogales, la Calera y Olmué para dar un uso productivo a las aguas grises en viviendas rurales:



Implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises que, mediante la **inyección de ozono**, permite el control microbiológico y de olores. Este proyecto, apoyado por INDAP permitió la reutilización 3 mil litros semanales de aguas provenientes de la ducha, lavadora y lavamanos, en la **irrigación de frutales** (INDAP, 2020)

#### DIRECTRICES DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)

La “Guía para el uso seguro de aguas residuales, excreta, y **aguas grises**” de la OMS (World Health Organization., 2006), incluye un análisis del uso de aguas recuperadas (*reclaimed water*) para irrigación. Esta ha sido amplia y exitosamente adoptada en Europa y otras regiones al proveer un estándar basado en la evaluación y gestión del riesgo. El enfoque de la OMS reconoce que el tratamiento convencional de aguas residuales puede no ser siempre factible, particularmente en

entornos con recursos limitados, y ofrece medidas alternativas que pueden reducir la carga de morbilidad del uso de aguas residuales.

El enfoque específico utilizado por las directrices de la OMS es:

- Definir una carga adicional máxima tolerable de enfermedad,
- Derivar riesgos tolerables de enfermedad e infección,
- Determinar la(s) reducción(es) de patógenos requerida(s) para asegurar que la enfermedad tolerable y los riesgos de infección no se excedan,
- Determinar cómo se pueden lograr las reducciones de patógenos requeridas, y
- Establecer un sistema para el monitoreo de verificación

## **NORMATIVA INTERNACIONAL**

No todos los países poseen estándares regulatorios establecidos exclusivamente para la reutilización de aguas grises, pero sí poseen guías referidas a aguas residuales convencionales tratadas, las cuales pueden ser utilizadas como base (Vuppaladadiyam et al., 2019).

En países como Japón, Australia, y Estados Unidos, el uso de aguas grises es una práctica común, donde ya existen definido estándares de reutilización. Europa por su parte, ha establecido recientemente regulaciones para toda la Unión Europea en la reutilización de aguas residuales, fijando requisitos mínimos de calidad.

## **ESTADOS UNIDOS**

Actualmente no existen regulaciones federales que rijan directamente las prácticas de la reutilización de aguas en Estados Unidos.

En su lugar, cada Estado puede adoptar reglas y desarrollar programas de reutilización de aguas para cumplir con sus necesidades específicas y asegurar que los proyectos sean diseñados, construidos y operados de manera de proteger el medio ambiente y la salud humana (Epa et al., 2012). Dentro de los estados que proporcionan regulaciones o guías específicas para el uso de aguas grises, se

encuentran Arizona, California, Connecticut, Colorado, Georgia, Montana, Nevada, New Mexico, New York, Massachusetts, Oregon, Texas, Utah, Washington, y Wyoming.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (US-EPA), clasifica la reutilización agrícola del agua en dos subcategorías: Cultivos alimentarios no procesados industrialmente, y cultivos procesados o no alimentarios:

- **Irrigación de Cultivos Alimentarios**

La irrigación de cultivos de alimentos con agua recuperada es común en Estados Unidos. Las regulaciones se establecen para minimizar riesgos de contaminación microbiana de los cultivos, especialmente aquellos que se consumen frescos, como lechugas, pepinos, y varias frutas. Cabe destacar, que estas son aguas que han sido tratadas, donde se puede asegurar que el agua utilizada para la irrigación es inocua.

- **Irrigación de Cultivo de Alimentos Procesados o Cultivos no Alimentarios**

Las regulaciones de irrigación de cultivos de semillas, industriales y forrajeros son en general menos restrictivas de aquellas regulaciones de irrigación de cultivos alimentarios, sin embargo, el agua utilizada aún necesita ser tratada previamente.

**Tabla 3. Calidad de agua requerida para su reutilización en cultivos, Estados Unidos**

<b>Parámetros</b>	<b>Cultivos no procesados industrialmente</b>	<b>Cultivos procesados industrialmente o no alimentarios</b>
<b>pH</b>	6.9-9.0	6.9-9.0
<b>BOD (mg/L)</b>	10.0	30.0
<b>Turbidez (NDU)</b>	2.0	Sin referencia
<b>TSS (mg/L)</b>	Sin referencia	30.0
<b>Coliformes fecales (UFC/ 100mL)</b>	No detectables	<200
<b>Cloro residual (mg/L)</b>	1.0	1.0

Fuente: (Epa et al., 2012)

En la mayoría de los estados, se requiere de tratamiento secundario seguido por desinfección; aun cuando también existen estados que no requieren desinfección si se cumplen ciertos requerimientos.

**Tabla 4. Tipos de tratamientos requeridos para la reutilización de agua en Estados Unidos**

Tipo de cultivo	Tipo de tratamiento requerido
<b>Cultivos no procesados industrialmente</b>	Tratamiento secundario seguido por filtración y desinfección
<b>Cultivos procesados industrialmente o no alimentarios</b>	Tratamiento secundario seguido por desinfección

Fuente: (Epa et al., 2012)

## EUROPA

La reutilización de aguas es común y exitosamente practicada en varios estados miembros de la Unión Europea (UE).

Recientemente ha entrado en vigor un **nuevo Reglamento** sobre los requisitos mínimos de reutilización de agua para irrigación agrícola. Esta nueva norma se aplicará a partir del **año 2023** y se espera que facilite la reutilización de agua en la UE (European Commission, 2020).

Esta norma, al igual que las guías de la US-EPA, define requisitos diferenciales para la reutilización de aguas para cultivos alimentarios que se consumen crudos y cultivos de alimentos que serán procesados. Sin embargo, la norma europea en lugar de utilizar coliformes fecales como indicador de contaminación microbiológica, fija límites para la **concentración de *E. coli*** (European Commission, 2020). Por ejemplo, toda agua que sea reutilizada en los cultivos alimentarios que se consuman crudos (y cuando la parte comestible esté en contacto directo con el agua) debe pasar por un **tratamiento secundario, filtración y desinfección** asegurando una concentración de ***E. coli* ≤ 10/100ml**.

## IMPACTO EN LA SALUD PÚBLICA DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN EL RIEGO DE CULTIVOS ALIMENTARIOS

Las aguas grises pueden estar contaminadas con **patógenos entéricos** y así poseer un riesgo en la salud si los cultivos alimentarios irrigados son consumidos crudos. Protozoos, bacterias, virus y helmintos pueden estar presentes en este tipo de aguas a través de la sanitización de manos luego del uso del inodoro, cambio de pañales en infantes, e incluso vegetales y carne cruda.

La Evaluación Cuantitativa del Riesgo Microbiológico (**QMRA** por sus siglas en inglés), es frecuentemente utilizada para definir los riesgos en la salud de varias prácticas asociadas a la reutilización de aguas. La OMS ha fijado un **máximo aceptable de  $10^{-6}$  Años de Vida Ajustados por Discapacidad<sup>2</sup> (DALY por sus siglas en inglés)**, por persona por año (pppy por sus siglas en inglés) para todas las enfermedades asociadas con el agua. En otras palabras, un máximo de un 0.1% de la población puede enfermarse cada año.

Los resultados señalados por estudios de QMRA respecto al nivel del riesgo que posee la reutilización de estas aguas en el cultivo de alimentos son dependientes de la fuente de agua utilizada, y también si se efectuó o no un tratamiento previo. Por ejemplo, en un escenario de irrigación de cultivos alimentarios con aguas grises tratadas provenientes de la bañera y lavadora, los valores DALY estuvieron dentro del límite aceptado por la OMS ( **$2.8 \times 10^{-8}$  -  $4.9 \times 10^{-8}$  y  $2.3 \times 10^{-12}$  -  $4.2 \times 10^{-12}$  DALYs pppy**), sin embargo, al utilizar aguas tratadas provenientes de la cocina, este límite fue sobre pasado ( **$4.9 \times 10^{-6}$  -  $4.3 \times 10^{-10}$  DALYs pppy**) (Shi et al., 2018). Otro QMRA en el uso de aguas grises no tratadas para regar vegetales cultivados en casa, la carga de enfermedad anual promedio varió **de  $10^{-10}$  a  $10^{-4}$  DALYs pppy** dependiendo de la fuente de aguas grises y comportamiento de lavado de vegetales (Barker et al., 2013).

Las aguas grises no solo pueden estar contaminadas con patógenos entéricos, sino también **contaminantes químicos** que pueden ser potencialmente perjudiciales para la salud. Los artículos como el champú, tinturas para el cabello, artículos de belleza como perfumes, pasta de dientes, y productos químicos de limpieza, son fuente de contaminantes de importancia crítica, como disruptores endocrinos, surfactantes, y solventes (Vuppaladiyam et al., 2019)

## CONCLUSIONES

- La reutilización de aguas grises en la irrigación de cultivos alimentarios es una práctica común a nivel mundial, donde es posible aprovechar de mejor manera el recurso hídrico.

---

<sup>2</sup> DALY: *Disability-adjusted life years* es un indicador de carga de morbilidad expresado como el número de años perdidos debido a enfermedad, discapacidad o muerte prematura.

- Se recomienda el tratamiento de las aguas previo a su reutilización con el fin de evitar el traspaso de microorganismos patógenos y contaminantes químicos a cultivos alimentarios que pueden ser consumidos crudos o procesados.
- Si bien Chile no posee una regulación oficial para el uso de aguas grises en la irrigación de alimentos, existen experiencias positivas como aquellas que se han implementado con el apoyo de INDAP en la irrigación de frutales, lo que resulta particularmente favorable en temporadas de sequía.

---

## FUENTE

- Amman, J. (2006). *Overview of greywater management Health considerations Discussed and approved at the regional consultation on national priorities and plans of action on management and reuse of wastewater.*
- Barker, S. F., O'Toole, J., Sinclair, M. I., Leder, K., Malawaraarachchi, M., & Hamilton, A. J. (2013). A probabilistic model of norovirus disease burden associated with greywater irrigation of home-produced lettuce in Melbourne, Australia. *Water Research*, 47(3), 1421–1432. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2012.12.012>
- Epa, U., Supply, W., Resources Division, W., & Smith, C. (2012). *2012 Guidelines for Water Reuse.*
- European Commission. (2020). *REGULATION (EU) 2020/741 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 May 2020 on minimum requirements for water reuse (Text with EEA relevance).*
- INDAP. (2020). *Agricultor de Olmué Juan Altamirano reutiliza agua de lavadora, ducha y lavamanos para regar sus frutales.* <https://www.indap.gob.cl/noticias/agricultor-de-olmue-juan-altamirano-reutiliza-agua-de-lavadora-ducha-y-lavamanos-para>
- Masi, F., Bresciani, R., Rizzo, A., Edathoot, A., Patwardhan, N., Panse, D., & Langergraber, G. (2016). Green walls for greywater treatment and recycling in dense urban areas: A case-study in Pune. *Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development*, 6(2), 342–347. <https://doi.org/10.2166/washdev.2016.019>
- Sanz, L. A., & Gawlik, B. M. (2014). *Water Reuse in Europe Relevant guidelines, needs for and barriers to innovation Third Main Title Line Third Line 2 0 1 4 Report EUR 26947 EN.* <https://doi.org/10.2788/29234>
- Shi, K. W., Wang, C. W., & Jiang, S. C. (2018). Quantitative microbial risk assessment of Greywater on-site reuse. *Science of The Total Environment*, 635, 1507–1519. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.04.197>
- Vuppaladadiyam, A. K., Merayo, N., Prinsen, P., Luque, R., Blanco, A., & Zhao, M. (2019). A review on greywater reuse: quality, risks, barriers and global scenarios. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 18, Issue 1, pp. 77–99). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-9487-9>
- World Health Organization. (2006). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta, and greywater.* World Health Organization.