

PAPELES DE TRABAJO

8/2021

Los impuestos que gravan los residuos industriales ¿reducen su generación?

ANABEL ZÁRATE MARCO

Universidad de Zaragoza e Instituto Universitario de Investigación en Empleo, Sociedad Digital y Sostenibilidad (IEDIS)

Esta investigación ha recibido apoyo del Instituto de Estudios Fiscales, del Gobierno de Aragón (Grupo de Investigación en Economía Pública), y del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, la Agencia Estatal de Investigación y el FEDER (Proyecto RTI2018-095799-B-I00). Los resultados y su interpretación son responsabilidad exclusiva de la autora.



INDICE

Resumen- Abstract

1. INTRODUCCIÓN

2. UNA PANORÁMICA DE LA TRIBUTACIÓN DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES EN LA UNIÓN EUROPEA

3. UN MODELO ECONÓMICO PARA LA GENERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES. HIPÓTESIS PLANTEADAS

4. RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

TABLAS

ANEXO

Resumen

En este trabajo analizamos si los impuestos que gravan los residuos industriales en España reducen su generación. El análisis se realiza utilizando como muestra las regiones españolas y empleando técnicas de econometría espacial. Los resultados obtenidos sugieren que, aunque los impuestos sobre residuos son poco efectivos, el efecto inducido en las industrias tanto por estos tributos como por el resto de políticas medioambientales sí logra reducir la generación de residuos industriales. Asimismo, el modelo sugiere que los residuos generados en una región dependen de los que generan sus regiones vecinas y de los generados por la propia región en el pasado.

Palabras clave: residuos industriales, impuesto, política medioambiental, modelo espacial y dinámico

JEL codes: H2, H3, Q5

Abstract

In this paper we analyze whether the taxes levied on industrial waste in Spain reduce its generation. The analysis is carried out using the Spanish regions as a sample and using spatial econometric techniques. The results obtained suggest that, although taxes on waste are not very effective, the induced effect in industries both by these taxes and by other environmental policies does reduce the generation of industrial waste. Likewise, the model suggests that the waste generated in a region depends on that generated by its neighboring regions and on that generated by the region itself in the past.

Keywords: industrial waste, tax, environmental policy, dynamic spatial model

JEL codes: H2, H3, Q5

1. INTRODUCCIÓN

La generación de residuos industriales debería preocupar tanto como el cambio climático, por el impacto medioambiental que tiene y por los costes económicos que genera. Pero la realidad es que la gestión de los residuos industriales es claramente insatisfactoria, dada la carencia de instalaciones y los insuficientes porcentajes de reciclaje y valorización de dichos residuos. Según datos de Eurostat para 2014, España se encuentra entre los países de la UE que menos residuos recicla (36.1%) y que más envía sin tratar al vertedero (47.9%).

Desde la segunda mitad de los años ochenta no ha dejado de reforzarse la presencia de instrumentos fiscales, como los impuestos sobre residuos industriales en las políticas ambientales (OCDE, 1994; EEA, 2016), bien por parte de los gobiernos centrales, bien por los subcentrales (e.g. USA y Australia o, en el ámbito de la UE, Bélgica y España). Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con los residuos urbanos, hay poca evidencia empírica que analice los efectos de dichas políticas impositivas en el sector industrial¹. La mayoría de estudios sobre contaminación del sector industrial ha analizado los efectos que sobre el medio ambiente tiene el crecimiento económico o las economías de escala, y la severidad de la regulación sobre la contaminación, incluida la tributación, entre otros aspectos económicos², pero poniendo el foco de atención en la contaminación del agua o emisiones a la atmósfera (véase, por ejemplo, Hettige *et al*, 2000; Wang, 2000; Morgenstern *et al*, 2002; Wang y Jin, 2007; Cheng *et al*, 2016; Liu, Chen y Wei, 2017; y Xiong *et al*, 2018), y no en los residuos sólidos industriales³.

Teóricamente, las industrias pueden responder a los impuestos sobre residuos industriales reduciendo la cantidad de residuos generados o reciclando una mayor parte de los mismos, aunque también pueden aumentar la cantidad de residuos eliminados ilegalmente, derivar dicha contaminación a otros medios ambientales (contaminación del aire o del agua), o simplemente trasladar los residuos a otra jurisdicción para reducir la factura fiscal. En la práctica, el trabajo descriptivo de Andersen (1998) pone de manifiesto que el impuesto danés redujo entre 1987 y 1993 los residuos generados en los hogares y en la construcción, pero elevó los de la industria⁴, y, hasta

¹ La literatura sobre residuos urbanos es abundante, siendo diversos los estudios que tratan de medir la elasticidad precio de la generación de estos residuos (BARTELINGS *et al.* 2005 y NICOLLI y MAZZANTI, 2013), la hipótesis de la curva de Kuznet (MAZZANTI y ZOBOLI 2009 y MAZZANTI *et al.* 2012) o la relación existente entre la regulación de los residuos urbanos (incluida la imposición) y su desplazamiento o desvío (LEVINSON, 1999a y b; LEY *et al.*, 2002; D'AMATO *et al.*, 2014; o SASAO, 2014c y d).

² También se ha analizado el efecto de variables como la especialización productiva de la economía, el tamaño de las empresas, el comercio, el empleo o la productividad, los movimientos migratorios de la población, la estructura del capital y la naturaleza de su propiedad, la estructura e intensidad energética, la relevancia de la I+D o inversión en tecnología de protección ambiental.

³ Cheng *et al.* (2016) construyen un índice para medir la contaminación, en el que están incluidos los residuos industriales.

⁴ También hay estudios de la administración pública norteamericana que simulan el posible impacto que los impuestos estatales pueden tener sobre la generación y técnicas de gestión de residuos peligrosos (EPA, 1984 y CBO, 1985a,b). Del mismo modo, la Unión Europea ha analizado el impacto de los diferentes instrumentos de gestión de los residuos (BIO INTELLIGENCE SERVICE, 2012).

donde nosotros sabemos, sólo hay dos trabajos econométricos que analizan la relación entre la tributación de los residuos industriales sólidos y su generación, y no arrojan resultados concluyentes. Sigman (1996) encuentra que aunque la generación de residuos industriales en EEUU, para el periodo 1987-1990, es muy elástica frente a los impuestos estatales que los gravan, los efectos obtenidos son muy pequeños debido a los bajos tipos de gravamen establecidos. Y Sasao (2014b) obtiene que los impuestos sobre residuos industriales de las prefecturas de Japón apenas han reducido su generación. Esta escasa evidencia empírica y la poca contundencia de sus resultados es la que motiva este trabajo, en el que analizamos la eficacia que a nivel regional tiene la política medioambiental, incluida la tributaria, a la hora de reducir los residuos industriales sólidos.

Se ha desarrollado una literatura paralela que analiza la competencia regulatoria o fiscal interjurisdiccional sobre residuos (Fredriksson, 2000; Levinson, 2003 y Kuncce y Shogren, 2005) y el impacto que ésta puede tener en la importación o en el flujo de residuos (Levinson, 1999a, b; Sturm, 2003; y Sasao, 2014c,d), en la *Pollution Haven Hypothesis* (Levinson, 2000; Dou and Han, 2019), en la eliminación ilegal de residuos (D'Amato et al., 2014 y Sasao, 2014c), o en la especialización productiva regional e innovación (Porter, 1991; Requate y Unol, 2003). Otros trabajos, como los de Sigman (1996), Bartelings et al. (2005), Mazzanti et al. (2012), y Mazzanti y Zoboli (2009), se centran en cómo los impuestos ambientales pueden cambiar la forma en que las empresas gestionan los residuos (reciclaje, incineración, eliminación o depósito en vertederos).

El hecho de que la contaminación tenga un fuerte componente espacial y provoque un *spillover effect* (Zhao et al. 2015; y Su y Yu, 2019); de que la cooperación se haya convertido en un elemento importante dentro del campo de la gestión y control de la contaminación; y de que las diferencias impositivas entre regiones puedan inducir procesos de competencia fiscal e incentivar el desplazamiento interregional de residuos, inputs o empresas; hace que las condiciones ambientales, y en consecuencia, el comportamiento que una región tenga con respecto a los residuos, no vaya a depender solo de sus características internas, sino también de las características de las regiones vecinas y de su actitud frente al medioambiente. Las regiones pueden copiar o, por el contrario, tratar de contrarrestar los comportamientos y actitudes medioambientales de sus vecinas. Sigman (1996) contempla la posibilidad de que los impuestos sobre la incineración de residuos de los estados vecinos influyan (como una variable más) en la generación de residuos de un estado. Y Sasao (2014b) también lo hace en su estudio sobre los residuos depositados en vertedero (que estima incluyendo y, alternativamente, excluyendo los residuos de las prefecturas vecinas), aunque no en su estudio sobre los residuos generados. Esta dimensión espacial también ha sido considerada, de una u otra forma, en la literatura sobre residuos urbanos (Mazzanti et al., 2012; Nicolli y Mazzanti, 2013) y sobre emisiones (Cheng et al. 2016; Liu, Chen y Wei, 2017; y Xiong et al, 2018), y nosotros la vamos a tener en cuenta en este trabajo mediante técnicas de econometría espacial. Ello nos va a permitir analizar si las características de las regiones vecinas, como, por ejemplo, su tributación medioambiental, ha influido en la generación de residuos industriales de la propia región; y si ha habido comportamientos imitadores entre regiones en la generación de dichos residuos.

Asimismo, vamos a tener en cuenta que reducir la generación de residuos industriales es costoso y requiere de un proceso inversor que puede llevar un tiempo, por lo que, siguiendo a Sasao

(2014a), hemos introducido el componente temporal en el estudio para llevar a cabo un análisis dinámico.

Nuestro trabajo hace varias aportaciones a la literatura empírica sobre residuos industriales. En primer lugar, contribuye a cubrir el enorme hueco que existe a nivel internacional sobre este tema, ya que, tal y como hemos señalado, únicamente son dos los trabajos que analizan la influencia de la tributación en la generación de residuos industriales (Sigman, 1996 y Sasao, 2014b). En segundo lugar, es el primer trabajo que analiza la eficacia de las políticas medioambientales, incluidas las impositivas, en la reducción de los residuos industriales, teniendo en cuenta al mismo tiempo la dependencia espacial entre regiones y la persistencia temporal de la generación de residuos. Además, hasta donde nosotros sabemos, es el primer trabajo que, en el contexto de la eficacia de la imposición medioambiental, tiene en cuenta la interrelación espacial no contemporánea, que consideramos esencial para una correcta modelización. Lo hacemos para las 17 regiones españolas y el periodo 1999-2017. La progresiva implementación de tributos medioambientales, como los que gravan los residuos industriales, por parte de algunas regiones españolas a lo largo de las dos últimas décadas, y la diversidad en su diseño, así como la disparidad en las características socioeconómicas y demográficas de las regiones españolas, proporciona el escenario adecuado para llevar a cabo este estudio. También hemos tenido en cuenta en el análisis otros factores como la estructura productiva regional, la intensidad de los factores productivos utilizados por la industria, determinadas características socioeconómicas regionales, y los costes empresariales relacionados con la gestión de los residuos industriales y con el medioambiente en general, que responden a las exigencias implícitas en la política medioambiental de dichas regiones. En tercer lugar, desde un punto de vista econométrico, nuestro trabajo aborda la explicación de la generación de residuos industriales de la manera más completa posible, es decir, utilizamos un modelo de econometría espacial SDM⁵, incorporamos efectos fijos para capturar variables omitidas que puedan estar correlacionadas con las variables explicativas o con las características no observadas de las jurisdicciones e invariantes en el tiempo (heterogeneidad inobservada). También hemos contemplado la posibilidad de que las variables que miden la severidad de tales políticas ambientales sean endógenas, aspecto que ya ha sido considerado por Levinson (1999), Sasao (2014a) o D'amato *et al.* (2018).

Los resultados muestran que hay un componente espacial y dinámico en la generación de residuos industriales en España, y que aunque política tributaria medioambiental es cuantitativamente poco efectiva para reducir los residuos industriales, el efecto inducido que estos tributos y el resto de regulaciones medioambientales provocan en las empresas, es decir, los gastos de inversión y especialmente los gastos corrientes que la política medioambiental provoca en las industrias, sí parece lograr ese propósito. Los demás grupos de variables considerados en el análisis también

⁵ La mayoría de trabajos sobre contaminación tiene en cuenta las interacciones espaciales mediante la sencilla inclusión de alguna variable de las regiones próximas (i.e. SIGMAN, 1996; NICOLLI y MAZZANTI, 2013; SASAO, 2014b), aunque también hay trabajos que utilizan técnicas de econometría espacial (MAZZANTI *et al.*, 2012; CHENG *et al.* 2016; LIU; CHEN y WEI, 2017; y XIONG *et al.* 2018).

resultan relevantes en la explicación de la endógena. Asimismo, nuestro modelo sugiere un desacoplamiento relativo en la Waste Kuznets Curve.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la segunda sección del trabajo planteamos el modelo y las hipótesis a estimar. En la tercera sección presentamos los resultados obtenidos. El trabajo termina con una sección de consideraciones finales.

2. UNA PANORÁMICA DE LA TRIBUTACIÓN DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES EN LA UNIÓN EUROPEA

En la tabla 1 hemos recopilado, a partir de la información que proporciona la base de datos sobre instrumentos de política sobre el medioambiente de la OCDE, los impuestos sobre residuos industriales⁶ aplicados actualmente en los países de la Unión Europea y Reino Unido. A pesar de la diversidad de gravámenes y de la forma de aplicarlos, podemos extraer unas conclusiones generales, que nos permitan esbozar una foto de la situación existente actualmente respecto de la tributación de dichos residuos. En primer lugar, la mayor parte de los Estados miembros (a excepción de Chipre, Luxemburgo y Eslovenia) aplica algún tipo de gravamen sobre los residuos industriales, que normalmente suele gravar su depósito en vertederos. Hay, no obstante, algunos países (República Checa, España⁷, Finlandia y Polonia), que también gravan los residuos radioactivos; o que sólo gravan los radioactivos, como Bulgaria. En segundo lugar, los tributos sobre el depósito de residuos industriales, que en unos casos son impuestos y en otros son tasas, suelen aplicarse a nivel nacional, por lo que su regulación es común en todo el estado. Sólo Bélgica y España gravan estos residuos a nivel regional y, por lo tanto, en estos dos países el gravamen es diferente o incluso inexistente, según la región considerada. En tercer lugar, buena parte de los estados miembros tiene en cuenta a la hora de establecer el gravamen, los niveles de peligro o contaminación asociados a los productos de desecho y su destino final, diferenciando entre residuos peligrosos y no peligrosos; o estableciendo un gravamen diferente según el tipo de residuo; e incluso diferenciando entre residuos depositados en instalaciones especiales para su eliminación, almacenamiento o incineración, o en vertederos no regulados o no autorizados, etc. También es habitual clasificar los residuos en función de su origen, distinguiendo entre residuos producidos por la edificación urbana y demolición, y residuos producidos por la industria manufacturera, la minería, etc.

⁶ Hemos obviado tanto los impuestos o tasas sobre residuos establecidos a nivel municipal, que gravan residuos urbanos; como los impuestos sobre residuos específicos, que se han generalizado en los últimos años en prácticamente todos los países de la Unión Europea, y que se aplican a las unidades físicas de un producto específico, como productos químicos, bolsas de plástico, baterías, envases y contenedores, o neumáticos y que suelen establecerse de forma centralizada.

⁷ España estableció en 2013 a nivel nacional, dos impuestos específicos sobre los residuos radioactivos: el Impuesto sobre la producción de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos resultantes de la generación de energía nucleoelectrónica, y el Impuesto sobre el almacenamiento de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos en instalaciones centralizadas. La implantación de estos impuestos llevó a la región andaluza a suspender la aplicación de su Impuesto sobre depósito de residuos radiactivos, dado que grababa el mismo hecho imponible.

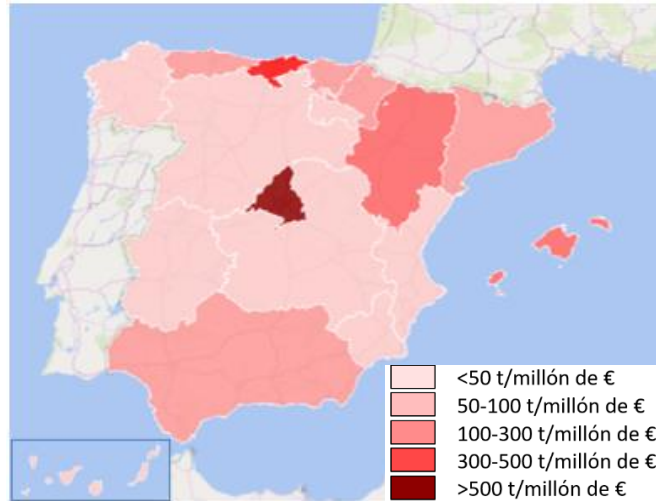
En España, el impuesto sobre el depósito de residuos, así como buena parte de los impuestos medioambientales, se regulan a nivel regional, si bien su estructura es similar a la que hemos observado en el resto de países de la Unión Europea, y que lo aplican a nivel nacional. Tal y como podemos ver en la tabla 2, a día de hoy, son nueve las regiones (Andalucía, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Extremadura, La Rioja, Cantabria, Madrid y Murcia) que han establecido un impuesto sobre los residuos industriales sólidos, y cuyo objetivo es regular (es decir, reducir) la generación de residuos industriales y financiar el coste de la protección del medio ambiente, puesto que en todas estas regiones la recaudación obtenida con el impuesto tiene como destino la protección medioambiental de la región. Todos ellos gravan el volumen de residuos depositados en vertederos públicos o privados, que generalmente se determina directamente mediante pesaje; aunque Andalucía, Valencia y Murcia también gravan el depósito temporal (por tiempo superior al establecido) de residuos industriales; y Madrid, Murcia, Comunidad Valenciana y Extremadura el abandono de residuos en lugares no autorizados por la normativa. El impuesto a pagar se calcula aplicando el tipo de gravamen a la base imponible, teniendo en cuenta generalmente si se trata de residuos peligrosos o no peligrosos, y en algunos casos (como Andalucía, Castilla-León y Comunidad Valenciana) distinguiendo, además, entre residuos susceptibles de valorización y no valorizables.

3. UN MODELO ECONOMÉTRICO PARA LA GENERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES. HIPÓTESIS PLANTEADAS

Según la *Encuesta sobre generación de residuos en el sector industrial* del Instituto Nacional de Estadística (INE), el volumen de residuos generados por el sector industrial en España, a nivel regional, es muy dispar. Tal y como puede verse en la figura 1, Madrid y Cantabria serían las Comunidades Autónomas (en adelante, CAs) que más residuos generan de media en todo el periodo objeto de estudio, en relación a su PIB, seguidas de Baleares y Aragón; y en el extremo opuesto estarían Castilla-La Mancha, Castilla León, Canarias, Galicia y La Rioja.

Con el propósito de explicar estas diferencias en el volumen de residuos generados, y de analizar la sensibilidad que muestran las industrias a la hora de generar residuos, frente a la severidad de la política medioambiental, hemos considerado, siguiendo a Sigman (1996) o Hettige *et al.* (2000), que los residuos industriales pueden ser tratados como un input del proceso productivo, junto con los insumos convencionales (trabajo, capital y energía), y que las empresas generadoras de dichos residuos van a tratar de minimizar sus costes, sujetas a una función de producción. Como factor explicativo clave de la demanda de residuos industriales hemos utilizado los costes empresariales asociados a la política medioambiental que se lleva a cabo en la región, entre los que se encuentra la tributación de los residuos industriales. También hemos tenido en cuenta otras variables como la renta, la cual nos permitirá contrastar la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets.

Figura 1
Volumen de residuos (t)/PIB regional (millones de euros)



Fuente: Elaboración propia a partir de la *Encuesta sobre generación de residuos en el sector industrial* (INE)

Además, como ya indicamos en la sección introductoria, el modelo que proponemos tiene en cuenta la dimensión espacial que subyace en la generación de residuos de las industrias, y la persistencia en el tiempo de dicha generación, así como el hecho de que la dependencia espacial puede prolongarse o difundirse en el tiempo. De esta forma, el modelo que planteamos es dinámico, porque considera que la generación de residuos en un año puede depender de la experiencia pasada, a causa del coste de ajuste asociado a una determinada estructura industrial y empresarial. Y además, el modelo es espacio-temporal porque considera que la generación de residuos en una CA puede depender de la generación de residuos en las demás CAs, tanto en el propio ejercicio como en ejercicios pasados; de determinadas variables explicativas de las CAs vecinas; así como de una combinación de variables omitidas que pueden estar espacialmente correlacionadas. Además, incluimos efectos fijos para capturar las posibles fuentes de variación de costes específicos o de características específicas de las regiones, y para evitar que las variables omitidas sesguen los resultados.

El análisis lo llevamos cabo para una muestra que comprende las 17 regiones españolas durante el periodo 1999-2017, a través de la siguiente especificación:

$$R_{it} = \rho \sum_{j \neq i}^N \omega_{ij} R_{jt} + \partial \sum_{j \neq i}^N \omega_{(ij)t-1} R_{jt-1} + \gamma R_{it-1} + \sum_{k=1}^K z_{itk} \beta_k + \sum_{s=1}^S \sum_{j \neq i}^N \omega_{ij} z_{jts} \varphi_s + \delta_i + u_{it} \quad (1)$$

$$u_{it} = \lambda \sum_{j \neq i}^N \omega_{ij} u_{jt} + \varepsilon_{it},$$

Donde R_{it} mide el volumen de residuos industriales generados en la CA o región i ($i=1, \dots, 17$) en el año t ($t=1999, \dots, 2017$). ρ es el coeficiente de retardo espacial que mide dependencia espacial global contemporánea; ∂ captura el factor de difusión espacial global que se produce en el tiempo; ω_{ij} son los pesos espaciales utilizados para capturar el efecto de la generación de residuos industriales de la región j sobre la región i , donde $\omega_{ij} \neq 0$, si las regiones i y j interactúan, y por definición $w_{ii}=0$ (por simplicidad, suponemos que la matriz de pesos espaciales es la misma que la de pesos

espacio-temporales, a pesar de que tienen métricas distintas); ρ es el coeficiente de persistencia de la generación de residuos o componente dinámico. z_{ik} son las k características socioeconómicas de la región i , y z_{js} , las s características de las regiones vecinas j , por tanto, β_k son los k coeficientes de las variables z de la región i ; y φ_s son los s coeficientes espaciales de dependencia local que capturan el efecto espacial de las variables explicativas de los vecinos. Suponemos que ρ , δ , γ , φ_s y β_k son constantes en el espacio y en el tiempo; δ_i recoge el efecto específico de cada región; y λ es el coeficiente de autocorrelación espacial del error, con $u_{it} = \varepsilon_{it}$ en ausencia de dependencia espacial en el término error.

Las definiciones y estadísticos descriptivos de las variables utilizadas en el modelo se resumen en la tabla 3, y la matriz de correlación de las principales variables figura en la tabla 1.A del anexo. Las variables están expresadas en forma logarítmica, y las hemos agrupado en cuatro bloques.

Costes de la política medioambiental (severidad de la política medioambiental)

A lo largo de las dos últimas décadas, varias CAs (pueden verse en la Figura 2) han ido estableciendo tributos sobre los residuos industriales, con el objetivo de reducir su generación y, en muchos casos, de financiar los gastos de protección medioambiental. Para ver si estos tributos desincentivan la generación de residuos industriales (eficiencia estática), hemos incluido una variable que captura el nivel de tributación de dichos residuos (IMPUESTORES). Aunque la Figura 2 no parece sugerir que las CAs que exigen estos tributos generen menos residuos tras su implantación, el signo esperado para esta variable sería negativo.

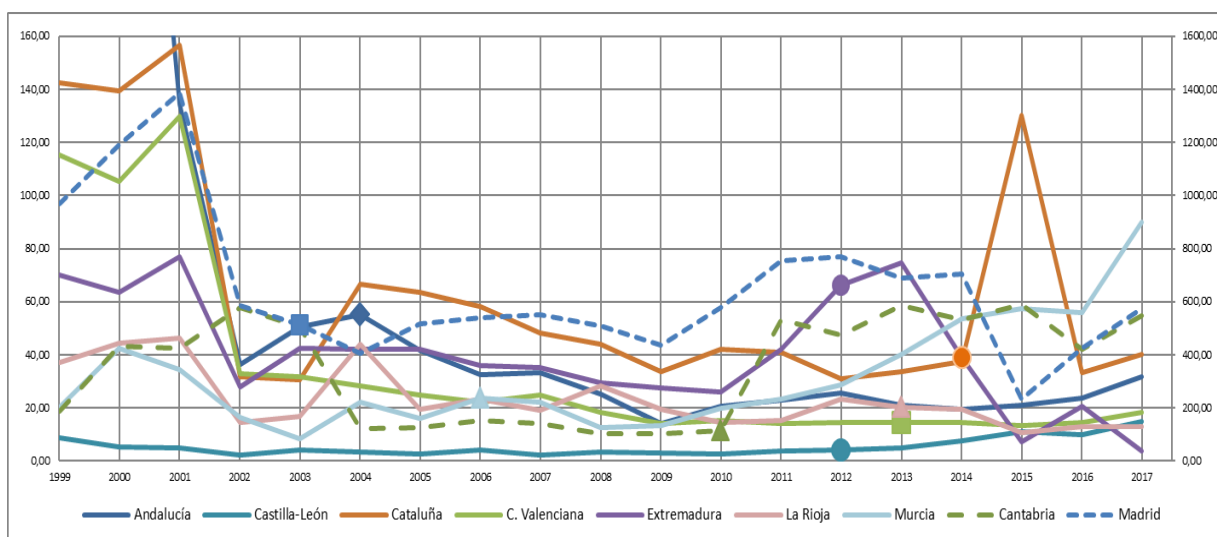
Es posible que los impuestos sobre residuos no reduzcan únicamente de forma directa su generación, sino que también lo hagan de forma indirecta, a través de los procesos de inversión que inducen en las empresas (*eficiencia dinámica*). Además, los gobiernos pueden establecer regulaciones y otras medidas de control de los residuos, distintas de los impuestos, que también pueden fomentar dichas inversiones (Sigman, 1996 y Leiter *et al.*, 2011). Por ello, también hemos incluido la variable GASTORES, con la que hemos tratado de capturar el efecto que todas las medidas gubernamentales (tributarias o no) relacionadas con los residuos industriales, tienen sobre la generación de dichos residuos, y que hemos aproximado a través de los gastos de inversión a los que las industrias tienen que hacer frente en relación con estos residuos. Esta variable vendría a ser una *proxy* de la eficiencia dinámica de los tributos sobre los residuos, y su signo esperado es negativo.

El grueso de medidas, impuestos y regulaciones adoptadas en una región, con el propósito de reducir la contaminación, da una idea del grado de concienciación y preocupación de dicha región por el medioambiente, y puede lograr que los agentes contaminadores, entre los cuales están las industrias generadoras de residuos, contaminen menos, ya sea por una cuestión de concienciación, por la necesidad de adaptarse a la normativa establecida, por minimizar la deuda tributaria, o por una mezcla de todas estas razones (eficiencia estática). En España, algunas CAs han ido estableciendo en sus territorios, además de un impuesto sobre residuos industriales, un amplio

abanico de impuestos de tipo medioambiental⁸, que también hemos considerado en el análisis a través de la variable IMPUESTOAMB. Y, como es posible que la tributación no sea la única fuente de variación en los costes de gestión medioambiental (Sigman, 1996 y Dou y Ha, 2019), también hemos incluido los costes corrientes (GASTOAMB) y de capital (INVAMB) en los que incurren las industrias de cada región, a causa de las restricciones, normativas y controles medioambientales de cualquier tipo fijados por los gobiernos (Somanathan et al, 2014)⁹, y que nos permitirán aproximarnos, en cierta forma, a la eficiencia dinámica de los tributos. El signo esperado de estas tres variables sería, por tanto, negativo.

Figura 2

Evolución del volumen de residuos industriales generados (t/millón de € de PIB)



(El año de implantación del Impuesto sobre residuos industriales en cada CA aparece señalado con un marcador)

Cantabria y Madrid (en líneas discontinuas) se miden en el eje secundario.

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por el INE; Ministerio para la Transición Ecológica y Ministerio de Hacienda.

Para adecuarnos a la idea del impacto diferido de los tributos, que sugiere Levinson (1999a), hemos retardado todas estas variables relacionadas con la severidad de las políticas medioambientales. Ello a su vez permite eliminar los posibles problemas de endogeneidad que pueden presentar estas variables, aunque el contraste de endogeneidad que llevamos a cabo en la sección siguiente confirma que no existen problemas de endogeneidad.

⁸ Ejemplos de estos tributos ambientales serían el Impuesto sobre la contaminación atmosférica de Galicia, Murcia, Aragón, Cataluña y Andalucía; el Impuesto sobre instalaciones que inciden en el medio ambiente de Castilla-La Mancha, Asturias, Comunidad Valenciana o Extremadura; el Impuesto sobre el daño medioambiental causado por determinados usos y aprovechamientos del agua embalsada de Aragón o Galicia; o el Impuesto sobre grandes establecimientos comerciales de Asturias y Aragón (pueden verse en el *Portal Institucional del Ministerio de Hacienda*)

⁹ Frente a la inclusión de variables fiscales, existe una literatura alternativa que opta por definir índices globales de políticas, regulación ambiental o de contaminación (ÇAGATAY y MIHÇI, 2003 o BRUNEL y LEVINSON, 2016).

Estructura productiva regional

En este grupo de variables hemos considerado, en primer lugar, el volumen de producción del sector industrial (PIBIND), pues cabe esperar que la generación de residuos industriales aumente con la producción (Sigman, 1996; Levinson, 1996 o Hettige *et al.*, 2000). En segundo lugar, hemos considerado la hipótesis de la estructura productiva, ya que la importancia relativa del sector industrial y la carestía relativa de suelo en el que se establecen las industrias puede influir en los residuos industriales generados en la región (Sigman, 1996 y Hettige *et al.*, 2000). Para capturar esta hipótesis hemos considerado dos variables. Por un lado, la aglomeración industrial, a la que nos aproximamos con la densidad de empresas industriales en la región¹⁰ (DENSIDAD) y para la que esperamos obtener un signo positivo. Y, por otro lado, la congestión o intensidad industrial, a la que nos aproximamos interactuando la densidad de empresas industriales de la región (DENSIDAD) con la importancia relativa del sector industrial (PESOPIBIND). Un signo negativo para esta interacción estaría indicando la aparición de costes de congestión, por una concentración excesiva de la actividad económica, con el consiguiente traslado de empresas a otras regiones (Brühlhart y Mathys, 2008), es decir, una relación no lineal entre la aglomeración económica y la deslocalización industrial.

También incorporamos una variable que captura la presencia de empresas que se dedican al reciclaje (RECIC), y cuyo signo esperado sería, a priori, indeterminado, ya que un mayor peso de estas empresas puede reducir la generación de residuos, al concienciar de la necesidad de ser menos contaminante; pero también puede producir el efecto contrario, al inducir la creencia de que los residuos generados van a tener otro uso.

Factores productivos

Siguiendo a Sigman (1996) o Hettige *et al.* (2000), vamos a considerar también como factores explicativos la intensidad relativa en términos de producción de los inputs renta salarial (SALAR), dotación de capital¹¹ (I+D) y consumo energético (ENERG) de las industrias, para determinar si su relación con la generación de residuos industriales es complementaria o sustitutiva. Si las relaciones de los modelos KLEM se mantienen¹², los procesos productivos intensivos en consumo de materiales tenderán a generar mayor volumen de residuos (Hettige *et al.*, 2000)¹³. Así, en el caso

¹⁰ La relación de sustitución entre economías de escala y coste del transporte es la principal razón para la aglomeración industrial (KRUGMAN, 1998). DOU y HAN (2019) miden el grado de aglomeración económica con la producción no agrícola por km², y utilizan el peso regional del PIB industrial para expresar las economías de escala del sector industrial. Cuanto mayor es peso de la industria, mejor es la base industrial, y este efecto externo positivo es útil para mejorar la eficiencia de la producción y atraer industrias.

¹¹ Dada la fuerte correlación que existe entre la dotación de capital y la renta regional, hemos utilizado los gastos regionales en I+D+i como proxy de la dotación de capital.

¹² HETTIGE *et al.* (2000) señalan que las estimaciones econométricas de los modelos KLEM (capital, trabajo, energía, materiales) sugieren que K y E son complementarios, al igual que L y M, mientras que los pares KE y LM son sustitutivos entre sí.

¹³ No se incluye el uso de materiales por no disponer de información territorializada para el ámbito regional.

español, podemos pensar que las actividades intensivas en consumo de materias primas o en mano de obra son típicas de procesos productivos maduros y especialmente contaminantes, esperando obtener para la variable masa salarial (SALAR) un coeficiente positivo. Sectores intensivos en capital (I+D) aparecerían asociados a actividades más innovadoras y menos contaminantes, siendo negativo el efecto esperado para esta variable (Mazzanti y Zoboli, 2009). Y un consumo energético (ENERG) elevado tendría un efecto indeterminado sobre la endógena, al capturar, por un lado, un mayor uso de nuevos bienes de capital, más eficientes y menos contaminantes; y, por otro lado, ser un síntoma de procesos productivos anticuados, intensivos en consumo de energía y muy contaminantes.

Variables socioeconómicas

La inclusión de la renta o riqueza (PIB) y su cuadrado, nos permiten contrastar la hipótesis de la curva medioambiental de Kuznets para los residuos (WKC), según la cual, el crecimiento económico favorece la generación de residuos industriales hasta alcanzar un máximo, a partir del cual la contaminación disminuye. Un signo negativo para esta variable en niveles indicaría que estamos en el tramo descendente de la curva medioambiental (desacoplamiento absoluto)¹⁴, mientras que un signo positivo para la variable en niveles y negativo para su cuadrado indicaría que estamos en el tramo ascendente, pero con desacoplamiento relativo.

Asimismo, creemos que la edad de la población (POB65) puede condicionar la generación de residuos industriales, ya que, por un lado, la menor concienciación ambiental de dicho grupo de población, y los menores costes de contaminación asociados a los territorios envejecidos y menos densamente poblados, podrían conducir a una mayor generación de residuos industriales; aunque, por otro lado, pueden primar los aspectos vinculados con la menor dinamicidad y actividad industrial de las regiones con población envejecida. El signo esperado de esta variable sería, por lo tanto, indeterminado.

4. RESULTADOS

Tal y como advierte la literatura, hemos considerado la posible endogeneidad de las variables explicativas relacionadas con el volumen de producción industrial (PIBIND), la tributación (IMPUESTORES, y IMPUESTOAMB), los costes empresariales derivados de la gestión de la contaminación (GASTORES, GASTOAMB y INVAMB) y la presencia de empresas que se dedican al reciclaje (RECIC). Para ello, hemos aplicado el procedimiento de Hausman en dos etapas, utilizando como instrumentos las propias variables rezagadas, y hemos calculado los estadísticos

¹⁴ Hettige *et al.* (2000) explica que en las fases iniciales de industrialización se generan grandes cargas de contaminación, al convertir las materias primas sin elaborar en *inputs* primarios (por ejemplo, metales, papel, cemento, azúcar). Sin embargo, durante el proceso de desarrollo económico, las industrias primarias pierden participación en la producción en favor de industrias más limpias (por ejemplo, ensamblaje de vehículos y electrónicos). Por otro lado, NICOLLI y MAZZANTI (2013) apuntan que al ser la calidad medioambiental generalmente considerada un bien normal, es plausible suponer que las regiones más ricas pueden pedir regulaciones más estrictas y, por tanto, sus niveles de contaminación ser menores, mostrando la renta un coeficiente negativo.

de Durbin y Wu-Hausman (Wu, 1974 y Hausman, 1978), que muestran, tal y como puede verse en la Tabla 2.A del apéndice, que no podemos rechazar la hipótesis nula de exogeneidad de las variables. Por otra parte, los test de Sargan y Basman indican que no podemos rechazar la hipótesis nula de que los instrumentos utilizados son válidos, lo cual ratifica las pruebas de Wu-Hausman y Durbin.

Asimismo, hemos comprobado la hipótesis antes planteada de dependencia espacial del modelo de generación de residuos industriales, utilizando para ello las pruebas de Pesaran y Moran¹⁵. Ambos test confirman la presencia de dependencia espacial, tal y como puede verse en la parte inferior de la tabla 4, por lo que para que los estimadores sean consistentes se deben usar modelos de dependencia espacial, como los propuestos en (1). Estos modelos requieren del uso de una matriz espacial (ω), que incorpore el criterio de vecindad o proximidad (Anselin, 2002), y que no esté relacionada con las variables explicativas del modelo. Hemos optado por una matriz espacial de 17x17, que considera como vecinas a las 5 regiones más cercanas en términos de distancia, lo cual se ajusta a la consideración de Tobler (1970) de que los elementos cercanos están más relacionados que los distantes, a la vez que permite evitar el problema de regiones aisladas (Islas Canarias e Islas Baleares), y el de las regiones con una cantidad muy elevada de vecinos limítrofes (como Castilla-León o Castilla-La Mancha)¹⁶. Además, los test LR y LM de la tabla 3.A del anexo sugieren que el modelo espacial adecuado para nuestra estimación es el Durbin (SDM), en el que la dependencia espacial deriva de la endógena y de las explicativas. Por otra parte, al plantear la hipótesis de persistencia temporal mediante un modelo dinámico, hemos incluido efectos fijos en la estimación.

La estimación de este modelo espacial y dinámico, con datos de panel, la hemos llevado a cabo mediante técnicas de máxima cuasi-verosimilitud (QML), que implementan la transformación de datos de Lee y Yu (2010) para modelos de efectos fijos, y empleando errores estándar de Driscoll-Kraay, que producen estimadores robustos a la heterocedasticidad. Los resultados, que pueden verse en la Tabla 4, corroboran que existe un componente (γ) dinámico en la generación de residuos, que muestra una tendencia creciente en la generación de residuos industriales, esto es, que los residuos industriales que una región genera hoy dependen positivamente de los generados en el pasado. También se observa una interacción espacial en la generación de residuos. De hecho, los coeficientes ρ y δ , que capturan la dependencia espacial global (en la endógena), indican la existencia de una relación positiva (o efecto contagio) en la generación de residuos industriales entre regiones, es decir, que una mayor contaminación industrial en las regiones vecinas (hoy y, aunque menor, también en el pasado) está asociada a una mayor generación de residuos en la propia región. Dichos resultados son consistentes con el proceso de industrialización español que se caracterizó por estar muy concentrado geográficamente (en el noreste peninsular), aspecto que se agudizó por las estrategias de especialización y aglomeración territorial. Y el coeficiente ϕ de la variable *IMPUESTOAMB*, que captura la dependencia espacial local, sugiere que la generación de

¹⁵ Con el test de Moran, MAZZANTI *et al.* (2012) no encuentran dependencia espacial para los residuos urbanos.

¹⁶ Matrices con otras especificaciones arrojan peores resultados.

residuos en una región depende también de los impuestos medioambientales de las regiones vecinas.

Todos los grupos de variables explicativas resultan significativos en la explicación de la endógena. Sin embargo, ni los impuestos que gravan los residuos industriales (IMPUESTORES) ni la inversión empresarial inducida por la normativa que regula su gestión (GASTORES) logran reducir su generación, ni en la propia región ni en las vecinas (φ)¹⁷. Este resultado puede deberse, tal y como apunta la literatura (Sigman, 1996), a los bajos tipos de gravamen fijados por las CAs, que hacen que la factura por contaminar sea asumible en base a los beneficios que las industrias logran. Detrás de unos bajos tipos de gravamen puede esconderse un comportamiento estratégico, por el cual, las CAs fijan normas tributarias que, aunque garantizan de alguna forma el cumplimiento del principio de “quién contamina paga”, no conducen a la reducción de residuos industriales, sino que más bien tratan de atraer empresas con un fin recaudatorio y de estímulo económico¹⁸. ¿Es entonces la tributación ineficiente en la lucha contra la contaminación? Nuestro modelo parece indicar que la tributación medioambiental agregada (IMPUESTOAMB) tanto de la propia región como de las regiones vecinas (φ) sí logra reducir la generación de residuos, bien por una motivación económica, derivada del hecho de que probablemente buena parte de estos impuestos recaigan sobre las mismas industrias contaminantes, bien porque los impuestos habrán hecho una labor de concienciación. En cualquier caso, su coeficiente (0.6%) indica que la efectividad de dicha imposición es realmente pequeña, lo cual puede ser un reflejo de que la tributación medioambiental de las regiones españolas responde más a cuestiones de insuficiencia financiera, fruto de un proceso asimétrico de descentralización, que a estrictos objetivos de política ambiental. Este resultado estaría en la línea del obtenido por Sigman (1996) y Sasao (2014b).

Asimismo, la significatividad de las variables INVAMB y GASTOAMB sugiere que aunque la política medioambiental no esté dirigida específicamente a reducir los residuos industriales, provoca inversiones y gastos corrientes que acaban controlando su generación (especialmente estos últimos, que presentan una elasticidad del 93%). No obstante, no parecen tener alcance más allá de la región en la que se lleva a cabo la política medioambiental. En esta misma línea irían Nicolli y Mazzanti (2013), en su trabajo sobre residuos urbanos, quienes tampoco encuentran significativa la capacidad tecnológica instalada en las regiones cercanas.

El modelo también indica que cuanto mayor es la producción (PIBIND) y la aglomeración (DENSIDAD) del sector industrial más residuos se generan. Si bien, tal y como advierte la literatura (Brühlhart y Mathys, 2008), el signo negativo de la interacción DENSIDAD * PESOPIBIND sugiere la aparición de costes de congestión que pueden hacer que la industria se traslade. La presencia en la propia región o en las regiones vecinas de empresas dedicadas al reciclaje (RECIC) no influye en la generación de residuos industriales.

¹⁷ SIGMAN (1996), aunque sin utilizar técnicas de econometría espacial, obtiene una elevada elasticidad para los impuestos estatales sobre residuos industriales, tanto del propio estado como de los estados vecinos.

¹⁸ Hemos interactuado también las variables IMPUESTORES y GASTORES, para ver el efecto de un aumento en los gastos de inversión ante un cambio en el nivel de imposición, aunque esta interacción ni resulta significativa ni mejora el modelo.

En cuanto a los inputs, parece ser que las regiones especializadas en actividades intensivas en capital (I+D) resultan más contaminantes, lo cual puede deberse a la fuerte correlación existente entre el esfuerzo inversor y el tamaño de la industria, unido al hecho de que las grandes empresas suelen concentrarse territorialmente. Por el contrario, tal y como sostienen Hettige *et al.* (2000), el consumo energético (ENERG) y la contaminación parecen ser sustitutivos. Al igual que Sigman (1996), no hemos encontrado una conexión entre las regiones con industrias intensivas en mano de obra (SALAR) y la contaminación¹⁹.

Por otra parte, nuestro modelo revela que las poblaciones envejecidas (POB65) generan menos residuos industriales, lo cual estaría en consonancia con la menor especialización industrial de las zonas que son menos dinámicas demográficamente. Y para terminar, la relación positiva pero decreciente que muestran los residuos industriales y la renta regional (PIB) nos sitúa en el tramo ascendente de la curva de Kuznets, pero con desacoplamiento relativo²⁰.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo hace varias aportaciones a la literatura empírica sobre residuos industriales. Ayuda a cubrir el importante hueco que existe en la literatura sobre la eficacia de la imposición medioambiental en la reducción de los residuos industriales. Además, es el primer trabajo que analiza esta cuestión teniendo en cuenta al mismo tiempo la dependencia espacial entre regiones y la persistencia temporal de la generación de residuos. El estudio lo hacemos para las regiones españolas y el periodo 1999-2017, ya que la paulatina implantación de tributos ambientales por parte de algunas regiones españolas, y la diversidad en su diseño, así como las distintas características de estas regiones, hacen que este escenario sea idóneo para llevar a cabo un análisis de este tipo.

Los resultados muestran que hay un componente espacial y dinámico en la generación de residuos industriales en España, que indica que los residuos generados en una región dependen de los que generan sus regiones vecinas hoy y de los que generaron en el pasado. Asimismo, el modelo sugiere que, aunque la política tributaria adoptada por las regiones españolas permite cumplir con el principio de quién contamina paga, es cuantitativamente poco efectiva en la lucha contra la generación de residuos industriales. Esta escasa efectividad de la política tributaria, unida a la existencia de efectos de desbordamiento espacial en la generación de residuos industriales, podrían en cuestión la filosofía de que “los contaminadores deben hacer frente a la contaminación” para resolver los principales problemas medioambientales regionales; y nos llevarían a pensar que, en lugar de llevar a cabo actuaciones individuales a nivel regional, lo adecuado sería tratar de manera

¹⁹ Sin embargo, HETTIGE *et al.* (2000) encuentran una relación de complementariedad entre la mano de obra y contaminación industrial del agua.

²⁰ MAZZANTI y ZOBOLI (2005, 2009) encuentran que Europa está lejos de alcanzar el punto de inflexión en la generación de residuos urbanos, al igual que obtiene HETTIGE *et al.* (2000) para la contaminación industrial del agua con datos internacionales (China, USA, etc). En cambio, MAZZANTI *et al.* (2012) encuentran un desacoplamiento absoluto para los residuos municipales depositados en vertedero en Italia; y XIONG *et al.* (2018) para la contaminación ambiental en China.

conjunta y sistemática el problema de la generación de residuos. Ello reduciría los costes de eficiencia ocasionados por el dumping ecológico de las regiones sin este tipo de imposición, y evitaría desplazamientos tanto de los propios residuos, como de la producción contaminante entre regiones. En cualquier caso, nuestro modelo parece sugerir que el efecto inducido que los tributos y el resto de regulaciones medioambientales provocan en las empresas, esto es, los gastos de inversión y, especialmente, los gastos corrientes, que las industrias llevan a cabo, fruto de dichas políticas, sí que parecen disuadir realmente a las empresas de generar residuos. Los gobiernos españoles deberían, por tanto, continuar, e incluso intensificar, sus políticas de regulación y control medioambiental, puesto que parece que, en cierta forma, las actuaciones emprendidas están dando fruto.

Por otra parte, el nivel de generación de residuos de las regiones españolas muestra una elevada persistencia en el tiempo, y depende fuertemente del nivel de producción industrial, aunque la no linealidad que se aprecia en la relación entre ambas variables es compatible con la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets. De hecho, nuestro modelo sugiere una situación de desacoplamiento relativo para la WKC, que evidencia los esfuerzos realizados para crecer controlando la cantidad de residuos generada por parte de nuestra economía. En cualquier caso, la relevancia cuantitativa de la variable PIB sugiere que aún estamos lejos de llegar al punto de inflexión necesario para lograr un desacoplamiento absoluto entre crecimiento y generación de residuos.

Por tanto, si al efecto acumulativo que muestra la variable dependiente le añadimos el reducido impacto que tienen los impuestos y políticas medioambientales que van dirigidas a reducir la generación de residuos, parece clara la necesidad de implementar en España políticas estructurales y tributarias más agresivas, que permitan consolidar y acelerar el desacoplamiento relativo que parece estar produciéndose entre desarrollo industrial y daño medioambiental. No obstante, también será un factor determinante el uso de nuevas tecnologías de valorización y reciclaje que permitan dar una segunda vida a los residuos, y de tecnologías avanzadas que reduzcan su generación, elementos, ambos, clave en el marco de la economía circular y de la estrategia ambiental europea.

Bibliografía

- ANDERSEN, M. S. (1998): "Assessing the Effectiveness of Denmark's Waste Tax", *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 40(4): 10-15.
- ANSELIN, L. (2002): "Under the hood: Issues in the specification and interpretation of spatial regression models", *Agricultural Economics*, 27 (3): 247-267.
- BARTELING, H., P. VAN BEUKERING; O. KUIK; V. LINDERHOF y F. OOSTERHUIS (2005): *Effectiveness of landfill taxation*. Amsterdam: Institute for Environmental Studies.
- BIO INTELLIGENCE SERVICE (2012): Use of economic instruments and waste management performances, European Commission, Final Report 10, April.
- BRÜLHART, M., y N. A. MATHYS (2008): "Sectoral agglomeration economies in a panel of European regions", *Regional Science and Urban Economics*, 38(4): 348-362.

- BRUNEL, C., y A. LEVINSON (2016): “Measuring the stringency of environmental regulations”, *Review of Environmental Economics and Policy* 10(1): 47–67.
- ÇAGATAY, S., y H. MIHÇI (2003): “Industrial pollution, environmental suffering and policy measures: an index of environmental sensitivity performance”, *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 5: 205–45.
- CBO-CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE (1985a): “*Empirical Analysis of U.S. Hazardous Waste Generation, Management, and Regulatory Costs*”, Congressional Budget Office Staff Working Paper.
- CBO-CONGRESSIONAL BUDGET OFFICE (1985b): *Hazardous Waste Management: Recent Changes and Policy Alternatives*, Washington, DC: Government Printing Office.
- CHENG, J.; S. DAI y X. YE (2016): “Spatiotemporal heterogeneity of industrial pollution in China”. *China Economic Review*, 40: 179–191.
- D’AMATO, A.; M. MASSIMILIANO y F. NICOLLI (2014): “Illegal Waste Disposal, Territorial Enforcement and Policy: Evidence from Regional Data”. *SEEDS-Sustainability Environmental Economics and Dynamics Studies, Working Paper 03*.
- DOU, J., y X. HAN (2019): “How does the industry mobility affect pollution industry transfer in China: Empirical test on Pollution Haven Hypothesis and Porter Hypothesis”, *Journal of Cleaner Production*, 217: 105-115.
- EEA-EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2016): “Environmental taxation and EU environmental policies”. *EEA Report*, 17. Luxembourg: Publications Office of the European Union
- EPA-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1984): *The Feasibility and Desirability of Alternative Tax Systems for Superfund: CERCLA Section 301(a)(1)(G) Study*, U.S. Environmental Protection Agency.
- FREDRIKSSON, P. (2000): “The siting of hazardous waste facilities in federal system”, *Environmental and Resource Economics*, 15: 75-87.
- HAUSMAN, J. A. (1978): “Specification tests in econometrics”, *Econometrica* 46: 1251-1271.
- HETTIGE, H.; M. MANI y D. WHEELER (2000): “Industrial Pollution in Economic Development: the environmental Kuznets Revisited”, *Journal of Development Economics*, 62: 445-476.
- KRUGMAN, P. (1998): “What’s new about the new economic geography?”, *Oxford Review of Economic Policy* 14(2): 7-17.
- KUNCE M., y J. F. SHOGREN (2005): “On interjurisdictional competition and environmental federalism”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 50: 212-224.
- LEE, L. F., y J. YU (2010): “Estimation of spatial autoregressive panel data models with fixed effects”, *Journal of Econometrics* 154(2): 165–185.
- LEITER, A. M.; A. PAOLINI y H. WINNER (2011): “Environmental Regulation and Investment: Evidence from European Industry Data”, *Ecological Economics* 70(4): 759–70.
- LEVINSON, A. (1996): “Environmental regulations and manufacturers’ location choices: evidence from the census of manufactures”, *Journal of Public Economics*, 62: 5-29.
- LEVINSON, A (1999a): “NIMBY tax matter: the case of state hazardous waste disposal taxes”, *Journal of Public Economic*, 74: 31-51.
- LEVINSON, A. (1999b): “State Taxes and Interstate Hazardous Waste Shipments”, *American Economic Review* 89(3): 666-677.

- LEVINSON, A. (2000): "The Missing Pollution Haven Effect: Examining Some Common Explanations", *Environmental and Resource Economics* 15(3): 343-364.
- LEVINSON, A. (2003): "Environmental regulatory competition: A status report and Some new evidence", *Nacional Tax Journal*, 56(1): 91-106.
- LEY, E.; M. K. MACAULEY y S.W. SALANT (2002): "Spatially and intertemporally efficient waste management: the costs of interstate trade restrictions", *Journal of Environmental Economics and Management*, 43 (2002): 188-218.
- LIU, J.; X., CHEN y R. WEI (2017): *Socioeconomic drivers of environmental pollution in China: a spatial econometric analysis*, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 4673262. <https://doi.org/10.1155/2017/4673262>
- MAZZANTI, M. y R. ZOBOLI (2009): "Waste generation, incineration and landfill diversion. De-coupling trends, socio-economic drivers and policy effectiveness in the EU", *Environmental & Resource Economics* 44(2): 203-30.
- MAZZANTI, M.; A. MONTINI y F. NICOLLI (2012): "Waste dynamics in economic and policy transitions: decoupling, convergence and spatial effects", *Journal of Environmental Planning and Management* 55(5): 563-581.
- MORGENSTERN, R. D.; W. A. PIZER y J.-S. SHIH (2002): "Jobs versus the environment: An industry-level perspective", *Journal of Environmental Economics and Management* 43: 412-436.
- NICOLLI, F., y M. MAZZANTI (2013): "Landfill diversion in a decentralized setting: a dynamic assessment of landfill taxes", *Resources Conservation Recycling* 81: 17-23.
- OCDE (1994): *Managing the Environment. The Role of Economic Instruments*, OCDE, París.
- PORTER, M. E. (1991): "America's green strategy", *Scientific American* 264(4): 193-246.
- REQUATE, T., y W. UNOLD (2003): "Environmental policy incentives to adopt advanced abatement technology: Will the true ranking please stand up?", *European Economic Review* 47(1): 125-146.
- SASAO, T. (2014a): "Does industrial waste taxation contribute to reduction of landfilled waste? Dynamic panel analysis considering industrial waste category in Japan", *Waste Management* 34: 2239-2250.
- SASAO, T. (2014b): "Does industrial waste taxation contribute to waste reduction? Panel data analysis of the generation and final disposal of industrial waste in Japan". En K. Kreiser, S. Lee; K. Ueta; J. Milne y H. Ashiator (eds.): *Environmental Taxation and Green Fiscal Reform: Theory and Impact* (Critical Issues in Environmental Taxation Series). Edward Elgar Publishing: 245-259 (Chapter 16).
- SASAO, T. (2014c): "Effects of local waste taxation and trade restrictions on industrial waste flow in Japan". En K. Asano y M. Takada (Eds.): *Rural and Urban Sustainability Governance*, United Nations University Press: 59-80 (Chapter 4).
- SASAO, T. (2014d): "Industrial waste shipments and trade restrictions". En T. Kinnaman y K. Takeuchi (eds.): *Handbook on Waste Management*. Edward Elgar Publishing: 186-215 (Chapter 7).
- SIGMAN, H. (1996): "The effects of hazardous waste taxes on waste generation and disposal", *Journal of Environmental Economics and Management* 30(2): 199-217
- SOMANATHAN E., T. STERNER y T. SUGIYAMA, (coord.) (2014): National and Sub-national Policies and Institutions. En *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann,

- J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.]). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- STURM, D. M. (2003): "Trade and the environment: A survey of the literature", In L. Marsiliani; M. Rauscher, and C. Withagen (eds.): *Environmental Policy in an International Perspective*, Kluwer Academic Publishers. Netherlands: 119–149.
- SU, Y., y Y. YU (2019): "Spatial association effect of regional pollution control", *Journal of Cleaner Production* 213: 540-552.
- TOBLER, W. (1970): "A computer movie simulating urban growth in the Detroit region", *Economic Geography* 46: 234-240.
- WANG, H. (2000): "Pollution charges, community pressure, and abatement cost of industrial pollution in China", *World Bank Policy Research Working Paper*, 2337.
- WANG, H., y Y. JIN (2007): "Industrial ownership and environmental performance: Evidence from China", *Environmental and Resource Economics* 36: 255-273.
- WU, D.-M. (1974): "Alternative tests of independence between stochastic regressors and disturbances: Finite sample results", *Econometrica* 42: 529-546.
- XIONG, L. M. DE JONG; F. WANG; B. CHENG y C. YU (2018): "Spatial spillover effects of environmental pollution in China's central plains urban agglomeration", *Sustainability* 10 (4): 994
- ZHAO, Y.; H. XU, y X. M. ZHOU (2015): "Spatial effects of environmental pollution and governance", *Journal of Arid Land Resources and Environment* 29(7): 170-175.

Los impuestos que gravan los residuos industriales ¿reducen su generación?

Tabla 1
Impuestos y tasas sobre residuos industriales en la Unión Europea y Reino Unido

	Impuesto o tasa	Tipos de gravamen
Austria	▪ Impuesto sobre depósito de residuos	▪ 8-29,8 €/t
Belgica	▪ Región Flamenca – Imp. sobre depósito e incineración de residuos ▪ Región Valona – Impuesto sobre residuos	▪ 1,17-175,24 €/t ▪ 35-60 €/t
Bulgaria	▪ Tasa sobre residuos radioactivos	▪ 12,75-6.617 € + plus si se superan unos umbrales
Croacia	▪ Impuesto sobre depósito de residuos industriales	▪ –
Republica Checa	▪ Tasa residuos radioactivos ▪ Tasa depósito residuos	▪ 5.661,4-6.793,7 €/m ³ . ▪ 18,49-166,45 €/t
Dinamarca	▪ Tasa residuos peligrosos	▪ 21,48 €/t
España	▪ Impuestos sobre producción y almacenamiento de combustible nuclear gastado y residuos radiactivos ▪ Regional: Impuesto sobre residuos	▪ 70-2.190 €/kg de metal pesado y 1.000-30.000 €/m ³ residuo radioactivo ▪ Distintos tipos de gravamen
Estonia	▪ Tasa por no cumplir con la normativa sobre residuos	▪ 124-12.512€/t
Finlandia	▪ Impuesto sobre residuos ▪ Tasa sobre residuos peligrosos ▪ Tasa sobre residuos nucleares	▪ 70 €/t ▪ – ▪ –
Francia	▪ Impuesto sobre actividades contaminantes (residuos depositados o incinerados)	▪ –
Alemania	▪ Impuesto sobre depósito residuos peligrosos	▪ 51,2-153,5 €/t
Grecia	▪ Impuesto sobre depósito residuos	▪ –
Hungría	▪ Tasa sobre residuos tóxicos ▪ Tasa sobre residuos peligrosos ▪ Tasa sobre depósito de residuos	▪ Fórmula compleja ▪ 0,15-0,54 €/kg residuos ▪ 8,76-19,5 €/t
Irlanda	▪ Tasa sobre depósito de residuos	▪ 75 €/t
Italia	▪ Impuesto depósito residuos solidos	▪ 1,03-25,85 €/t
Letonia	▪ Impuesto depósito residuos ▪ Tasa por depósito ilegal de residuos	▪ 35-50 €/t ▪ –
Lituania	▪ Impuesto depósito residuos	▪ 5-70,96 €/t
Malta	▪ Tasa sobre residuos	▪ 5,49 €/t
Países Bajos	▪ Impuesto depósito residuos	▪ 17€/t
Polonia	▪ Impuesto depósito residuos industriales ▪ Impuesto residuos radioactivos	▪ 2,79-56,25 €/t ▪ 4,21€/MWh de energía nuclear generada
Portugal	▪ Impuesto gestión (depósito, incineración) residuos	▪ 2,7-11 €/t
Rumanía	▪ Tasa residuos ▪ Tasa por no cumplir con la regulación sobre residuos y su peligrosidad	▪ 5,4-21,6 €/m ³ ▪ Hasta 2.028 €/caso
Eslovaquia	▪ Tasa depósito residuos en vertedero	▪ 7-35 €/t
Suecia	▪ Impuesto sobre depósito residuos	▪ 52,79 €/t
Reino Unido	▪ Impuesto sobre depósito residuos	▪ 87,88 €/t

Fuente: Elaboración propia a partir de OECD/EEA database on instruments used for environmental policy and natural resources management (<http://www2.oecd.org/econst/queries/index.htm>).

Los impuestos que gravan los residuos industriales ¿reducen su generación?

Tabla 2
Impuestos sobre residuos en España

Región	Impuesto	Hecho imponible	Base liquidable	Tipos de gravamen
Andalucía	Impuesto sobre depósito de residuos peligrosos	Entrega de residuos peligrosos en vertederos de la CA. Depósito de R. peligrosos, por tiempo superior al establecido, en instalaciones del productor, con carácter previo a su eliminación o valorización.	Residuos depositados (t)	<ul style="list-style-type: none"> R. peligrosos susceptibles de valorización: 35 €/t R. peligrosos no susceptibles de valorización: 15 €/t.
Castilla y León	Impuesto sobre la eliminación de residuos en vertederos	Entrega o depósito de residuos para su eliminación en vertederos de la CA (excluidos los que procedan de industrias extractivas)	Residuos depositados (t)	<p>a) R peligrosos</p> <ul style="list-style-type: none"> no valorizables: 15 €/t. susceptibles de valorización: 35 €/t. <p>b) R no peligrosos.</p> <ul style="list-style-type: none"> no valorizables: 7 €/t. susceptibles de valorización: 20 €/t. <p>c) R. de construcción y demolición: 3 €/t</p>
Cataluña	Canon sobre la deposición controlada de residuos industriales	La destinación de estos residuos a la deposición controlada, en instalaciones tanto de titularidad pública como privada	Residuos industriales depositados (t)	<ul style="list-style-type: none"> 15,80 €/t
Comunidad Valenciana	Impuesto sobre la eliminación, incineración, coincineración y valorización energética de residuos	Depósito de residuos en vertederos de la CA para su eliminación, y la gestión de residuos para su incineración y valorización energética Almacenamiento de residuos por un período superior a los plazos previstos Abandono de residuos en lugares no autorizados.	Residuos depositados (t)	<ul style="list-style-type: none"> R. no peligrosos (excl. Construcc. y demolición), susceptibles de valorización: 20 €/t R. construcción y demolición: 3 €/t R. peligrosos, susceptibles de valorización: 30 €/t. R. peligrosos, 20 €/t.
Extremadura	Impuesto sobre la eliminación de residuos en vertedero	Entrega o depósito de residuos para su eliminación en vertederos de la CA Abandono de residuos en lugares no autorizados	Residuos depositados (t)	<ul style="list-style-type: none"> R. peligrosos 18 €/t. R. no peligrosos 12 €/t. R. inertes 3,5 €/t
La Rioja	Impuesto sobre la eliminación de residuos en vertederos	Entrega o depósito de residuos para su eliminación en vertederos de la CA	Residuos depositados (t)	<ul style="list-style-type: none"> R. peligrosos: 21 €/t. R. no peligrosos: 12 €/t. R no valorizables procedentes de plantas de tratamiento de residuos: 4 €/t
Murcia	Impuesto sobre el almacenamiento o depósito de residuos	Entrega de residuos (excl. los mineros) en vertederos. Abandono o vertido de residuos en instalaciones no autorizadas. Almacenamiento de residuos durante más de 2 años (no peligrosos), o 6 meses (peligrosos), en instalaciones autorizadas.	Residuos depositados o abandonados (t)	<ul style="list-style-type: none"> R. peligrosos: 15 €/t R. no peligrosos: 7 €/t R. inertes: 3 €/t
Cantabria	Impuesto sobre el depósito de residuos en vertedero.	Entrega de residuos en vertederos para su eliminación	Residuos depositados (t)	<ul style="list-style-type: none"> 2 €/t
Madrid	Impuesto sobre depósito de residuos	Entrega de residuos en vertederos públicos o privados, salvo que se almacenen para su reutilización, reciclado o valorización. Abandono de residuos en lugares no autorizados por la normativa	Residuos depositados o abandonados (t)	<ul style="list-style-type: none"> Residuos peligrosos 8 €/t. Residuos no peligrosos 5 €/t R.de construcción y demolición 1 €/t

Fuente: Elaboración propia, a partir de la información contenida sobre tributos autonómicos propios en el portal institucional del Ministerio de Hacienda (<https://www.hacienda.gob.es/es-ES/Areas%20Tematicas/Financiacion%20Autonomica/Paginas/tributospropiosautonomicos.aspx>)

Los impuestos que gravan los residuos industriales ¿reducen su generación?

Tabla 3
VARIABLES EMPLEADAS

SÍMBOLO	DEFINICIÓN	FUENTE	MEAN	STD. DEV.
Variable dependiente				
RESIDUOS	Toneladas de residuos industriales	Encuesta sobre generación de residuos en el sector industrial (INE) y Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR)	4.174.331	8.010.124
VARIABLES EXPLICATIVAS				
Costes de las regulaciones y controles medioambientales				
IMPUESTORES	Recaudación regional del Impuesto sobre residuos industriales /Volumen regional de residuos industriales	Haciendas autonómicas en cifras (1999-2016). Ministerio de Hacienda	0,94	6.76
GASTORES	Inversiones empresariales a nivel regional relacionadas con la gestión de residuos/ Volumen regional de residuos industriales	Encuesta del gasto de la industria en protección ambiental. INE	3,40	4.85
IMPUESTOAMB	Recaudación regional por impuestos ambientales /Volumen regional de residuos industriales	Haciendas autonómicas en cifras (1999-2016). Ministerio de Hacienda	171,41	580.60
GASTOAMB	Gasto corriente en protección ambiental de las industrias regionales/ Volumen regional de residuos industriales	Encuesta del gasto de la industria en protección ambiental (INE)	74,39	87.30
INVAMB	Gastos regionales de inversión en protección ambiental de las industrias / Volumen regional de residuos industriales		38,85	53,71
Estructura productiva				
PIBIND	PIB industrial de la región		10.100.000	9.596.001
DENSIDAD	Número de empresas industriales en la región/ km ²		0,79	0,77
PESOPIBIND	PIB industrial/PIB	INE	20,06	7,00
RECIC	Porcentaje de empresas industriales de la región dedicadas al reciclaje de residuos		0,12	0,03
Factores productivos				
SALAR	Gasto salarial de la industria/ PIB regional		47,85	2,37
ENERG	Producción energética / PIB regional	INE	0,03	0,01
I+D	Gastos regionales en I+D+i /PIB regional		0,97	0,46
VARIABLES SOCIOECONÓMICAS				
PIB	PIB per capital regional		22,60	4,49
POB65	Porcentaje de población mayor de 65 años	INE	0,18	0,03

Tabla 4

Resultados de la estimación de los residuos industriales con un modelo dinámico SDM

	Coefficiente (z-statistic)
Componente dinámico (γ)	,0491556***
IMPUESTORES	,0024727
GASTORES	-,0008977
IMPUESTOAMB	-,0062978**
GASTOAMB	-,9348214***
INVAMB	-,0387273***
PIBIND	,6250032***
DENSIDAD	1,013279***
DENSIDAD * PESOPIBIND	-,230142***
RECIC	,0053516
ENERG	-,0536681***
SALAR	-,1479473
I+D	,2445713***
PIB	6,5219**
PIB2	-1,069835**
POB65	-11,58122***
Coefficiente espacial de dependencia local (ρ) Wz	
ω IMPUESTORES	-,0308643
ω GASTORES	-,0355202
ω IMPUESTOAMB	-,0210653***
ω INVAMB	-,0037927
ω RECIC	-,1173441
Coefficiente de correlación espacial (ρ)	,1010091**
Variable dependiente espacialmente retardada	,0349594**
Variance sigma2_e	0,0064518***
Cross test for independence	
Pesaran test (Pr)	5,525 (0,000)
Absolute average value of the off-diagonal elements	0,298
Moran MI Error test (Pr)	2,4372 (0,014)
R²_w	0,8232
R²_b	0,7920
R²	0,7813
Observaciones	306

Notes: *Significatividad al 10%, ** Significatividad al 5%, *** Significatividad al 1%.

Los impuestos que gravan los residuos industriales ¿reducen su generación?

ANEXO

Tabla 1.A

Coefficientes de correlación

	IMPUESTORES	GASTORES	IMPUESTOAMB	GASTOAMB	INVAMB	PIBIND	DENSIDAD	PESOPIBIND	RECIC	ENERG	SALAR	I+D	PIB	POB65
IMPUESTORES	1,00													
GASTORES	0,05	1,00												
IMPUESTOAMB	0,61	0,11	1,00											
GASTOAMB	0,54	0,33	0,64	1,00										
INVAMB	0,48	0,34	0,64	0,65	1,00									
PIBIND	-0,04	0,00	-0,22	0,02	-0,10	1,00								
DENSIDAD	0,02	0,14	-0,05	0,17	0,11	0,54	1,00							
PESOPIBIND	-0,12	-0,17	-0,41	-0,32	-0,35	0,08	-0,17	1,00						
RECIC	-0,10	0,00	-0,04	-0,11	0,07	-0,10	-0,07	0,05	1,00					
ENERG	-0,03	-0,21	-0,10	-0,21	-0,15	-0,14	-0,34	0,20	-0,15	1,00				
SALAR	-0,01	0,09	-0,06	0,01	0,02	0,40	0,63	0,01	-0,05	0,00	1,00			
I+D	0,00	-0,03	-0,27	0,05	-0,13	0,53	0,55	0,37	-0,17	-0,05	0,50	1,00		
PIB	-0,07	0,04	-0,15	0,07	0,03	0,38	0,66	0,29	0,06	-0,27	0,48	0,67	1,00	
POB65	0,02	-0,29	-0,25	-0,34	-0,32	-0,09	-0,40	0,56	-0,08	0,51	-0,28	0,08	-0,09	1,00

Tabla 2.A
Análisis de potencial endogeneidad

Variable	Durbin Prob>X _i ²	Wu-Hausman Prob>F	Sargan Prob>X _i ²	Basman Prob>X _i ²
PIBIND	1,19218 0,2749	1,13035 0,2886	1,1828 0,2768	1,12142 0,2896
IMPUESTORES	1,12916 0,2880	1,07033 0,3017	2,48368 0,2889	2,35671 0,3078
GASTORES	,016097 0,8990	,015203 0,9020	2,7414 0,0978	2,61251 0,1060
IMPUESTOAMB	1,95457 0,1621	1,85785 0,1739	3,04774 0,3843	2,88726 0,4093
GASTOAMB	1,26476 0,2608	1,199455 0,2743	1,40885 0,2352	1,33674 0,2476
INVAMB	2,32888 0,1270	2,22403 0,1370	,34223 0,5585	,324699 0,5688
RECIC	2,24126 0,1344	2,13237 0,1453	,020325 0,8866	,019198 0,8898

Table 3.A

LR test para la selección de modelos y LM test de identificación de efectos espaciales

	X ²	p-value
Dynamic SAR vs SAR	209,36	0,000
Dynamic SDM vs SDM	91,42	0,000
Dynamic SDM vs dynamic SAR	307,62	0,000
Dynamic SDM vs SEM	42,46	0,000
LM error	2,2127	0,1369
LM lag	5,1166	0,0237
LM SAC	5,4643	0,0651