

EFICIENCIA HÍDRICA EN LA VIVIENDA

• Yerko Castillo-Ávalos* • Adriano Rovira-Pinto •
Universidad Austral de Chile

*Autor de correspondencia

Resumen

En este estudio se calcula de manera comparativa el ahorro potencial de agua que se produciría mediante la implementación de distintas medidas y sistemas que reducen, optimizan y recirculan el consumo de agua en el domicilio. Este cálculo se realiza con base en supuestos del consumo relacionados con los usos específicos del agua en la vivienda, su respectivo arranque y el ahorro relativo que se produce al implementar una medida de ahorro *versus* ninguna medida. Los resultados muestran que se pueden satisfacer las mismas necesidades usando menos agua y con un excedente de agua recirculada que puede ser aprovechada de otras maneras.

Palabras clave: agua, eficiencia hídrica, agua domiciliaria, ahorro hídrico, recirculación.

Introducción

El agua es un elemento que sustenta la vida en todas sus formas, y, por ende, un elemento que debe ser utilizado de la mejor forma posible, para garantizar el adecuado suministro de agua dulce para todos los sistemas que dependen de ella.

El uso y apropiamiento por parte de los sistemas de consumo humanos han ejercido una presión creciente sobre los sistemas hídricos a lo largo de la historia; sin embargo, en nuestros días, esta apropiación está generando desequilibrios importantes en los sistemas biológicos, ya sea por sobreexplotación (WWE, 2008) o por contaminación (UNEP, 2006) de dichos recursos.

El aumento sostenido de la población mundial hace que exista una demanda creciente por agua para distintos usos humanos (agrícola, domiciliario, industrial), lo que hace muy pertinente el desarrollo de sistemas y medidas que permitan ahorrar agua. Por otra parte, dentro de las metas del milenio planteadas por las Naciones Unidas, se establece que se debe mejorar el acceso al agua potable y saneamiento

básico de la población mundial (WHO, 2008), lo cual implica un aumento en la demanda o un uso más eficiente del agua dulce mundial.

El creciente aumento en la demanda sobre un recurso hídrico que es limitado y cada vez requerido para una mayor cantidad de usos pone de manifiesto el hecho de que se deben buscar formas más eficientes para aprovecharlo de mejor manera y tomar medidas que permitan usar menos agua en cualquier proceso o actividad, para la conservación y mejoramiento de los recursos hídricos (Sánchez y Sánchez, 2004). Implementar construcciones sustentables que generen bajo impacto en el entorno, que ahorren recursos y energía en las distintas fases de construcción y habitación, surge como una demanda emergente (ISTAS, 2005) y es un mercado de alto crecimiento en los últimos años, con un gran potencial a futuro (UNEP, 2008).

Entre los distintos usos del agua, el más general alrededor del mundo es el domiciliario, ya que todos los seres humanos deben contar con agua para poder sobrevivir. El aseo personal y la preparación de alimentos son también usos con los que una gran parte de la población mundial se relaciona. Por esta razón, generar cambios en

los hábitos de consumo de agua puede ser una contribución importante de adaptación ante la creciente escasez futura.

Además existe un interés creciente en mantener hábitos de vida saludable y en armonía con el entorno, que apuntan a modificar la manera en que los seres humanos se relacionan con los sistemas naturales, para así asegurar la sustentabilidad de los ecosistemas, ya que la disponibilidad y manejo del agua es un tema relacionado de forma directa con la provisión de servicios ecosistémicos, bienestar humano y cambio climático (WRI, 2005), que se estima se agudizará en las próximas décadas (IPCC, 2007).

El ser humano extrae un 8% del total anual de agua dulce renovable y se apropia del 26% de la evapotranspiración anual y del 54% de las aguas de escorrentía accesibles. El control que ejerce la humanidad sobre las aguas de escorrentía es ahora global y desempeña hoy día un papel importante en el ciclo hidrológico. El consumo de agua per cápita aumenta (debido a la mejora de los niveles de vida), la población crece y, en consecuencia, el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva. Si se suman las variaciones espaciales y temporales del agua disponible, se puede decir que la cantidad de agua existente para todos los usos está comenzando a escasear y ello conduce a una crisis del agua (UNESCO, 2003).

Se estima que la producción global de aguas residuales al año es de aproximadamente 1 500 km³. Asumiendo que un litro de aguas residuales contamina ocho litros de agua dulce, la carga mundial anual de contaminación puede ascender actualmente a 12 000 km³. Como siempre, las poblaciones más pobres resultan las más afectadas, con un 50% de la población de los países en desarrollo expuesta a fuentes de agua contaminadas (UNESCO, 2003).

Este estudio calcula de forma comparativa los volúmenes potenciales de agua que se podrían ahorrar y recircular en la vivienda a escala individual, dentro de un contexto de escasez hídrica creciente, aumento poblacional

mundial e incremento de la demanda de construcciones sustentables que minimicen sus consumos e impactos sobre el entorno.

Método

Se identifican los distintos usos del agua domiciliar, entre los que se identifican los siguientes:

- Hidratación: agua que ingieren las personas, para satisfacer las necesidades biológicas humanas.
- Preparación de alimentos: agua utilizada para lavar, preparar y cocinar alimentos.
- Higiene personal: incluye ducha, lavado de cara, dientes y manos.
- Lavado de utensilios de cocina usados en la preparación de alimentos.
- Lavado de ropa a máquina.
- Transporte de desechos (WC): el agua utilizada en cada descarga del WC.
- Otros, como riego, lavado, recreación.

A partir de cada uso se establecen las salidas desde las cuales se obtiene el agua en la vivienda (en adelante se hará referencia a ellas como "arranques"), con el objeto de poder estimar los consumos de agua y la viabilidad de su recirculación.

A partir de cada arranque se definen unidades comparables, como "litros por descarga de estanque de WC" o "litros por minuto de ducha", a fin de poder comparar los distintos consumos y así sistematizar la información de consumo en litros de agua (cuadro 1).

El caso de otros usos, como riego, trapear el piso, lavar automóviles, bañar mascotas o usos recreacionales, no serán evaluados ni sus consumos ni medidas de ahorro, puesto que son usos particulares de cada usuario y dependen de una serie de variables (cultura o nivel socioeconómico), que hacen muy complejo hacer estimaciones de carácter general.

Para la comparación de los niveles de consumo se establecen dos perfiles de consumo: uno tradicional y otro ahorrador.

Cuadro 1. Usos, arranques y unidades.

Uso	Arranque	Unidad
Hidratación	Varios	litros/día
Cocinar alimentos	Llave cocina	litros/día
Lavar alimentos	Llave cocina	litros/minuto
Lavar utensilios a mano	Llave cocina	litros/minuto
Lavar utensilios a máquina	Llave cocina	litros/carga
Ducha	Ducha	litros/minuto
Lavado de dientes	Llave lavamanos	litros/minuto
Lavado de manos	Llave lavamanos	litros/minuto
Lavado de cara	Llave lavamanos	litros/minuto
WC	Estanque de WC	litros/descarga
Lavado de ropa a máquina	Llave logia	litros/kg carga

Cada perfil parte de una serie de supuestos acerca de lo que una persona consume al día en los distintos usos domésticos, si es que está todo el día en el hogar:

- El perfil tradicional busca representar los consumos de agua de una persona que satisface todas sus necesidades diarias de agua sin restringirse mayormente, pero tampoco siendo excesivo en su consumo.
- El perfil ahorrador busca representar lo que un consumidor utiliza para satisfacer todas sus necesidades diarias de agua, pero teniendo una conducta más restringida en cuanto al consumo, ya que tiene la motivación de limitar el uso del recurso agua por razones económicas, ecológicas o de escasez.

Con estas estimaciones se calculan los litros de agua que serían consumidos y cuántos de ellos pueden ser ahorrados mediante la implementación de medidas de ahorro para cada uso.

Resultados

Estimaciones de consumo de agua en la vivienda

Los cálculos acerca del consumo de agua en la vivienda se realizaron distinguiendo los

distintos usos. A cada uso le corresponde un arranque específico de la vivienda. Luego de identificar los arranques, se procedió a sistematizar la información referente a los consumos de los distintos arranques.

Para estimar los consumos de los arranques se midió del tiempo en que cada arranque a plena capacidad demora en llenar un depósito de un litro de agua, para posteriormente calcular el gasto de litros por minuto. Cabe destacar que todos los cálculos son estimaciones que buscan reflejar de la manera más fidedigna los gastos de cada arranque; dichos cálculos dependen de múltiples factores, como presión, temperatura, diámetro del arranque y tipo de arranque, entre otros. El cálculo de estos volúmenes de consumo son indicativos para evaluar y también recalcar que las estimaciones finales se harán respecto a las estimaciones del consumo, por lo que diferencias entre las estimaciones y las distintas realidades de los hogares son esperables, pero comparables.

La medición de consumos por arranque se realizó en la ciudad de Valdivia (Chile), donde la presión de agua es de 18 mca (metros columna de agua), unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura (1 mca = 9.81 kilopascal). Esta es la presión con que se opera en la ciudad de Valdivia (dato del 3 de diciembre 2008). Con estos valores se procede a calcular los gastos referenciales, asumiendo

que por lo general se utilizan los arranques a media capacidad, es decir, las llaves no abiertas al máximo de su capacidad sino a la mitad (cuadro 2).

En el caso del agua requerida para hidratación, White *et al.* (1972, citado en WHO, 2003) sugieren que 2.6 litros de agua por día se pierden a través de la respiración, sudor insensible, orina y defecación. Además una cantidad significativa de agua se pierde a través de sudor sensible si se realiza trabajo duro. Estas referencias llevan a sugerir que un mínimo diario de agua requerida en climas tropicales sería de tres litros por persona. Se hace notar que bajo condiciones extremas de trabajo duro a altas temperaturas al sol, este valor puede elevarse hasta 25 litros por día (WHO, 2003).

White *et al.* (1972), y Gleick (1996, citados en WHO, 2003) sugieren que un mínimo de tres litros por día per cápita se requiere para la hidratación de los adultos en la mayoría de las situaciones en países en vías de desarrollo o aquellos de clima tropical. Sin embargo, una actividad moderada al sol a 25 °C (por ejemplo, trabajo agrícola) requiere de unos 4.5 litros para mantener la hidratación. Aumenta a 6 litros a los 30 °C (White *et al.*, 1972, citado en WHO, 2003).

En el caso del agua requerida para la preparación de alimentos, definir los requerimientos de agua es difícil, dado que depende de la dieta y del papel del agua en la preparación. Un ejemplo puede ser el arroz, que tal vez represente la comida básica más consumida en el mundo. La mayoría de las pirámides alimenticias sugieren una ingesta de cereales de entre 600 y 1 100 gramos por día (Greame Clugston, comunicación personal, citado en WHO, 2003). Para preparar arroz,

usando el método de absorción (sólo se utiliza la suficiente agua para cocinar), se requieren 1.6 litros por cada 600 gramos (WHO, 2003).

Thompson *et al.* (2001, citado en WHO, 2003) indican que en África se usa entre 1.5 y 2 litros de agua per cápita por día para cocinar. Tomando en cuenta los requerimientos de hidratación (4.5 litros/cápita/día bajo condiciones de trabajo), se afirma que 6.5 litros/cápita/día son necesarios para suplir las necesidades humanas básicas para bebida y preparación de alimentos (WHO, 2003).

Por lo anterior, para las estimaciones de hidratación y cocción de alimentos, se utilizarán los valores de 4.5 litros por día para hidratación (asumiendo condiciones de trabajo normales) y dos litros para la cocción de alimentos, según las cantidades propuestas en WHO (2003).

Para el caso de los lavavajillas, se utilizaron los valores encontrados en la revisión de los manuales de distintos fabricantes de lavavajillas (cuadro 3).

Para los cálculos de consumo de lavavajillas hidroeeficientes se utilizará el dato de nueve litros por carga (12 juegos de cubiertos completos), y para las tradicionales se utilizará el valor de 13.5 litros por carga.

Con los consumos de lavadoras se hizo un análisis similar (cuadro 4).

Para los cálculos de consumo de lavadoras hidroeeficientes se utilizará el valor de seis litros por kilogramo de ropa; para el caso de las tradicionales, se tomará el valor de ocho litros por kilogramo de ropa a lavar.

En el caso de los WC, los estanques tienen una capacidad de entre 9 y 12 litros, por lo que se utilizará un valor de 10.5 litros/descarga para hacer los cálculos.

Cuadro 2. Estimación de consumos por arranque.

Arranque	Plena capacidad (litros/minuto)	Media capacidad (litros/minuto)
Llave cocina	17	8.5
Ducha	15	7.5
Llave lavamanos	12	6

Cuadro 3. Consumo por lavavajilla.

Marca	Consumo mínimo por carga (litros)
LG	14
Electrolux	14
Fensa	13
Fagor	14
Balay	9
Mademsa	Sin información

Cuadro 4. Consumo por lavadora.

Marca	Consumo mínimo (litros/kg)
LG	8.7
Mademsa	8.4
Whirlpool	8.1
Fensa	8
Miele	7.5
Edesa	7.3
LG (Steam)	6.5
Balay	6

Los valores que se utilizarán para los cálculos sobre el consumo sin medidas de ahorro son los que aparecen en el cuadro 5.

Para realizar el cálculo de consumo total se confeccionan perfiles de consumidores, en este caso uno tradicional y otro ahorrador. El objetivo es poder comparar los litros que pueden recircular y ahorrar. Estos perfiles son

meramente demostrativos, ya que cada perfil de consumo depende del usuario, cultura, clima, nivel socioeconómico y otras tantas variables que no pueden ser catalogadas dentro de perfiles definidos. Cada perfil tiene una serie de supuestos acerca de lo que una persona consume al día en los distintos usos domésticos.

Como ya se explicó, el perfil “tradicional” busca representar los consumos de agua de una persona que satisface todas sus necesidades diarias de agua sin restringirse mayormente, pero tampoco siendo excesivo en su consumo; mientras que el perfil “ahorrador” busca representar lo que un consumidor utiliza para satisfacer todas sus necesidades diarias de agua, pero teniendo una conducta más restringida en cuanto al consumo, ya que tiene la motivación de limitar el recurso agua por razones económicas, ecológicas o de escasez.

El perfil tradicional representa el consumo de una persona que utiliza el agua de la siguiente manera:

- Consume 4.5 litros diarios de agua.
- Utiliza dos litros diarios para cocinar alimentos.
- Lava alimentos una vez al día durante cinco minutos con la llave abierta.
- Lava la loza en un lavavajillas que carga cada dos días.

Cuadro 5. Estimación de consumos por uso.

Uso	Arranque	Unidad	Valor
Hidratación	Varios	Litros/día	4.5
Cocinar alimentos	Llave cocina	Litros/día	2
Lavar alimentos	Llave cocina	Litros/minuto	8.5
Lavar utensilios a mano	Llave cocina	Litros/minuto	8.5
Lavar utensilios a máquina	Llave cocina	Litros/carga	13.5
Ducha	Ducha	Litros/minuto	7.5
Lavado de dientes	Llave lavamanos	Litros/minuto	6
Lavado de manos	Llave lavamanos	Litros/minuto	6
Lavado de cara	Llave lavamanos	Litros/minuto	6
WC	Estanque de WC	Litros/descarga	10.5
Lavado de ropa a máquina	Llave lógica	Litros/kg carga	8

- Se ducha todos los días durante unos 15 minutos.
- Se lava los dientes tres veces al día durante tres minutos con la llave abierta.
- Se lava la cara y manos durante un minuto con la llave abierta tres veces al día.
- Utiliza el WC seis veces al día para orinar y una para defecar, y se lava las manos un minuto después de cada uso.
- Genera de manera aproximada 1 kilo de ropa sucia al día.
- Se lava la cara y manos durante un minuto, con la llave abierta tres veces al día.
- Utiliza el WC seis veces al día para orinar y una para defecar, y se lava las manos un minuto después de cada uso.
- Genera de manera aproximada 0.5 kilos de ropa sucia al día.

El perfil ahorrador representa el consumo de una persona que utiliza el agua de la siguiente manera:

- Consume 4.5 litros diarios de agua.
- Utiliza dos litros diarios para cocinar alimentos.
- Lava alimentos una vez al día durante tres minutos con la llave abierta.
- Lava la loza a mano una vez al día durante cinco minutos con la llave abierta.
- Se ducha todos los días durante unos cinco minutos.
- Se lava los dientes tres veces al día durante tres minutos, pero con la llave cerrada, que abre sólo para enjuagarse, por lo que se considerará como un minuto la llave abierta.

Estos perfiles se presentan en el cuadro 6. Con estos perfiles definidos se procede a calcular los gastos en litros que se consumen por día. Tomando los valores propuestos en el cuadro 5, los resultados son los que se presentan en el cuadro 7.

Las diferencias más notorias están relacionadas con el tiempo que permanece abierto un arranque (lavado de alimentos, ducha y lavado de dientes). También se nota una disparidad entre lavar los utensilios de cocina con un lavavajillas o a mano (6.75 *versus* 42.5 litros).

Estimaciones de ahorro de agua en la vivienda

Para comparar los ahorros potenciales se sistematizaron las distintas opciones de ahorro (el detalle de las medidas estudiadas se encuentra más adelante en el "Apéndice: medidas de ahorro"). La medida de ahorro "estanque"

Cuadro 6. Perfiles de consumo.

Uso	Unidad	Perfil tradicional		Perfil ahorrador	
		Cantidad	Veces/día	Cantidad	Veces/día
Hidratación	Litros	4.5	1	4.5	1
Cocinar alimentos	Litros	2	1	2	1
Lavar alimentos	Minutos	5	1	3	1
Lavar utensilios a mano	Minutos	/	/	5	1
Lavar utensilios a máquina	Carga	1	0.5	/	/
Ducha	Minutos	15	1	5	1
Lavado de dientes	Minutos	3	3	3	3
Lavado de cara y manos	Minutos	1	3	0.5	3
Lavado de manos	Minutos	1	7	0.5	7
WC orina	Descargas	/	6	/	6
WC heces	Descargas	/	1	/	1
Lavado de ropa a máquina	kg	1	1	0.5	1

Cuadro 7. Estimación de consumos.

Uso	Unidad	Perfil tradicional				Perfil ahorrador			
		Cantidad	Veces/día	litros/unidad	Litros/día	Cantidad	Veces/día	Litros/unidad	Litros/día
Hidratación	Litros	4.5	1	/	4.5	4.5	1	/	4.5
Cocinar alimentos	Litros	2	1	/	2	2	1	/	2
Lavar alimentos	Minutos	5	1	8.5	42.5	3	1	8.5	25.5
Lavar utensilios a mano	Minutos	/	/	8.5	0	5	1	8.5	42.5
Lavar utensilios a máquina	Carga	1	0.5	13.5	6.75	/	/	13.5	0
Ducha	Minutos	15	1	7.5	112.5	5	1	7.5	37.5
Lavado de dientes	Minutos	3	3	6	54	1	3	6	18
Lavado de cara y manos	Minutos	1	3	6	18	0.5	3	6	9
Lavado de manos	Minutos	1	7	6	42	0.5	7	6	21
WC orina	Descargas	/	6	10.5	63	/	6	10.5	63
WC heces	Descargas	/	1	10.5	10.5	/	1	10.5	10.5
Lavado de ropa a máquina	kg	1	1	8	8	0.5	1	8	4
Consumo total					363.75				237.5

Cuadro 8. Medidas de ahorro utilizadas en los cálculos.

Uso	Ahorro leve		Ahorro estricto	
	Medida	Consumo	Medida	Consumo
Lavar alimentos	Perlizador	4.6 l/min	Estanque	1 l
Lavar utensilios a mano	Perlizador	4.6 l/min	Estanque	2 l
Lavar utensilios a máquina	Lavavajilla eficiente	9 l/carga	Lavavajilla eficiente	9 l/carga
Ducha	Reductor volumétrico	6.8 l/min	Mango ahorrador	6.3 l/min
Lavado de dientes	Perlizador	4.6 l/min	Estanque	0.25 l
Lavado de cara	Perlizador	4.6 l/min	Estanque	0.5 l
Lavado de manos	Perlizador	4.6 l/min	Estanque	0.5 l
WC orina	WC inteligente	3 l/descarga	Ecosanitario	0
WC heces	WC inteligente	9 l/descarga	Ecosanitario	0
Lavado de ropa a máquina	Lavadora eficiente	6 l/kg	Lavadora eficiente	6 l/kg

se refiere a utilizar algún tipo de estanque o recipiente que acumule agua y se utilice en dicho uso, ya sea un vaso, olla, palangana,

etcétera. Se definen dos perfiles de ahorro: uno de ahorro leve y uno de ahorro estricto (cuadro 8).

A continuación se procede a calcular los consumos de los perfiles tradicional y ahorrador con las medidas de ahorro estrictas y leves. Para el caso de la medida “estaque”, se considera que el consumo es fijo, ya que no depende del tiempo que toma la operación. Los resultados se tienen en el cuadro 9.

Se puede apreciar que existe una diferencia importante entre lavar los utensilios de cocina en un lavavajillas y hacerlo con la llave corriendo (42.5 litros por día), siendo mucho más eficiente el lavavajillas (utilizándolo con una carga completa cada dos días, 6.75 litros por día en el caso de lavavajillas tradicional, 4.5 litros por día en el caso de lavavajillas eficiente). Sin embargo lavar la loza en recipiente es más eficiente aún (dos litros por día).

El lavado de dientes, caras y manos también muestra una diferencia muy importante, ya que pasa de un consumo acumulado de 114 litros por día (perfil tradicional sin ahorro) a 5.75 litros por día en los casos de ahorro estricto; un ahorro que puede llegar a ser de hasta 108.25 litros por día (114-5.75).

La implementación de un WC inteligente ahorra 46.5 litros por día (73.5-27); de implementarse sistemas ecosanitarios, el ahorro sería de 73.5 litros por día.

El mero cambio de conductas sin implementar medidas implica un ahorro de 126.25 litros por día (363.75-237.5). El cambio de conductas y la implementación de medidas de ahorro estrictas puede conllevar un ahorro de hasta 314 litros por día (363.75-49.75), lo que supone un consumo 7.3 veces menor de agua por día (363.75/49.75).

Recirculación de aguas

A continuación se analizan los volúmenes de agua que pueden ser recirculados, como también la demanda por agua recirculada. El uso del sanitario puede incorporar agua de una calidad menor incluso (GWP, 1998) (cuadro 10).

Para cada perfil de consumo (tradicional y ahorrador, con y sin medidas de ahorro), se procede a calcular cuánta del agua utilizada es recirculable y cuánta agua recirculada podría

Cuadro 9. Sistematización de estimaciones de consumos.

Usos	Perfil tradicional			Perfil ahorrador		
	Sin medidas de ahorro	Con medidas de ahorro leve	Con medidas de ahorro estricto	Sin medidas de ahorro	Con medidas de ahorro leve	Con medidas de ahorro estricto
Hidratación	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Cocinar alimentos	2	2	2	2	2	2
Lavar alimentos	42.5	23	2	25.5	13.8	1
Lavar utensilios a mano	0	0	0	42.5	23	2
Lavar utensilios a máquina	6.75	4.5	4.5	0	0	0
Ducha	112.5	102	94.5	37.5	34	31.5
Lavado de dientes	54	41.4	0.75	18	13.8	0.75
Lavado de cara	18	13.8	1.5	9	6.9	1.5
Lavado de manos	42	32.2	3.5	21	16.1	3.5
WC orina	63	18	0	63	18	0
WC heces	10.5	9	0	10.5	9	0
Lavado de ropa a máquina	8	6	6	4	3	3
Consumo total	363.75	256.4	119.25	237.5	144.1	49.75

Cuadro 10. Detalle sobre recirculación de agua para los distintos usos.

Uso	¿Es agua recirculable?	¿El uso admite agua recirculada?
Hidratación	No	No
Cocinar alimentos	No	No
Lavar alimentos	Sí	No
Lavar utensilios a mano	Sí	No
Lavar utensilios a máquina	Sí	No
Ducha	Sí	No
Lavado de dientes	Sí	No
Lavado de manos	Sí	No
Lavado de cara	Sí	No
WC	No	Sí
Lavado de ropa a máquina	Sí	No

ser utilizada; es decir, oferta y demanda del agua recirculada. Para este cálculo se utilizan los datos del cuadro 9, y se discrimina la disponibilidad de agua para recirculación y el uso de agua recirculada según los criterios del cuadro 10. En el cuadro 11 se presenta

como ejemplo el cálculo para el caso del perfil tradicional sin medidas de ahorro.

Para cada perfil de consumo (tradicional y ahorrador, con y sin medidas de ahorro) se repite este cálculo y en el cuadro 12 se entregan los resultados.

Cuadro 11. Estimación de oferta y demanda para recirculación de agua (perfil tradicional).

Uso	Litros/día	¿El agua es recirculable?	Litros reutilizables	¿Admite agua reutilizada?	Demanda por agua recirculada (litros por día)	Demanda por agua potable (litros por día)
Hidratación	4.5	No	0	No	0	4.5
Cocinar alimentos	2	No	0	No	0	2
Lavar alimentos	42.5	Sí	42.5	No	0	42.5
Lavar utensilios a mano	0	Sí	0	No	0	0
Lavar utensilios a máquina	6.75	Sí	6.75	No	0	6.75
Ducha	112.5	Sí	112.5	No	0	112.5
Lavado de dientes	54	Sí	54	No	0	54
Lavado de cara	18	Sí	18	No	0	18
Lavado de manos	42	Sí	42	No	0	42
WC orina	63	No	0	Sí	63	0
WC heces	10.5	No	0	Sí	10.5	0
Lavado de ropa a máquina	8	Sí	8	No	0	8
Total	363.75		283.75		73.5	290.25

Cuadro 12. Estimación de oferta y demanda para recirculación de agua.

Perfil tradicional	Total consumo litros por día	Total litros reciclables	Demanda por agua reciclada	Demanda por agua calidad potable	Excedente de agua reciclada
Sin medidas de ahorro	363.75	283.75	73.5	290.25	210.25
Con medidas de ahorro leve	256.4	222.9	27	229.4	195.9
Con medidas de ahorro estricto	119.25	112.75	0	119.25	112.75
Perfil ahorrador					
Sin medidas de ahorro	237.5	157.5	73.5	164	84
Con medidas de ahorro leve	144.1	110.6	27	117.1	83.6
Con medidas de ahorro estricto	49.75	43.25	0	49.75	43.25

El excedente de agua reciclada que no es utilizada en la vivienda puede ser un volumen considerable a tomar en cuenta en la toma de decisiones y que puede ser usada en donde se requiera calidad de agua menor a potable, como el riego de plantas de jardín, trapear el piso o lavar automóviles.

Discusión

El conjunto de antecedentes sistematizados en este estudio pueden ser utilizados para la toma de decisiones acerca de la implementación de los distintos sistemas de ahorro de agua, decisiones que dependen de una multiplicidad de patrones de consumo y factores socioculturales (como disponibilidad de agua, acceso a red de agua potable, disponibilidad de sistemas de saneamiento, viabilidad económica, necesidades y gustos del usuario, viabilidad cultural y cambios de conductas, entre otros). Los costos de implementación de cada sistema dependen de esta multiplicidad de factores y patrones, además de la disponibilidad y variabilidad de la oferta de los distintos sistemas disponibles.

Los ahorros de agua presentados en este estudio están calculados para individuos a escala domiciliaria. El efecto agregado en grupos familiares o grupos colectivos puede ser muy importante para la economía grupal. Implementar estos ahorros a escalas mayores (como urbana o regional) implica disminuciones considerables en el consumo domiciliario de agua, lo que supone un decremento de las presiones humanas sobre el entorno y los sistemas naturales, además de optimizar y aprovechar de la mejor manera posible un recurso tan preciado y limitado en el mundo como el agua dulce.

Puesto que existe una amplia gama de soluciones técnicas disponibles hoy día para ahorrar agua, la implementación de medidas concretas es una decisión que recae en los usuarios tanto de forma individual como colectiva. Impulsar políticas públicas de ahorro de agua domiciliaria por parte de los Estados se perfila como una necesidad cada vez más evidente en escenarios de escasez hídrica creciente, ya sea por su efecto concreto en la disponibilidad de agua, como por la creciente toma de conciencia de las personas hacia el cuidado de los recursos naturales y ecosistemas del planeta.

Agradecimientos

Al Centro de Estudios Ambientales (CEAM) y al Instituto de Geociencias, ambos pertenecientes a la Universidad Austral de Chile.

Apéndice: medidas de ahorro

Perlizadores

Dispositivos que se enroscan en la llave y generan un chorro de agua gasificado al mezclar agua con aire, manteniendo la misma presión o incluso aumentándola, en comparación con los sistemas tradicionales. Su ahorro depende del modelo, diámetro y presión de agua.

Por lo general, una llave suministra entre unos 15 y 20 litros por minuto; pero si se utiliza un dispositivo ahorrador, se puede reducir hasta llegar a un suministro de entre 4.6 y 8 litros por minuto (Ente Público del Agua, 2006).

Reductor volumétrico

Estos dispositivos limitan el caudal de la ducha hasta lograr suministros de hasta 6.8 litros por minuto, dependiendo de la presión, diámetro y diseño del reductor. Se pueden incorporar en la cañería o en el mango de la ducha, por lo que algunos incorporan un sistema giratorio que impide que la manguera se enrede y la protege de posibles roturas.

Mangos ahorradores para duchas

Dispositivos que mezclan agua con aire, un sistema similar al de los perlizadores, pero logrando un chorro más disperso. Por lo normal, una ducha suministra entre 15 y 20 litros por minuto; pero si se utiliza un dispositivo ahorrador, se puede reducir hasta lograr un suministro de entre 6.3 y 10.8 litros por minuto. Al instalarlo, el usuario percibirá que el caudal es el mismo e incluso que la presión de agua es mayor, pero se limitará el consumo real (Ente Público del Agua, 2006).

Cisternas con doble pulsador (WC inteligente)

Los dispositivos de doble descarga permiten discernir su consumo mediante dos pulsadores independientes. Con un pulsador se produce el vaciado total de la cisterna de entre 9 y 12 litros (vaciado utilizado para el transporte de las defecaciones), y con el otro pulsador se obtiene un vaciado parcial de tres litros (utilizado para transporte de orina).

La sola instalación de este equipo posibilita ahorrar más de la mitad del agua, en comparación con sistemas de descarga completa, gracias a la discriminación de uso, que para orina se asume al menos seis veces más utilizada que para deposiciones.

Ecosanitarios

El baño ecológico es un sistema de deposición de desechos humanos que separa la orina de las heces por medio de una taza separadora. No usa agua para su operación. Estos baños se usan en distintas partes del mundo, en especial en zonas rurales, pero también existen iniciativas y diseños para entornos urbanos (Winblad *et al.*, 2004). Una de sus principales limitaciones es que para poder utilizarlos de manera apropiada requieren de cambios en las conductas acostumbradas. La elección del mejor tipo de baño ecosanitario depende en gran medida del clima, temperatura, humedad, disponibilidad de recursos, disponibilidad de material seco (que se utiliza en el proceso de deshidratación), número de usuarios y condiciones de mantenimiento.

La materia fecal queda separada de la orina, permitiendo así su secado y posterior descomposición en una de las cámaras aisladas del ambiente, que adquiere temperatura y ventilación gracias a la captación de energía solar a través de las cubiertas de las cámaras y el tubo de ventilación. El producto final de las cámaras es un abono inocuo.

Las ventajas de este sistema son:

- No necesita agua para su funcionamiento.

- Puede ser integrado a una vivienda existente.
- No contamina el suelo ni las aguas subterráneas.
- Después de un año en reposo, el material que se genera en sus cámaras es inocuo e inodoro; por lo tanto, su manipulación no constituye un riesgo sanitario.
- Su diseño es adaptable a diferentes culturas locales.

Recibido: 16/07/2011

Aceptado: 16/10/2012

Referencias

- ENTE PÚBLICO DEL AGUA. *Presentación de la Ley 6/2006 de incremento de Medidas de Ahorro y Conservación Urbana del Agua de la Región de Murcia*. Murcia, España: Consejería de agricultura y agua. 2006. Disponible en *World Wide Web*: http://www.ecorresponsabilidad.es/pdfs/sala/seminarios/ponencia_amaliogarrido.pdf.
- GWP. *Water as a Social and Economic Good: How to Put the Principle into Practice*. Sweden: Global Water Partnership Technical Advisory Committee, 1998.
- ISTAS. *Guía de Construcción Sostenible*. España: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. 2005.
- IPCC. *Cambio climático 2007: las bases científicas, resumen para responsables de políticas*. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007.
- SÁNCHEZ, L. y SÁNCHEZ, A. *Uso eficiente del agua*. Países Bajos: IRC International Water and Sanitation Centre, 2004.
- UNESCO. *Agua para todos, agua para la vida, Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, resumen en español*. Francia: Ediciones UNESCO/Mundi-Prensa Libros. 2003.
- UNEP. *Water Quality Outlook*. Canada: United Nations Environment Programme/Global Environment Monitoring System/Water Programme Office, 2006.
- UNEP. *Green Jobs: towards decent work in a sustainable, low-carbon world*. Kenya: United Nations Environment Programme/International Labour Organization/International Organization of Employers/International Trade Union Confederation, 2008.
- WHO. *Domestic Water Quantity, Service, Level and Health*. Document Production Services. Switzerland: World Health Organization, 2003.
- WHO. *Regional and Global Costs of Attaining the Water Supply and Sanitation Target (Target 10) of the Millennium Development Goals*. Document Production Services. Switzerland: World Health Organization, 2008.
- WINBLAD, U., SIMPSONS-HEBERT, M., CALVERT, P., and MORGAN, P. *Ecological Sanitation*. Sweden: Stockholm Environment Institute, 2004.
- WRI. *Ecosistemas y bienestar humano: síntesis sobre desertificación, evaluación de los ecosistema del milenio*. Estados Unidos: World Resources Institute, 2005.
- WWF. *Informe Planeta Vivo 2008*. Colombia: World Wildlife Found/Zoological Society of London/Red de la Huella Global, 2008.

Abstract

CASTILLO-ÁVALOS, Y. & ROVIRA-PINTO, A. *Water efficiency at the household level. Water Technology and Sciences (in Spanish). Vol. IV, No. 4, September-October, 2013, pp. 159-171.*

This study compared potential water savings among various savings measures and steps to reduce, optimize and recycle water for consumption at the household level. This calculation was based on assumptions about specific uses of water in the home and the respective outflows and relative savings resulting from water savings measures versus no measures. The results show that the same needs can be satisfied using less water and with excess recycled water than can be used for other purposes.

Keywords: *water, water efficiency, domestic water, water savings, recycling.*

Dirección institucional de los autores

M.C. Yerko Castillo Ávalos

Centro de Estudios Ambientales de la Universidad Austral
de Chile
Sector Isla Teja, Los Ríos
Valdivia, CHILE
Teléfono: +56 (63) 221 915
yerko.castillo@yahoo.com

Dr. Adriano Rovira Pinto

Instituto de Geociencias de la Universidad Austral de Chile
Sector Isla Teja, Los Ríos
Valdivia, CHILE
Teléfono: +56 (63) 221 588
arovira@uach.cl