

AGUAS GRISES: APORTES DE CEDEUS SOBRE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO, PERCEPCIÓN SOCIAL Y DESARROLLO DE NORMATIVAS EN CHILE

PARTE 2

AGUAS GRISES: APORTES DE CEDEUS SOBRE
TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO, PERCEPCIÓN SOCIAL
Y DESARROLLO DE NORMATIVAS EN CHILE
PARTE 2

© Centro de Desarrollo
Urbano Sustentable
CEDEUS

Autores

Carlos Gallardo, Ignacio Vargas, Jorge Gironás, María
Molinos, Rodolfo Bertoli

Diseño

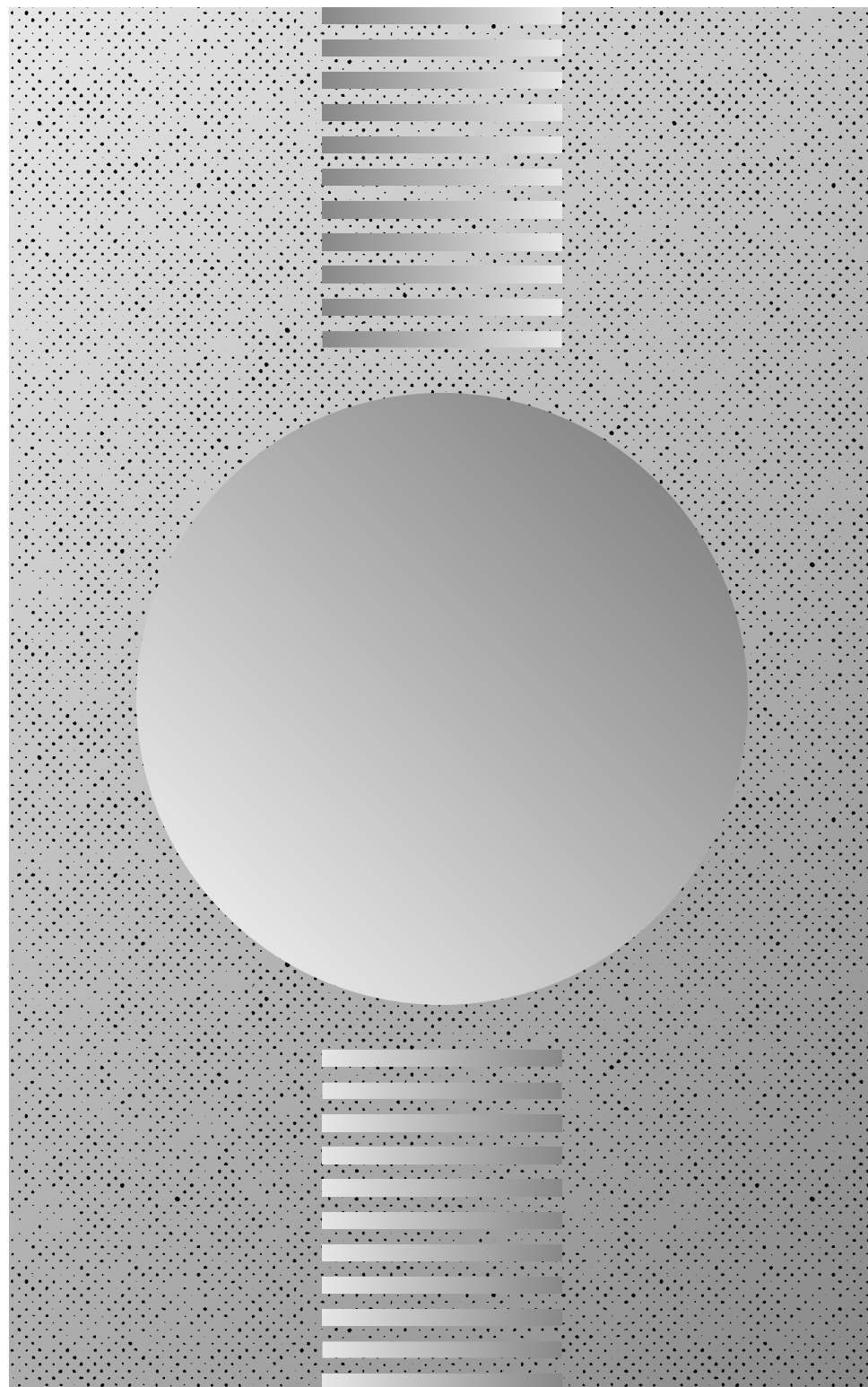
Nicolás Gutiérrez

Cómo citar este documento:

Gallardo, C., Vargas, I., Gironás, J., Molinos, M., Bertoli, R., (2024). *Aguas grises: aportes de CEDEUS sobre tecnologías de tratamiento, percepción social y desarrollo de normativas en Chile. Parte 2.* Síntesis de Investigación N°27. Centro de Desarrollo Urbano Sustentable, Santiago. <https://doi.org/10.7764/cedeus.si.27>



Atribución-NoComercial 4.0
Internacional (CC BY-NC 4.0)
Primera edición
Octubre 2024 / N°27



INTRODUCCIÓN

Actualmente, la escasez hídrica, debido a diversos factores (e.g., cambio climático, urbanización, crecimiento poblacional) compone un problema socioambiental bastante alarmante, el cual se asocia directamente con el deterioro de la calidad y agotamiento de fuentes de agua para distintos usos (Khajvand *et al*, 2022). Por estos motivos, el indagar en nuevas opciones para administrar este recurso de manera eficiente es primordial para combatir este alarmante escenario. Asimismo, los sistemas descentralizados se han posicionado como una alternativa sustentable y prometedora para el tratamiento y reúso de aguas residuales domésticas (Garrido-Baserba *et al*, 2018; Singh *et al*, 2015; Van de Walle *et al*, 2023). En este sentido, se ha impulsado el desarrollo de distintas tecnologías para el tratamiento de aguas grises (e.g., Araneda *et al*, 2018; Gallardo-Bustos, 2023; Tapia *et al*, 2022) y cumplir con el objetivo de gestionar eficientemente el ciclo urbano del agua.

Ahora bien, la aceptación pública es un factor determinante en el éxito de un proyecto de reúso de aguas grises, así como la adaptación de los sistemas escogidos a las condiciones ambientales, económicas y socioculturales de la zona (Massoud *et al*, 2009; Oteng-Peprah *et al*, 2018). Por otra parte, la existencia de normas que aseguren una buena calidad del agua tratada, regulen la implementación de sistemas de tratamiento y que garanticen un uso libre de riesgos para la salud de las personas es fundamental dentro de este contexto. El presente documento se enmarca en investigaciones realizadas por CEDEUS sobre la percepción pública respecto al reúso de aguas grises en Santiago de Chile y las contribuciones y avances en el desarrollo de nuevas normas chilenas referidas al reúso de aguas.

PERCEPCIÓN PÚBLICA SOBRE EL REÚSO DE AGUAS GRISES EN SANTIAGO

Junto con los aspectos tecnológicos y económicos, la adopción de sistemas de reutilización de aguas grises requiere de la aceptación por parte de la sociedad. En este contexto, conocer la percepción de la aceptabilidad en la reutilización de aguas grises en distintos usos es crucial, razón por la cual se realizaron una serie de estudios publicados en un conjunto de artículos recientes. En un primer estudio (Amaris *et al*, 2020), se reportan los resultados de una encuesta de percepción y se estudian las preferencias para la reutilización de aguas grises considerando las características sociodemográficas de los encuestados, los atributos cualitativos de apariencia del agua gris después de tratada (color y olor), el tipo de uso (riego de jardines, descarga de baño, lavado de ropa, lavado de manos, ducha y consumo bebestible) y las implicancias monetarias. Con el fin de modelar la heterogeneidad de las preferencias personales de los encuestados, se consideró además el impacto que tienen los constructos actitudinales de los individuos en la elección de sus preferencias (Amaris *et al*, 2021c), junto con una clasificación de la población en clases con patrones de preferencia diferentes, para poder estimar la probabilidad de que cierto individuo representado en cierta clase cambie, o no, sus preferencias por el uso de agua gris tratado dependiendo del escenario de reutilización (Amaris *et al*, 2021b).

Las encuestas se realizaron de manera presencial en una muestra compuesta por 510 hogares en 29 municipalidades de la Región Metropolitana de Santiago. Para ello, se utilizó la técnica de Preferencias Declaradas (*Stated Choice*), la cual permite medir las preferencias conside-

rando como base escenarios hipotéticos. Posteriormente, se analizaron los datos resultantes utilizando métodos econométricos de la familia de modelos de elección discreta. A continuación, se detalla algunas características de la encuesta y el modelo utilizado.

Encuesta presencial

En primer lugar, se presentó al encuestado un esquema donde se le explicaba el concepto de aguas grises y el funcionamiento de la tecnología dentro del hogar. En una segunda etapa, se realizaron preguntas sobre conocimiento, reacciones y confianza en las aguas grises tratadas. Al mismo tiempo, se realizaron seis preguntas sobre las actitudes de las personas asociadas a la gestión del recurso hídrico, en donde estos tenían que definir qué tan de acuerdo o en desacuerdo estaban con declaraciones como: “La protección del agua proveerá un mundo mejor para mí y mi familia”, “El agua y el medio ambiente deben ser protegidos por el bienestar de toda la población” o “Las afirmaciones de que hay una sequía son exageradas”, entre otras (Amaris *et al*, 2021c). En la tercera etapa, los encuestados debían leer una situación hipotética donde el individuo se mudaba a una vivienda que contaba con una tecnología para recuperar las aguas grises tan fácil de usar como un electrodoméstico del tipo lavadora. Esta situación, se fundamentaba en experiencias reales reportadas en literatura (Domènech and Saurí, 2010). Luego se mostraron seis situaciones de elección, en cada una de las cuales los encuestados debían elegir únicamente una alternativa entre un conjunto de tres. Las dos primeras alternativas involucraron la reutilización de aguas grises para un solo propósito dentro del hogar y el agua de la red convencional para todos los demás usos, mientras que la tercera era una opción representativa

de su situación actual, lo que implicaba destinar agua potable para todos los usos residenciales. Las alternativas de reutilización diferían entre sí en cuatro características: (1) nivel de color de las aguas después de tratadas, (2) nivel de olor de las aguas después de tratadas, (3) usos (descarga de baño, ducha/tina, lavado de manos, lavado de ropa, riego de jardín y consumo bebestible) para las aguas grises tratadas y (4) ahorro monetario esperado producto de un menor uso del agua potable. De esta forma los encuestados tuvieron que hacer compensaciones entre las diferentes características para seleccionar la alternativa de su preferencia. Finalmente, se hicieron 15 preguntas de caracterización de los encuestados (edad, género, ocupación, sueldo) y sus viviendas (presencia de jardines, número de habitaciones, baños, entre otros), junto con tres preguntas secuenciales sobre la disposición a instalar un sistema de reutilización de aguas grises dependiendo del costo percibido por el consumidor.

Reutilización de aguas grises

Se implementaron distintos enfoques metodológicos, correspondientes a diferentes modelos (i.e., modelo Logit mixto con componentes de error, modelo híbrido con variables latentes, y modelo de clases latentes), así como un análisis espacial de las predicciones para correlacionar las características sociodemográficas, las elecciones individuales y las características del agua gris que se define en cada alternativa. En general, la investigación está basada en la teoría de la utilidad aleatoria, la cual supone que el individuo actúa racionalmente cuando selecciona un bien o un producto. Cuanto mayor sea la utilidad, más probable es que se elija la alternativa. Los atributos indeseables (e.g., un agua gris más oscura) disminuyen la utilidad de una alternativa, mientras

que los atributos deseables (e.g., mayores ahorros monetarios) la aumentan. Luego de calcular la utilidad del individuo, se estima la probabilidad de elegir una opción específica. Se definió un gasto mensual umbral de \$ 20.000 para identificar individuos tipo T1 con bajo gasto de agua, y T2 con alto gasto de agua.

Principales resultados de la investigación

La reutilización residencial de aguas grises tratadas es influenciada por factores como la estética del agua y el potencial ahorro en la cuenta de agua. En general, las personas están dispuestas a aceptar aumentos en su cuenta de agua para usar aguas grises, lo que sugiere que la reducción del uso de agua también es una consideración importante. Las preferencias por la reutilización de aguas grises varían según las características sociodemográficas de las personas, como el género, la edad, el nivel educativo y el gasto de agua. Además, la exposición al agua parece influir en las preferencias de reutilización, especialmente en aquellos usos que requieren más y menos contacto humano, y cuando la apariencia del agua tratada es similar a la del agua potable. Como se observa en la Figura 1, la utilidad disminuye a medida que se consideran usos más directos, y cuando la coloración y el olor aumentan. En particular, la reutilización de aguas grises para beber requeriría una compensación del 18,9% en la factura de agua y la aceptación disminuye cuando la apariencia del agua tratada está por debajo del estándar del agua de la red. Por otra parte, la aceptabilidad de distintos tipos de reutilización de aguas grises entre los grupos socio-demográficos muestra que el conocimiento previo sobre la reutilización de agua ejerce una fuerte influencia positiva, lo cual implica una mayor probabilidad de reusar aguas grises tratadas. Por otra parte, las mujeres y las personas

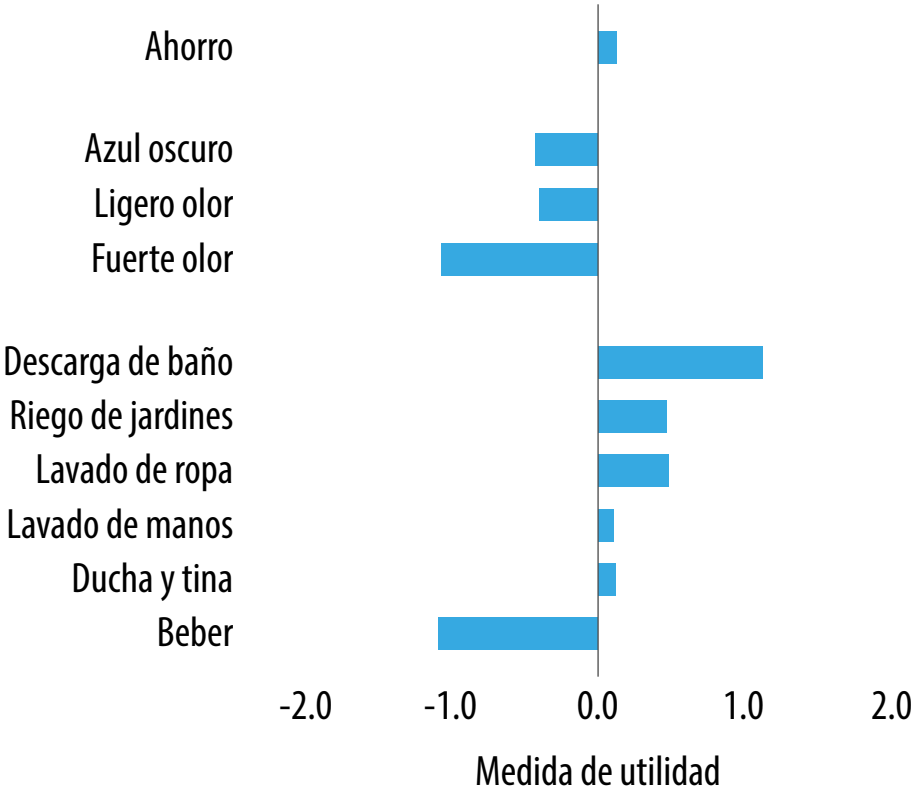


Figura 1: Utilidad de cada una de las características que describen las alternativas de reutilización.

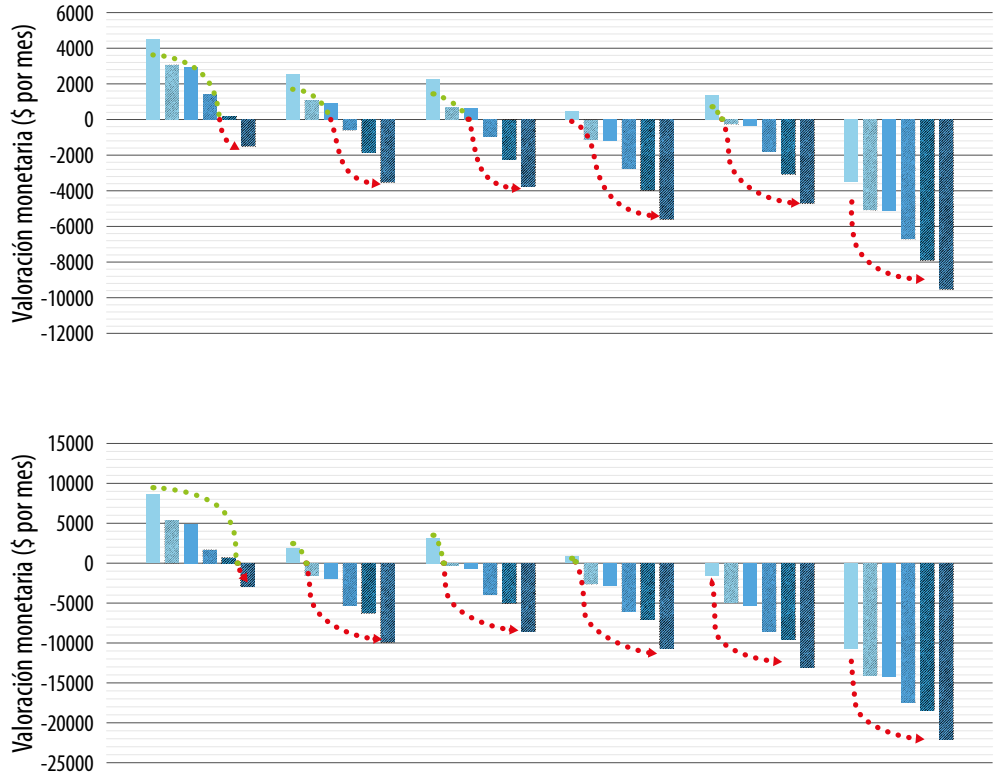
con menor nivel educacional tienen menos probabilidad de elegir esta opción.

La apariencia del agua gris tratada es altamente importante en la valoración económica de acuerdo con el uso, así como también del gasto de agua del hogar (Figura 2). En el caso de hogares con menores consumos de agua (grupo T1), la valoración monetaria es positiva para cuatro de los seis usos evaluados, siempre y cuando el agua tenga una apariencia similar al del agua potable. Las personas del grupo T1 también están dispuestas a aceptar variaciones leves en el olor y fuertes en el color del agua, lo cual indica que están dispuestos a pagar por tener disponible agua gris tratada para los tres usos de más indirecto contacto (descarga de baño, riego de jardines y lavado de ropa), mientras que, para aceptar reutilizar agua en usos de mayor contacto directo con la piel, requerirían una compensación de hasta \$10.000 al mes. El grupo T2 muestra una valoración monetaria positiva para tener disponible agua gris tratada para su uso en descarga de baños y acepta grandes variaciones en los niveles de color y una variación ligera de olor. Sin embargo, adicional al uso mencionado anteriormente, este grupo solo tendría valoraciones monetarias positivas para usar aguas grises en el riego de jardín y lavado de ropa, siempre y cuando el agua tenga una apariencia similar a la del agua potable.

En relación con los constructos actitudinales previos de los entrevistados, se reporta que la probabilidad de reúso para diferentes usos y atributos cualitativos varía según si el usuario tiene una actitud pro-reutilización o escéptica con respecto a la crisis hídrica. La significancia que la actitud tiene sobre esta probabilidad difiere para los diferentes posibles usos del agua

Grupo de bajo gasto de agua (T1)

Grupo de alto gasto de agua (T2)



Valor monetario de opciones de reúso en función de la calidad del agua

- Azul claro sin olor
- Azul claro ligero olor
- Azul oscuro sin olor
- Azul oscuro ligero olor
- Azul claro fuerte olor
- Azul oscuro fuerte olor

Valor monetario de opciones de reúso en función de la calidad del agua

- Azul claro sin olor
- Azul claro ligero olor
- Azul oscuro sin olor
- Azul oscuro ligero olor
- Azul claro fuerte olor
- Azul oscuro fuerte olor

Figura 2: Valor monetario de opciones de reúso de agua en función de la calidad del agua después de tratada.

gris tratada, encontrándose que, para usos menos directos, la actitud tiene un peso más significativo en la aceptación del reúso, mientras que para el beber, la actitud no es significativa en la aceptabilidad, siendo esta baja incluso cuando los entrevistados tienen una actitud pro-reutilización. Al mismo tiempo, en relación con la compensación monetaria que deberían recibir para aceptar la reutilización en casos de que el agua gris tratada tenga una calidad deteriorada, los grupos pro-reutilización requieren una menor compensación monetaria que los grupos escépticos (Amaris *et al*, 2021c).

Por otro lado, el modelo de asignación de clases (Amaris *et al*, 2021b) logra clasificar a los usuarios en cuatro clases: *entusiastas*, *escépticos*, *conscientes de la apariencia* y *conscientes del consumo de agua*, con una probabilidad de caer en ellas del 40%, 24%, 30% y 6%, respectivamente. La clase *entusiastas* tienen una percepción positiva para todos los usos, con disminuciones más leves en si la calidad del agua se deteriora en comparación con las otras clases. A nivel sociodemográfico, la probabilidad de pertenecer a esta clase aumenta para personas menores a 30 años, que viven en casas con jardín, tienen un nivel educacional alto o poseen un conocimiento previo sobre reutilización de aguas grises. La clase *escépticos*, que tiene una percepción negativa sobre la reutilización de aguas grises, baja su aceptabilidad considerablemente para usos donde el contacto con el agua es más directo (lavado de manos y duchas/tina), y cuando el agua tiene más olor a cloro. A nivel sociodemográfico, la probabilidad de pertenecer a esta clase aumenta cuando las personas tienen bajo nivel educacional, no tienen conocimiento previo de la reutilización, tienen más de 60 años o tienen bajo nivel de ingreso. Al mismo tiempo, esta probabilidad también aumenta para mujeres

o personas que viven con población sensible (niños pequeños y adultos mayores) dada la percepción del riesgo a la salud que se asocia a la utilización de agua distinta a la potable. La clase *conscientes de la apariencia* presentan una aceptabilidad positiva al reúso para el llenado de estanque, el riego y la lavadora, pero solo si el agua no tiene olor ni color, teniendo estos factores más peso sobre su utilidad percibida que los usos. A nivel sociodemográfico, la probabilidad de caer en esta clase aumenta para personas con niveles educacionales medios (escolar media), de edad entre 30 y 60 años o que viven solos. La clase *consciente del consumo de agua* presenta aumentos en la utilidad percibida cuando el agua gris tratada es usada en casos donde el consumo es mayor, como para el llenado de estanques y el riego de jardín, mientras que esto se ve influenciado por el color del agua. A nivel sociodemográfico, la probabilidad de caer en esta clase aumenta cuando la persona tiene nivel educativo superior (técnico o universitario), tiene conocimiento previo sobre la reutilización de aguas grises, vive en hogares con 3 a 5 personas, tienen una gran área de jardín o propiedades más grandes.

En términos de geolocalización dentro de la ciudad de Santiago, se encuentra que la clase *entusiastas* es más prevalente en comunas con altos ingresos y alta densidad poblacional como Ñuñoa, Providencia, La Reina y la zona este de Puente Alto. Por otro lado, la clase *escépticos de las aguas grises* es más predominante en comunas con niveles socioeconómicos medios bajos, bajos y muy bajos, en el noroeste de Santiago como Quilicura, Quinta Normal, Pudahuel y Lo Prado (Amaris *et al*, 2021a).

Por otro lado, con los datos de la encuesta y los modelos de elección híbrida y de clases latentes, se logró simular

la cantidad de agua gris que podría llegar a ser utilizada en la ciudad de Santiago, junto con el impacto de diferentes escenarios de política pública sobre esa cantidad de agua gris utilizada. En primer lugar, se encontró que, considerando sólo los dos usos permitidos por la ley actual (riego de jardín y llenado de estanque), mucha del agua gris tratada se desperdiciaría al ser la oferta de agua gris tratada mucho mayor a la demanda, llevando a ineficiencias dentro del sistema. El caso más ineficiente ocurre si se considera el consumo de agua gris tratada de un hogar sin jardín, en invierno, donde solamente se permiten los dos usos reglamentarios, con un volumen promedio mensual de agua gris tratada disponible de 8.000 L aproximadamente, en contraste con una demanda de 1.900 L. Este último número aumenta a 4.400 L aproximadamente si se acepta un tercer uso para la lavadora. El caso más eficiente ocurre en un hogar con jardín, en verano, donde 11.300 L de agua gris tratada son producidos y 5.900 L de esta agua son utilizados solo para usos reglamentarios, o 6.100 L si se acepta el uso para lavadora (Amaris *et al*, 2021a).

Por último, los escenarios evaluados fueron cinco: (1) incentivos monetarios de un ahorro del 30% de la cuenta del agua, (2) concientización sobre el reúso de aguas grises en el hogar, (3) concientización educativa para remover el escepticismo al tratamiento y uso de las aguas grises basado en aspectos técnicos y de apariencia, (4) concientización educativa para remover el escepticismo al tratamiento y uso de las aguas grises basado en la desinformación previa y en los constructos actitudinales y (5) combinación de todos los escenarios anteriores. Se reportó que frente a todos los escenarios hay un aumento en la aceptabilidad de agua gris, siendo este aumento mayor en los escenarios donde se desea

remover el escepticismo por medio de la educación (3 y 4) en comparación con la ayuda monetaria (1) y la concientización sobre el reúso de aguas grises en el hogar (2) (Amaris *et al*, 2021a).

Los resultados obtenidos podrían ser de relevancia para la ciudad de Santiago puesto que proporcionan una mejor comprensión del comportamiento individual, basado en la composición sociodemográfica de los hogares, sus actitudes y elecciones. Esto permitiría el desarrollo de estrategias más efectivas para aumentar la aceptación del reúso residencial de aguas grises y, por lo tanto, atraer a un mayor número de usuarios. Además, este estudio podría ser valioso para otras comunidades que estén interesadas en implementar y regular el reúso de aguas grises en áreas urbanas. Adicionalmente, los resultados relevan la importancia de eventualmente incluir en la normativa actual otros usos de contacto indirecto con las aguas grises tratadas, como el uso en lavadoras, junto con promover campañas educativas para mejorar la aceptabilidad y reducir el escepticismo y la desinformación con respecto a la temática.

Por último, cabe mencionar que la línea de investigación en percepción pública sobre reúso de aguas grises en Santiago proporcionó las directrices para desarrollar modelos que integran componentes sociales, económicas y técnicas del caso de estudio para la identificación de medidas con una perspectiva académico-teórica que permitan crear bases sólidas para fomentar la implementación de la reutilización de aguas grises como estrategia real a la gestión del agua. Además, se han dado los primeros pasos para predecir la eficacia de la regulación actual de aguas grises y compararla con otras normativas alternativas, con el objetivo de determinar

el potencial de la ciudad para implementar un sistema integrado de aguas grises y agua potable.

NORMAS CHILENAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUA

El estudio y elaboración de las normas técnicas chilenas (NCh) está a cargo del Instituto Nacional de Normalización (INN). El procedimiento regular que sigue el INN para elaborar una nueva norma NCh incluye los siguientes pasos: Consulta pública, capacitación del comité técnico, reuniones del comité técnico y aprobación del proyecto de normalización por parte del Consejo del INN. Dentro de la plataforma web del INN donde se publica el proyecto de norma para la consulta pública, cada usuario puede aportar sugerencias dentro del plazo designado. A continuación, el comité técnico revisa los comentarios recibidos durante la consulta pública y llega a un consenso. Luego de este consenso, se elabora una versión final de la norma en estudio para su aprobación por los miembros del comité. Por último, el Consejo del INN aprueba la norma basándose en las aprobaciones del comité técnico.

Teniendo en cuenta la experiencia ganada en las distintas investigaciones desarrolladas en la temática de aguas grises urbanas ya descritas, CEDEUS ha participado activamente en las etapas de consulta pública y como miembro del comité técnico en un compendio de proyectos de normas en el área de reúso de agua, las cuales se detallan a continuación:

1) NCh3580 Reutilización de aguas - Selección de sistemas de reutilización de aguas lluvias y aguas grises. Entrega recomendaciones para seleccionar sistemas de recolección y reutilización de agua apli-

cado a dependencias residenciales y no residenciales, considerando la gestión de aguas, la infraestructura de suministro de agua y el saneamiento.

2) NCh3581 Reutilización de agua residual de origen doméstico - Calidad estándar del agua regenerada para el consumo municipal misceláneo de agua. Especifica requisitos de calidad del agua y muestreo, así como métodos de análisis para la reutilización de agua residual de origen doméstico en el consumo municipal misceláneo (descargas de inodoros, limpieza de espacios públicos y vehículos, combate de incendios y obras de construcción).

3) NCh3582 Reutilización de agua residual de origen doméstico - Calidad estándar del agua regenerada para irrigación de áreas verdes. Especifica requisitos de calidad del agua, muestreo y métodos de análisis para la reutilización de agua residual de origen doméstico en el riego de áreas verdes (excluyendo la irrigación de productos comestibles).

4) NCh3583 Reutilización de Agua residual de origen doméstico - Definiciones y clasificación estándar. Define categorías y campo de aplicación en base a los propósitos para los cuales se reutiliza el agua residual de origen doméstico, considerando la planificación, gestión y diseño de ingeniería.

5) NCh3452 Reúso de aguas residuales tratadas para riego - Directrices para la adaptación de sistemas y prácticas de riego a aguas residuales tratadas. Entrega directrices sobre cómo ajustar equipos de riego para permitir la utilización directa de las aguas residuales tratadas para el riego,

considerando los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales tratadas que permita funcionamiento continuo y óptimo de los sistemas de riego.

6) NCh3674 Reúso de agua - Vocabulario: Define términos que se utilizan comúnmente en el reúso de agua con el fin de asegurar un criterio coherente en lo referente a las actividades de reúso de agua.

7) NCh3465 Reúso de agua en zonas urbanas - Directrices para el reúso y evaluación de seguridad - Métodos y parámetros para su evaluación. Entrega recomendaciones para la evaluación de seguridad y parámetros de aceptación pública para el reúso de agua servidas tratadas con fines riego de paisaje urbano, parques y jardines, uso industrial, descarga de inodoros y urinarios, combate contra el fuego, uso recreacional sin contacto directo y lavado de vehículos, excluyendo uso potable y en actividades agrícolas.

8) NCh3483 Directrices para la clasificación del grado de calidad del agua para el reúso de agua. Entrega directrices para la clasificación del grado de calidad del agua basándose en el tipo aplicación del reúso de agua no potable y el nivel de exposición de los usuarios. Además, recomienda avisos gráficos que deberían ser exhibidos en los lugares donde se reúsa el agua.

9) NCh3456/1 Directrices para el uso de aguas residuales tratadas para proyectos de riego-Parte 1 Base de un proyecto de reúso para riego. Se refiere a recomendaciones para el desarrollo y la ejecución de proyectos que pretenden utilizar aguas residuales tratadas para el riego de cultivos agrícolas, jardines

públicos y privados, considerando parámetros del clima, el suelo y de calidad de agua.

10) NCh3456/2 Directrices para el uso de aguas residuales tratadas para proyectos de riego - Parte 2 Desarrollo del proyecto. Menciona criterios para el diseño de proyectos de riego con aguas residuales tratadas relacionados con prevenir los riesgos para la población que tenga contacto directo o indirecto con las aguas residuales tratadas o con cualquier producto que estuvo en contacto con aguas residuales tratadas.

11) NCh3435 Actividades de servicio relacionadas con sistemas de suministro de agua potable, aguas residuales y agua pluvial - Vocabulario. Define conceptos que constituyen un vocabulario común para las diferentes partes interesadas en la provisión de servicios de agua, con respecto a temas relacionados principalmente con organizaciones prestadoras y tipos, volúmenes y usos de agua.

12) NCh3462 Reúso de agua en zonas urbanas - Directrices para un sistema centralizado de reúso de agua - Parte 1 Principios de diseño de un sistema centralizado de reúso de agua. Entrega directrices para la planificación y diseño de sistemas centralizados de reúso de agua en zonas urbanas aplicable en los distintos componentes del sistema de reciclaje de agua (fuente, tratamiento, almacenamiento, distribución, operación y monitoreo).

13) NCh3462 Reúso de agua en zonas urbanas - Directrices para un sistema centralizado de reúso del agua - Parte 2 Gestión de un sistema centralizado de reúso del agua. Se refiere a principios y metodologías

para la gestión en un sistema centralizado de reúso de agua, describiendo elementos relacionados con problemas de gestión de un sistema centralizado y recomendando acciones ante incidencias, emergencias y monitoreo.

Estas normas van en sincronía con lo exigido tanto en la Ley N°21.075 que regula la recolección, reutilización y disposición de aguas grises en Chile¹, así como en el reglamento de esta que aún está en discusión, velando principalmente por una correcta estructuración de los sistemas de reutilización de aguas que aseguren la salud pública. Esto se observa en las normas, al considerar elementos como la infraestructura, el monitoreo y calidad, la prevención y el conocimiento cultural de los sistemas de reutilización de aguas residuales y aguas grises. Estas normas permiten que diferentes actores involucrados en la gestión del recurso hídrico (municipalidades, establecimientos públicos, instituciones, industrias y sectores productivos), consideren la opción de reducir su huella hídrica de una manera estandarizada y fiscalizable.

Recientemente se aprobó una modificación de la Ley N°21.075, permitiendo el uso de agua gris tratada para el riego agrícola, específicamente el riego de especies arbóreas o arbustivas frutales, cereales, cultivos industriales, viveros, cultivos de plantas leñosas, cultivos ornamentales, cultivos de flores, praderas y producción de semillas. En este contexto, se evidencia la necesidad de ir desarrollando y actualizando la normativa de

manera sincrónica con el desarrollo cultural y tecnológico de los sistemas de reutilización de aguas grises

REFERENCIAS

- Amaris, G., Dawson, R., Gironás, J., Hess, S., Ortúzar, J. de D., 2020.** *Understanding the preferences for different types of urban greywater uses and the impact of qualitative attributes*. Water Res 184. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116007>
- Amaris, G., Dawson, R., Gironás, J., Hess, S., Ortúzar, J. de D., 2021a.** *From mathematical models to policy design: Predicting greywater reuse scheme effectiveness and water reclamation benefits based on individuals' preferences*. Sustain Cities Soc 74. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103132>
- Amaris, G., Gironás, J., Hess, S., Ortúzar, J. de D., 2021b.** *Capturing and analysing heterogeneity in residential greywater reuse preferences using a latent class model*. J Environ Manage 279. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111673>
- Amaris, G., Hess, S., Gironás, J., Ortúzar, J. de D., 2021c.** *Using hybrid choice models to capture the impact of attitudes on residential greywater reuse preferences*. Resour Conserv Recycl 164. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105171>
- Araneda, I., Tapia, N., Lizama Allende, K., Vargas, I., 2018.** *Constructed Wetland-Microbial Fuel Cells for Sustainable Greywater Treatment*. Water (Basel) 10, 940. <https://doi.org/10.3390/w10070940>
- Domènech, L., Saurí, D., 2010.** *Socio-technical transitions in water scarcity contexts: Public acceptance of greywater reuse technologies in the Metropolitan Area of Barcelona*. Resour Conserv Recycl 55, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.07.001>
- Gallardo-Bustos, C., 2023.** *Scalable Microbial Fuel Cell Coupled With Granular Activated Carbon For Decentralized Greywater Treatment*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Garrido-Baserba, M., Vinardell, S., Molinos-Senante, M., Rosso, D., Poch, M., 2018.** *The Economics of Wastewater Treatment Decentralization: A Techno-economic Evaluation*. Environ Sci Technol 52, 8965–8976. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01623>
- Khajvand, M., Mostafazadeh, A.K., Drogui, P., Tyagi, R.D., 2022.** *Management of greywater: environmental impact, treatment, resource recovery, water recycling, and decentralization*. Water Science and Technology 86, 909–937. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.226>
- Massoud, M.A., Tarhini, A., Nasr, J.A., 2009.** *Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries*. J Environ Manage 90, 652–659. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>
- Oteng-Pepurah, M., Acheampong, M.A., deVries, N.K., 2018.** *Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception—a Review*. Water Air Soil Pollut 229. <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3909-8>

¹ La Ley N°21.075 fue aprobada en febrero de 2018 y tiene por objeto regular la recolección y disposición de las aguas servidas domésticas, en las áreas urbanas y rurales, con el propósito de ahorrar y reutilizar el vital elemento (BCN, 2018).

Singh, N.K., Kazmi, A.A., Starkl, M., 2015. *A review on full-scale decentralized wastewater treatment systems: Techno-economical approach.* Water Science and Technology. <https://doi.org/10.2166/wst.2014.413>

Tapia, N., Rojas, C., Bonilla, C., Vargas, I., 2017. *A New Method for Sensing Soil Water Content in Green Roofs Using Plant Microbial Fuel Cells.* Sensors 18, 71. <https://doi.org/10.3390/s18010071>

Van de Walle, A., Kim, M., Alam, M.K., Wang, X., Wu, D., Dash, S.R., Rabaey, K., Kim, J., 2023. *Greywater reuse as a key enabler for improving urban wastewater management.* Environmental Science and Ecotechnology. <https://doi.org/10.1016/j.es.2023.100277>



SÍNTESIS DE INVESTIGACIÓN
