

Estimaciones de la elasticidad precio del agua doméstica en Zaragoza: el papel de las percepciones ciudadanas del coste y del uso del servicio.

(versión preliminar: no citar)

Ramón Barberán Ortí, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Zaragoza

Julio López Laborda, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Zaragoza

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

RESUMEN

El objetivo general del presente proyecto es contribuir al trabajo aplicado que se ha ocupado de estimar de forma econométrica el efecto de las tarifas del precio de agua doméstica (establecidas generalmente por medio de tasas municipales) a la hora de determinar un menor o mayor consumo de este bien. Como aportación original, en esta investigación atendemos a la dimensión percibida por los ciudadanos del precio, el coste y el consumo, y no sólo al precio o coste real del servicio.

Para ello, además de con información sobre la facturación del suministro de agua potable en el municipio de Zaragoza para el período 1996-2012, contamos con una base de datos construida a partir de una encuesta a 1.500 hogares de Zaragoza en el año 2012. Dada la periodicidad de la facturación del agua potable en la ciudad de Zaragoza, se dispone de información trimestral de los consumos, lo que nos permite llevar a cabo estimaciones econométricas de la elasticidad del precio percibido del agua con el uso de distintas técnicas econométricas.

Palabras clave: agua residencial, tarifa, consumo, elasticidad precio, precio percibido

1.-Motivación y estructura general del proyecto

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; UN Environment, 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 éste el factor que centra el interés de este proyecto, las tarifas y políticas de precios del agua, como instrumentos económicos al servicio de distintos objetivos medioambientales y canalizadores de incentivos diseñados previamente por el decisor público.

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 no relacionados con el precio (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, la facturación y las estructuras tarifarias (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 de 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 muy bajos o no significativos (Arbués 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: por un lado, alterando el comportamiento de los consumidores y, por otro, condicionando la cuantía y fiabilidad de las estimaciones de la elasticidad.

En el primer caso, como constataron 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; 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 el segundo caso, el problema tiene que ver fundamentalmente, aunque no exclusivamente, 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 en Espey *et al.* (1997), Dalhuisen *et al.* (2003), Sebri (2014) y 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 el precio marginal no informa de 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 hecho de que el precio dependa de la cantidad de agua consumida. En este segundo ámbito, referido especialmente a la especificación del precio, se ubica nuestra investigación actual en el marco de este proyecto de investigación. Los antecedentes de esta investigación los desarrollamos ampliamente en la revisión de la literatura que se presenta en el epígrafe 2 de esta Memoria.

Nuestro proyecto tratará de realizar algunas aportaciones a la investigación precedente. En primer lugar, pretendemos aumentar la evidencia empírica sobre el efecto de los precios en la demanda de agua doméstica en un contexto de tarifas discontinuas. Además, en segundo lugar, en la especificación de los modelos que se emplean en el análisis econométrico de la demanda propuesto en el proyecto, se examinará el efecto de especificaciones alternativas del precio. No solo de las especificaciones que ya han sido utilizadas en la literatura, sino, especialmente, de la percepción que tienen los propios consumidores sobre el precio medio y el precio marginal. Estos precios percibidos los obtendremos a partir del coste y la cantidad consumida declarados por los consumidores, es decir, reflejan sus creencias o percepciones

sobre esas magnitudes, que como ya se ha indicado, están habitualmente muy alejadas de los costes y cantidades registrados por los gestores del servicio de suministro de agua.

Como se explicará con detalle, para el trabajo aplicado 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 recogía el estado de 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. De forma 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, la memoria de este proyecto se estructura como sigue. En un siguiente apartado realizamos una revisión de la literatura referida a la especificación del precio del agua en la modelización y estimación econométrica de la demanda residencial de agua, atendiendo a las especificaciones alternativas que se han propuesto y a los valores de la elasticidad precio que se han obtenido. En un apartado posterior, describiremos, 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, en segundo lugar, incluiremos y explicaremos los ejercicios econométricos planteados. Un último apartado, incluye las conclusiones generales y recomendaciones derivadas para el decisor público.

Referencias bibliográficas

Arbués, F., García-Valiñas, M.A., Martínez-Espiñeira, R. (2003): “Estimation of residential water demand: A state-of-the-art review”, *Journal of Socio-Economics*, 32: 81-102.

Attari, S. Z. (2014): “Perceptions of water use”, *PNAS*, 111 (14): 5129-5134.

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

- Beal, C. D., R. A. Stewart y K. Fielding (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.
- Brent, D. A. y M. Ward (2019): “Price Perceptions in Water Demand”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 98: 102266.
- Carter, D. W. y J. W. Milon (2005): “Price Knowledge in Household Demand for Utility Services”, *Land Economics*, 81 (2): 265-283.
- Dalhuisen, J.M., Florax, R.J.G.M., de Groot, H.L.F. y Nijkamp, P. (2003): “Price and income elasticity of residential water demand: A meta-analysis”, *Land Economics*, 79, 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.
- Fan, L., F. Wang, G. Liu, X. Yang y W. Qin (2014): “Public Perception of Water Consumption and Its Effects on Water Conservation Behavior”, *Water*, 6 (6): 1771-1784.
- Foster, H. S. y Beattie, B. (1981): “Urban residential demand for water in the United States: Reply”. *Land Economics*, 57, 257–265.
- 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.
- 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).
- 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.
- Hamilton, L. (1985): “Self-reported and actual savings in a water conservation campaign”, *Environment and Behavior*, 17 (3): 315-326.
- 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.

- Kenney, D.S., Goemans, C., Klein, R., Lowrey, J., Reidy, K. (2008). “Residential water demand management: lessons from Aurora, Colorado”. *JAWRA J. Am. Water Resour. Assoc.*, 44, 192-207.
- Lavee, D., Danieli, Y., Beniadi, G., Shvartzman, T., Ash, T. (2013). “Examining the effectiveness of residential water demand-side management policies in Israel”. *Water Pol.* 15, 585-597.
- Marzano, R., Rougé, C., Garrone, P., Grilli, L., Harou, J. y Pulido-Valazquez, M. (2018): Determinants of the price response to residential water tariffs: Meta-analysis and beyond. *Environ. Model. Softw.*, 101, 236–248.
- Nauges, C., y Whittington, D. (2010): “Estimation of water demand in developing countries: An overview”, *The World Bank Research Observer*, 25 (2): 263-294.
- OECD (2009): *Managing water for all. An OECD perspective on pricing and financing*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2012): *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2016): *OECD Council Recommendations on Water*.
<https://www.oecd.org/environment/resources/Council-Recommendation-on-water.pdf>
- Olmstead, S.M., Stavins, R.N. (2009). “Comparing price and nonprice approaches to urban water conservation”. *Water Resources Research*, 45: W04301 (1-10).
- Reynaud, A., Romano, G. (2018). “Advances in the economic analysis of residential water use: An introduction”. *Water*, 10: 1162 (1-10).
- Renwick, M.E., Archibald, S.O. (1998). “Demand side management policies for residential water use: who bears the conservation burden?”. *Land Econ.*, 74, 343.
- Renwick, M.E., Green, R.D. (2000). “Do residential water demand side management policies measure up? An analysis of eight California water agencies”. *J. Environ. Econ. Manag.*, 40, 37-55.
- Renzetti, S. (1992): “Estimating the structure of industrial water demands: The case of Canadian manufacturing”, *Land Economics*, 68: 396-404.
- Sebri, M. (2014): “A meta-analysis of residential water demand studies”. *Environ. Dev. Sustain.* 16 (3), 499–520.

UN Environment (2019): *Global Environment Outlook – GEO-6. Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP).

World Bank (1993): *Water Resources Management*. Washington DC: The World Bank.

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

2.- Revisión de la literatura: la especificación del precio en la función de demanda de agua

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 eficacia de las políticas de fijación de precios depende de la exactitud de la estimación de esa elasticidad precio (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.

Bajo el supuesto de separabilidad, la demanda marshalliana del agua se puede escribir como:

$$y = y^*(p, I, Z)$$

donde y es el consumo de agua per cápita o por hogar, p e I denotan el precio unitario del agua (que representa tanto el suministro de agua como los servicios de tratamiento de aguas residuales) y la renta representativa del hogar, respectivamente. Z es un vector de variables exógenas que se supone que influyen en el consumo de agua (Reynaud, 2015).

Según Abu-Bakar et al. (2021), hay tres grupos de factores que influyen en la demanda residencial de agua, además de su propio precio: características contextuales, ambientales y psicosociales. El primer grupo incluye los factores socioeconómicos y otras características de los hogares: renta, edad, sexo, educación, tamaño del hogar, propiedad de la vivienda, características de la vivienda y equipamiento. El segundo grupo captura algunas variables geográficas y estacionales con impacto en la demanda de agua: variables meteorológicas y climáticas, estacionalidad, calidad del agua. El tercer grupo se centra en algunas características actitudinales y psicológicas, como la preocupación por el medio ambiente, la conciencia, el conocimiento o las normas sociales.

La elasticidad-precio de la demanda de agua puede escribirse como:

$$\epsilon_p = \frac{\partial y^*(.)}{\partial p} \times \frac{p}{y^*}.$$

A raíz del trabajo seminal de Howe y Linaweaver (1967) se suscitó el debate sobre si el análisis econométrico reflejaba adecuadamente el papel de los precios en un contexto en el que muchas empresas de abastecimiento aplicaban tarifas discontinuas. Este debate, como destacan Brookshire *et al.* (2002), propició la expansión de la literatura de estimación de la elasticidad de la demanda de agua con especial atención a la estructura de precios. A pesar del tiempo transcurrido y del amplio número de trabajos que se han ocupado del tema, todavía no se ha cerrado el debate y persisten diversidad de aproximaciones.

2.1. La estructura tarifaria

Las estructuras de precios del agua en las zonas urbanas son muy diversas según países y ciudades, pero predominan ampliamente las estructuras tarifarias discontinuas. Estas tarifas discontinuas suelen incluir una cuota de acceso fija, con o sin derecho a un determinado volumen de agua "gratuita", y una cuota volumétrica decreciente o creciente. Las tarifas para el cálculo de la cuota volumétrica se clasifican en una de las tres siguientes categorías: tarifa plana, tarifa creciente por bloques o tarifa decreciente por bloques. La tarifa plana impone un único precio volumétrico para todos los usuarios, independientemente del uso, mientras que las tarifas por bloques cobran precios diferentes según la cantidad utilizada por encima de un nivel base establecido. Las tarifas crecientes por bloques aumentan con el aumento del volumen de uso, mientras que el coste unitario de las tarifas decrecientes disminuye a medida que aumenta el volumen utilizado. No obstante, para un mismo tipo de tarifa, puede haber grandes diferencias entre ciudades según el número de bloques de consumo y su amplitud, y según el nivel de precios aplicado en los distintos bloques.

Cuando, como es habitual, los servicios públicos urbanos de agua aplican estructuras tarifarias discontinuas la consecuencia es que tanto el precio marginal como el precio medio dependen de la cantidad consumida. Además, el precio marginal, al contrario que el medio, no informa de los posibles cambios inframarginales en la tarifa. Dado que ambos precios son distintos entre sí para un mismo consumidor, los investigadores interesados en estimar la función de demanda de agua y su elasticidad precio deben optar entre ellos o buscar una solución alternativa que los represente. Ello se ha traducido en distintas propuestas de especificación del precio para conseguir estimaciones lo más ajustadas posible a la realidad. Por otra parte, estas estructuras tarifarias también condicionan la elección de la técnica de estimación, debido al problema de endogeneidad que ocasionan en los precios.

2.2. La percepción de los consumidores

El diseño de la tarificación del agua, tal y como establece la Directiva Marco del Agua (DMA), debería garantizar "que las políticas de tarificación del agua ofrezcan incentivos adecuados para que los usuarios utilicen los recursos hídricos de manera eficiente" (art. 9). Además, las tarifas del agua deberían ser lo suficientemente claras y sencillas como para ofrecer a los consumidores incentivos adecuados para ajustar su consumo (OCDE 2003, 2010). Sin embargo, las tarifas del agua suelen ser complejas debido a que se pretende que atiendan simultáneamente a objetivos diversos como la eficiencia, la equidad, la sostenibilidad del recurso, la recuperación de costes y la accesibilidad al servicio, además de debido a factores institucionales y de gobernanza (Barberán y Arbués, 2009; Calatrava et al., 2015; García-Valiñas, 2019; Picazo-Tadeo et al., 2020). Lo que ha llevado no solo a adoptar mayoritariamente tarifas discontinuas complejas sino, también, a aplicar dos tarifas simultáneamente para cubrir tanto el suministro de agua como el alcantarillado o el tratamiento de las aguas residuales y, en muchos casos, a aplicar impuestos específicos sobre el agua con fines ambientales, adicionales a los generales que habitualmente también gravan su consumo. Por otra parte, la facturación y el pago por el consumo realizado suele corresponder a periodos relativamente amplios -frecuentemente un trimestre- y, por tanto, a demorarse en el tiempo respecto del momento del consumo gravado, contribuyendo a que resulte más difícil para los consumidores la conexión entre coste y consumo del agua.

En consecuencia, diversos autores han llamado la atención sobre la posibilidad de que los consumidores tengan un bajo nivel de percepción de las tarifas del agua y un alto desconocimiento del precio. Ello estaría provocado tanto por la complejidad de las estructuras tarifarias discontinuas (Foster y Beattie, 1981; Brent y Ward, 2019), como por el hecho de que el coste del agua suele representar una porción muy pequeña de la renta de los hogares en los países desarrollados (Chicoine y Ramamurthy, 1986; Brookshire et al., 2002; Arbués et al., 2004). Es decir, una combinación de dificultad (debido a la complejidad de las tarifas y las facturas) y desinterés (debido a la escasa relevancia económica del coste) estaría llevando a los consumidores a desentenderse ampliamente de las tarifas del agua y de los precios asociados.

Esta posibilidad se ha contrastado en algunos estudios empíricos en los que se ha evaluado el grado de conocimiento de la tarifa, el precio o el coste del agua, confirmando la existencia de un desconocimiento generalizado de esas variables por parte de los consumidores (Carter

y Milon, 2005; Brent y Ward, 2019; García-Valiñas et al., 2021; Barberán et al., 2022). La consecuencia es que este desconocimiento podría afectar a la toma de decisiones de los consumidores sobre el uso del agua y, por tanto, a la fiabilidad de las estimaciones de la elasticidad precio de la demanda de agua y, finalmente, frustrar los esfuerzos de los responsables políticos para promover el ahorro de agua.

2.3. Las alternativas de especificación del precio

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 tasas uniformes en las que todas las unidades de consumo se gravan al mismo precio, no hay diferencia entre el precio medio y el precio marginal. Sin embargo, en presencia de estructuras tarifarias discontinuas, esa igualdad se rompe y la bibliografía 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 numerosísimos investigadores, entre otros, según Gracia-de-Rentería y Barberán (2021): 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 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 inviable 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; Nauges y Thomas, 2000; Gaudin et al., 2001; 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.

2.3.1. Precio marginal y variable diferencia

El primer intento destacado de afrontar alguno de los problemas asociados a la estimación de la demanda 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, ya sea el precio medio o el precio marginal, no es suficiente para reflejar el efecto renta impuesto por la estructura y los cambios inframarginales en las 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 una gran controversia. En esencia se señala que dicha especificación no es significativa ni en sentido económico ni estadístico. La causa 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 o los cambios inframarginales en las tarifas 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; Bachrach y Vaughan, 1994).

2.3.2. Prueba empírica para la elección entre precio marginal y medio

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, ya que no es consistente con las restricciones teóricas de una función de demanda. 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:

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

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, 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 (P_a) es:

$$\frac{P_1 Q_1 + P_2 (Q - Q_1)}{Q}$$

que puede expresarse como:

$$P_2 + \frac{(P_1 - P_2) Q_1}{Q}$$

Por lo tanto, la función de demanda [1] emplea una medida descompuesta 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 $B_2 = B_3$.

2.3.3. Precio percibido calculado

Siguiendo con el intento de probar si los consumidores reaccionan al precio marginal o al precio medio, Shin (1985) propuso introducir un parámetro de percepción del precio, k , 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^* , denotando el

precio marginal y el precio medio con MP y AP respectivamente, puede escribirse de la siguiente manera:

$$P^* = MP (AP / MP)^k$$

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

Siguiendo 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 es $0 < k < 1$, mientras que $p < AP < MP$ cuando $k > 1$ y $p > MP > AP$ cuando $k < 0$.

2.3.4. Prueba integral para la determinación del precio al que responden los consumidores

Un punto de vista alternativo a los anteriores es el presentado por Ito (2014), quien empleó la prueba integral (Encompassing Test) en el sector energético. Para ello incluyó precios marginales y medios en la regresión, con cuatro resultados posibles en función de la significación de los coeficientes:

$$D = \lambda MP^{\beta_1} AP^{\beta_2}$$

En primer lugar, si el coeficiente de regresión del precio marginal pero no el del precio medio es significativo, se deduce que el precio percibido es el precio marginal, y viceversa. En segundo lugar, si los coeficientes de regresión 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 sólo un precio marginal o medio en la ecuación de demanda. Si la diferencia en los coeficientes 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 ambas 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 con solo el precio marginal o el precio promedio especificado 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 de la demanda condicionada a los efectos fijos de los hogares por mes y al retraso de un mes en el consumo registrado. 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.

2.3.5. Otras aproximaciones: tiempo, coste, precio percibido declarado

Algunos autores han sugerido que la falta de información perfecta por parte de los consumidores podría ocasionar que éstos no respondiesen a los precios vigentes en el periodo en que consumen sino a los precios rezagados (Charney y Woodard, 1984; Opaluch, 1984, Arbués et al., 2004). Ello tendría que ver esencialmente con el hecho habitual de que las facturas del agua se reciben por los consumidores después de transcurrido un período de tiempo desde la obtención de los datos de consumo por parte de los gestores del servicio.

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 éstos se guíen por el coste total reflejado en su factura (factura o facturas que corresponderán 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). No obstante, los trabajos empíricos dirigidos a establecer el nivel de conocimiento del coste total del agua obtienen que ese conocimiento es bastante bajo (Brent y Ward, 2019; García-Valiñas et al., 2021; Barberán et al., 2022), al igual que también sucede con el conocimiento de la cantidad de

agua consumida (Hamilton, 1985; Beal et al., 2013; Attari, 2014; Fan et al., 2014; García-Valiñas et al., 2021; Barberán et al., 2022).

Precisamente, dado que contamos con información, obtenida mediante encuesta a una muestra de hogares de la ciudad de Zaragoza, de la percepción de los consumidores sobre la tarifa, el coste y el consumo de agua (Barberán et al., 2022; Barberán, 2023), nuestra intención en este proyecto es evaluar los efectos de la inclusión en el modelo de demanda de los precios percibidos declarados. Estos precios, tanto el marginal como el medio, los obtendremos a partir del coste y la cantidad consumida declarados por los consumidores, en claro contraste con las otras especificaciones del precio vistas previamente.

2.4. La especificación del precio en la práctica

Según Marzano et al. (2018), a partir de un meta-análisis de basado en 124 artículos publicados entre 1963 y 2013, que comprenden 615 estimaciones de la elasticidad del precio del agua obtenidas utilizando datos de 31 países, el 36% de las elasticidades precio de su metamuestra se estiman utilizando el precio medio, y el 52% utilizan el precio marginal, de los cuales, casi la mitad (el 24% de la metamuestra) incluyen una variable diferencia para controlar el efecto renta impuesto por la aplicación de estructuras tarifarias discontinuas.

Por otra parte, según también se expone en Marzano et al. (2018), en la mayoría de los estudios revisados la elasticidad precio se estima controlando otros factores que pueden influir en el consumo de agua. Los más comunes son los factores climáticos y estacionales (temperatura, precipitaciones, tasa de evapotranspiración y estación del año), los ingresos, las características del hogar (tamaño y composición) y de la vivienda y la configuración urbana.

2.5. Evidencia empírica sobre la respuesta de los consumidores a los precios

2.5.1. Valores medios de la elasticidad

El meta-análisis realizado en Marzano et al. (2018) informa de que la elasticidad media estimada del precio del agua, obtenida a partir de las 615 estimaciones de su metamuestra, es de -0,40, con una desviación estándar de 0,72 y una mediana de -0,34. Son valores se ajustan bien a los esperado por la teoría, que considera que la demanda de agua debería ser inelástica ya que es difícilmente sustituible en los usos domésticos. Lo mismo sucede con los valores obtenidos en otros meta-análisis previos. Así, Espey et al. (1997), utilizando una muestra de 124 estimaciones de la elasticidad precio de 24 artículos de revistas publicados entre 1967 y

1993, obtienen una elasticidad media del precio del agua de -0,51. Por otra parte, Dalhuisen et al. (2003), con una muestra de 296 estimaciones tomadas de 51 estudios producidos entre 1963 y 2001, obtienen una elasticidad media de -0,41. Finalmente, Sebri (2014) analizó 638 estimaciones provenientes de 100 estudios producidos entre 2002 y 2012 y obtuvo un valor medio de -0,365.

Por su parte, Reynaud (2015) estima la función de demanda de agua de los hogares para cada uno de los 28 países miembro de la Unión Europea en el periodo 2005 a 2012 utilizando datos agregados, principalmente municipales, encontrando que las elasticidades precio suelen oscilar entre -0,5 y -0,1. Para el caso concreto de España, la elasticidad-precio a corto plazo se sitúa entre -0,1 y -0,21, siendo de las más bajas de la UE junto con Austria, Croacia, Francia, Alemania y Grecia. A largo plazo, obtiene que los coeficientes no son significativos. Además, de su revisión de la literatura para España se desprenden los resultados que se muestran en la tabla siguiente, que provienen de datos correspondientes al periodo 1991 a 2005.

Table 1.2: Price, income and other determinants of household water demand in the EU-28

Martinez-Espineira (2002)	-0.16 ; -0.12	0.30 ; 0.68	Temp (+) Rainfall(-) Size (-)
Martinez-Espineira (2003)	-0.67 ; -0.37	n.a.	
Arbues (2004)	-0.06 ; -0.03	0.07 ; 0.21	n.a.
Martinez-Espineira and Nauges (2004)	-0.10	0.1	
García-Valinas (2005)	-0.55 ; -0.46	0.58	
Martinez-Espineira (2007)	-0.50 ; -0.10	0.00	Temp (+)
Martinez-Espineira and García-Valinas (2010)	-0.06	0.06	Size (+) Age (-) Rainfall (-) Tourist (+)
March and Sauri (2010)	n.a.	0.70	Size (+) Age (-) Density (-)
Arbues et al. (2012)	-1.31 ; -0.26	0.00	Temp (+) Age (-)

2.5.2. La influencia de la información suministrada a los consumidores en los valores de la elasticidad precio

García-Valiñas y Suárez-Fernández (2022), a partir de una amplia y actualizada revisión de la literatura, encuentran resultados heterogéneos en los estudios que se han ocupado de la influencia de la información en los valores de la elasticidad precio. Por un lado, Pérez-Urdiales et al. (2016) no encontraron un impacto significativo de la información de precios sobre la elasticidad de precios residencial. Por otro lado, Gaudin (2006) encuentra que proporcionar información sobre el precio en la factura del agua aumenta la elasticidad precio de la demanda de agua. De manera similar, Carter y Milon (2005) encontraron que los hogares

mejor informados sobre los precios son más sensibles tanto a los precios medios como a los marginales. Binet et al. (2014) encuentran que los usuarios subestimaron el precio del agua, lo que llevó a un consumo excesivo, y sugieren que aumentar la información sobre los precios marginales en las facturas de agua podría reducir el consumo. En este sentido, Rajapaksa et al. (2019) descubren que los hogares que conocen los precios medios y marginales tienden a reducir el consumo de agua.

Otros estudios (Opaluch, 1982; Chicoine y Ramamurthy, 1986; Agthe et al. 1988), también revelaron una fuerte correlación entre un menor uso de agua y una mejor comprensión de las tarifas de precios.

2.5.3. La influencia de las características de la estimación en los valores de la elasticidad precio

Según señalan Espey et al. (1997) en su meta-análisis, la cuantía de la elasticidad precio de la demanda de agua se ve influida significativamente por la especificación de la función de demanda (mayor elasticidad en las especificaciones de largo plazo), la introducción de las variables climáticas (menor elasticidad cuando se incluye la evapotranspiración y la precipitación), la especificación del precio (menor elasticidad con el precio marginal que con las restantes especificaciones) y el tipo de tarifa que se aplica en la zona objeto de estudio (mayor elasticidad con tarifas por bloques crecientes).

Según Dalhuisen et al. (2003), la variación en las elasticidades estimadas está asociada, en primer lugar, a las diferencias en el sistema tarifario subyacente. Así, elasticidades precio relativamente elevadas se observan en los casos en que existen tarifas crecientes por bloques. En segundo lugar, depende de la especificación del precio, de modo que los estudios que utilizan precios diferentes de los precios marginales y con controles para diferenciales de renta obtienen elasticidades precio comparativamente mayores. Por último, las diferencias en las elasticidades estimadas están positivamente correlacionadas con las diferencias en la renta per cápita en el área de estudio subyacente.

Los resultados de Sebri (2014) muestran que la renta y el tamaño del hogar son determinantes clave de la demanda residencial de agua y su inclusión como variables independientes tiende a hacer que la demanda de agua sea más elástica respecto al precio, al igual que la inclusión de la temperatura y al contrario que la inclusión de variables ficticias estacionales y la densidad de población. Además, los estudios que utilizan datos de verano obtienen elasticidades precio

de la demanda mayores, al igual que cuando el agua se usa en exteriores. En cuanto a los datos, los resultados sugieren que el uso de datos mensuales, trimestrales o anuales tiende a proporcionar una menor elasticidad precio que el uso de datos diarios, en tanto que el que los datos sean de corte transversal, serie temporal o panel no afecta a la elasticidad precio. En cuanto a la influencia de la especificación del precio, no hay diferencia significativa en la elasticidad al incluir el precio medio o marginal, mientras que el Shin o cualquier otra especificación de precio hace que la demanda sea más elástica. Con respecto a las estructuras tarifarias, cuando se implementan tarifas decrecientes, el agua se vuelve más inelástica, mientras que la tarifa uniforme tiende a incrementar la elasticidad, y se obtienen coeficientes estimados ambiguos para el la tarifa creciente por bloques. Por otra parte, la elección entre las dos formas funcionales más utilizadas en la literatura sobre la demanda de agua residencial (lineal y logarítmica) parece tener poca influencia en las elasticidades de la demanda, aunque la elasticidad se reduce cuando se adopta la Stone-Geary o cualquier otra forma funcional (por ejemplo, semilogarítmica y translog). En cuanto a las técnicas de estimación, no se encuentran diferencias significativas entre todas las técnicas competitivas, incluyendo las variables instrumentales y los estimadores de efectos fijos y aleatorios. Además, la sensibilidad al precio es significativamente mayor a largo plazo que a corto plazo. Finalmente, los estudios basados en el enfoque de elección discreta/continua tienden a proporcionar resultados más elásticos.

Ma et al. (2014), tratan de explicar cómo algunos factores socioeconómicos influyen en que los usuarios respondan al precio medio o al precio marginal. En relación con la especificación del precio, encuentran que los grupos de ingresos medios responden al precio promedio, lo que les lleva a aceptar la hipótesis de que las tarifas crecientes por bloques serían equivalentes a las tarifas uniformes para los hogares de ingresos medios; el grupo de ingresos más altos no es sensible a los cambios de precios; y, por el contrario, los grupos de ingresos más bajos responden al precio marginal y creen que probablemente van más allá para comparar los precios de diferentes bloques y fijar su consumo en el punto que les permite lograr el máximo bienestar.

Marzano et al. (2018), en su modelo de meta-análisis más sofisticado, encuentra que el número de variables empleadas en la especificación de la demanda de agua tiene un efecto positivo en la elasticidad precio estimada. La presencia de usos comerciales resulta en una demanda de agua menos elástica. Cuando se aplican tarifas crecientes por bloques obtienen una demanda de agua más elástica. En lo referente a la especificación del precio, el uso del

precio marginal en la estimación conduce a una demanda de agua menos elástica en comparación con el uso del precio medio, lo que sugiere que los usuarios son más sensibles al precio medio que al marginal. En lo que respecta a la forma funcional, la especificación doble logarítmica se asocia con una demanda de agua más elástica, mientras que la especificación semilogarítmica conduce a elasticidades de precio más bajas. Los datos de series temporales conducen también a estimaciones de elasticidad precio más bajas, lo que vinculan a la imposibilidad de explotar la heterogeneidad a nivel de hogar en la estimación de la demanda de agua. Los estudios que se basan en datos de verano muestran una demanda de agua más elástica. En lo que respecta a las variables de ubicación, se encuentra que el PIB per cápita conduce a una demanda de agua menos elástica. Finalmente, cuanto más sofisticados son los métodos de análisis estadístico, particularmente cuando se ocupan de la endogeneidad del precio respecto del consumo de agua, más elástica es la demanda de agua en presencia de tarifas crecientes por bloques.

2.5.4. Algunas recomendaciones metodológicas para perfeccionar la estimación de la elasticidad precio

Numerosos autores han llamado la atención sobre la inadecuación de las técnicas clásicas de modelización econométrica, particularmente los mínimos cuadrados ordinarios (OLS), para la estimación de la demanda de agua bajo estructuras tarifarias discontinuas, debido al problema de endogeneidad o simultaneidad que ocasionan (Arbués et al., 2003; Worthington y Hoffman, 2008; Nauges y Whittington, 2009; Marzano et al., 2018). En concreto, señalan que las elasticidades de precio estimadas utilizando mínimos cuadrados ordinarios (OLS) están sesgadas, ya que se viola la suposición de que las variables independientes no están correlacionadas con los errores.

Las alternativas más habituales al método OLS para resolver este problema de endogeneidad o simultaneidad son las técnicas de “variables instrumentales”, con los procedimientos de mínimos cuadrados de varias etapas, y las técnicas de “máxima verosimilitud”. Sin embargo, como observan Arbués *et al.* (2003), algunos estudios muestran que las estimaciones mediante variables instrumentales son casi idénticas a las obtenidas con el método OLS.

Al respecto, Marzano et al. (2018) concluyen que la metodología DCC (modelos de elección discreta/continua) puede considerarse como la más adecuada para estimar la demanda de agua bajo tarifas discontinuas. El DCC es una metodología que se ocupa de la endogeneidad del precio respecto al consumo de agua, modelizando la demanda observada de agua como

el resultado de 1) una elección discreta del bloque en el que se sitúa el consumo y 2) un error de percepción que puede situar el consumo en un bloque diferente al previsto por el consumidor. La principal debilidad de esta metodología es la suposición de que los consumidores están bien informados sobre la estructura tarifaria. En todo caso, entre los varios métodos que se han utilizado para abordar este problema, los modelos de variables instrumentales siguen destacando por su amplia implantación.

Por otra parte, hay coincidencia en la literatura reciente en que los microdatos a nivel de hogar son preferibles a los datos agregados y que los datos de panel son preferibles a las series temporales y al corte transversal. Los datos agregados, tanto en el tiempo como en el espacio, ocultan efectos microeconómicos divergentes y su uso puede producir estimaciones sesgadas. Los datos de panel ayudan a superar los problemas de multicolinealidad, permiten controlar la heterogeneidad no observable de las unidades transversales y son esenciales para estimar las elasticidades de los precios a largo plazo.

Referencias bibliográficas

- Abu-Bakar, H., Williams, L., Hallett, S.H. (2021). A review of household water demand management and consumption measurement. *Journal of Cleaner Production*, 292: 125872 (1-19).
- 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.; Villanúa, I. (2004). Price impact on urban residential water demand: a dynamic panel data approach. *Water Resour Res.* <https://doi.org/10.1029/2004WR003092>
- 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.
- Attari SZ (2014). Perceptions of water use. *PNAS* 111(14):5129–5134
- Baerenklau, K.A.; Schwabe, K.A.; Dinar, A. (2014). The residential water demand effect of increasing block rate water budgets. *Land Econ.*, 90, 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.; Arbués, F. (2009). Equity in domestic water rates design. *Water Resources Management*, 23, 2101–2118.
- Barberán, R.; López-Laborda, J.; 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.
- Barkatullah, N. (1996). OLS and Instrumental Variable Price Elasticity Estimates for Water in Mixed-Effects Model Under Multiple Tariff Structure; Working Paper No. 226; Department of Economics, University of Sydney: Sydney, Australia.
- 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. *J Clean Prod* 60: 116–128
- Billings, R.B.; Agthe, D.E. (1980). Price elasticities for water: A case of increasing block rates. *Land Econ.*, 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. *J. Environ. Econ. Manag.*, 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 MA, Garrido A, González-Gómez FJ (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 Econ.*, 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.
- Cominola, A, Preiss, L., Thyer, M., Maier, H.R., Prevos, P., Stewart, R.A., Castelletti, A. (2023). The determinants of household water consumption: A review and assessment framework for research and practice. *Npj Clean Water*, 6: 11 (1-14).

- 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.
- 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-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.
- García-Valiñas, M.A., Suárez-Fernández, S. (2022). Are economic tools useful to manage residential water demand? A review of old issues and emerging topics. *Water*, 14: 2536 (1-23).
- Gaudin, S. (2006). Effect of price information on residential water demand. *Appl. Econ.*, 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 Resour. Res.*, 14, 15–18.
- Gracia-de-Rentería, P.; Barberán, R. (2021). Economic Determinants of Industrial Water Demand: A Review of the Applied Research Literature. *Water*, 13, 1684."
- Hamilton L (1985) Self-reported and actual savings in a water conservation campaign. *Environ Behav* 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., F. P. 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.
- Ma, X, Zhang, S.; Mu, Q. (2014). How do residents respond to price under increasing block tariffs? Evidence from experiments in urban residential water demand in Beijing. *Water Resources Management*, 28: 4895–4909.
- Martínez-Espiñeira, R. (2003). Price specification issues under block tariffs: A Spanish case study. *Water Policy*, 5, 237–256.
- 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.
- Matthews, Y., Shamseldin, A. (2024). A closer look at residential water demand elasticities in the short and long run. *Water Resources and Economics*, 45: 100235 (1-15).
- Nauges, C.; Thomas, A. (2003). Long-run study of residential water consumption with an application to a sample of French communities. *Environ. Resour. Econ.*, 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. (1991). A note on price perception in water demand models. *Land Econ.*, 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, France.
- OECD (2010). *Pricing Water Resources and Water Sanitation Services*; Technical Report; OECD: Paris, France.
- 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: 225–227.
- Opaluch, J. (1984). A test of consumer demand response to water prices: reply. *Land Economics* 60 (4), 417–421.
- Pérez-Urdiales, M.; García-Valiñas, M.A.; Martínez-Espiñeira, R. (2016). Responses to Changes in Domestic Water Tariff Structures: A Latent Class Analysis on Household-Level Data from Granada, Spain. *Environ. Resour. Econ.*, 63, 167–191.
- Picazo-Tadeo A, González-Gómez F, Suárez-Varela M (2020) Electoral opportunism and water pricing with incomplete transfer of control rights. *Local Gov Stud* 46:1–24.
- Rajapaksa, D.; Gifford, R.; Torgler, B.; Garcia-Valiñas, M.; Athukorala, W.; Managi, S.; Wilson, C. (2019). Do monetary and non-monetary incentives influence environmental attitudes and behavior? Evidence from an experimental analysis. *Resour. Conserv. Recycl.*, 149, 168–176.
- Reynaud, A. (2015). Modelling household water demand in Europe. Insights from a Cross-Country Econometric Analysis of EU-28 countries. Luxembourg: Publications Office of the European Union, JRC Technical Reports (Report EUR 27310 EN).
- Ruijs, A.; Zimmermann, A.; Van der Berg, M. (2008). Demand and distributional effects of water pricing policies. *Ecol. Econ.*, 66, 506–516.
- Schneider, M.L., Whitlatch, E.E. (1991). User-specific water demand elasticities. *Journal of Water Resources Planning and Management—ASCE* 117 (1), 52–73.
- 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.
- Tanverakul, S.A., Lee, J. (2016). Decadal review of residential water demand analysis from a practical perspective. *Water Practice and Technology*, 11 (2): 433-447.
- 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 Econ.*, 80, 463–475.

Wichman, C.J. (2014). Perceived price in residential water demand: Evidence from a natural experiment. *J. Econ. Behav. Organ.*, 107, 308–323.

Wichman, C.J. (2017). Information provision and consumer behavior: A natural experiment in billing frequency. *J. Public Econ.*, 152, 13–33.

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

3.-Base de datos utilizada y estimaciones econométricas

3.1.-Descripción de la base de datos utilizada

A continuación, ofrecemos una explicación sucinta acerca de la construcción de la base de datos que da soporte a las estimaciones econométricas proyectadas. 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 efectuada entre noviembre de 2014 y enero de 2015 a una muestra de hogares del mismo municipio.

Por concretar algo más esta última fuente de información, 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 et al., 2022).

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.

Como se puede consultar en Barberán et al. (2022), respecto al precio al que se enfrentan los residentes en el municipio de Zaragoza en el año de estudio se ha de considerar que el consumo de agua doméstica está sujeta 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 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, de modo que las distintas unidades consumidas (m^3) son gravadas con un mayor precio si corresponden a un bloque superior que si corresponden a un bloque inferior. En concreto, la tarifa tiene tres bloques: hasta $0,2 m^3/día$ de consumo, el precio es de 0,467 euros; de 0,2 a $0,616 m^3/día$, el precio es de 1,119 euros; y por encima de $0,616 m^3/día$, 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).

Junto a la tarifa general, que se aplica a todos los usuarios domésticos, existen dos tarifas especiales: una tarifa “per cápita” aplicable a los hogares formados por más de 6 miembros que lo soliciten y una tarifa reducida, con tres categorías en función de los niveles de renta, aplicable a los hogares de baja capacidad económica que lo soliciten. Además, existe una bonificación del 10% de la cuota variable aplicable, sin necesidad de solicitud por el interesado, a todos los hogares cuyo consumo anual comparado de los dos años anteriores al momento de facturación haya disminuido al menos en un 10%.

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 (AEAS, 2013; Agència Catalana de l'Aigua, 2016).

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 70 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, recogida de basuras 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 y la recogida de basuras. 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, el saneamiento y la recogida de basuras. 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.

3.2.-Especificación y estimación econométrica de la elasticidad del consumo de agua doméstica respecto al precio efectivo y el percibido por los hogares

3.2.1. Especificación

Nuestro objetivo es analizar cuáles son los factores que influyen en la en la demanda de agua doméstica de los hogares de la ciudad de Zaragoza, con especial atención al cálculo de la elasticidad precio de este bien, ya sea teniendo en cuenta los precios medios o marginales, bien efectivos, bien percibidos.

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 efectuada se lleva a cabo para este año. En consecuencia, la especificación efectuada para explicar la demanda de agua mencionada la siguiente:

$$\log(q_{i\ 2012}) = \beta_0 + \beta_1 \log(p_{i\ 2012}) + \sum_{j=2}^J \beta_j X_{j\ i\ 2012} + u_{i\ 2012} , \quad (1)$$

donde $q_{i\ 2012}$ es el consumo (en litros) anual per cápita¹ en 2012 de cada hogar, $p_{i\ 2012}$ es el precio -medio o marginal; efectivo o percibido- por cada hogar en el mismo año; $X_{ji\ 2012}$ es un conjunto de controles potencialmente relacionados con la demanda de agua doméstica referidos a cada hogar y al mismo año; y $u_{i\ 2012}$ es el término de error.

Por lo tanto, la variable que tratamos de explicar es el consumo anual per cápita de cada hogar, teniendo en cuenta que hemos ajustado el tamaño declarado por los hogares con la información que los mismos suministran en la encuesta acerca de posibles ausencias en el domicilio o incorporaciones de nuevos miembros a lo largo del año 2012.

Pasamos a continuación a describir las variables explicativas utilizadas, especialmente, la variable precio, p , ya que para su construcción hemos seguido diversas estrategias acordes con los distintos objetivos de la estimación. Su forma logarítmica, añadida al hecho de que en (1) el consumo también se expresa en logaritmos, permite una interpretación directa del coeficiente β_1 en términos de elasticidad precio de la demanda de agua doméstica.

En primer lugar, derivado de los datos de las propias facturas de agua, es inmediata la obtención tanto del precio medio efectivo [(coste total anual en euros = cuota fija + cuota variable)/consumo anual en litros], como del precio marginal implícito que se deriva de los distintos consumos trimestrales y las tarifas vigentes (en este caso, el precio marginal se obtiene como un promedio anual de los precios marginales trimestrales).

En segundo lugar, 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.).*

De esta forma, las contestaciones a estas preguntas nos permiten conocer el coste y consumo anual total percibido. Desde ahí, y de la misma manera que para el precio efectivo, se puede calcular el precio promedio (por litro) percibido.

Y atendiendo nuevamente a la tarifa vigente en la ciudad de Zaragoza y al consumo percibido, se puede inferir el precio marginal que de forma implícita se deriva de ambas informaciones.

¹ Para la obtención de este consumo per cápita se han tenido en cuenta diversas correcciones en el tamaño declarado por los hogares teniendo en cuenta a su vez posibles ausencias temporales de algún miembro habitual del hogar o la incorporación también temporal de nuevos residentes.

El resto de variables explicativas, X_j , las hemos seleccionado atendiendo a la literatura relacionada y a la disponibilidad efectiva de las mismas en la base de datos con la que contamos:

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*: tamaño, en metros cuadrados, de las viviendas de los encuestados. Las viviendas se agrupan en cuatro tamaños diferentes: 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 SOPORTADO*: 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 PROPIO*: 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

Cuando tratamos de examinar la percepción del precio marginal aparecen problemas de envergadura que dificultan la tarea. El 98,4% de los encuestados desconoce totalmente el precio más alto que se paga por metro cúbico según la tarifa del agua. De los que contestan (23 personas), la mitad comete un error de percepción superior al 50%.

Por este motivo, hemos adoptado una estrategia diferente para construir aproximaciones (variables *proxy*) al conocimiento por los encuestados del precio marginal. Concretamente, valoraremos el conocimiento de la estructura formal por parte de los encuestados. Es decir, que, al menos, reconozcan que el precio del agua aumenta con el consumo.

De forma consecuente, construimos la siguiente variable:

-*ACIERTOTARIFA*: 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.

Este reconocimiento presenta cifras algo mejores que las presentadas más arriba: 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.

-*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.

-*ACIERTO BONIFICACIÓN AHORRO*: variable que refleja la visibilidad de la bonificación disponible en la factura del agua por premio al ahorro de consumo. Toma el valor 1 en caso de que el encuestado responda correctamente si disfruta o no de esta bonificación, y 0 en caso contrario.

-*ACIERTO BONIFICACIÓN RENTA*: variable que refleja la visibilidad de la bonificación disponible en la factura del agua por tener un bajo nivel de renta. Toma el valor 1 en caso de que el encuestado responda correctamente si disfruta o no de esta bonificación, y 0 en caso contrario.

Tanto con la bonificación por ahorro en el consumo como por baja renta hemos probado alternativamente a introducir sendas variables dicotómicas con valor 1 estrictamente en el caso de que el encuestado disfrutara de forma efectiva del ahorro fiscal y lo reconociera explícitamente, y 0 en caso contrario. De esta manera, tratamos de recoger en la especificación la perceptibilidad o no de estas bonificaciones solo para aquellos hogares que son beneficiarios reales de las mismas. No obstante, ninguna de las especificaciones en las que han sido introducidas estas variables alternativas ha mejorado la capacidad explicativa de los modelos.

-*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.

Por otra parte, 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 que, 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_{ib} , se ha calculado como:

$$w_{ib} = N_{ib} / n_{ib},$$

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

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

Pasamos a continuación a presentar los resultados más satisfactorios de forma secuencial: en primer lugar, con estimaciones de la ecuación (1) que consideran el precio (medio y marginal) del agua doméstica; en segundo lugar, con estimaciones que consideran el precio (medio y marginal) percibido por los encuestados.

3.2.2. Estimaciones

a) *Estimación de la demanda de agua cuando se consideran como variable el precio efectivamente soportado por los hogares*

Señalamos, en primer lugar, que hemos decidido no incluir finalmente en cualquiera de las especificaciones mostradas la variable *INGRESOS*. 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 sea 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 (*SUPERIOR*) como la variable de ocupación laboral (*CUALIFICADO*), ambas incluidas en la especificación, se consideran habitualmente en los trabajos empíricos como *proxies* adecuadas de la renta familiar (Psacharopoulos y Patrinos, 2018).

Respecto a los resultados recogidos en la tabla 1, y ciñéndonos sólo a comentar aquellas variables con un impacto significativo, conviene señalar, en primer lugar, que los coeficientes de las dos variables de coste, directamente interpretables en términos de la elasticidad precio del consumo de agua doméstica, muestran signos contrarios: negativo para el precio medio y positivo para el marginal.

Otros factores que propician un menor consumo de agua son que la persona de referencia del hogar sea varón y que haya nacido en España. También decrece el consumo con el tamaño del hogar (número de miembros), pero aumenta conforme lo hace su superficie.

Respecto a las variables de opinión, afirmar que el consumo propio es alto propicia también un consumo efectivo relativamente elevado (lo que nos advierte de que estos encuestados perciben especialmente bien su demanda). Y en cuanto a las variables de percepción, acertar sobre el consumo efectivo del hogar, pero también sobrevalorar el consumo y el coste del servicio, son factores determinantes de una demanda de agua doméstica per cápita menor.

Finalmente, se ha de señalar que las dos *proxies* de los ingresos del hogar -variables *SUPERIOR* y *CUALIFICADO*- no parecen tener influencia sobre la demanda de agua.

Tabla 1. Estimaciones de la demanda de agua doméstica en la ciudad de Zaragoza. Variables de precios efectivos.

		<i>CONSUMO de AGUA</i>
		Coefficiente
<i>Variables de precios</i>	<i>PRECIO MEDIO EFECTIVO</i>	-0,83 ***
	<i>PRECIO MARGINAL EFECTIVO</i>	0,76***
<i>Variables socioeconómicas individuales</i>	<i>SEXO</i>	-0,04***
	<i>EDAD</i>	0,001
	<i>ZARAGOZA</i>	0,006
	<i>NACIONAL</i>	-0,09***
	<i>SUPERIOR</i>	0,02
	<i>ASALARIADO</i>	-0,0001
	<i>JUBILADO</i>	-0,002
	<i>ESTUDIANTE</i>	-0,04
	<i>CUALIFICADO</i>	-0,02
<i>Variables de características del hogar</i>	<i>SUPERFICIE</i>	0,001***
	<i>TAMAÑO</i>	-0,39***
	<i>SUMINISTRO ACS</i>	0,02
	<i>GRIFO</i>	-0,006
<i>Variables de opinión</i>	<i>EXCESO</i>	-0,02
	<i>REDUCCIÓN</i>	-0,002
	<i>COSTE SOPORTADO</i>	-0,007
	<i>CONSUMO PROPIO</i>	0,05**
<i>Variables de perceptibilidad</i>	<i>ACIERTA TARIFA</i>	-0,004
	<i>ACIERTO CONSUMO</i>	-0,04***
	<i>ACIERTO COSTE</i>	0,01
	<i>ACIERTO BON. AHORRO</i>	-0,003
	<i>ACIERTO BON. RENTA</i>	-0,01
	<i>SOBREVALORA CONSUMO</i>	-0,04**
<i>SOBREVALORA COSTE</i>	-0,1***	
Número de observaciones		1.368
<i>F (26, 1.341)</i>		189,13
<i>Prob > F</i>		0,00
<i>R²</i>		0,82

Fuente: Elaboración propia

b) Estimación de la demanda de agua cuando se consideran como variable el precio percibido por los hogares

Se ha de advertir que, cuando se introducen las variables de precio en su variante de percepción, se reduce de forma relevante el número de observaciones (394), ya que muchos encuestados no contestan sobre el coste propio percibido y sobre sus ingresos.

No obstante, como primer resultado destacable de los mostrados en la tabla 2, parece mantenerse tanto la significatividad como los coeficientes de sendas variables precio: negativo para el precio percibido medio, y positivo para el marginal. También hay que señalar que, atendiendo a las elasticidades estimadas, éstas presentan unos valores que aproximadamente son la mitad de los mostradas en la tabla 1.

Y con esta estimación, cuando la persona de referencia cuenta con estudios superiores - variable *proxy* de la renta del hogar-, la demanda de agua del hogar aumenta. El coeficiente de SUPERIOR nos indica una elasticidad renta del servicio positiva (lo que caracteriza este servicio como un bien normal) aunque de escasa cuantía (0,11).

A su vez, algunas variables de características individuales como la edad o el nacimiento en España dejan de tener coeficientes significativos, y también la superficie del hogar (sin embargo, un mayor tamaño del hogar está relacionado con un menor consumo per cápita en el mismo).

Y, por el contrario, aparecen como determinantes algunas características propias del servicio: que se consuma preferentemente agua de grifo (factor que aminora el consumo); y que el agua caliente sanitaria sea de suministro individual (factor que propicia el consumo).

En cuanto a las variables de opinión, ahora la que recoge que el coste del agua sea caro (y ya no la de que el consumo propio sea alto) parece ser determinante a la hora de contar con un mayor consumo en el hogar. Quizás una mejor identificación en estos hogares de la progresividad de la tarifa está contribuyendo a la vinculación mostrada entre costes y consumos elevados.

En cuanto al último bloque de variables de perceptibilidad, se mantienen los coeficientes significativos de las variables de *ACIERTO CONSUMO* y de *SOBREVVALORA CONSUMO*, pero desaparece para *SOBREVVALORA COSTE*.

Tabla 2. Estimaciones de la demanda de agua doméstica en la ciudad de Zaragoza. Variables de precios efectivos.

		<i>CONSUMO de AGUA</i>
		Coefficiente
<i>Variables de precios</i>	<i>PRECIO MEDIO PERCIBIDO</i>	-0,45***
	<i>PRECIO MARGINAL PERCIBIDO</i>	0,38***
<i>Variables socioeconómicas individuales</i>	<i>SEXO</i>	0,06
	<i>EDAD</i>	0,002
	<i>ZARAGOZA</i>	0,005
	<i>NACIONAL</i>	-0,14
	<i>SUPERIOR</i>	0,11**
	<i>ASALARIADO</i>	-0,02
	<i>JUBILADO</i>	-0,003
	<i>ESTUDIANTE</i>	-0,08
	<i>CUALIFICADO</i>	-0,03
<i>Variables de características del hogar</i>	<i>SUPERFICIE</i>	0,001
	<i>TAMAÑO</i>	-0,23***
	<i>SUMINISTRO ACS</i>	0,06*
	<i>GRIFO</i>	-0,08*
<i>Variables de opinión</i>	<i>EXCESO</i>	0,02
	<i>REDUCCIÓN</i>	0,02
	<i>COSTE SOPORTADO</i>	0,17***
	<i>CONSUMO PROPIO</i>	-0,002
<i>Variables de perceptibilidad</i>	<i>ACIERTA TARIFA</i>	0,05
	<i>ACIERTO CONSUMO</i>	-0,06***
	<i>ACIERTO COSTE</i>	-0,007
	<i>ACIERTO BON. AHORRO</i>	-0,02
	<i>ACIERTO BON. RENTA</i>	0,09
	<i>SOBREVALORA CONSUMO</i>	-0,49***
	<i>SOBREVALORA COSTE</i>	0,08
Número de observaciones		394
<i>F (26, 367)</i>		24,86
<i>Prob > F</i>		0,00
<i>R²</i>		0,64

Fuente: Elaboración propia

Referencias bibliográficas

AEAS (Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento) (2013): *Tarifas 2012. Tarifas 2012. Precio de los servicios de abastecimiento y saneamiento en España*. Mimeo.

Agència Catalana de l'Aigua (2019): *El precio del ciclo del agua en España y Europa 2018*.

http://aca.gencat.cat/web/.content/10_ACA/J_Publicacions/05-estudis-preus-i-tarifas/15_observatori_preu_aigua_ES_EU_2018_es.pdf

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.

Ayuntamiento de Zaragoza (2012): "Ordenanza Fiscal nº 24.25: Tasa por la prestación de servicios vinculados al ciclo integral del agua", *Ordenanzas Municipales: Tributos y Precios Públicos 2012*. Zaragoza: Ayuntamiento de Zaragoza, Área de Economía y Hacienda.

Barberán, R.; Arbués, F. (2009). Equity in domestic water rates design. *Water Resources Management*, 23, 2101–2118.

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

Brent, D. A. y M. Ward (2019): "Price Perceptions in Water Demand", *Journal of Environmental Economics and Management*, 98: 102266.

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.

Morelli, S., T. Smeeding y J. Thompson (2015): "Post-1970 trends in within-country inequality and poverty: Rich and middle income countries". En Atkinson, A.B. y F. Bourguignon (eds.): *Handbook of Income Distribution, Vol.2*. Amsterdam: Elsevier.

OECD (2010): *Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services*. Paris: OECD Publishing.

Psacharopoulos, G. y H.A. Patrinos (2018): "Returns to investment in education: a decennial review of the global literature", *Education Economics*, 26 (5): 445-458.

4.-Conclusiones y recomendaciones de política pública

(En proceso de elaboración)