

Percepción del precio y estimación de la elasticidad-precio de la demanda de agua doméstica. Una nueva aproximación a partir de un caso de estudio en España

(versión 6 de mayo de 2025)

Ramón Barberán Ortí, Departamento de Economía Aplicada e Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA), Universidad de Zaragoza

Julio López Laborda, Departamento de Economía Aplicada e Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA), Universidad de Zaragoza

Fernando Rodrigo Saucó, Departamento de Economía Aplicada e Instituto Universitario de Investigación en Empleo, Sociedad Digital y Sostenibilidad (IEDIS), Universidad de Zaragoza

Resumen: Este trabajo contribuye a la literatura sobre la estimación de la elasticidad-precio de la demanda de agua doméstica, proponiendo y aplicando un enfoque metodológico diferente de los seguidos hasta la actualidad para especificar la variable de precio del agua. Se parte de la constatación de que los consumidores no conocen bien ni las tarifas que se les aplican, ni la cantidad de agua que consumen ni el coste de ese consumo, por lo que no parece realista basarse en los precios, marginales o medios, efectivos para explicar el comportamiento de los consumidores. En su lugar, utilizamos precios medios calculados con base en el consumo que los individuos creen realizar y en el coste que creen soportar y que declaran cuando se les pregunta por ello, es decir, utilizamos auténticos precios percibidos. Con base en una muestra de 1.500 hogares del municipio de Zaragoza (España), los resultados obtenidos en el análisis empírico muestran que la elasticidad es notablemente más reducida cuando utilizamos los precios percibidos (-0,13) que cuando se emplean los precios efectivos (-0,37/-0,94). El trabajo también muestra evidencia de que la elasticidad aumenta cuando lo hace el conocimiento de los hogares de su consumo de agua, en tanto que disminuye levemente al aumentar el conocimiento de su coste.

Palabras clave: agua residencial, tarifa, consumo, elasticidad-precio, precio percibido, precio efectivo.

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación del Instituto de Estudios Fiscales y el Gobierno de Aragón (proyecto S23_23R). También agradecen los útiles comentarios de Ignacio Moral Arce y Jorge Velilla Gambó, que han contribuido a enriquecer la parte aplicada del trabajo.

1. Introducción

El acceso a agua potable segura y limpia es un derecho humano fundamental, crucial para la salud, el desarrollo sostenible y la calidad de vida. Sin embargo, la creciente escasez de agua dulce y el aumento de la inseguridad sobre su disponibilidad en la cantidad, la calidad y el momento requeridos en muchas regiones del mundo no solo amenazan el bienestar humano, sino también la estabilidad económica, social y ambiental de las distintas comunidades. Esta crisis apela a la necesidad de la intervención pública para promover el ahorro de agua y la sostenibilidad de los recursos hídricos (OECD, 2012; UNEP, 2019). Así, las ciudades de todo el mundo deben adoptar medidas para gestionar los recursos hídricos ante el aumento de la población, la demanda de los consumidores de servicios intensivos en agua y el aumento de los costes (incluidos los costes ambientales) del desarrollo de nuevos suministros (Olmstead y Stavins, 2009).

La economía del agua emerge como un campo de estudio fundamental para comprender las complejas dinámicas relacionadas con la gestión, distribución y utilización eficiente de este recurso vital. Parece evidente que hay un conjunto de factores que determinan el consumo de agua potable en las ciudades, y que tienen que ver con determinantes tales como el tamaño de la población; el nivel de desarrollo y la especialización sectorial de las actividades económicas que se ubican en las distintas localidades; los patrones de urbanización y el tipo de vivienda predominante; el clima y la estacionalidad; el uso o no de tecnologías de bajo consumo y de reutilización de los recursos hídricos; los valores medioambientales compartidos por los ciudadanos; y, por supuesto, siendo este el factor que centra el interés de esta investigación, las tarifas y políticas de precios del agua.

Al respecto, hay consenso sobre la particular importancia de las políticas de gestión de la demanda de agua (World Bank, 1993; OECD, 2009, 2016; EEA, 2012). Los instrumentos de esta política se clasifican en términos generales en aquellos relacionados con el precio y los que no lo están (Lavee et al., 2013; Renwick y Archibald, 1998; Renwick y Green, 2000; Reynaud y Romano, 2018). Las políticas relacionadas con el precio incluyen las tarifas, las estructuras tarifarias y la facturación (Kenney et al., 2008), mientras que las políticas no relacionadas con el precio comprenden instrumentos como campañas de educación y concienciación pública, restricciones, medidas tecnológicas y medidas conductuales (Lavee et al., 2013; Inman y Jeffrey, 2006; Reynaud y Romano, 2018).

Entre estas políticas de gestión de la demanda, el protagonismo recae especialmente en los instrumentos económicos, en particular, en los precios o tarifas del agua, ya que no solo pueden contribuir a la sostenibilidad sino, también, a la eficiencia del uso de los recursos hídricos y a la equidad en la distribución de los costes de acceso a los mismos. Los instrumentos económicos son aplicados principalmente en los entornos urbanos, en el suministro de agua de red a hogares y empresas comerciales e industriales, donde el consumo de cada usuario queda registrado en un contador y resulta factible el cobro en función de la cantidad consumida.

La eficacia de los precios o tarifas del agua para incentivar la reducción del consumo de agua y promover un uso más eficiente depende directamente de la magnitud de la elasticidad-precio de la demanda. La literatura económica que estudia la elasticidad-precio de la demanda de agua de los hogares obtiene, en general, valores bajos e incluso no significativos (Arbués et al., 2003; Dalhuisen et al., 2003; Worthington y Hoffman, 2008; Nauges y Whittington, 2010; Sebri, 2014; Marzano et al., 2018). La más escasa literatura que se ocupa de la demanda industrial encuentra valores más elevados (Renzetti 1992; De Gispert 2004; Worthington 2010; Gracia-de-Rentería y Barberán 2021), aunque, si el cálculo de la elasticidad se hace por ramas de actividad, también abundan los valores no significativos, en particular, en las ramas menos intensivas en el uso de agua (Gracia-de-Rentería et al., 2019).

Uno de los factores que pueden estar influyendo en esos resultados es la calidad de la información con que cuentan los demandantes sobre el precio del agua. Esta circunstancia puede afectar a las elasticidades de las que informa la literatura por dos vías distintas, aunque relacionadas: por un lado, alterando el comportamiento de los consumidores y, por otro, condicionando la magnitud de las estimaciones de la elasticidad y la fiabilidad de estas.

En el primer caso, diversos estudios (Opaluch, 1982; Chicoine y Ramamurthy, 1986; Agthe et al. 1988, entre otros), han revelado una fuerte correlación entre un menor uso de agua y una mejor comprensión de las tarifas de precios. En concreto, como constatan Carter y Milon (2005) y Gaudin (2006), cabe esperar que un mayor desconocimiento del precio, al margen de su causa, vaya asociado a una menor sensibilidad de los consumidores a los cambios en el mismo y, por tanto, a la pérdida de eficacia de este instrumento de gestión de la demanda. De ahí la utilidad de investigar la realidad de la información de que disponen los consumidores sobre el precio, la tarifa y otras variables relacionadas, como el consumo y el coste del agua y, además, analizar los factores que influyen en que la calidad de esa información sea mayor o menor.

De ello ya nos ocupamos en una reciente investigación (Barberán et al. 2022), ampliando de ese modo la reducida literatura que hasta ese momento se había ocupado del tema: Hamilton (1985), Beal et al. (2013), Attari (2014), Fan et al. (2014) y Brent y Ward (2019), estudiando la relación entre consumo percibido y real de agua y sus factores determinantes; García-Valiñas et al. (2021), analizando la relación entre el consumo y el coste percibidos y reales, así como sus factores explicativos; Carter y Milon (2005), investigando la relación entre precio percibido y real, los factores determinantes del conocimiento del precio y el efecto que ese conocimiento tiene sobre el consumo y sobre la elasticidad-precio; Brent y Ward (2019), indagando sobre la percepción del consumo, el coste y el precio/tarifa, los factores determinantes de la relación entre percepción y realidad y, finalmente, el efecto que el suministro de información tiene sobre el consumo. En todos estos estudios se constata que los consumidores tienen un bajo nivel de percepción de las tarifas y un alto desconocimiento del precio, el consumo y el coste del agua. Ello estaría provocado tanto por la complejidad de las estructuras tarifarias que gravan el consumo de agua, como por el desinterés de los consumidores

derivado del hecho de que el coste del agua suele representar una porción muy pequeña de la renta de los hogares en los países desarrollados.

Por lo que se refiere a la calidad de las estimaciones de la elasticidad, el problema tiene que ver fundamentalmente, aunque no de manera exclusiva, con la especificación del precio en la función de demanda de agua, ya que tal decisión influye en los valores de las elasticidades estimadas y en su fiabilidad, tal y como se ha constatado, por ejemplo, en Espey et al. (1997), Dalhuisen et al. (2003), Sebri (2014) o Marzano et al. (2018). El problema de especificación de precios surge cuando los servicios públicos urbanos de agua aplican, como suele ser habitual, estructuras tarifarias no uniformes, cuyas consecuencias son que el precio marginal y el precio medio difieren para el mismo consumidor, y que el precio marginal no informa de los cambios inframarginales en la tarifa. En tales circunstancias, el investigador que aborda la estimación de la función de demanda de agua debe elegir entre precio marginal, precio medio, una combinación de ambos o alguna solución alternativa, además de dar una respuesta al problema de endogeneidad derivado del hecho de que el precio dependa de la cantidad de agua consumida.

En esa línea de investigación se ubica este trabajo. Nuestro propósito es contribuir a la literatura sobre la estimación de la elasticidad-precio de la demanda de agua doméstica, proponiendo y aplicando un enfoque metodológico diferente de los seguidos hasta la actualidad para especificar la variable de precio del agua. Puesto que las encuestas muestran de manera recurrente que los consumidores no conocen bien ni las tarifas que se les aplican, ni la cantidad de agua que consumen, ni el coste de ese consumo, no parece realista basarse en los precios efectivos, marginales o medios, para explicar su comportamiento. En su lugar, nosotros proponemos calcular los precios con base en el consumo que los individuos creen realizar y en el coste que creen soportar y que declaran cuando se les pregunta por ello. Nuestra propuesta se relaciona, por tanto, con la literatura que estima “precios percibidos”, aunque con la diferencia de que nosotros utilizamos realmente precios percibidos, mientras que los demás trabajos van orientados a determinar si los consumidores responden a precios medios o marginales convencionalmente especificados.

En lo que conocemos, este es el primer trabajo que estima elasticidades-precio de la demanda con el enfoque que hemos explicado, además de ser también el primero en mostrar evidencia de cómo afecta a la elasticidad el conocimiento por los consumidores de la cantidad de agua que consume su hogar y del coste de la misma. Para evaluar los resultados obtenidos, los compararemos con los alcanzados con el enfoque habitual basado en precios efectivos.

Esta propuesta metodológica la vamos a aplicar a la estimación de la elasticidad-precio del consumo de agua en la ciudad de Zaragoza (España). Para ello, contamos, además de con datos extraídos de la facturación del suministro de agua doméstica en el municipio de Zaragoza, con la información proporcionada por una encuesta que recoge la opinión de una muestra de hogares zaragozanos sobre el uso propio y el uso social del agua, con referencia al año 2012 (Barberán et al., 2022; Barberán,

2023). Dicha información demoscópica adicional nos permite, de forma singular, captar la posible influencia de estas opiniones sobre el consumo de agua. En particular, se preguntaba a los ciudadanos por la cantidad de agua que ellos creían que se consumía en su hogar y por el importe que ellos creían que pagaban por ese consumo, por lo que se puede inferir, a partir de esas cuantías percibidas, los precios medio y marginal percibidos por los encuestados y, desde ahí, estimar la elasticidad-precio-percibido en este caso concreto de estudio.

A partir de aquí, el trabajo se estructura como sigue. En la sección 2, revisamos la literatura que estima la elasticidad-precio de la demanda de agua con precios percibidos, y en la sección 3 presentamos el marco conceptual de nuestro trabajo. En la sección 4, describimos, en primer lugar, la base datos con la que contamos, relativa al servicio municipal de suministro de agua doméstica en la ciudad de Zaragoza y, a continuación, presentamos y discutimos las especificaciones y estimaciones de los ejercicios econométricos planteados. El principal resultado obtenido es que la elasticidad es notablemente más reducida cuando utilizamos los precios percibidos por los consumidores (-0,13) que cuando se emplean los precios efectivos (-0,37 o -0,94, dependiendo de la estimación). El trabajo también encuentra evidencia de que la elasticidad aumenta cuando lo hace el conocimiento de los hogares de su consumo de agua. La sección 5 resume las principales conclusiones del trabajo y discute algunas implicaciones de política.

2. Revisión de la literatura

Cuando los responsables de la formulación de políticas utilizan los precios para gestionar la demanda de agua, la variable clave de interés es la elasticidad-precio de la demanda (Olmstead y Stavins, 2009). Pero la exactitud de la estimación de esa elasticidad-precio condiciona la eficacia de las políticas de fijación de precios (House-Peters y Chang, 2011). En consecuencia, el perfeccionamiento de la modelización y la metodología de estimación de la función de demanda de agua, así como la aportación de nueva evidencia empírica, son contribuciones necesarias para la mejora de la gestión de este recurso.

La teoría del consumidor sostiene que el precio marginal es la señal más relevante en una función de demanda. Cuando los usuarios se enfrentan a tarifas uniformes en las que todas las unidades de consumo se gravan al mismo precio, y no existe una cuota fija, no hay diferencia entre el precio medio y el precio marginal. Sin embargo, los decisores públicos suelen utilizar las tarifas del agua para atender simultáneamente a objetivos diversos, como la eficiencia, la equidad, la sostenibilidad del recurso, la recuperación de costes y la accesibilidad al servicio (Barberán y Arbués, 2009; Calatrava et al., 2015; García-Valiñas, 2019; Picazo-Tadeo et al., 2020). Esto conduce a adoptar mayoritariamente estructuras tarifarias discontinuas, que suelen incluir una cuota fija y una cuota volumétrica en la que, frecuentemente, las distintas unidades de consumo se gravan a distintos precios, generalmente, mediante una tarifa creciente por bloques. El problema es que, en presencia de estructuras tarifarias

discontinuas, precio medio y marginal difieren y ambos dependen de la cantidad consumida; además, el precio marginal, al contrario que el medio, no informa de los posibles cambios inframarginales en la tarifa.

La literatura que se ocupa de la demanda de agua no es concluyente en cuanto a si los consumidores responden a los precios medios, a los marginales, a una combinación de ambos o a algún otro indicador del coste del agua, en unas condiciones en que los consumidores no disponen de información perfecta.

Las primeras estimaciones de la función de demanda de agua se basaban en el precio marginal, es decir, el precio correspondiente al bloque en el que se ubica la última unidad consumida por el usuario. No obstante, muy pronto se suscitó el debate sobre si esa especificación del precio era la adecuada (Howe y Linaweaver, 1967). Debate metodológico en el que han participado numerosos investigadores, entre otros, Gibbs (1978), Billings y Agthe (1980), Foster y Beattie (1981), Opaluch (1982), Nieswiadomy y Molina (1991), Barkatullah (1996), Martínez-Espiñeira (2003), Taylor et al. (2004), Ruijs et al. (2008), Baerenklau et al. (2014).

En el caso de los grandes consumidores de agua, es más probable que reaccionen al precio marginal, ya que su gasto en agua es elevado y sus costes de información asumibles, por lo que podrían obtener un beneficio neto si hacen un esfuerzo de comprensión de la estructura tarifaria y operan en consecuencia (Opaluch, 1982; Nieswiadomy y Molina, 1991). Sin embargo, para la mayoría de los pequeños consumidores, esta opción no es económicamente rentable, además de poco viable por falta de competencia técnica. En estas condiciones, algunos autores optan directamente por el precio medio, por considerar que es el que mejor representa la percepción que los consumidores tienen del precio (Foster y Beattie, 1981; Gaudin et al., 2001; Nauges y Thomas, 2003; Schleich y Hillenbrand, 2009). Pero ha habido una corriente importante de la literatura que ha propuesto y desarrollado reglas para la elección entre precio marginal y precio medio o la configuración de un precio compuesto o derivado de estos, tal y como exponemos seguidamente.

Adicionalmente, algunos autores han sugerido que la falta de información perfecta por parte de los consumidores, unida al desfase entre el momento del consumo y el del pago (debido a los procedimientos de lectura, facturación y cobro), podría ocasionar que aquellos no respondiesen a los precios vigentes en el periodo en que consumen sino a los precios retardados (Charney y Woodard, 1984; Opaluch, 1984, Arbués et al., 2004). En el mismo contexto de información imperfecta sobre tarifas y precios del agua en el que operan los consumidores, también se ha sugerido que es posible que estos se guíen por el coste total reflejado en su factura correspondiente a consumos pasados, en lugar de por los precios, debido a que dicha información les resulta más fácilmente accesible (Arbués et al. 2004; Wichman 2014, 2017).

El primer intento formalizado de afrontar el problema de la especificación del precio en presencia de estructuras tarifarias discontinuas se debe a Taylor (1975) y Nordin (1976), en el contexto de la

demanda de electricidad. En concreto, Taylor (1975) sugiere que incluir una sola variable de precio no es suficiente para reflejar el efecto renta impuesto por la estructura tarifaria en dos partes y por los cambios inframarginales en las estructuras tarifarias por bloques. Siguiendo esta sugerencia, Nordin (1976) propone añadir, junto al precio marginal, una prima de estructura tarifaria, definida como la diferencia entre el total de la factura y lo que habría sido la factura si todas las unidades se hubieran cobrado al precio marginal. A esta prima se le conoce en la literatura como variable diferencia y pretende incorporar en la estimación el efecto renta impuesto por la estructura tarifaria.

La especificación de Nordin ha sido objeto de controversia, llegando a calificarse de no significativa ni en sentido económico ni estadístico. La razón esencial sería que, si bien un consumidor perfectamente informado debería reaccionar al precio marginal y a la variable diferencia, la mayoría de los consumidores no estarán bien informados sobre la estructura tarifaria y sus cambios inframarginales, debido a los costes de la información y al pequeño peso de la variable diferencia en la renta del hogar (Billings y Agthe, 1980; Shin, 1985; Nieswiadomy y Molina, 1989, 1991).

Posteriormente, la cuestión sobre el precio al que los consumidores responden realmente pasa a ser considerada por diversos autores como una cuestión empírica que, por tanto, debería resolverse mediante pruebas con los datos disponibles (Foster y Beattie, 1981). Al respecto, en general, lo que se hace en la literatura (inicialmente referida a la demanda de electricidad) es introducir en las especificaciones tanto el tipo medio como el marginal, para determinar empíricamente cuál de los dos coeficientes es significativo.

El primero en proponer una prueba para comprobar si los consumidores reaccionan a los precios medios o marginales en el caso de tarifas por bloques fue Opaluch (1982, 1984), también desarrollada por Chicoine y Ramamurthy (1986). Sin embargo, la prueba de Opaluch fue criticada por basarse en una especificación lineal de la demanda de agua. Además, muchos trabajos que han implementado dicha prueba han arrojado resultados no concluyentes.

Opaluch (1982) emplea un enfoque teórico de la utilidad para derivar la función de demanda:

$$[1] \quad Q = B_0 + B_1 P_x + B_2 P_2 + B_3 \left[\frac{(P_1 - P_2) Q_1}{Q} \right] + B_4 [Y - (P_1 - P_2) Q_1]$$

donde Q representa las compras totales del bien sujeto a la fijación de precios por bloques, P_x representa un índice de precios para otros bienes relevantes, P_2 representa el precio de Q en el segundo bloque, que se supone que es el precio marginal (MP), P_1 representa el precio de Q en el primer bloque, Q_1 representa la cantidad del bien que está sujeta al precio del bloque inicial (P_1), e Y representa la renta total del consumidor. El precio medio, AP es:

$$[2] \quad AP = \frac{P_1 Q_1 + P_2 (Q - Q_1)}{Q}$$

que puede expresarse como:

$$[3] \quad AP = P_2 + \frac{(P_1 - P_2)Q_1}{Q}$$

Por lo tanto, la función de demanda [1] emplea una descomposición del precio medio y permite estimar coeficientes separados de cada uno de los componentes. Si los consumidores están "bien informados" y reaccionan a la estructura de la tarifa por bloques, es decir, al precio marginal, entonces $B_3=0$. Alternativamente, si los consumidores responden al precio medio, entonces $B_2 = B_3$.

Siguiendo con el intento de contrastar si los consumidores reaccionan al precio marginal o al precio medio, Shin (1985) propuso introducir un parámetro de percepción del precio, κ , en la estimación de la función de demanda de electricidad. Esta prueba se extendió rápidamente a la literatura sobre la demanda de agua. Según Shin, el precio percibido, P^* , puede escribirse de la siguiente manera:

$$[4] \quad P^* = MP \left(\frac{AP}{MP} \right)^\kappa$$

Así, cuando la estimación del parámetro de percepción del precio es igual a cero ($\kappa = 0$), el precio percibido es igual al precio marginal ($P^* = MP$), y cuando el parámetro de percepción del precio es igual a uno ($\kappa = 1$), el precio percibido es igual al precio medio ($P^* = AP$).

Aplicando este enfoque, Nieswiadomy y Molina (1991) utilizaron un modelo de percepción de precios para comparar tarifas por bloques crecientes y decrecientes, y encontraron que los clientes reaccionan a los precios marginales cuando se enfrentan a tasas por bloques crecientes y a los precios medios cuando se enfrentan a tarifas por bloques decrecientes.

Binet et al. (2014) desarrollan un enfoque generalizado del precio percibido de Shin. Así, suponiendo $AP < MP$, bajo una estructura tarifaria creciente por bloques, el precio percibido se encuentra entre el precio medio y el marginal si $0 < \kappa < 1$, mientras que $p < AP < MP$ cuando $\kappa > 1$ y $p > MP > AP$ cuando $\kappa < 0$.

Un punto de vista alternativo a los anteriores es el presentado por Ito (2014), que emplea la prueba integral (*Encompassing Test*) en el sector energético. Para ello, incluye precios marginales y medios en la estimación de la demanda, D , con cuatro resultados posibles en función de la significatividad de los coeficientes:

$$[5] \quad D = \lambda \cdot MP^{\beta_1} \cdot AP^{\beta_2}$$

En primer lugar, si el coeficiente estimado del precio marginal es significativo, pero no el del precio medio, se deduce que el precio percibido es el precio marginal, y viceversa. En segundo lugar, si los coeficientes estimados de los precios marginales y medios son significativos, entonces ambos precios deben especificarse en una ecuación de demanda para calcular sus coeficientes y comparar sus diferencias con respecto a la obtenida especificando solo un precio marginal o medio en la ecuación de demanda. Si la diferencia en los coeficientes estimados de los precios medios es mayor, se entiende que es probable que los consumidores respondan a los precios marginales, y viceversa. En tercer

lugar, si las diferencias en los coeficientes de precios marginal y medio en las dos regresiones no son notablemente diferentes, puede haber otro tipo de precio percibido o algún comportamiento poco común. En cuarto lugar, si ambos coeficientes de las regresiones de la ecuación de la demanda que incluye solo el precio marginal o el precio promedio no son significativos, indica que es probable que los consumidores no sean sensibles a los cambios de precios.

Adoptando esta aproximación, Ito (2014) examina empíricamente la posibilidad de que los consumidores respondan a su precio marginal esperado, tal y como predice el modelo económico estándar en un contexto de incertidumbre. Para determinar el grado de incertidumbre sobre el consumo mensual de los consumidores típicos, estima la varianza del logaritmo de la demanda condicionada a los efectos fijos de los hogares por mes y al logaritmo del consumo registrado, retardado un mes. La mediana del error cuadrático medio es de aproximadamente 0,2, lo que sugiere que el consumidor promedio puede predecir su consumo con un error estándar de alrededor del 20 por ciento. Sobre la base de esta estimación, Ito calcula el precio marginal esperado, asumiendo que los consumidores tienen errores con una desviación estándar del 20 por ciento de su consumo. Alternativamente, construye el precio marginal esperado asumiendo que el consumidor decide en función de los precios que están próximos a su consumo actual. El autor concluye que los consumidores responden al precio medio en lugar del precio marginal o al marginal esperado.

3. Marco conceptual

En esta rama de la literatura preocupada por la identificación de los precios percibidos se inserta nuestro trabajo, si bien adopta un enfoque diferente. Como hemos explicado más arriba, la literatura muestra consistentemente evidencia de que los consumidores tienen un conocimiento muy impreciso del agua que consumen y el coste de ese consumo, así como de la tarifa que se les aplica, por lo que es poco realista basarse en los precios efectivos, marginales o medios, para explicar el comportamiento de aquellos. En su lugar, nosotros proponemos calcular los precios con base en el consumo que los individuos creen realizar y en el coste que creen soportar y que declaran cuando se les pregunta por ello. Dado que contamos con información, obtenida mediante encuesta, de la percepción de los consumidores sobre la tarifa, el coste y el consumo de agua (Barberán et al., 2022; Barberán, 2023), podemos conocer directamente el precio percibido por aquellos, a partir del coste y la cantidad consumida declarados por los propios consumidores y comparar las elasticidades obtenidas con esta aproximación con las derivadas de las especificaciones más convencionales de los precios.

Por otra parte, nuestro análisis descarta la utilización del precio marginal y se centra exclusivamente en el precio medio. Como ya se ha señalado, la inmensa mayoría de los consumidores no están capacitados para conocer el precio marginal ni tienen incentivos para incurrir en los costes necesarios para hacerlo, dados los escasos beneficios que van a obtener. Con los datos de la encuesta que

manejamos, el 98,4% desconoce totalmente el precio más alto que se paga por metro cúbico según la tarifa del agua. De los que contestan, la mitad comete un error de percepción superior al 50% (Barberán et al., 2022). Algo mejores son los resultados relativos a la estructura de la tarifa: un 28,3% de los hogares sabe que el precio aumenta con el consumo, el 54,9% no responde y el 14,6% restante cree que el precio es constante o decreciente. Ante estas cifras, no parece realista admitir que el precio marginal pueda ser un factor determinante de la demanda de agua. De hecho, cuando hemos probado a incluir en las estimaciones este precio, el signo de su coeficiente ha resultado positivo, lo que contradice el análisis económico convencional, al suponer este resultado la caracterización del consumo de agua doméstica como un bien Giffen (Marzano et al., 2018 registran en su metaanálisis 32 estimaciones, de un total de 615, en las que la demanda aumenta con el precio).

En consecuencia, nuestras estimaciones se basan en el precio medio, que representa mejor la percepción que los consumidores tienen del precio del agua. Téngase en cuenta que un 36,5% de los encuestados manifiesta conocer la cantidad de agua que se consume en su hogar, aunque con diverso grado de acierto, y un 58%, el coste que soporta.

4. Estimación de la elasticidad-precio de la demanda

Nuestro objetivo es estimar la elasticidad-precio de la demanda de agua doméstica en la ciudad de Zaragoza, a partir de una especificación que construye unos precios percibidos con base en el consumo de agua que cada hogar ha creído realizar y el coste al que ha creído enfrentarse. Los resultados de esta estimación se contrastarán con los obtenidos en estimaciones de especificaciones en la que los precios se construyen de manera convencional, es decir, a través de los datos directos de facturación.

En esta sección, empezamos describiendo la base de datos utilizada. Seguidamente, presentamos y estimamos las especificaciones y discutimos los resultados obtenidos.

4.1. Base de datos y tarifa del agua

A continuación, ofrecemos una explicación sucinta acerca de la construcción de la base de datos que da soporte a las estimaciones econométricas. Esta base se construye a partir de distintas fuentes: en primer lugar, la información derivada de los datos de facturación del suministro de agua doméstica en el municipio de Zaragoza en el período 1996-2012, y, en segundo lugar, la que deriva de las respuestas a una encuesta sobre el consumo y coste del agua a una muestra de hogares del mismo municipio. Se trata de una encuesta a 1.500 hogares de Zaragoza que tiene 2012 como año de referencia. La muestra está diseñada para obtener información representativa de los hogares de la ciudad agrupados en cinco tamaños. De esta forma, la encuesta se lleva a cabo en 300 hogares de cada uno de los cinco tamaños considerados: uno, dos, tres, cuatro y cinco o más miembros (para más detalle, véase Barberán, 2023).

La información recopilada sobre cada uno de los hogares de la muestra se refiere a los siguientes ámbitos: las personas que integran el hogar y sus características, así como las características de su vivienda; la opinión e información que la persona de referencia del hogar tiene sobre el consumo, el coste y la tarifa del agua; y el consumo de agua registrado trimestralmente en el contador de agua de la vivienda. A este consumo se le ha aplicado la tarifa vigente, obteniendo así los datos sobre el coste del agua soportado por cada hogar y sobre el precio medio y marginal efectivo.

El consumo de agua doméstica está sujeto a una tasa cuya cuota se calcula mediante una tarifa en dos partes, con una parte fija y una parte variable (Ayuntamiento de Zaragoza, 2012). El importe de la cuota fija depende del calibre del contador instalado en cada vivienda para controlar el agua consumida. El importe de la cuota variable depende de la cantidad de agua efectivamente consumida según el registro de ese contador. A su vez, cada una de esas dos partes de la tarifa se divide en dos conceptos, abastecimiento y saneamiento, según si el gravamen se justifica para financiar los costes de captación, tratamiento y transporte del agua potable, o para financiar los costes de recogida, transporte y depuración de las aguas residuales. La lectura del contador y el cobro de recibo del agua que resulta de la aplicación de esta tarifa se hacen trimestralmente.

La tarifa para el cálculo de la cuota fija trata de modo idéntico los calibres habituales en el suministro a los hogares (entre 13 y 20 milímetros), dado que la elección entre ellos es fundamentalmente técnica y depende de la presión del agua en el punto de consumo. Su importe en 2012 es de 47,15 euros/año por vivienda.

La tarifa para el cálculo de la cuota variable utiliza tipos específicos crecientes por bloques de consumo. En concreto, la tarifa tiene tres bloques: hasta 0,2 m³/día de consumo, el precio es de 0,467 euros; de 0,2 a 0,616 m³/día, el precio es de 1,119 euros; y por encima de 0,616 m³/día, es de 2,798 euros. Los dos primeros bloques están pensados para satisfacer las necesidades básicas de agua a un coste asequible para los usuarios, mientras que el precio del tercer bloque pretende disuadirles de realizar un consumo excesivo (Barberán y Arbués, 2009).

La estructura de la tarifa de Zaragoza es semejante a la que puede encontrarse en las grandes y medianas ciudades en España (OECD, 2010; Arbués y Barberán, 2012; García-Rubio et al., 2015). No obstante, dado que la aprobación de las tarifas del agua es competencia de los ayuntamientos y los condicionantes (climáticos, geológicos, económicos o políticos) a que se enfrentan son distintos, existen importantes diferencias entre ciudades en los niveles de precios, en la amplitud de los tramos de consumo de la tarifa volumétrica y en la existencia y características de las tarifas especiales (Agència Catalana de l'Aigua, 2020; AEAS, 2024).

La factura del agua es emitida trimestralmente por el Ayuntamiento de Zaragoza y remitida por correo ordinario al domicilio del titular de cada contrato de suministro. El desfase entre el momento de consumo y el de recepción de la factura es, en media, de 90 días, y de 120 días hasta el momento de hacerse efectivo el pago mediante cargo en la cuenta bancaria indicada por el titular.

En el anverso de la factura se proporcionan los datos del punto de suministro y un resumen general de los importes facturados (con el desglose de lo que corresponde a abastecimiento, saneamiento e IVA) y los consumos medidos (con el detalle del consumo total, los días de facturación y el consumo medio diario). En el mismo bloque dedicado al consumo se informa del precio del último metro cúbico consumido (precio marginal) y del coste medio diario del agua. Además, se incluye un gráfico en el que se compara el consumo diario de agua del trimestre de referencia con el de los cuatro trimestres anteriores.

En el reverso de la factura se informa de manera detallada y desglosada sobre cómo se han facturado el abastecimiento y el saneamiento. Su consulta permite al usuario conocer, de forma separada para abastecimiento y saneamiento, los consumos facturados, el precio y el coste correspondientes a cada tramo de la tarifa para el cálculo de la cuota variable, así como los importes totales facturados por cuota variable, cuota fija y cuota total. Además, se suministra información sobre algunas de las bonificaciones en el coste del agua a las que pueden acogerse los hogares.

4.2. Especificación

Si bien contamos con datos de consumos y precios desde el año 1996, como la disponibilidad de la variable de percepción de precios está limitada al año 2012, la estimación central se lleva a cabo para este año. En consecuencia, la especificación construida para explicar la demanda de agua mencionada es la siguiente:

$$[6] \quad \log q_i = \beta_0 + \beta_1 \log p_i + \sum_{j=2}^J \beta_j X_{ji} + u_i ,$$

donde q_i es el consumo (en m^3) anual en 2012 de cada hogar, i ; p_i es el precio medio percibido por cada hogar en el mismo año; X_{ji} es un conjunto de controles potencialmente relacionados con la demanda de agua doméstica referidos a cada hogar y al mismo año; y u_i es el término de error. La especificación logarítmica del precio y el consumo permite una interpretación directa del coeficiente β_1 en términos de elasticidad-precio de la demanda de agua doméstica.

La variable explicativa de mayor interés, en el contexto de esta investigación, es el precio medio total, p . Se ha descartado el uso del precio medio variable como variable explicativa por coherencia con el contexto de información imperfecta en el que operamos. Para construir la variable de precio medio total percibido contamos con las contestaciones a las siguientes preguntas del cuestionario: (1) *¿cuánto cree que paga en euros su hogar cada trimestre por el agua al Ayuntamiento?*; (2) *¿cuánta agua (litros) cree que consume su hogar al día (inodoro, ducha, lavabo, fregadero, lavadora, lavavajillas, etc.)?* Las contestaciones a estas preguntas nos permiten conocer el coste y consumo anual total percibidos por el consumidor. Desde ahí, se puede calcular directamente el precio medio (por m^3) percibido. Trabajar con los precios percibidos nos obliga a limitar el tamaño de la muestra de 1.500 a 394 observaciones, que son los encuestados que contestan sobre cuáles creen que son el coste y el consumo de agua de su hogar. Como se puede comprobar en la Tabla 1, que recoge los principales estadísticos descriptivos, en

general, no existen valores promedios muy diferentes para las variables utilizadas si se comparan los datos de la muestra completa con los de la submuestra utilizada finalmente en la estimación.

El resto de variables explicativas, X_j , las hemos seleccionado atendiendo a la literatura relacionada y a la disponibilidad efectiva de las mismas en nuestra base de datos. Las hemos agrupado en los bloques que se indican a continuación. Su construcción se detalla en el Anexo.

Un primer grupo recoge variables socioeconómicas individuales (relativas a la persona de referencia de la encuesta, es decir, la que la ha contestado): sexo, edad, si ha nacido o no en Zaragoza, si ha nacido o no en España, si ha completado o no estudios superiores, si es trabajador por cuenta ajena, si está jubilado, si es estudiante y si declara como ocupación laboral habitual ser director/gerente, técnico o profesional.

El segundo grupo incluye variables relacionadas con la vivienda y el hogar: superficie de la vivienda, número de miembros del hogar, ingresos netos anuales del hogar, sistema de suministro de agua caliente sanitaria, consumo de agua de grifo o de otro tipo.

El tercer grupo lo constituyen diversas variables de opinión de la persona de referencia: sobre si se consume en España más agua de la necesaria o no, si aceptaría de buen grado una posible propuesta de reducir el consumo de agua en caso de escasez, si el coste del agua soportado por el hogar es o no caro y si el consumo de agua del hogar es o no elevado.

El cuarto grupo está integrado por un conjunto de variables que reflejan la perceptibilidad de determinadas variables relacionadas con la factura del agua. En primer lugar, construimos una variable que indica si el encuestado sabe que la tarifa es progresiva. Adicionalmente, introducimos sendas variables discretas y ordenadas para reflejar si el encuestado conoce el consumo de agua por su hogar y su coste. Finalmente, construimos dos variables para reflejar si el encuestado está sobre o infraestimando su consumo o coste real.

Los estadísticos descriptivos de todas las variables se detallan en la Tabla 1.

[TABLA 1, POR AQUÍ]

4.3. Estimaciones

La especificación modelizada en [6] se ha estimado por OLS con un ajuste de los errores estándar para tratar la posible existencia de heterocedasticidad.

En este apartado, presentamos los resultados obtenidos. Previamente, realizamos algunas observaciones. En primer lugar, ya que en el diseño de la encuesta se llevó a cabo una selección uniforme de hogares según los cinco tamaños establecidos (300 hogares de cada tipo) y, lógicamente, esta representación no coincide con el universo de hogares de la ciudad de Zaragoza, hemos ponderado cada observación para que su peso relativo tenga en cuenta la composición real de los

hogares de la ciudad, utilizando para ello el *Censo de Población y Viviendas* de 2011 publicado por el INE. La ponderación dada a cada observación, w_{ih} , se ha calculado como:

$$w_{ih} = \frac{N_{ih}}{n_{ih}}$$

donde N_{ih} es el número total de hogares de la ciudad de Zaragoza del tamaño h ($h = 1, 2, 3, 4, 5$ o más), y donde n_{ih} es el número de hogares del mismo tamaño h efectivamente encuestados.

En segundo lugar, hemos desechado la inclusión en la especificación de la variable representativa de los ingresos del hogar. El número de hogares de la muestra que declaran sus ingresos netos al encuestador hace que debamos tomar los valores de esta variable con cierta reserva, ya que el porcentaje de no respuesta es elevado; hay un 34% de hogares que no señalan cifra alguna de ingresos, ya sea por desconocimiento, ya por preferencia. Además, es un hecho contrastado la tendencia de los encuestados a ofrecer respuestas en las que infravaloran sus ingresos (Morelli et al., 2015). En cualquier caso, hay que tener en cuenta que tanto la variable educativa como la de ocupación laboral, ambas incluidas en las especificaciones, se consideran habitualmente en los trabajos empíricos como *proxies* adecuadas de la renta familiar (Psacharopoulos y Patrinos, 2018). En nuestro caso, el tipo de agua de boca que se consume también puede tomarse como *proxy* de la renta, entendiendo que el consumo de agua de grifo -más barata y con propiedades organolépticas no muy satisfactorias- tendrá una relación inversa con la renta.

Finalmente, dado el elevado número de variables explicativas que introducimos en las especificaciones, en cualquier estimación calculamos los factores de inflación de la varianza (análisis VIF) para detectar y corregir posibles problemas de multicolinealidad.

4.4. Resultados y discusión

La Tabla 2 recoge los resultados obtenidos. En el escenario base (columna 1), el coeficiente estimado del precio medio percibido es negativo y significativo.

[TABLA 2, POR AQUÍ]

La elasticidad-precio estimada de la demanda de agua presenta un valor de -0,13, que se sitúa en la parte baja de los valores estimados para España en otras investigaciones que utilizan precios efectivos (véase el resumen de resultados en la Tabla 3) y claramente inferior a los resultados medios obtenidos a nivel comparado: los metaanálisis realizados sobre este tema obtienen una elasticidad-media estimada del precio del agua entre -0,36 y -0,51 (Espey et al., 1997; Dalhuisen et al., 2003; Sebri, 2014; Marzano et al., 2018). Para interpretar adecuadamente estos resultados, hay que tener en cuenta que los valores estimados por la literatura de la elasticidad-precio de la demanda de agua en España son de los más bajos en el ámbito comparado (véase, por ejemplo, las Tablas 1.1 y 1.2 en Reynaud, 2015, así como las propias estimaciones del autor).

[TABLA 3, POR AQUÍ]

Con el objetivo de profundizar en el papel que un mayor conocimiento sobre el consumo y el coste real puede tener en el efecto marginal del precio percibido sobre la demanda de agua, hemos planteado sendas especificaciones adicionales en las columnas (2) y (3) de la Tabla 2. La columna (2) recoge interacciones del precio medio percibido con las distintas categorías de la variable de acierto en el consumo; la columna (3) hace lo mismo con la variable de acierto en el coste. Como se ha indicado más arriba, en el Anexo se explica en detalle la construcción de ambas variables de acierto.

Los resultados son muy informativos. En la columna (2) se comprueba que, cuando el grado de acierto en el consumo es inferior al 33,3%, la elasticidad-precio percibido disminuye hasta -0,08. En cambio, si el encuestado responde con un grado de acierto igual o superior al 66,6% a la pregunta sobre el consumo de su hogar, la elasticidad del precio percibido aumenta hasta -0,48 (elasticidad obtenida como una combinación lineal de los coeficientes de la variable precio medio percibido y de la variable interactuada que recoge el mayor grado de acierto en el consumo: $-0,08-0,40$; dicha combinación lineal de coeficientes, como vemos en el test específico aportado en la columna (2), resulta ser significativa). Por lo tanto, estos últimos hogares resultan ser los más sensibles a la política de precios, posiblemente, porque su mayor conocimiento estaría presuponiendo una mayor preocupación previa por el consumo particular de agua que se hace en el hogar.

En sentido contrario, los resultados de la columna (3) nos indican que, cuando el grado de acierto en el coste es inferior al 33,3%, la elasticidad-precio percibido aumenta ligeramente hasta -0,14; pero si el encuestado responde con un grado de acierto igual o superior al 66,6% a la pregunta sobre el coste de su hogar, la elasticidad del precio percibido se cifra en -0,12 ($=-0,14+0,02$; la combinación lineal de sendos coeficientes también resulta significativa atendiendo al contraste mostrado en columna (3) de forma específica). En este caso, el conocimiento bastante preciso del coste reduce (siempre en términos absolutos), aunque sea levemente, la sensibilidad de los hogares al precio, quizás porque su escasa importancia relativa les lleva a despreocuparse más, si cabe, de su consumo de agua.

En relación con las variables de control, una única variable socioeconómica individual parece influir en la demanda de agua doméstica: la edad de la persona de referencia del hogar, que incrementa el consumo de agua.

En cuanto a las características del hogar, el consumo está asociado positivamente con el tamaño del hogar (número de miembros) y también con la existencia de un suministro individual de agua caliente sanitaria (situación en la que tanto el agua caliente como el agua fría consumida por el hogar queda registrada en su contador, frente a la situación alternativa de suministro colectivo, en que el agua caliente no se registra en el contador del hogar). Por otra parte, si el agua de boca habitual es la del grifo, el consumo del suministro disminuye. Dado que, como hemos señalado previamente, el consumo de agua de grifo puede estar correlacionado de forma inversa con la renta del hogar, podría deducirse que el consumo aumenta con la renta.

Respecto a las variables de opinión, solo una de ellas presenta un coeficiente significativo: el hecho de que el encuestado opine que el coste soportado por su hogar sea caro se asocia a un mayor consumo.

Por lo que se refiere al último bloque de variables de perceptibilidad, sobrevalorar el consumo y el coste del servicio, son factores asociados a una demanda de agua doméstica menor, posiblemente, porque conlleva una mayor preocupación por el consumo de agua del hogar. Y si atendemos a las variables que miden el conocimiento de la facturación del hogar, en el escenario base, acertar sobre el consumo efectivo del hogar reduce la demanda de agua, pero tener un mayor conocimiento sobre el coste efectivo del servicio la propicia. Resultados que parecen coherentes en un contexto general en que los consumidores tienden a infravalorar su consumo y sobrevalorar su coste. En las estimaciones con variables interactuadas, el acierto en el coste no afecta al consumo en ningún caso. En cuanto al acierto en el consumo, el coeficiente estimado mantiene su signo y magnitud en la estimación (3), pero cambia de signo en la estimación (2). En este caso, hay que tener en cuenta que el efecto total de esta variable sobre la demanda dependerá también del efecto de la variable interactuada.

Para completar la discusión de estos resultados, vamos a comparar la elasticidad-precio estimada para la variable precio medio percibido con las que se obtendrían a partir de la variable precio medio efectivo. Para ello, estimamos la misma especificación base reflejada en [6], sustituyendo el precio medio percibido por el efectivo, que calculamos para cada hogar como el cociente entre el coste total anual en euros (cuota fija + cuota variable) y el consumo anual en m³. Los precios se calculan con datos de 2011, para evitar los posibles problemas de endogeneidad que podría crear la parte de este coste calculado por medio de la cuota variable de la tarifa. Como se observa en la Tabla A1 del Anexo, la elasticidad-precio medio de la demanda se cifra en -0,94, un valor que se sitúa en la parte más alta de los obtenidos por la literatura.

La Tabla A2 incluye otra estimación que, en este caso, hace uso de datos de panel de la facturación del servicio de agua doméstica en Zaragoza durante el período 1996-2012 para los mismos hogares de referencia. Además, se cuenta con un conjunto adicional de variables potencialmente determinantes de la demanda de agua del período y para las que se ha podido conseguir información longitudinal. Este ejercicio solo puede realizarse para los precios efectivos, porque no disponemos de información para construir los precios percibidos por los hogares durante ese período. La estimación, al basarse en el método de Arellano y Bond (1991), tiene la ventaja de poder utilizar como variable explicativa el precio medio efectivo contemporáneo, ya que esta aproximación hace un tratamiento explícito de los posibles problemas de endogeneidad que esta y otras variables pudieran llevar consigo. La estimación de este panel dinámico proporciona una elasticidad-precio medio de -0,37, en el entorno de los valores medios estimados en la evidencia comparada.

En resumen, los resultados alcanzados en las estimaciones realizadas están sugiriendo que basarse en los precios efectivos para estimar la elasticidad-precio de la demanda de agua doméstica podría conducir a sobrevalorar la magnitud de este parámetro y, por tanto, la eficacia de los precios como instrumento moderador del consumo de agua.

5. Conclusiones

En este trabajo, hemos propuesto una especificación de la variable de precio para estimar la elasticidad-precio de la demanda de agua para consumo doméstico, que está basada en las percepciones de los consumidores sobre su consumo de agua y sobre el coste que soportan. Entendemos que este enfoque refleja mejor el comportamiento de los consumidores que las especificaciones convencionales de precios utilizadas en la literatura.

La medida propuesta la hemos empleado para estimar la elasticidad-precio de la demanda de agua a partir de una muestra de consumidores de la ciudad de Zaragoza (España) para el año 2012 y comparar los resultados con los alcanzados utilizando la variable tradicional de precio efectivo. Las estimaciones muestran que la elasticidad es notablemente más reducida cuando utilizamos los precios (medios) percibidos (la elasticidad es $-0,13$) que cuando se emplean los precios (medios) efectivos ($-0,37/-0,94$). Esto significa que las estimaciones tradicionales con precios podrían estar sobredimensionando de forma relevante el efecto del precio sobre la demanda.

Una contribución adicional de este trabajo ha sido mostrar evidencia de que la elasticidad-precio de la demanda de agua de consumo doméstico es más elevada cuando los consumidores conocen mejor la cantidad de agua que consume su hogar. En nuestro ejercicio, basta con que el consumo percibido por los consumidores sea igual o superior a un 66,6% del real, para que la elasticidad aumente hasta $-0,48$. Sin embargo, el mayor o menor conocimiento del coste del agua para el hogar apenas afecta a la elasticidad e incluso la reduce levemente.

Si nuestro enfoque es correcto, habrá que concluir que la eficacia de los precios como instrumento de gestión de la demanda de agua es bastante limitada (al menos, para los niveles de precios vigentes) y que aquellos deben ser necesariamente completados con otros instrumentos, como la educación y concienciación pública, restricciones, medidas tecnológicas y medidas conductuales. Nuestros resultados también ponen, de nuevo, sobre la mesa el papel que se pueda atribuir a la información en la política de gestión de la demanda. Con la misma muestra con la que hemos realizado este trabajo, en Barberán et al. (2022) analizábamos empíricamente los factores que influyen en la adecuación de la percepción que tienen los individuos de la tarifa, el consumo y el coste del agua y concluíamos, en línea con la literatura (Carter y Milon, 2005; Brent y Ward, 2019), que la política informativa más recomendable puede ser centrarse únicamente en mejorar la visibilidad del consumo de agua, ya que el conocimiento del precio y el coste incrementa el consumo, en lugar de reducirlo, posiblemente, porque los hogares sobreestiman el precio y el coste del servicio. El presente trabajo refuerza estas

conclusiones, ya que el mayor conocimiento del consumo del hogar (pero no del coste) también aumenta la sensibilidad de este a su precio.

Referencias

- AEAS (Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento) (2024): Tarifas 2023. Precio de los servicios de abastecimiento y saneamiento en España. <https://www.aeas.es/documentos/estudios>
- Agència Catalana de l'Aigua (2020): El preu del cicle de l'aigua a Espanya i Europa 2019. Informe anual. https://aca.gencat.cat/web/.content/10_ACA/J_Publicacions/05-estudis-preus-i-tarifas/1517_observatori_preu_aigua_ES_EU_2019_ca.pdf
- Agthe, D.E., Billings, R.B. Dworkin, J. M. (1988). Effects of rate structure knowledge on household water use. *Journal of American Water Resources Association*, 24 (3): 627–630.
- Arbués, F., Barberán, R. (2012). Tariffs for urban water services in Spain: Household size and equity. *International Journal of Water Resources Development*, 28 (1): 123-140.
- Arbués, F., Barberán, R., Villanúa, I. (2004). Price impact on urban residential water demand: a dynamic panel data approach. *Water Resources Research*, 40 (11): W11402
- Arbués, F., García-Valiñas, M.A., Martínez-Espiñeira, R. (2003). Estimation of residential water demand: A state-of-the-art review. *The Journal of Socio-Economics*, 32: 81-102.
- Arbués, F., Villanúa, I., Barberán, R. (2010). Household size and residential water demand: an empirical approach, *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(1), pp. 61–80.
- Arellano, M., Bond, S. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, 58: 277–297.
- Attari, S.Z. (2014). Perceptions of water use. *PNAS*, 111(14): 5129–5134
- Ayuntamiento de Zaragoza (2012). Ordenanza Fiscal nº 24.25: Tasa por la prestación de servicios vinculados al ciclo integral del agua. In *Ordenanzas Municipales: Tributos y Precios Públicos 2012*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza, Área de Economía y Hacienda.
- Baerenklau, K.A., Schwabe, K.A., Dinar, A. (2014). The residential water demand effect of increasing block rate water budgets. *Land Economics*, 90 (4): 683–699.
- Barberán, R. (2023). Consumo, coste y tarifa del agua doméstica en la ciudad de Zaragoza (1996-2012). Zaragoza (Spain): Ayuntamiento de Zaragoza.
- Barberán, R., López Laborda, J. y Rodrigo, F. (2022). The perception of residential water tariff, consumption and cost: evidence of its determinants using survey data. *Water Resources Management*, 36 (9): 2933-2952.
- Barberán, R., Arbués, F. (2009). Equity in domestic water rates design. *Water Resources Management*, 23: 2101–2118.
- Barkatullah, N. (1996). OLS and Instrumental Variable Price Elasticity Estimates for Water in Mixed-Effects Model Under Multiple Tariff Structure. Working Paper, 226. Sydney (Australia): Department of Economics, University of Sydney.
- Beal, C.D., Stewart, R.A., Fielding, K. (2013). A novel mixed method smart metering approach to reconciling differences between perceived and actual residential end use water consumption. *Journal of Cleaner Production*, 60: 116–128.
- Billings, R.B., Agthe, D.E. (1980). Price elasticities for water: A case of increasing block rates. *Land Economics*, 56, 73–84.
- Binet, M.E., Carlevaro, F., Paul, M. (2014). Estimation of Residential Water Demand with Imperfect Price Perception. *Environmental and Resources Economics*, 59: 561-581.

- Brent, D.A., Ward, M.B. (2019). Price perceptions in water demand. *Journal of Environmental Economics and Management*, 98: 102266.
- Brookshire, D.S., Burness, H.S., Chermak, J.M., Krause, K. (2002). Western urban water demand. *Natural Resources Journal*, 42 (4): 873-898.
- Calatrava, J., García-Valiñas, M.A., Garrido, A., González-Gómez, F.J. (2015). Water pricing in Spain: following the footsteps of somber climate change projections. In: *Water pricing experiences and innovations*. Springer, pp 313–340.
- Carter, D.W., Milon, J.W. (2005). Price Knowledge in Household Demand for Utility Services. *Land Economics*, 81: 265–283.
- Charney, A.H., Woodard, G.C. (1984). A test of consumer demand response to water prices: comment. *Land Economics*, 60 (4): 414–416.
- Chicoine, D.L., Ramamurthy, G. (1986). Evidence on the Specification of Price in the Study of Domestic Water Demand. *Land Economics*, 62(1): 26-32.
- Dalhuisen, J.M., Florax, R.J., de Groot, H.L., Nijkamp, P. (2003). Price and income elasticities of residential water demand: a meta-analysis. *Land Economics*, 79 (2): 292-308.
- De Gispert, C. (2004). The economic analysis of industrial water demand: A review. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 22: 15-30.
- EEA (2012). *European Waters – current status and future challenges*. EEA Report, 9/2012. Copenhagen: European Environment Agency.
- Espey, M., Espey, J., Shaw, W.D. (1997). Price elasticity of residential demand for water: a meta-analysis. *Water Resources Research*, 33 (6): 1369-1374.
- Fan, L., Wang, F., Liu, G., Yang, X., Qin, W. (2014). Public perception of water consumption and its effects on water conservation behavior. *Water* 6(6): 1771–1784
- Foster, H. S., Beattie, B. R. (1981). Urban Residential Demand for Water in the United States: Reply. *Land Economics*, 57: 257-65.
- García-Rubio, M.A., Ruiz-Villaverde, A. y González-Gómez, F. (2015). Urban water tariffs in Spain: What needs to be done? *Water*, 7 (4): 1456-1479.
- García-Valiñas, M. (2005). Efficiency and Equity in Natural Resources Pricing: A Proposal for Urban Water Distribution Service. *Environmental and Resource Economics*, 32(2): 183--204.
- García-Valiñas, M.A. (2019). Water governance in Spain: the role of federalism and public–private partnerships. In: Porcher S., Saussier S. (eds) *Facing the challenges of water governance*. Palgrave studies in water governance: policy and practice, Chapter Spain. Palgrave Macmillan, New York, pp 29–55.
- García-Valiñas, M.A., Martínez-Espiñeira, R., Suárez-Fernández, S. (2021). Price and consumption misperception profiles: The role of information in the residential water sector. *Environmental and Resource Economics*, 80: 821–857.
- Gaudin, S. (2006). Effect of price information on residential water demand. *Applied Economics*, 38: 383-393.
- Gaudin, S., Griffin, R.C., Sickles, R.C. (2001). Demand specification for municipal water management: evaluation of the Stone–Geary form. *Land Economics*, 77 (3): 399–422.
- Gibbs, K. (1978). Price variable in residential water demand models. *Water Resources Research*, 14: 15–18.
- Gracia-De-Rentería, P., Barberán, R. y Mur, J. (2019). Urban water demand for industrial uses in Spain. *Urban Water Journal*, 16 (2): 114-124.
- Gracia-de-Rentería, P., Barberán, R. (2021). Economic Determinants of Industrial Water Demand: A Review of the Applied Research Literature. *Water*, 13: 1684 (1-24).

- Hamilton, L. (1985). Self-reported and actual savings in a water conservation campaign. *Environment and Behavior*, 17 (3): 315-326.
- House-Peters, L.A., Chang, H. (2011). Urban water demand modeling: review of concepts, methods, and organizing principles. *Water Resources Research*, 47: W05401.
- Howe, C. W., Linaweaver Jr., F. P. (1967). The impact of price on residential water demand and its relation to system design and price structure. *Water Resources Research*, 3(1): 13-32.
- Inman, D., Jeffrey, P.A. (2006). A review of residential water conservation tool performance and influences on implementation effectiveness. *Urban Water Journal*, 3 (3): 127-143.
- Ito, K. (2014). Do Consumers Respond to Marginal or Average Price? Evidence from Nonlinear Electricity Pricing. *American Economic Review*, 104: 537–563.
- Kenney, D.S., Goemans, C., Klein, R., Lowrey, J., Reidy, K. (2008). Residential water demand management: lessons from Aurora, Colorado. *JAWRA Journal of American Water Resources Association*, 44, 192-207.
- Lavee, D., Danieli, Y., Beniad, G., Shvartzman, T., Ash, T. (2013). Examining the effectiveness of residential water demand-side management policies in Israel. *Water Policy*, 15: 585-597.
- March, H., Saurí, D. (2010): The Suburbanization of Water Scarcity in the Barcelona Metropolitan Region: Sociodemographic and Urban Changes Influencing Domestic Water Consumption. *The Professional Geographer*, 62(1): 32-45.
- Martínez-Espiñeira, R. (2002). Residential Water Demand in the Northwest of Spain. *Environmental and Resource Economics*, 21(2): 161--187.
- Martínez-Espiñeira, R. (2003). Price specification issues under block tariffs: A Spanish case study. *Water Policy*, 5: 237–256.
- Martínez-Espiñeira, R. (2007). An Estimation of Residential Water Demand Using Co-integration and Error Correction Techniques. *Journal of Applied Economics*, 10(1): 161--184.
- Martínez-Espiñeira, R., Nauges, C. (2004). Is all domestic water consumption sensitive to price control? *Applied economics* 36 (15): 1697-1703.
- Marzano, R., Rougé, C, Garrone, P., Grilli, L., Harou, J.J., Pulido-Velázquez, M. (2018). Determinants of the price response to residential water tariffs: Meta-analysis and beyond. *Environmental Modelling and Software*, 101: 236-248.
- Morelli, S., Smeeding, T., Thompson, J. (2015). Post-1970 trends in within-country inequality and poverty: Rich and middle income countries. In Atkinson, A.B., Bourguignon, F. (eds.): *Handbook of Income Distribution*, Vol.2. Amsterdam: Elsevier.
- Nauges, C., Thomas, A. (2003). Long-run study of residential water consumption with an application to a sample of French communities. *Environmental and Resource Economics*, 26: 25–43.
- Nauges, C., Whittington, D. (2010). Estimation of water demand in developing countries: An overview. *The World Bank Research Observer*, 25 (2): 263-294.
- Nieswiadomy, M.L., Molina, D.J. (1989). Comparing residential water estimates under decreasing and increasing block rates using household data. *Land Economics*, 65: 280–289.
- Nieswiadomy, M.L., Molina, D.J. (1991). A note on price perception in water demand models. *Land Economics*, 67: 352–359.
- Nordin, J.A. (1976). A proposed modification on Taylor's demand–supply analysis: comment. *The Bell Journal of Economics*, 7 (2): 719–721.
- OECD (2003). *Social Issues in the Provision and Pricing of Water Services*; Technical Report OECD. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2009). *Managing water for all. An OECD perspective on pricing and financing*. Paris: OECD Publishing.

- OECD (2010): Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2012). OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2016). OECD Council Recommendations on Water. Paris: OECD Publishing.
- Olmstead, S.M., Stavins, R.N. (2009). Comparing price and nonprice approaches to urban water conservation. *Water Resources Research*, 45: W04301 (1-10).
- Opaluch, J. (1982). Urban Residential Demand for Water in the United States: Further Discussion. *Land Economics*, 58 (2): 225–227.
- Opaluch, J. (1984). A test of consumer demand response to water prices: reply. *Land Economics*, 60 (4): 417–421.
- Picazo-Tadeo A, González-Gómez F, Suárez-Varela M (2020). Electoral opportunism and water pricing with incomplete transfer of control rights. *Local Government Studies*, 46: 1–24.
- Psacharopoulos, G., Patrinos, H.A. (2018). Returns to investment in education: a decennial review of the global literature. *Education Economics*, 26 (5): 445-458.
- Renwick, M.E., Archibald, S.O. (1998). Demand side management policies for residential water use: who bears the conservation burden? *Land Economics*, 74 (3): 343-359.
- Renwick, M.E., Green, R.D. (2000). Do residential water demand side management policies measure up? An analysis of eight California water agencies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 40: 37-55.
- Renzetti, S. (1992). Estimating the structure of industrial water demands: The case of Canadian manufacturing. *Land Economics*, 68: 396-404.
- Reynaud, A. (2015). Modelling household water demand in Europe. Insights from a Cross-Country Econometric Analysis of EU-28 countries. JRC Technical Reports (Report EUR 27310 EN). Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Reynaud, A., Romano, G. (2018). Advances in the economic analysis of residential water use: An introduction. *Water*, 10: 1162 (1-10).
- Ruijs, A., Zimmermann, A., Van der Berg, M. (2008). Demand and distributional effects of water pricing policies. *Ecological Economics*, 66: 506–516.
- Sleich, J., Hillenbrand, T. (2009). Determinants of residential water demand in Germany. *Ecological Economics*, 68: 1756–1769.
- Sebri, M. (2014). A meta-analysis of residential water demand studies. *Environment, Development and Sustainability*, 16 (3): 499–520.
- Shin (1985). Perception of Price when Price Information is Costly: Evidence from Residential Electricity Demand. *Review of Economics and Statistics*, 67: 591–598.
- Taylor, L.D. (1975). The demand for electricity: a survey. *The Bell Journal of Economics*, 6 (1): 74–110.
- Taylor, R.G., McKean, J.R., Young, R.A. (2004). Alternative price specifications for estimating residential water demand with fixed fees. *Land Economics*, 80: 463–475.
- UNEP (2019). Global Environment Outlook – GEO-6. Healthy Planet, Healthy People. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Wichman, C.J. (2014). Perceived price in residential water demand: Evidence from a natural experiment. *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 107: 308–323.
- Wichman, C.J. (2017). Information provision and consumer behavior: A natural experiment in billing frequency. *Journal of Public Economics*, 152: 13–33.
- World Bank (1993). *Water Resources Management*. Washington DC: The World Bank.

Worthington, A.C. (2010). Commercial and industrial water demand estimation: Theoretical and methodological guidelines for applied economics research. *Estudios de Economía Aplicada*, 28: 237-258.

Worthington, A.C., Hoffman, M. (2008). An empirical survey of residential water demand modelling. *Journal of Economic Surveys*, 22 (5): 842-871.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables endógenas y exógenas utilizadas en las estimaciones

| VARIABLE | CONSUMO ANUAL PER CÁPITA (M ³) | PRECIO MEDIO EFECTIVO (€) | PRECIO MARGINAL EFECTIVO (€) | PRECIO MEDIO PERCIBIDO (€) | PRECIO MARGINAL PERCIBIDO (€) | SEXO (1/0) | EDAD (años) | ZARAGOZA (1/0) | NACIONAL (1/0) | SUPERIOR (1/0) | ASALARIADO (1/0) | JUBILADO (1/0) | ESTUDIANTE (1/0) | CUALIFICADO (1/0) |
|---------------------------|--|---------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------|-------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|-------------------|
| Media | 37,28/34,33 | 1,47/1,51 | 0,80/0,80 | 9,25 | 0,61 | 0,47/0,49 | 58,88/55,14 | 0,52/0,58 | 0,88/0,90 | 0,19/0,22 | 0,33/0,39 | 0,36/0,29 | 0,02/0,02 | 0,12/0,16 |
| Mediana | 32,48/29,22 | 1,23/1,24 | 0,79/0,79 | 4,37 | 0,47 | 0/0 | 59/54 | 1/1 | 1/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| Máximo | 212,66/212,66 | 12,06/12,06 | 2,80/2,80 | 291,44 | 2,80 | 1/1 | 98/90 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 |
| Mínimo | 3,05/3,05 | 1,11/1,11 | 0,47/0,47 | 0,44 | 0,47 | 0/0 | 18/18 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| Desviación estándar | 22,44/23,56 | 0,64/0,69 | 0,35/0,35 | 20,71 | 0,30 | 0,50/0,50 | 16,94/16,11 | 0,50/0,49 | 0,32 | 0,40/0,42 | 0,47/0,49 | 0,48/0,46 | 0,14/0,13 | 0,32/0,37 |
| Coefficiente de asimetría | 2,51/3,19 | 5,95/6,02 | 1,57/1,38 | 9,26 | 2,54 | 0,13/0,03 | -0,08/0,16 | -0,07/-0,31 | -2,40 | 1,55/1,33 | 0,71/0,44 | 0,59/0,91 | 7,11/7,23 | 2,37/1,82 |
| Coefficiente de curtosis | 13,89/18,75 | 53,80/59,61 | 8,59/7,16 | 114,68 | 13,57 | 1,02/1,00 | 2,14/2,21 | 1,01/1,10 | 6,74 | 3,39/2,78 | 1,51/1,19 | 1,35/1,83 | 51,62/53,22 | 6,62/4,32 |

| VARIABLE | SUPERFICIE (M ²) | TAMAÑO (n° miembros hogar) | INGRESOS HOGAR (€) | SUMINISTRO ACS (1/0) | AGUA DE BOCA (1/0) | EXCESO (1/0) | REDUCCIÓN (1/0) | COSTE CARO (1/0) | CONSUMO ALTO (1/0) | ACIERTO TARIFA (1/0) | ACIERTO CONSUMO (0-3) | ACIERTO COSTE (0-3) | SOBREVALORA CONSUMO (1/0) | SOBREVALORA COSTE (1/0) |
|---------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| Media | 77,93/78,17 | 2,30/2,48 | 20.843,79 /23.804,04 | 0,38/0,41 | 0,64/0,66 | 0,54/0,54 | 0,71/0,75 | 0,43/0,38 | 0,08/0,10 | 0,28/0,42 | 0,62/1,75 | 1,12/1,94 | 0,70/0,19 | 0,88/0,79 |
| Mediana | 75/75 | 2/2,04 | 15.000/24.000 | 0/0 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/2 | 1/2 | 1/0 | 1/1 |
| Máximo | 150/150 | 8/8 | 156.000/156.000 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 1/1 | 3/3 | 3/3 | 1/1 | 1/1 |
| Mínimo | 45/45 | 0/0,38 | 1.800/1.800 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/1 | 0/1 | 0/0 | 0/0 |
| Desviación estándar | 19,88/19,80 | 1,12/1,10 | 15.124,6/17.617,11 | 0,49/0,49 | 0,48/0,47 | 0,50/0,50 | 0,45/0,43 | 0,49/0,49 | 0,27/0,30 | 0,45 | 0,95/0,82 | 1,17/0,88 | 0,46/0,40 | 0,33/0,41 |
| Coefficiente de asimetría | 1,05/0,72 | 0,60/0,48 | 3,66/3,92 | 0,49/0,36 | -0,57/-0,67 | -0,15/-0,15 | -0,93/-1,16 | 0,29/0,48 | 3,07/2,72 | 0,96 | 1,37/0,29 | 0,52/0,11 | -0,90/1,55 | -2,30/-1,39 |
| Coefficiente de curtosis | 5,97/4,94 | 3,21/2,94 | 27,95/27,62 | 1,25/1,13 | 1,32/1,46 | 1,02/1,02 | 1,86/2,36 | 1,09/1,23 | 10,41/8,39 | 1,93 | 3,65/1,65 | 1,77/1,31 | 1,81/3,40 | 6,31/2,93 |

Para cada estadístico, se ofrecen dos valores, separados por una barra inclinada: el calculado con la muestra total y el calculado con los datos de aquellos que contestan cantidades concretas respecto a su coste y consumo percibido (excepto para las variables de precios percibidos).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Estimaciones de la demanda de agua doméstica en la ciudad de Zaragoza. Variables de precios percibidos (estimado por OLS con ajuste de los errores estándar para tratar la posible existencia de heterocedasticidad)

| | | Escenario base (1) | (2) | (3) |
|---|--|----------------------|---|--|
| | | Coficiente | Coficiente | Coficiente |
| <i>Variables de precios</i> | <i>PRECIO MEDIO PERCIBIDO</i> | -0,13*** | -0,08** | -0,14*** |
| | <i>PRECIO MEDIO PERCIBIDO * ACIERTO CONSUMO (=2)</i> | | -0,21*** $H_0: B_1[PREC. MED. PERC.] + B_2[PREC. MED. PERC.*AC. CONSUMO (=2)] = 0$ $F(1,368) = 38,86, \text{PROB} > F = 0,00$ | |
| | <i>PRECIO MEDIO PERCIBIDO * ACIERTO CONSUMO (=3)</i> | | -0,40*** $H_0: B_1[PREC. MED. PERC.] + B_2[PREC. MED. PERC.*AC. CONSUMO (=3)] = 0$ $F(1,368) = 21,69, \text{PROB} > F = 0,00$ | |
| | <i>PRECIO MEDIO PERCIBIDO * ACIERTO COSTE (=2)</i> | | | 0,03 $H_0: B_1[PREC. MED. PERC.] + B_2[PREC. MED. PERC.*AC. COSTE (=2)] = 0$ $F(1,368) = 4,32, \text{PROB} > F = 0,04$ |
| | <i>PRECIO MEDIO PERCIBIDO * ACIERTO COSTE (=3)</i> | | | 0,02 $H_0: B_1[PREC. MED. PERC.] + B_2[PREC. MED. PERC.*AC. COSTE (=3)] = 0$ $F(1,368) = 6,46, \text{PROB} > F = 0,01$ |
| <i>Variables socioeconómicas individuales</i> | <i>SEXO</i> | 0,06 | 0,05 | 0,06 |
| | <i>EDAD</i> | 0,005* | 0,006** | 0,005* |
| | <i>ZARAGOZA</i> | -0,004 | -0,02 | 0,003 |
| | <i>NACIONAL</i> | -0,05 | -0,03 | -0,05 |
| | <i>SUPERIOR</i> | 0,13 | 0,1 | 0,13 |
| | <i>ASALARIADO</i> | -0,02 | 0,08 | -0,10 |
| | <i>JUBILADO</i> | -0,11 | -0,11 | -0,10 |
| | <i>ESTUDIANTE</i> | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| | <i>CUALIFICADO</i> | -0,003 | 0,006 | -0,0005 |
| <i>Variables de características del hogar</i> | <i>SUPERFICIE</i> | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| | <i>TAMAÑO</i> | 0,26*** | 0,24*** | 0,26*** |
| | <i>SUMINISTRO ACS</i> | 0,10* | 0,07 | 0,10* |
| | <i>AGUA DE BOCA</i> | -0,09* | -0,10** | -0,09* |
| <i>Variables de opinión</i> | <i>EXCESO</i> | 0,06 | 0,05 | 0,07 |
| | <i>REDUCCIÓN</i> | -0,03 | -0,002 | -0,03 |
| | <i>COSTE CARO</i> | 0,17*** | 0,15*** | 0,17*** |
| | <i>CONSUMO ALTO</i> | 0,03 | 0,02 | 0,03 |
| <i>Variables de perceptibilidad</i> | <i>ACIERTA TARIFA</i> | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| | <i>ACIERTO CONSUMO</i> | -0,09** | 0,12* | -0,09** |
| | <i>ACIERTO COSTE</i> | 0,10*** | 0,04 | 0,08 |
| | <i>SOBREVALORA CONSUMO</i> | -0,63*** | -0,68*** | -0,63*** |
| | <i>SOBREVALORA COSTE</i> | -0,22*** | -0,17** | -0,22*** |
| | <i>CONSTANTE</i> | 3,54*** | 3,33*** | 3,56*** |
| Nº de observaciones | | 394 | 394 | 394 |
| Prob > F | | $F(23, 370) = 19,96$ | $F(25, 368) = 22,2$ | $F(25, 368) = 19,53$ |
| R ² | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | | 0,54 | 0,58 | 0,54 |

Nota: ***, ** y * indican significatividad al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

En las estimaciones donde se ha interactuado el precio medio percibido con las variables de acierto en el consumo -columna (2)- y en el coste -columna (3)-, la categoría base agrupa tanto aquellos cuyo porcentaje de acierto es inferior al 33% como a los que no contestan cantidad alguna. Esta opción viene forzada por la imposibilidad de fijar como categoría base simplemente a los que no contestan (valor 0 de las variables de acierto) por un problema de multicolinealidad perfecta en las estimaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Determinantes de la demanda de agua de los hogares en España. Evidencia empírica

| Estudio | Datos | Ámbito | Tiempo | Elasticidad precio | Elasticidad renta | Otros determinantes |
|-------------------------------------|----------|----------|-----------|--------------------|-------------------|--|
| Martínez-Espineira (2002) | M | 132 mun. | 1993-1999 | -0,16; -0,12 | 0,30; 0,68 | Temp.(+), Lluvia (-), Tamaño (-) |
| Martínez-Espineira (2003) | H | 1 mun. | 1995-2002 | -0,67; -0,37 | n.d. | |
| Arbués et al. (2004) | M | 1 mun. | 1996-1998 | -0,06; -0,03 | 0,07; 0,21 | n.d. |
| Martínez-Espineira. y Nauges (2004) | H | 1 mun. | 1991-1999 | -0,10 | 0,1 | |
| García-Valiñas (2005) | M | 1 mun. | 1991-2000 | -0,55; -0,46 | 0,58 | |
| Martínez-Espineira (2007) | M | 301 mun. | 1991-1999 | -0,50; -0,10 | 0,00 | Temp. (+) |
| Martínez-Esp. y García-Val. (2010) | M | 160 mun. | 2005 | -0,06 | 0,06 | Tam. (+), Edad (-), Lluv. (-), Turismo (+) |
| March y Sauri (2010) | H | 1 mun. | 2003 | n.d. | 0,70 | Tam. (+), Edad (-), Densidad (-) |
| Arbués et al. (2010) | | | 1996-1998 | -1,31; -0,26 | 0,00 | Temp. (+), Edad (-), |

M: municipal; H: hogares.

Fuente: elaboración propia a partir de Reynaud (2015), Tablas 1.1 y 1.2.

Anexo

Variables explicativas incluidas en las especificaciones donde se incluye como exógena el precio medio percibido del agua doméstica

a) Variables socioeconómicas individuales (relativas a la persona de referencia de la encuesta)

-SEXO: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo sea varón, y 0 en caso contrario.

-EDAD: edad en el momento de realización de la encuesta.

-ZARAGOZA: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo haya nacido en Zaragoza, y 0 en caso contrario.

-NACIONAL: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo haya nacido en España, y 0 en caso contrario.

-SUPERIOR: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo haya completado estudios superiores, y 0 en caso contrario.

-ASALARIADO: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo sea en la actualidad trabajador por cuenta ajena, y 0 en caso contrario.

-JUBILADO: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo se encuentre en la actualidad en situación de jubilación, y 0 en caso contrario.

-ESTUDIANTE: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo se encuentre en la actualidad estudiando o en formación, y 0 en caso contrario.

-CUALIFICADO: variable que toma el valor 1 en el caso de que el individuo declare como ocupación laboral habitual ser director/gerente, técnico o profesional, y 0 en caso contrario.

b) Variables de características del hogar y la vivienda

-SUPERFICIE: variable que puede tomar cuatro valores, en función del tamaño de la vivienda del encuestado: menos de 61 metros cuadrados; entre 61 y 90; entre 91 y 120; y más de 120.

-TAMAÑO: número de miembros del hogar encuestado (dato del Padrón Municipal de 2012 de la ciudad de Zaragoza).

-INGRESOS: ingresos anuales netos del hogar declarados por los encuestados. Los ingresos declarados aparecen agrupados en la muestra en doce intervalos distintos, desde 300 euros o menos hasta más de 10.000 euros.

-SUMINISTRO ACS: variable que informa acerca del sistema de suministro de agua caliente sanitaria (ACS). Toma el valor 1 si el suministro es individual, y 0 en caso contrario.

-AGUA DE BOCA: variable que informa acerca del tipo de agua de boca consumida habitualmente en el hogar. Toma el valor 1 si es de grifo, y 0 en caso contrario.

c) Variables de opinión

-EXCESO: variable que recoge la opinión del encuestado acerca del consumo de agua en España. Toma el valor 1 si opina que los hogares consumen más agua de la necesaria, y 0 en caso contrario.

-REDUCCIÓN: variable que recoge la opinión del encuestado acerca de una posible propuesta a los hogares de reducir el consumo de agua en caso de escasez. Toma el valor 1 si opina que los hogares la aceptarían de buen grado, y 0 en caso contrario.

-COSTE CARO: variable que recoge la opinión del encuestado acerca del coste del agua soportado por su hogar. Toma el valor 1 si opina que es caro, y 0 en caso contrario.

-*CONSUMO ALTO*: variable que recoge la percepción del encuestado acerca del nivel de consumo de agua que tiene su hogar. Toma el valor 1 si opina que es alto, y 0 en caso contrario.

d) Variables de perceptibilidad de determinadas variables relacionadas con la factura de agua

-*ACIERTO TARIFA*: es una variable dicotómica que toma el valor 1 si el encuestado reconoce esta característica progresiva de la tarifa del agua, y 0 en caso contrario.

-*ACIERTO CONSUMO* / *ACIERTO COSTE*: estas variables reflejan el acierto del encuestado en el consumo de agua por su hogar y en el coste del agua soportado, respectivamente.

La construcción de estas variables entraña alguna dificultad, porque ningún hogar conoce con total certeza el agua que consume ni su coste. Eso obliga a fijar un porcentaje de discrepancia entre el consumo o coste real y el percibido por los consumidores, por debajo del cual se asume que el hogar conoce aceptablemente su consumo y coste del agua. El problema es, lógicamente, establecer ese porcentaje. Brent y Ward (2019), por ejemplo, utilizan dos criterios alternativos: si el error que comete el consumidor está por debajo de la mediana, o del 50%.

La estrategia que nosotros hemos seguido ha sido la siguiente. Hemos construido *ACIERTO CONSUMO* y *ACIERTO COSTE* como sendas variables discretas, con los siguientes valores: 3, si se observa un porcentaje de acierto superior o igual (siempre en valores absolutos) al 66,6% en el consumo y coste del suministro de agua, respectivamente; 2, si se observa un porcentaje de acierto inferior al 66,6%, pero superior o igual al 33,3%; 1, en el caso de que se observe un porcentaje de acierto inferior al 33,3%; y, finalmente, se da un valor de 0 cuando el encuestado responde ‘no sabe’ a la pregunta sobre su consumo/coste del agua. Con el valor más bajo asignado a estas variables estamos tratando de reflejar que la falta de respuesta esté probablemente evidenciando los problemas de visibilidad más acusados: téngase en cuenta que un 63,52% de los encuestados manifiesta desconocer absolutamente la cantidad de agua que se consume en su hogar, y un 42%, el coste que soporta.

-*SOBREVALORA CONSUMO* / *SOBREVALORA COSTE*: variable que trata de determinar si el encuestado está sobre o infraestimando su consumo o coste real. Toma el valor 1 en caso de sobrevaloración de la magnitud correspondiente, y 0 en caso contrario.

Tabla A1. Estimación de la demanda de agua doméstica en la ciudad de Zaragoza, período 2012, con el uso de la variable de precio medio efectivo (estimación por MCO utilizando el precio medio efectivo de 2011 para evitar posibles problemas de endogeneidad, y con un ajuste adicional de los errores estándar para tratar la posible existencia de heterocedasticidad)

| | | Coefficiente |
|---|--|----------------------|
| <i>Variables de precios</i> | <i>PRECIO MEDIO EFECTIVO</i> ₂₀₁₁ | -0,94*** |
| <i>Variables socioeconómicas individuales</i> | <i>SEXO</i> | 0,08** |
| | <i>EDAD</i> | 0,001 |
| | <i>ZARAGOZA</i> | -0,04 |
| | <i>NACIONAL</i> | 0,03 |
| | <i>SUPERIOR</i> | 0,09** |
| | <i>ASALARIADO</i> | -0,05 |
| | <i>JUBILADO</i> | -0,1 |
| | <i>ESTUDIANTE</i> | 0,06 |
| <i>Variables de características del hogar</i> | <i>CUALIFICADO</i> | -0,02 |
| | <i>SUPERFICIE</i> | 0,001 |
| | <i>TAMAÑO</i> | 0,14*** |
| | <i>SUMINISTRO ACS</i> | 0,03 |
| <i>Variables de opinión</i> | <i>AGUA DE BOCA</i> | -0,02 |
| | <i>EXCESO</i> | 0,003 |
| | <i>REDUCCIÓN</i> | 0,01 |
| | <i>COSTE CARO</i> | 0,14*** |
| <i>Variables de perceptibilidad</i> | <i>CONSUMO ALTO</i> | -0,01 |
| | <i>ACIERTA TARIFA</i> | 0,05 |
| | <i>ACIERTO CONSUMO</i> | -0,03 |
| | <i>ACIERTO COSTE</i> | 0,09*** |
| | <i>SOBREVALORA CONSUMO</i> | -0,33*** |
| | <i>SOBREVALORA COSTE</i> | -0,22*** |
| | <i>CONSTANTE</i> | 4,14*** |
| Nº de observaciones | | 394 |
| | | $F(23, 370) = 34,02$ |
| Prob > F | | 0,00 |
| R ² | | 0,72 |

Nota: ***, ** y * indican significatividad al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A2. Estimación de la demanda de agua doméstica en la ciudad de Zaragoza, período 1996-2012, con el uso de la variable de precio medio efectivo (estimación con el método generalizado de momentos GMM, en dos etapas, para paneles dinámicos de Arellano y Bond, 1991, y con un ajuste adicional de los errores estándar para tratar la posible existencia de heterocedasticidad)

| | Coefficiente |
|--|---|
| <i>PRECIO MEDIO EFECTIVO</i> | -0,37** |
| <i>CONSUMO</i> _{t-1} | 0,29*** |
| <i>CONSUMO</i> _{t-2} | 0,12*** |
| <i>TAMAÑO</i> | 0,09*** |
| <i>CUALIFICADO</i> | -0,03 |
| <i>PRECIPITACIÓN</i> | -0,00007** |
| <i>TEMPERATURA</i> | 0,003 |
| <i>TENDENCIA</i> | -0,02*** |
| <i>TENDENCIA * TAMAÑO (= 2)</i> | 0,01*** |
| <i>TENDENCIA * TAMAÑO (= 3)</i> | 0,01*** |
| <i>TENDENCIA * TAMAÑO (= 4)</i> | 0,01*** |
| <i>TENDENCIA * TAMAÑO (= 5)</i> | 0,01*** |
| <i>CONSTANTE</i> | 2,56*** |
| <i>Test de Arellano-Bond AR (1), primeras diferencias</i> | $\bar{z} = -4,99, Pr > \bar{z} = 0,00$ |
| <i>Test de Arellano-Bond AR (2), primeras diferencias</i> | $\bar{z} = -0,49, Pr > \bar{z} = 0,622$ |
| <i>Test de Hansen de sobreidentificación de instrumentos</i> | $\chi^2(5) = 5,74, Pr > \chi^2 = 0,332$ |
| <i>Test de Hansen de exogeneidad de instrumentos:</i> | |
| <i>-Prueba J</i> | $\chi^2(2) = 0,67, Pr > \chi^2 = 0,716$ |
| <i>-Prueba de diferencia en Hansen</i> | $\chi^2(3) = 5,08, Pr > \chi^2 = 0,166$ |

Nota: ***, ** y * indican significatividad al 1%, 5% y 10%, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia.

Notas adicionales:

Los resultados ofrecidos en la tabla A2 son los de una estimación de un panel dinámico en el que se cuenta con información longitudinal de facturación, para el período 1996-2012, de los hogares zaragozanos recogidos en la muestra de referencia.

En concreto, se pretende explicar el consumo de agua doméstica del hogar en un año t por medio del precio medio efectivo por m^3 facturado (obtenido como el coste total anual satisfecho por el hogar dividido por el consumo, también anual, en m^3) y del consumo de los dos años anteriores $-t-1$ y $-t-2$. Las tres variables explicativas anteriores se expresan en logaritmos para que los coeficientes estimados tengan una interpretación directa en términos de elasticidad.

Como las tres variables explicativas anteriores presentan potenciales problemas de endogeneidad, la estimación se lleva a cabo siguiendo el procedimiento indicado por Arellano y Bond (1991).

Junto a los anteriores regresores, se introducen adicionalmente, atendiendo a la disponibilidad efectiva de información longitudinal, las variables *TAMAÑO* y *CUALIFICADO*, ya utilizadas en la estimación basada en el precio medio percibido; la variable *PRECIPITACIÓN* (total anual de lluvia, en mm, en la ciudad de Zaragoza: Gobierno de Aragón, <https://www.aragon.es/-/clima/-/datos->

[climatologicos](https://www.aragon.es/-/clima/-/datos-climatologicos)); *TEMPERATURA* (temperatura media anual en °C, en promedio de medias mensuales: Gobierno de Aragón, <https://www.aragon.es/-/clima/-/datos-climatologicos>); una variable que trata de recoger la tendencia en el consumo de agua en el período 1996-2012, *TENDENCIA*; y, finalmente, un conjunto de interactuadas de esta última variable con los distintos tamaños de hogar (categoría base: hogares unipersonales) que busca captar la distinta evolución del consumo de los hogares zaragozanos a lo largo del tiempo atendiendo a su diferente tipología.

Para apoyar la interpretación que se realiza en el texto de los resultados donde interviene la variable *TENDENCIA*, se detallan aquí los test de significatividad de las siguientes combinaciones lineales de coeficientes:

$$H_0: B_1 [TENDENCIA] + B_2 [TENDENCIA * TAMANO (=2)] = 0$$

$$\chi^2 (1) = 5,46, PR > \chi^2 = 0,02$$

$$H_0: B_1 [TENDENCIA] + B_2 [TENDENCIA * TAMANO (=3)] = 0$$

$$\chi^2 (1) = 5,49, PR > \chi^2 = 0,02$$

$$H_0: B_1 [TENDENCIA] + B_2 [TENDENCIA * TAMANO (=4)] = 0$$

$$\chi^2 (1) = 4,60, PR > \chi^2 = 0,03$$

$$H_0: B_1 [TENDENCIA] + B_2 [TENDENCIA * TAMANO (=5)] = 0$$

$$\chi^2 (1) = 0,56, PR > \chi^2 = 0,46$$

Se ha vuelto a ponderar cada observación para que su peso relativo tenga en cuenta la composición real de los hogares de la ciudad, teniendo en cuenta el censo efectivo de viviendas de 2011.

En la última fila de la tabla A2 se detallan varios contrastes que tratan de diagnosticar la validez y correcta especificación del modelo dinámico de panel estimado con el método GMM de Arellano y Bond (1991). En primer lugar, el resultado del contraste de Arellano-Bond para AR(1) nos indica la presencia de autocorrelación de primer orden en los residuos de la ecuación en primeras diferencias, resultado deseable en los modelos dinámicos estimados con este método. Por otra parte, no se rechaza la hipótesis nula de AR(2), resultado que sugiere que la especificación dinámica del modelo es adecuada y que los instrumentos utilizados son válidos.

El resultado de la prueba de Hansen de sobreidentificación de instrumentos permite no rechazar la hipótesis nula de que la totalidad de instrumentos utilizados son válidos (están relacionados con las variables instrumentadas, pero no están correlacionados con el error de la ecuación principal). Finalmente, la prueba de Hansen estándar (sin los instrumentos para niveles), o prueba J, nos indica la validez de los instrumentos utilizados en la parte de primeras diferencias. Adicionalmente, la prueba de diferencia en Hansen nos indica que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los instrumentos GMM para niveles son exógenos y, por lo tanto, tampoco están correlacionados con el término de error.