

# UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA VALORAR LA EFICACIA DE LA FISCALIDAD ECOLÓGICA

## **Resumen:**

Las emisiones de gases causantes del cambio climático y la acidificación del medio han generado, en el marco de la política internacional, el desarrollo de medidas de diferente índole. En este contexto se desarrollan tributos que gravan las emisiones de los gases contaminantes. Paralelamente, la inferencia causal estadística ha sido ampliamente desarrollada en la evaluación de políticas públicas. Este trabajo aborda analizar si es posible la evaluación económica de un tributo ambiental sobre las emisiones de gases a la atmósfera a través de la inferencia causal estadística.

**Palabras clave:** impuestos pigouvianos, evaluación políticas públicas, contaminación atmosférica., cambio climático, modelo resultados potenciales.

**Códigos JEL:** C10, H30, Q58

**JOSÉ MANUEL CANSINO MUÑOZ-REPISO**

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Departamento de Análisis Económico y Economía Política

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Avda. Ramón y Cajal, 1

41018 Sevilla

Teléfono: +34 954 55 75 28. Fax: +34 954 55 76 29

e-mail: [jmcansino@us.es](mailto:jmcansino@us.es)

**ANTONIO SÁNCHEZ BRAZA**

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Departamento de Análisis Económico y Economía Política

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Avda. Ramón y Cajal, 1

41018 Sevilla

Teléfono: +34 954 55 75 29. Fax: +34 954 55 76 29

e-mail: [asb@us.es](mailto:asb@us.es)

**INMACULADA LARRAD SABIDO**

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Departamento de Análisis Económico y Economía Política

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Avda. Ramón y Cajal, 1

41018 Sevilla

Teléfono: +34 954 55 75 28. Fax: +34 954 55 76 29

e-mail: [ilarrad@gmail.com](mailto:ilarrad@gmail.com)

# UNA PROPUESTA METODOLÓGICA PARA VALORAR LA EFICACIA DE LA FISCALIDAD ECOLÓGICA

José Manuel Cansino Muñoz-Repiso, Antonio Sánchez Braza e Inmaculada Larrad Sabido

## 1. Introducción.

La Teoría Económica ha abordado el problema de las externalidades asociadas a la emisión de gases contaminantes a partir de las aportaciones de Pigou (1918) y Coase (1960). Ambos autores propusieron dos formas diferentes de abordar el mismo problema originando un prolífico desarrollo posterior de la literatura. Tal fue el caso de las aportaciones seminales de Meade (1952) y Scitvosky (1954) en la línea de Pigou y de Dales (1968), Montgomery (1972), Atkinson y Tietenberg (1987) y McGartland y Oates (1985 a y b) en el de Coase.

De entre las emisiones de gases contaminantes, las de efecto invernadero han aumentado notablemente desde la época preindustrial como resultado de las actividades antropogénicas (IPCC<sup>1</sup>, 2007 a). Las emisiones de CO<sub>2</sub> responsables del efecto invernadero son las que más contribuyen al cambio climático pues su emisión es proporcionalmente muy superior al resto de sustancias.

La respuesta internacional más importante para reducir el nivel de las emisiones de gases responsables del efecto invernadero ha consistido en la firma del Protocolo de Kioto, en vigor desde febrero de 2005. El objetivo establecido a nivel internacional era el de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al menos un 5 % durante el periodo 2008-2012 tomando 1990 como año base. La Unión Europea (UE) asumió el compromiso conjunto de reducir sus emisiones totales en un 8 %, si bien el esfuerzo en la reducción de las emisiones se repartió desigualmente entre los Estados Miembros en función de las emisiones nacionales y de otras variables económicas. Para alcanzar los compromisos particulares, los países europeos han adoptado programas nacionales encaminados a reducir sus emisiones.

Junto a las emisiones de CO<sub>2</sub> responsables principales del efecto invernadero, las de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) también perjudican considerablemente la calidad del aire.

Específicamente, los NO<sub>x</sub> y los SO<sub>x</sub> son agentes precursores de la acidificación del medio y la lluvia

---

<sup>1</sup> IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*): Grupo de Expertos intergubernamental sobre el Cambio Climático. Grupo creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). La función del IPCC consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo. El IPCC elabora periódicamente Informes de Evaluación, Informes Especiales y Documentos Técnicos.

ácida. Adicionalmente, los  $\text{NO}_x$  son también agentes precursores del ozono ya que al combinarse con otros contaminantes atmosféricos, influyen en las reacciones de formación de ozono en la superficie de la tierra provocando el *smog* fotoquímico<sup>2</sup> perjudicando a la salud humana y al medio ambiente. Otro efecto pernicioso se produce por los depósitos de componentes nitrogenados de la atmósfera como el  $\text{NO}_x$ , que modifican los ecosistemas terrestres y acuáticos, con la consiguiente alteración de los vegetales y de la biodiversidad, ocasionando fenómenos de eutrofización.

La acidificación, el ozono troposférico y la eutrofización de los suelos son fenómenos transfronterizos que justifican la adopción de normas legales de ámbito internacional. De entre ellas y dentro de la Unión Europea, destaca con carácter previo al Protocolo de Kioto la Directiva 2001/81/CE<sup>3</sup>, cuyo objeto es limitar las emisiones de contaminantes acidificantes, eutrofizantes y de precursores de ozono para reforzar la protección del medioambiente y de la salud humana. La Directiva establece unos techos nacionales de emisión<sup>4</sup> para el año 2010 para los contaminantes los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), los compuestos orgánicos volátiles (COV) y el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). También como respuesta a los problemas ambientales expuestos, la tributación medioambiental se ha desarrollado ampliamente. Se trata de una respuesta añadida al compromiso derivado del Protocolo de Kioto. Actualmente todos los países integrantes de la OCDE aplican varios impuestos relacionados con el medioambiente. En el año 2006 se contabilizaban 350 impuestos ambientales en los países de la OCDE<sup>5</sup> (OECD, 2006).

Los compromisos adoptados por España en la lucha contra el cambio climático y la lluvia ácida no sólo se han traducido en su participación en el Mercado Europeo de Derechos de Emisión de  $\text{CO}_2$ , cuyo fundamento teórico económico se encuentra en Coase (1960), sino también en la introducción de impuestos medioambientales de tipo pigouviano.

Uno de esos tributos es el Impuesto de Emisiones de Gases a la Atmósfera (IEGA) establecido en Andalucía sobre las emisiones a la atmósfera de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  cuyo objetivo final es reducir el

---

<sup>2</sup> Término anglosajón que se refiere a la mezcla de humedad y humo que se produce en invierno sobre las grandes ciudades.

<sup>3</sup> Directiva 2001/81/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2001, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos, DOCE n° 309, de 27 de noviembre de 2001.

<sup>4</sup> El techo de emisiones es la cantidad máxima de una sustancia expresada en kilotoneladas que puede emitir un Estado miembro en un año civil.

<sup>5</sup> La UE-15 cuenta en la actualidad con 107 impuestos sobre la contaminación atmosférica y 101 impuestos cuyo objetivo es la lucha contra el cambio climático. Vid. <http://www2.oecd.org/econsti/queries/index.htm>

volumen de las mismas. Este tributo se encuadra dentro de la línea de actuación del Primer Programa Europeo sobre el Cambio Climático<sup>6</sup> cuyo objetivo es la reducción de las emisiones en el sector industrial. Conocer la efectividad de políticas impositivas como el IEGA en la reducción de emisiones, es algo que interesa al *policy maker* en particular y a la sociedad en su conjunto. En el ámbito público las investigaciones orientadas a evaluar económicamente las políticas públicas pueden ser un instrumento de gran utilidad para los decisores políticos (Manski, 2001 y Cansino y Román, 2007). Durante el último tercio del siglo XX ha ido generándose una considerable literatura en este ámbito.

Diferentes metodologías cuantitativas han sido aplicadas a la evaluación económica de políticas públicas. Una de ellas ha sido la inferencia causal estadística, metodología que también cuenta con un desarrollo muy relevante en campos científicos como la epidemiología, la criminología y la planificación urbanística. Las primeras investigaciones utilizando esta metodología pertenecen al campo de la Medicina (Cameron y Pauling, 1976 y Cochran, 1968).

Un desarrollo muy fecundo se ha desarrollado en la evaluación de políticas públicas de empleo de diferentes países. Son los casos de Estados Unidos por Card y Sullivan (1988) y Manski y Garfinkel (1992), el realizado en Francia por Bonnall, Fougère y Sérandon (1997), el de Park *et al.* (1996) en Canadá, los estudios de Andrews, Bradley y Upward (1999) y Blundell *et al.* (2004) en el Reino Unido, el de Bergemann, Fitzenberger y Speckesser (2002) en Alemania, así como los de Cansino y Sánchez (2008, 2009, 2010 y 2011) y los de Cueto y Mato (2006, 2008 y 2009) en España.

Sin embargo, en la literatura especializada en la evaluación económica de políticas medioambientales no se encuentran precedentes que utilicen metodologías basadas en la inferencia causal estadística. Este trabajo contribuye a la literatura por cuanto explora las posibilidades de aplicación de esta metodología a la evaluación de las políticas medioambientales.

La pregunta que se plantea este artículo se formula como ¿es posible la evaluación económica de un impuesto ambiental a partir de la inferencia causal estadística? Específicamente, el objetivo del presente

---

<sup>6</sup> COM(2000) 88 final, "On EU policies and measures to reduce greenhouse gas emissions: Towards a European Climate Change Programme (ECCP)", comunicación de la Commission of the European Communities al Consejo del Parlamento Europeo, Bruselas, 8 de marzo de 2000. [http://ec.europa.eu/environment/docum/0088\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/docum/0088_en.htm)

trabajo es analizar si es posible evaluar la eficacia del IEGA en el logro de sus fines. La relevancia de la investigación se ve reforzada por las consecuencias económicas y sociales asociadas a las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>. Para ello, se estructura en cuatro apartados. Tras la introducción, en el apartado 2 se especifica la política pública a evaluar, en el apartado 3 se describe la metodología a utilizar en la evaluación. Finalmente en el apartado 4 se presentan las principales conclusiones.

## **2. Impuestos pigouvianos sobre la emisión de gases a la atmósfera.**

### **2.1. Fundamento teórico.**

Numerosas disciplinas científicas abordan el deterioro del medio ambiente, entre ellas, la Teoría Económica. La contaminación antropogénica es tratada por la Teoría Económica como una externalidad negativa. El primer tratamiento sistemático de las externalidades se debe a Pigou (1918). A partir de su obra surgieron numerosos estudios en el campo de la fiscalidad medioambiental durante la segunda mitad del siglo XX, pero es a partir de la década de los sesenta cuando la preocupación de la Economía por abordar y dar soluciones a los problemas medioambientales se hace más intensa<sup>7</sup>.

Las externalidades generan ineficiencia en los mercados al excluir del precio los beneficios o costes sociales generados<sup>8</sup>. El tratamiento de las externalidades por la Teoría Económica ha seguido dos desarrollos diferentes a partir de los mencionados trabajos de Pigou (1918) y Coase (1960). No obstante, la primera aproximación al concepto de externalidad lo realizó Marshall en *Principles of Economics* (1860), si bien fue Pigou quien definió claramente las externalidades como las situaciones en las cuales el coste marginal social difiere del coste marginal privado. Pigou fue más allá, y planteó que las industrias con costes marginales sociales superiores a los privados, deberían pagar un impuesto por unidad de efecto externo que se generara. El impuesto debería igualar costes marginales privados y sociales. Pigou justificó así la intervención del sector público en la economía, dando origen a una tipología de impuestos –pigouvianos- que buscan corregir una externalidad.

---

<sup>7</sup> Una descripción detallada de las principales aportaciones de la teoría de la regulación ambiental, desde los años sesenta hasta los noventa, se puede consultar en Viladrich (2004).

<sup>8</sup> Viladrich (2004) afirma que “el concepto de externalidades ha sido el principio vertebrador de la teoría de la regulación medioambiental”.

Alternativamente, Coase (1960) propuso<sup>9</sup> internalizar los costes de las externalidades como un factor de producción más, creando unos derechos de propiedad bien definidos. En este caso se crearía un mercado de compra-venta de derechos en el que se fijaría el precio de los derechos de emisión<sup>10</sup>. La contaminación medioambiental antropogénica es un claro ejemplo de efecto externo negativo que origina diferencias entre costes privados y sociales. Los Impuestos ambientales y la regulación de los derechos de contaminación son las dos soluciones que la Teoría Económica ofrece para solventar la ineficiencia que suponen los efectos externos en forma de contaminación. Este artículo se ubica en el primer tipo de soluciones.

Con frecuencia, los impuestos ambientales son impuestos pigouvianos por cuanto internalizan la externalidad que se produce cuando un agente económico ocasiona algún perjuicio al medio ambiente. Gago y Labandeira (1997) definen tributo ambiental como “un pago obligatorio que deben realizar los agentes que emiten sustancias contaminantes, a partir o no de un determinado mínimo, siendo calculado por la aplicación de un tipo impositivo fijo o variable, a una base imponible relacionada con el nivel de descargas al medio natural”. En su análisis consideran que un rasgo primordial de estos impuestos es su naturaleza extrafiscal, de manera que su objetivo no es meramente recaudatorio sino que persigue reducir determinados efectos negativos sobre el medioambiente estableciendo una relación estrecha entre la base imponible del impuesto y los impactos negativos que se quieren evitar o reducir (Gago y Labandeira, 1998).

## **2.2. Fiscalidad regional sobre las emisiones de gases contaminantes. El caso de España.**

En el caso de la fiscalidad sobre las emisiones de gases contaminantes, la fiscalidad española se limita a tributos propios de algunas regiones. Estos tributos gravan las emisiones contaminantes producidas por las instalaciones que desarrollan su actividad industrial en sus territorios fiscales. En este marco, solo algunas regiones hasta la fecha han tomado la decisión de exigirlos.

---

<sup>9</sup> Coase (1960) afirmó que “si los factores de producción son considerados como derechos, llegará a ser fácil comprender que el derecho para hacer algo que tenga un efecto dañino es también un factor de producción”.

<sup>10</sup> Siguiendo a Coase (1960), Dales (1968) sugirió la creación de mercados de licencias negociables para los bienes medioambientales. Montgomery (1972) mantuvo que la compra-venta de las licencias determinaría un precio de equilibrio para las licencias que incentivaría el control de emisiones. Montgomery (1972) también definió las características que deberían cumplir dichas licencias. Una prolífica literatura científica posterior ha seguido estudiando los mercados de licencias negociables aplicados al medio ambiente.

Cinco son las regiones que han desarrollado tributos que gravan las emisiones de gases dentro de sus jurisdicciones fiscales; Galicia, Andalucía, Murcia, Aragón y Castilla-La Mancha.

La primera en establecer este tipo de imposiciones fue Galicia con la *Ley 12/1995*<sup>11</sup>. Ésta, tal y como indica en su artículo primero, tiene como objeto contribuir a regular la utilización de los recursos naturales de Galicia y de forma específica la emisión de sustancias contaminantes. El tributo, que entró en vigor el año 1996, establece como hecho imponible la emisión a la atmósfera de las sustancias dióxido de azufre o cualquier otro compuesto oxigenado del azufre y dióxido de nitrógeno o cualquier otro compuesto oxigenado del nitrógeno<sup>12</sup>.

La segunda región en exigir un tributo similar fue Castilla-La Mancha con la *Ley 11/2000*<sup>13</sup>, en vigor desde 2001. No obstante la *Ley 16/2005*<sup>14</sup> derogó la anterior normativa y es la que en la actualidad regula el impuesto medioambiental. Así, en el artículo 1 de la *Ley 16/2005* se establece el objeto del impuesto, de manera que grava la contaminación y los riesgos que sobre el medio ambiente ocasiona la realización de determinadas actividades, con el fin de contribuir a compensar a la sociedad el coste que soporta y a frenar el deterioro del entorno natural. El rendimiento derivado del impuesto queda afectado en su totalidad a gastos de conservación y mejora del medio ambiente. El hecho imponible<sup>15</sup> del impuesto consiste en la emisión de compuestos oxigenados del azufre (SO<sub>x</sub>) o del nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

---

<sup>11</sup> La legislación vigente en Galicia que regula el impuesto de emisiones a la atmósfera incluye la *Ley 12/1995 del Parlamento de Galicia, de 29 de diciembre, del impuesto sobre la contaminación atmosférica, DOG n° 249, de 30 de diciembre de 1995*, por la que se crea el impuesto y el *Decreto 29/2000 del Parlamento de Galicia, de 20 de enero, por el que se aprueba el reglamento del impuesto sobre la contaminación atmosférica, DOG n° 34 de 18 de febrero de 2000*, que regula entre otras materias, determinados aspectos de gestión y liquidación del tributo.

<sup>12</sup> La cuota tributaria se establece sumando las cantidades de los contaminantes en toneladas al año emitidas por un foco emisor. La cuota tributaria es de tipo progresivo por tramos de toneladas métricas emitidas al año de los contaminantes gravados por el impuesto.

<sup>13</sup> *Ley 11/2000 de las Cortes de Castilla-La Mancha, de 26 de diciembre, del Impuesto sobre determinadas actividades que inciden en el Medio Ambiente, DOCM n° 131 de 29 de diciembre de 2000*. Vigente desde 2001 hasta el 1 de enero de 2006.

<sup>14</sup> *Ley 16/2005, de las Cortes de Castilla-La Mancha, de 29 de diciembre, del Impuesto sobre determinadas actividades que inciden en el medio ambiente y del tipo autonómico del Impuesto sobre las Ventas Minoristas de determinados Hidrocarburos, DOCM n° 264, de 31 de diciembre de 2005*.

<sup>15</sup> La base imponible se calcula sumando las cantidades emitidas de compuestos oxigenados del azufre o del nitrógeno por todos los focos emisores de la instalación en el período impositivo, expresadas en toneladas métricas equivalentes de dióxido de azufre y de dióxido de nitrógeno, multiplicadas respectivamente por los coeficientes 1 y 1,5. La cuota tributaria es de tipo progresivo por tramos en función de la base imponible.

La siguiente región en establecer un tributo sobre las emisiones de gases a la atmósfera fue Andalucía con la *Ley 18/2003*<sup>16</sup>, vigente desde 2004. El hecho imponible establecido por el impuesto consiste en la emisión a la atmósfera de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) u óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) que se realice desde determinadas instalaciones<sup>17</sup>.

En el año 2006 entraron en vigor tributos similares en otras dos regiones; Aragón y Murcia. La *Ley 13/2005*<sup>18</sup> creó en Aragón con la categoría de tributos propios, unas nuevas figuras impositivas, denominados genéricamente como impuestos medioambientales, que gravan la emisión de contaminantes a la atmósfera. Esta ley fue derogada posteriormente por el *Decreto Legislativo 1/2007*<sup>19</sup>, que en la actualidad regula el impuesto sobre emisiones de gases a la atmósfera. Este tributo sobre el daño medioambiental causado por la emisión de contaminantes a la atmósfera, tiene por objeto gravar la capacidad económica concreta que se manifiesta en la realización de determinadas actividades que emiten grandes cantidades de sustancias contaminantes a la atmósfera, como consecuencia de su incidencia negativa en el entorno natural de la región de Aragón. Constituye el hecho imponible del impuesto la emisión a la atmósfera de las sustancias contaminantes óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por las instalaciones contaminantes<sup>20</sup>.

En Murcia, la *Ley 9/2005*<sup>21</sup> creó una serie de tributos medioambientales con la finalidad de protección del medio ambiente. Entre ellos se encuentra el impuesto por emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, en vigor desde 2006. El objeto del mismo es gravar aquellas instalaciones industriales

---

<sup>16</sup> *Ley 18/2003 del Parlamento de Andalucía, de 29 de diciembre, por la que se aprueban medidas fiscales y administrativas, BOJA n° 251, de 31 de diciembre de 2003.*

<sup>17</sup> La base imponible se obtiene sumando las unidades contaminantes que se han emitido de cada uno de los gases. Para calcular las unidades contaminantes habrá de dividirse la cantidad total de cada sustancia emitida por un valor de referencia. Así, el valor de referencia para el CO<sub>2</sub> es de 200.000 toneladas al año, el valor de referencia para el NO<sub>x</sub> es de 100 toneladas al año, el valor de referencia para el SO<sub>x</sub> es de 150 toneladas al año. La cuota tributaria es de tipo progresivo por tramos en función de las unidades contaminantes que sumadas dan lugar a la base imponible.

<sup>18</sup> *Ley 13/2005 de Las Cortes de Aragón, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales y Administrativas en materia de Tributos Cedidos y Tributos Propios de la Comunidad Autónoma de Aragón, BOA n° 154, de 31 de diciembre de 2005.*

<sup>19</sup> *Decreto Legislativo 1/2007 del Gobierno de Aragón, de 18 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Legislación sobre los impuestos medioambientales de la Comunidad Autónoma de Aragón, BOA n° 117, de 3 de octubre de 2007.*

<sup>20</sup> La base imponible del impuesto se calcula a partir de las cantidades emitidas a la atmósfera de cada una de las sustancias contaminantes y por una misma instalación contaminante, durante el período impositivo correspondiente, expresando las cantidades emitidas de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) en toneladas al año, las cantidades emitidas de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) en toneladas al año y las cantidades emitidas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en kilotoneladas al año. La cuota tributaria es proporcional a las cantidades emitidas de contaminantes, de forma que se establece una cantidad única por kilotonelada de CO<sub>2</sub> y una cantidad única por tonelada de SO<sub>x</sub> o NO<sub>x</sub>.

<sup>21</sup> *Ley 9/2005 de la Asamblea Regional de la Región de Murcia, de 29 de diciembre, de Medidas Tributarias en materia de Tributos Cedidos y Tributos Propios año 2006.*



contaminantes incluidas en la ley de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. Constituye el hecho imponible todas las emisiones a la atmósfera de los gases dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV) y amoníaco (NH<sub>3</sub>)<sup>22</sup>.

La Tabla 1 muestra la diversidad existente en la regulación autonómica en materia de tributos sobre las emisiones de gases. Sólo cinco regiones han tomado la determinación de implantar esta serie de tributos y cada región ha articulado los tributos con características propias.

Los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre están gravados en todas las regiones con tributos de esta naturaleza, sin embargo el dióxido de carbono está gravado únicamente en la región andaluza y en la de Aragón. En Murcia además de los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre, se gravan las emisiones de amoníaco y de compuestos orgánicos volátiles.

En cuanto a la determinación de la base imponible, existe una gran disparidad. No existen dos regiones que definan la base imponible de forma idéntica. Sin embargo, sí encontramos mayor homogeneidad en la estructura del tipo de gravamen. En todos los casos es progresivo por tramos excepto en Aragón que es de tipo proporcional.

**Tabla 1. Tributación regional de las emisiones de gases a la atmósfera en España.**

REGIÓN	REGULACIÓN	AÑO ENTRADA EN VIGOR	HECHO IMPONIBLE: GASES EMITIDOS					CALCULO BASE IMPONIBLE	CUOTA INTEGRAL
			CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> / NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub> / SO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	COV		
ANDALUCIA	Ley 18/2003	2004	SI	SI	SI			Suma unidades contaminantes anuales	Progresiva por tramos
GALICIA	Ley 16/1995	1996		SI	SI			Suma toneladas anuales	Progresiva por tramos
ARAGÓN	Ley 13/2005 y D. L. 1/2007	2006	SI	SI	SI			toneladas de SO <sub>x</sub> , toneladas de NO <sub>x</sub> kilotoneladas de CO <sub>2</sub>	Proporcional a t de SO <sub>x</sub> y t de NO <sub>x</sub> Proporcional a kt de CO <sub>2</sub>
MURCIA	Ley 9/2005	2006		SI	SI	SI	SI	Suma unidades contaminantes anuales	Progresiva por tramos
CASTILLA-LA MANCHA	Ley 11/2000 y Ley 16/2005	2001		SI	SI			Suma de toneladas anuales ponderadas (Factor ponderación: 1 para SO <sub>2</sub> y 1,5 para NO <sub>x</sub> )	Progresiva por tramos

Fuente. Elaboración propia a partir de la legislación tributaria. Última actualización 23 de junio de 2010.

<sup>22</sup> La cuantía de la carga contaminante viene determinada por la suma de las unidades contaminantes de todas las sustancias emitidas desde una misma instalación industrial. Las unidades contaminantes se obtienen como resultado de dividir la cantidad total de cada sustancia emitida en el periodo impositivo, expresada en toneladas al año, entre la cifra fijada para cada una de ellas como valor de referencia. La cuota tributaria es de tipo progresivo por tramos en función de las unidades contaminantes que sumadas dan lugar a la base imponible.

### 2.3. El Impuesto de Emisiones de Gases a la Atmósfera (IEGA) de Andalucía.

Con la *Ley 18/2003* entraron en vigor en Andalucía un conjunto de tributos propios denominados Impuestos Ecológicos. En conjunto son cuatro tributos que gravan las emisiones de gases a la atmósfera (IEGA), los vertidos a las aguas litorales, el depósito de residuos radiactivos y el depósito de residuos peligrosos. En la Exposición de Motivos de la normativa queda patente su naturaleza pigouviana<sup>23</sup>.

El IEGA se regula por los artículos 21 a 38 de la *Ley 18/2003*. La Tabla 2 contiene los aspectos más relevantes del impuesto. Los compromisos adoptados por España y subsidiariamente por Andalucía en la lucha contra el cambio climático y contra las emisiones contaminantes (acidificantes, precursoras del ozono y eutrofizantes) suponen el fundamento legal del IEGA.

El IEGA incide sobre las emisiones de los gases dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) u óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), que se realicen desde determinadas instalaciones<sup>24</sup>. Las emisiones industriales de los gases CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> en la mayoría de los casos se deben a procesos de combustión de combustibles fósiles (principalmente petróleo, carbón y gas natural). El impacto ambiental ocasionado por el CO<sub>2</sub> es uno de los más preocupantes en la actualidad dado el carácter global de sus efectos<sup>25</sup>. Los NO<sub>x</sub> y los SO<sub>x</sub> son agentes acidificadores que ocasionan la acidificación del medio y son el origen de la lluvia ácida. Adicionalmente, los NO<sub>x</sub> son también agentes precursores del ozono, ya que al combinarse con otros contaminantes atmosféricos influyen en las reacciones de formación de ozono en la superficie de la tierra provocando el *smog fotoquímico* perjudicando a la salud humana y al medio ambiente. Un efecto pernicioso adicional se produce por los depósitos de componentes nitrogenados de la atmósfera, como el NO<sub>x</sub>, ya que modifican los ecosistemas terrestres y acuáticos con la consiguiente alteración de los vegetales y de la biodiversidad ocasionando fenómenos de eutrofización.

---

<sup>23</sup> En la Exposición de Motivos se indica que “como medios complementarios para coadyuvar a la protección y defensa del medio ambiente, las medidas en materia de fiscalidad ecológica incluyen un abanico de figuras impositivas con la finalidad de estimular e incentivar comportamientos más respetuosos con el entorno natural. Asimismo, la recaudación que proporciona esta clase de mecanismos compensará el impacto en los recursos naturales que originan las conductas humanas, contribuyendo, de este modo, a sufragar las acciones incluidas en las políticas medioambientales concretas”.

<sup>24</sup> En el artículo 22 de la *Ley 18/2003*, se define instalación como cualquier unidad técnica fija en donde se desarrollen una o más de las actividades industriales enumeradas en el anejo 1 de la *Ley 16/2002*, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, así como cualesquiera otras actividades directamente relacionadas con aquellas que guarden relación de índole técnica con las actividades llevadas a cabo en dicho lugar y puedan tener repercusión sobre las emisiones.

<sup>25</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> responsables del efecto invernadero son las que más contribuyen al problema del cambio climático.

**Tabla 2. El Impuesto de Emisiones de Gases a la Atmósfera (IEGA) en Andalucía**

<b>Características generales</b>	Impuesto ambiental sobre emisiones de gases a la atmósfera. Creado por la ley 18/2003 y en vigor desde 2004.
<b>Finalidad</b>	Incentivar conductas más respetuosas con el aire, así como la mejora de su calidad.
<b>Hecho imponible</b>	Emisiones de los gases dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) u óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> ), que se realice desde determinadas instalaciones.
<b>Sujeto pasivo</b>	Personas físicas o jurídicas y las entidades sin personalidad jurídica que exploten las instalaciones en las que se desarrollen las actividades que determinan las emisiones a la atmósfera gravadas por este impuesto.
<b>Sujeto de no sujeción</b>	Las emisiones procedentes de los vertederos de todo tipo de residuos y las instalaciones destinadas a la cría intensiva de aves de corral y de cerdos. Las emisiones de CO <sub>2</sub> procedentes de la combustión de biomasa, biocarburante o biocombustible, así como las realizadas desde instalaciones sujetas al régimen de comercio de derechos de emisiones de gases de efecto invernadero en exceso respecto a sus asignaciones individuales.
<b>Base Imponible</b>	Es la cuantía de la carga contaminante y viene determinada por la suma de las unidades contaminantes (u.c.) de todas las sustancias emitidas desde una misma instalación industrial. Las u.c. se calculan dividiendo la cantidad total de sustancia emitida en el periodo impositivo, expresada en toneladas/año, entre una cifra fijada para cada una de ellas como valor de referencia. El valor de referencia es de 200.000 t/año para el CO <sub>2</sub> , de 100 t/año para el NO <sub>x</sub> y de 150 t/año para el SO <sub>x</sub> .
<b>Estimación de la Base Imponible</b>	Estimación directa: Realizada por el sujeto pasivo en instalaciones que incorporan monitores para la medición en continuo de las concentraciones de las sustancias emitidas y medidores de caudal. La estimación de CO <sub>2</sub> se realizará mediante balance de materia en función de los datos de consumo y características del combustible y las materias primas. Estimación objetiva: Realizada por el sujeto pasivo cuando no sea posible la estimación directa. Se calculan las cantidades emitidas aplicando una serie de coeficientes específicos en función de la actividad industrial. Estimación indirecta: Realizada por la administración.
<b>Mínimo exento</b>	3 unidades contaminantes
<b>Tipo Impositivo</b>	Tarifa progresiva por tramos: -Hasta 10 u.c.: 5.000 € por u.c. -Entre 10,001 y 20 u.c.: 8.000 € por u.c. -Entre 20,001 y 30 u.c.: 10.000 € por u.c. -Entre 30,001 y 50 u.c.: 12.000 € por u.c. -Más de 50,001 u.c.: 14.000 € por u.c.

Fuente: Elaboración propia a partir de la normativa. Última revisión: 3 de julio de 2010.

### 3. La inferencia causal estadística.

#### 3.1. Consideraciones preliminares. Definición de las variables *D* e *Y*.

El desarrollo de la evaluación económica de políticas públicas basado en la inferencia causal estadística dio origen al Modelo Causal de Rubin (1974, 1978) (RCM - *Rubin Causal Model*), ubicado en el contexto de un Modelo de Resultados Potenciales (POM – *Potential Outcome Model*). En esta modelización los valores de las variables significativas para la evaluación son comparadas para el caso de individuos tratados y de individuos no tratados o de control.

En el marco de la inferencia causal estadística, consideraremos el IEGA como un tratamiento o política pública (causa) que busca causar un efecto reductor sobre el volumen de emisiones de los gases contaminantes que grava. La evaluación del IEGA exigiría estimar este efecto causal.

Para evaluar el efecto causal del IEGA se define un indicador de tratamiento  $D_i$  en forma de variable binaria para cualquier individuo *i-ésimo* de los que pudieran verse afectados por el impuesto. Los

individuos, en este caso las instalaciones industriales contaminantes, serían los sujetos pasivos. Así,  $D_i=1$  indicará que el individuo “ $i$ ” es una instalación industrial que está sujeta al impuesto debido a que desarrolla su actividad contaminante en Andalucía. Si,  $D_i = 0$ , indicará que el individuo “ $i$ ” es una instalación industrial que no está sujeta al IEGA.

Definido el indicador de tratamiento, definimos también la variable respuesta o “*outcome*”  $Y_i$  sobre cuyo valor determinaríamos la efectividad del impuesto. Esta variable captaría la respuesta potencial de cada individuo  $i$ -ésimo ante el impuesto.  $Y_i$  adoptará diferentes valores en función de si el individuo es un sujeto pasivo del impuesto (entonces  $D_i = 1$  y se observará  $Y_{1i}$ ) o no (en tal caso,  $D_i = 0$  y se observará  $Y_{0i}$ ). Es posible expresar el valor de la variable  $Y$  para el individuo  $i$ -ésimo a partir de la expresión (1).

$$Y_i = D_i Y_{1i} + (1 - D_i) Y_{0i} \quad (1)$$

Cuando el soporte empírico lo permite es posible considerar diferentes variables respuesta. Tendríamos así un vector  $Y$  de variables respuesta.

### 3.2. El efecto causal promedio del IEGA

La inferencia causal estadística permite evaluar la efectividad de la política pública según el efecto que provoca sobre la población analizada. En el caso que nos ocupa, la población tratada está constituida por instalaciones industriales que desarrollan su actividad en el ámbito geográfico andaluz.

Para un individuo cualquiera de la población estudiada, este efecto causal se mide como la diferencia entre el valor alcanzado por la variable respuesta tras ser sometido al impuesto y el valor registrado en el caso de no haber sido sometido a dicho impuesto. Sin embargo, nos encontramos ante sucesos contrafactuales. Evidentemente, no es posible observar a la vez ambos sucesos para un mismo individuo, por lo que resulta imposible estimar efectos causales individuales. Este problema es conocido como el “problema fundamental de la identificación causal” (Holland, 1986). Lo anterior obliga a estimar efectos causales agregados. Así, es posible estimar el efecto medio del tratamiento (*Average Treatment Effect*), definido como la diferencia entre los valores medios de la variable respuesta de las instalaciones industriales afectadas por el impuesto y las que no lo están.

$$\hat{\alpha}_{ATE} = E(Y_1 - Y_0) = E(Y_1) - E(Y_0) = E(Y_1 | D=1) - E(Y_0 | D=0) = E(Y | D=1) - E(Y | D=0) \quad (2)$$

Siendo  $Y_1$  las respuestas potenciales de los individuos tratados o sujetos al impuesto e  $Y_0$  las respuestas potenciales de los individuos no tratados o de control.

De forma análoga, se podría calcular el efecto causal promedio del impuesto sobre los tratados (*Average Treatment Effect on the Treated - ATET*-). El *ATET* se determinará como el valor medio esperado de la diferencia entre los resultados potenciales de los individuos tratados.

$$\hat{\alpha}_{ATET} = E(Y_1 - Y_0 | D=1) = E(Y_1 | D=1) - E(Y_0 | D=1) \quad (3)$$

### 3.3. Estudios observacionales.

En ciencias como la Medicina, para la obtención del efecto causal promedio es común recurrir a experimentos de laboratorio o aleatorios. En éstos, los individuos son asignados aleatoriamente entre los grupos tratados y de control de manera que se dé una independencia absoluta entre las respuestas potenciales y la pertenencia a un grupo u otro grupo. Esta condición es conocida como “condición de independencia” (“*unconfoundedness condition*”) expresada como:

$$(Y_1, Y_0) \perp D \quad (4)$$

Sin embargo, dadas las dificultades de aplicar en las ciencias sociales estos experimentos aleatorios o de laboratorio, los valores de las variables se obtendrán a partir de datos observacionales en entornos cuasi-experimentales. Los métodos observacionales pretenden reproducir los escenarios experimentales, de manera que se garantice la independencia entre los resultados potenciales y la variable tratamiento, independencia propia de los experimentos aleatorios. Así, los datos observacionales permiten la evaluación de una política pública teniendo en cuenta nuestro conocimiento institucional de la misma. Usando datos observacionales, el investigador puede diseñar un grupo de tratamiento y un grupo de control con el objetivo de reproducir en la medida de lo posible un experimento de laboratorio (Rosenbaum, 1999).

Particularmente, la población susceptible de verse afectada por un impuesto de las características del IEGA estará compuesta por las instalaciones industriales que emiten los gases  $CO_2$ ,  $NO_x$  y  $SO_x$ . El grupo de tratamiento estará integrado por los individuos afectados por el tributo. El grupo de control estará constituido por instalaciones industriales que, emitiendo los gases contaminantes en el mismo periodo

temporal, no se ven afectadas por tributo alguno por estar ubicadas en una región que no exige este tipo de impuestos ya que no están en vigor en todas las regiones.

De esta forma, las instalaciones industriales que realizan su actividad industrial en Andalucía y que emiten los gases CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> forman el grupo de tratados<sup>26</sup>. Para formar el grupo de control, se consideran el resto de instalaciones industriales, excluyéndose aquellas que desarrollan su actividad en regiones donde hay implantado algún tipo de impuesto sobre emisiones de gases (Galicia, Aragón, Castilla-La Mancha y Murcia).

Sin embargo, en el ámbito de las ciencias sociales, las respuestas potenciales de los individuos son con frecuencia muy heterogéneas como consecuencia de que los individuos también son heterogéneos. Aunque todos los individuos susceptibles de estar afectados por el impuesto guarden similitudes, sus respuestas potenciales a una misma política pública (el IEGA) pueden ser diferentes. Debe tenerse en cuenta que las instalaciones industriales, tanto las tratadas como las de control, pueden diferir en características distintas al propio impuesto. Esto limita la validez del efecto promedio estimado.

Denominamos a estas características diferenciadoras como covariables o variables contaminantes porque afectan o “contaminan” el efecto producido por el tratamiento sobre la variable respuesta. En la medida que estas covariables puedan ser observadas, podrán ser controladas<sup>27</sup>. En esto se fundamenta el método de “selección sobre observables”<sup>28</sup>.

<sup>26</sup> Incluyéndose también aquellas instalaciones que, aún emitiendo dichos gases a la atmósfera, se encuentran exentas al no superar el mínimo establecido por la Ley. Estas instalaciones se consideran igualmente “tratadas” ya que su actividad se ve afectada por la existencia del IEGA.

<sup>27</sup> Se puede encontrar una descripción teórica más amplia en Barnow, Cain y Gollberger (1980).

<sup>28</sup> El método de selección sobre observables no resulta del todo adecuado para evaluar los efectos causales de la política pública cuando los individuos difieren en características no observables. En estos casos los estimadores basados en el método de “diferencias en diferencias” (DID) permiten resolver el problema. Véanse las aportaciones de Heckman, Ichimura, Smith y Todd (1998), Ashenfelter y Card (1985), Card (1990), Card y Krueger (1994 y 2000), Athey e Imbens (2002) y Abadie (2005). El estimador DID considera los resultados observados de la variable respuesta  $Y$  en dos momentos del tiempo, antes y después de que el individuo sea tratado (Cansino y Sánchez, 2010). Es decir, antes de que se vea afectado por el IEGA y posteriormente, tras verse afectado por el mismo. Se asume que las variables contaminantes inherentes al individuo son ajenas a la naturaleza de la política pública (Cansino, 2006), siendo por consiguiente, idénticas en los dos momentos de tiempo contemplados, pre-IEGA y post-IEGA, controlándose así el efecto de distorsión de las covariables.

Siguiendo a Heckman et al. (1998), el cálculo del estimador DID consiste en diferenciar la variable respuesta de los individuos afectados por el IEGA antes y después del tributo y volver a diferenciar de nuevo con respecto a la variación producida en la variable respuesta en los individuos del grupo de control (Heckman y Robb, 1985). El método de Diferencias en Diferencias, se apoya en el supuesto de que la tendencia temporal registrada por los individuos pertenecientes al grupo de control, a modo de variable proxy, sirve para conocer la tendencia que hubieran seguido las instalaciones industriales afectadas por el impuesto en el caso de que no se hubieran visto sometidas al mismo (Athey e Imbens, 2002).

La selección sobre observables permite aislar el efecto de una covariable (o de un vector de covariables), manteniendo la independencia entre la variable indicativa de la participación  $D$  y la variable respuesta  $Y$ . Siendo  $X$  un vector de covariables, podemos expresarlo como (Heckman y Hotz, 1989):

$$(Y_1, Y_0) \perp D \mid X \quad (5)$$

Así, controlando el vector  $X$  de covariables se garantiza el cumplimiento de la condición de independencia propia de los experimentos aleatorios. De esta forma, condicionando la variable  $D$  indicativa del tratamiento sobre las covariables del vector  $X$ ,  $D$  será independiente de los resultados potenciales (Lechner, 1999). Para un mismo valor de  $X$  podríamos simular un experimento aleatorio comparando individuos que pertenecen al grupo de tratamiento y al grupo de control si se mantiene la condición de independencia entre  $Y$  y  $D$ . Controlando  $X$  se soluciona por tanto, el sesgo en la selección y se elimina la dependencia entre  $D$  e  $Y$ . Según Dehejia y Wahba (1999), bajo selección sobre observables, el efecto causal del IEGA puede expresarse como:

$$E [Y_1 - Y_0 \mid X] = E [Y \mid X, D = 1] - E [Y \mid X, D = 0] \quad (6)$$

Para estimar el efecto causal del IEGA con métodos observacionales, podemos recurrir a varios procedimientos, y entre ellos, el procedimiento basado en estimadores “*matchig*” y el cálculo del “*propensity score*”. El método “*matching*”<sup>29</sup> asigna a cada individuo afectado por la política pública, un individuo de control con los mismos valores de la variable contaminante  $X$ . Esta técnica permite hacer pares de individuos de tratamiento y de control que son similares en sus características observables. Una vez definido un  $X$  que recoja todas las diferencias significativas que puedan contaminar el resultado, con este procedimiento se podrá obtener un estimador insesgado de los efectos del tratamiento.

A cada instalación industrial “ $i$ ” afectada por el impuesto y que muestra un valor  $X_i$  para la variable  $X$ , se le asignará una instalación industrial “ $m$ ” que no esté afectada por el impuesto y que presenta un valor  $X_m$  para la variable  $X$ , de manera que  $X_i = X_m$  o, en una versión menos estricta,  $X_i \sim X_m$ . Si la igualdad o similitud se alcanza, denotaremos al individuo “ $m$ ” como “ $m_{(i)}$ ”. A continuación se procede a calcular la diferencia entre los valores observados de la variable respuesta del individuo “ $i$ ” y para la pareja asignada

<sup>29</sup> Una revisión teórica puede consultarse en Heckman, Ichimura y Todd (1997, 1998).

(match) “ $m_{(i)}$ ”. Se sumarán las diferencias de todas y cada una de las instalaciones sometidas al impuesto (instalaciones tratadas) y se divide por el número de individuos que componen dicho grupo ( $n_1$ ).

$$\hat{\alpha}_{ATE}(\text{matching}) = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} (Y_1 - Y_{m_{(i)}}) \quad (7)$$

La ecuación (8) expresa de forma analítica el efecto promedio del impuesto sobre los tratados, con esta ecuación se puede calcular el estimador “*matching*” para los individuos afectados por el impuesto, es decir, permite estimar el efecto promedio del impuesto sobre las instalaciones afectadas.

También puede calcularse el estimador “*matching*” del efecto promedio del impuesto sobre todos los participantes en la evaluación ( $n$ ), es decir, los individuos del grupo de tratamiento y los pertenecientes al de control. En este caso, a cada individuo tratado se le asignaría un individuo no tratado como pareja con un valor igual o similar para la variable predeterminada  $X$ , y de forma análoga, a cada individuo no tratado se le asignaría como pareja un individuo tratado con la misma condición de similitud para  $X$ . El estimador “*matching*” sería del  $\hat{\alpha}_{ATE}$  y de forma analítica sería:

$$\hat{\alpha}_{ATE}(\text{matching}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_1 - Y_{m_{(i)}}) \quad (8)$$

El método “*matching*” resulta operativo en aquellos estudios en los que el número de variables contaminantes es pequeño (Rosenbaum, 1995). Si el número de covariables es elevado, es recomendable el uso del “*propensity score*”. Según la definición de Rosenbaum y Rubin (1983), la “propensión a participar” o “*propensity score*” sería la probabilidad de verse afectado por el tratamiento (probabilidad de  $D=1$ ) condicionada a los valores que adopte un vector  $X$  de covariables ( $X = X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ). Esta probabilidad puede expresarse como:

$$\varepsilon(X) = P(D = 1|X) \quad (9)$$

$\varepsilon(X)$  es una función de  $X$ , la forma funcional de  $\varepsilon$  será normalmente desconocida y deberá estimarse a partir de los datos muestrales. Rosenbaum y Rubin (1983) exponen la proposición de independencia del “*propensity score*”: si  $\varepsilon(X)$  es la probabilidad de verse afectado por el impuesto, condicionado sobre  $X$ , puede afirmarse que:

$$(Y_1, Y_0) \perp D | \varepsilon(X) \quad (10)$$



En base a lo anterior, todas las observaciones que muestren el mismo o similar “*propensity score*” tendrán la misma o similar distribución del vector  $X$  de covariables. De esta forma, podrán ser comparados los valores de la variable respuesta de instalaciones industriales tratadas y las del grupo de control con un valor del “*propensity score*” igual o similar. Así, el efecto contaminante de las variables predeterminadas queda aislado permitiendo calcular el efecto promedio del impuesto o tratamiento.

La estimación del efecto del IEGA a partir del “*propensity score*” seguiría un procedimiento en dos etapas. En una primera etapa, debe estimarse el “*propensity score*”  $\varepsilon(X)$ , es decir, la probabilidad de una instalación industrial de estar afectado por el impuesto. Para ello se expresa la probabilidad de que una instalación industrial esté sometido al impuesto sobre el vector de covariables  $X$  como:

$$\varepsilon(X) = P(D = 1 | X) = F(\beta X) \quad (11)$$

Siendo  $\beta$  el vector de parámetros asociado a las covariables. El valor de esta probabilidad quedará condicionado al valor de la función de distribución en el punto  $\beta X_j$ , siendo  $X_j$  cada uno de los posibles valores que puede adoptar el vector de covariables  $X$ .

La forma de la función de distribución  $F$  podrá ajustarse con distintos modelos de elección de respuesta binaria. Los modelos matemáticos de distribución no lineal que mejor se ajustan a las respuestas posibles a encontrar en el “*propensity score*”, son el Modelo Logit y el Modelo Probit. El criterio para la elección de uno u otro modelo matemático se hará en función de los resultados operativos, se analizarán los valores obtenidos y se elegirá el modelo que presente unos resultados más eficientes. El modelo más eficiente será aquel que muestre el mayor valor de la función de verosimilitud y los menores valores de los Criterios de información de Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn.

En la segunda etapa, una vez estimado el “*propensity score*” y partiendo de los valores estimados de la probabilidad condicional de afectación por el IEGA de una instalación industrial, se procedería a estimar del efecto promedio generado por el IEGA utilizando los estimadores que se consideren más adecuados en función de los datos disponibles. En esta fase para calcular un estimador del efecto promedio se puede recurrir a distintos procedimientos. Así podemos recurrir al uso de los estimadores “*matching*”, si bien no utilizando los valores de las covariables sino los valores estimados a través del “*propensity score*”.

También se puede optar por el cálculo del estimador Bietápico de Heckman, en este caso, partiendo de la probabilidad condicional de afectación por el IEGA, es posible obtener un estimador paramétrico de los efectos del impuesto sobre los individuos tratados mediante la aplicación del procedimiento bietápico de Heckman<sup>30</sup>. Con este procedimiento, se determina el efecto producido por el IEGA sobre la variable respuesta  $Y$  mediante una regresión por MCO, ajustándose a la expresión siguiente.

$$Y = \mu + \alpha D + \sigma \hat{\varepsilon}(X) + \varepsilon \quad (12)$$

Siendo  $Y$  la variable respuesta y  $D$  la variables indicativa de tratamiento. Se incluye a su vez, la variable explicativa  $\hat{\varepsilon}(X)$  que indica la probabilidad condicional de afectación por el impuesto. Los parámetros  $\mu$  y  $\varepsilon$ , recogen el efecto fijo y el error aleatorio del modelo respectivamente.

Alternativamente, es posible estimar el efecto promedio del impuesto a través de la ponderación mediante el “*propensity score*”. Este método propone el cálculo de los estimadores  $\hat{\alpha}_{ATE}$  y  $\hat{\alpha}_{ATET}$  utilizando los valores medios observados para la variable respuesta  $Y$  y los valores estimados del “*propensity score*” aplicando las siguientes ecuaciones:

$$\hat{\alpha}_{ATE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \frac{D_i - \hat{\varepsilon}(X_i)}{\hat{\varepsilon}(X_i) \cdot [1 - \hat{\varepsilon}(X_i)]} \quad (13)$$

$$\hat{\alpha}_{ATET} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} Y_i \frac{D_i - \hat{\varepsilon}(X_i)}{\hat{\varepsilon}(X_i) \cdot [1 - \hat{\varepsilon}(X_i)]} \quad (14)$$

Donde  $\hat{\varepsilon}(X_i)$  es el valor estimado del “*propensity score*” para el vector  $X_i$  de variables predeterminadas.

### 3.4. Definición de las variables respuesta.

Con métodos observacionales se puede evaluar la efectividad del IEGA en relación a la reducción de las emisiones de los gases contaminantes,  $CO_2$ ,  $NO_x$  y  $SO_x$ , siempre y cuando la heterogeneidad de las poblaciones se pueda controlar aislando las covariables que contaminan los resultados.

Para evaluar el IEGA con esta metodología se estimaría el efecto causal sobre algunas variables respuesta que se considerarán relevantes en relación con sus objetivos, esto es, reducir las emisiones de los gases dióxido de carbono ( $CO_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y óxidos de azufre ( $SO_x$ ) a la atmosfera desde instalaciones industriales situadas en Andalucía.

<sup>30</sup> Véase Heckman (1979) y Heckman y Vytlačil (2005).

Para estimar el efecto causal del IEGA, serán de utilidad cuatro variables  $Y_{(CO_2)i}$ ,  $Y_{(NO_x)i}$ ,  $Y_{(SO_x)i}$  y  $Y_{(UC)i}$ .

Las variables respuesta se definen de la siguiente forma:

$Y_{(CO_2)i}$  : para el individuo "i" se determinará la tasa de crecimiento de emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas del año 2004 respecto al año de referencia 2003.

$$Y_{(CO_2)i} = \frac{(T\ CO_2\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2004) - (T\ CO_2\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)}{(T\ CO_2\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)} \quad (15)$$

$Y_{(NO_x)i}$  : para el individuo "i" se determinará la tasa de crecimiento de emisiones de NO<sub>x</sub> en toneladas del año 2004 respecto al año de referencia 2003.

$$Y_{(NO_x)i} = \frac{(T\ NO_x\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2004) - (T\ NO_x\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)}{(T\ NO_x\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)} \quad (16)$$

$Y_{(SO_x)i}$  : para el individuo "i" se determinará la tasa de crecimiento de emisiones de SO<sub>x</sub> en toneladas del año 2004 respecto al año de referencia 2003.

$$Y_{(SO_x)i} = \frac{(T\ SO_x\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2004) - (T\ SO_x\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)}{(T\ SO_x\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)} \quad (17)$$

$Y_{(UC)i}$  : para el individuo "i" se determinará la tasa de crecimiento de unidades contaminantes emitidas el año 2004 respecto al año de referencia 2003.

$$Y_{(UC)i} = \frac{(U.C.\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2004) - (U.C.\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)}{(U.C.\ emitidas\ por\ "i"\ el\ año\ 2003)} \quad (18)$$

Se fija el año 2003 como año de referencia por ser en año previo a la entrada en vigor del IEGA. Cada una de las variables respuesta mide la tasa de crecimiento respecto a un año que tomaremos de referencia. El tiempo de estudio establecido inicialmente es de un año, mediremos por tanto, la tasa de crecimiento del año 2004 respecto del año 2003, aunque repetiremos el estudio en años sucesivos 2005, 2006, 2007 y 2008 siempre tomando como año de referencia el 2003.

$Y_{(CO_2)i}$ ,  $Y_{(NO_x)i}$  y  $Y_{(SO_x)i}$  nos permiten estimar el efecto causal del IEGA sobre cada uno de los tres gases de manera individualizada. El análisis diferenciado se debe a que existen tecnologías que con su implantación reducen las emisiones de un tipo de gas y no de los otros. También es relevante considerar la cuarta variable respuesta,  $Y_{(UC)i}$ , que mide el incremento de las unidades contaminantes respecto al año de referencia. Esto permitiría medir el efecto causal conjunto de los tres gases gravados por el impuesto.

La aplicación práctica de esta metodología exigiría un soporte empírico con las siguientes características. Por un lado, ha de conocerse la ubicación geográfica de la instalación industrial para determinar el valor del indicador de tratamiento ( $D$ ). Asimismo, para cada instalación industrial, se ha de contar con datos de emisiones anuales de los gases  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$  y con las oportunas series temporales, para construir las variables potenciales de respuesta ( $Y$ )<sup>31</sup>.

### 3.5. Definición de las Covariables

Los individuos que compondrán el espacio muestral de la evaluación propuesta son instalaciones industriales que emitan las sustancias contaminantes  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$ . Se considerarán interesantes variables que caractericen a las instalaciones, haciendo especial hincapié en factores relacionados con la contaminación generada a raíz del desarrollo de su actividad industrial. A partir de la información disponible, se considerarán las siguientes variables predeterminadas que formarán el vector de covariables  $X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$ , cuya información resumida se recoge en la Tabla 3.

Tabla 3. Covariables

COVARIABLES	CATEGORÍAS
$X_1$ : tipo de actividad industrial contaminante	$X_{11}$ : sector de la energía
	$X_{12}$ : producción y transformación de metales
	$X_{13}$ : industria minera
	$X_{14}$ : industria química
	$X_{15}$ : fabricación y transformación de papel o madera
	$X_{16}$ : productos origen animal/vegetal industria alimentaria y bebidas
	$X_{17}$ : otras actividades
$X_2$ : tamaño de la empresa	$X_{21}$ : empresa pequeña ( $\leq 50$ trab.)
	$X_{22}$ : empresa mediana (entre 51 y 250 trab.)
	$X_{23}$ : empresa grande ( $> 250$ trab.)
$X_3$ : tipo de emisor	$X_{31}$ : emite únicamente $\text{CO}_2$
	$X_{32}$ : emite únicamente $\text{NO}_x$
	$X_{33}$ : emite únicamente $\text{SO}_x$
	$X_{34}$ : emite $\text{CO}_2$ y $\text{NO}_x$
	$X_{35}$ : emite $\text{CO}_2$ y $\text{SO}_x$
	$X_{36}$ : emite $\text{NO}_2$ y $\text{SO}_x$
	$X_{37}$ : emite $\text{CO}_2$ , $\text{NO}_x$ y $\text{SO}_x$
$X_4$ : emisor otros contaminantes atmosf.	$X_{41}$ : emisor de otras sustancias contaminantes a la atmósfera
$X_5$ : emisor de contaminantes al agua	$X_{51}$ : emisor de otras sustancias contaminantes a la atmósfera
$X_6$ : productor de residuos peligrosos	$X_{61}$ : emisor de otras sustancias contaminantes a la atmósfera

Fuente: Elaboración propia.

<sup>31</sup> Los datos de instalaciones, su ubicación y sus emisiones anuales están disponibles en el *Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes* que publica el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

$X_1$  : Tipo de actividad industrial contaminante. Para ello se recurre a la clasificación establecida en el Anexo 1 del Reglamento (CE) 166/2006 relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y transferencias de contaminantes. En el *Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes* que publica el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, muestra la actividad industrial contaminante principal en la que se encuadra cada instalación industrial “i”. Se parte de 7 posibles actividades industriales que emiten los contaminantes incluidos en el gravamen del impuesto. Consecuentemente, distribuiremos a los individuos en los siguientes grupos en función de la actividad industrial contaminante que desarrollen: (1) sector de la energía, (2) producción y transformación de metales, (3) industria minera, (4) industria química, (5) fabricación y transformación de papel o madera, (6) productos de origen animal y vegetal de la industria alimentaria y de bebidas y (7) otras actividades.

$X_2$  : Tamaño de la empresa. Es función del número de empleados es posible establecer tres categorías: (1) pequeña empresa, si tiene 50 trabajadores o menos, (2) empresa mediana, con un número de trabajadores entre 50 y 250, y (3) empresa grande, si tiene más de 250 trabajadores.

$X_3$  : Caracterización como emisor de contaminantes atmosféricos gravados por el IEGA. Se clasificarán las empresas según los contaminantes que emiten, distinguiendo a las empresas en función del contaminante que emitan y del número de contaminantes emitidos, de acuerdo con las siguientes categorías: (1) emite únicamente  $CO_2$ , (2) emite únicamente  $NO_x$ , (3) emite únicamente  $SO_x$ , (4) emite  $CO_2$  y  $NO_x$ , (5) emite  $CO_2$  y  $SO_x$ , (6) emite  $NO_x$  y  $SO_x$  y (7) emite  $CO_2$ ,  $NO_x$  y  $SO_x$ .

$X_4$  : Emisor de otros contaminantes atmosféricos. La instalación industrial emite otras sustancias contaminantes a la atmósfera distintas a las gravadas por el impuesto superándose los umbrales establecidos que obligan a la publicación de la información en el *Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (REEFC)* que publica el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

$X_5$  : Emisor de contaminantes al agua. La instalación industrial emite sustancias contaminantes al agua superando los umbrales establecidos que obligan a la publicación de la información en el *REEFC*.

$X_6$  : Productor de residuos peligrosos. La instalación industrial produce en el desarrollo de su actividad industrial residuos peligrosos superando los umbrales establecidos que obligan a la publicación de la información en el mencionado *REEFC*.

#### 4. Conclusiones.

Las consecuencias generadas por las emisiones antropogénicas de gases a la atmósfera han motivado la reacción internacional y la adopción de medidas de muy diferente índole. Una de estas respuestas ha sido la inclusión en los sistemas tributarios de impuestos pigouvianos sobre la emisión de GEI. La evaluación económica de estos impuestos interesa tanto al policy maker como al conjunto de la sociedad.

Para este propósito, los métodos observacionales en entornos cuasi-experimentales resultan ser una herramienta adecuada para abordar un estudio de la evaluación de la efectividad del IEGA en relación a la reducción de las emisiones de los gases contaminantes,  $CO_2$ ,  $NO_x$  y  $SO_x$ . Con un soporte empírico apropiado es factible controlar la heterogeneidad de los individuos expuestos a este tipo de impuestos aislando las covariables que contaminan los resultados y facilitando la evaluación de los mismos. Esta evaluación puede realizarse a partir de los valores de sus efectos promedio suministrados por estimadores basados en el “*matching*” o estimadores basados en el “*propensity score-matching*”. El uso de uno otro tipo de estimadores depende , del número de covariables a controlar.

Como consecuencia de lo anterior, es posible evaluar desde un punto de vista económico un impuesto ambiental del tipo IEGA a partir de la inferencia causal estadística. Para ello este artículo propone una serie de varias respuesta apropiadas y un conjunto de covariables específicas.

#### Referencias bibliográficas.

- Abadie, A. (2005): “Semiparametric Difference-In-Differences Estimators”, *Review of Economic Studies*, 72(1), 1-19.
- Andrews, M., Bradley, S. y Upward, R. (1999): “Estimating Youth Training Wage Differentials During and After Training”, *Oxford Economic Papers*, 51 (3), 517-544.
- Ashenfelter, O. y Card, D. (1985): “Using the Longitudinal Structure of Earnings to Estimate the Effects of Training Programs”, *Review of Economics and Statistics*, 67 (4), 648-660.
- Athey, S. y Imbens, G. W. (2002): “Identification and Inference in Nonlinear Difference-in-Differences Models”, *NBER Technical Working Paper n° 80*, septiembre 2002.
- Atkinson, S.E. y Tietenberg, T. (1987): “Economic implications of emissions trading rules for local and regional pollutants”, *Canadian Journal Economics*, 20 (2), 370-86.

- Barnow, B., Cain, G. y Goldberger, A. (1980): "Selection on Observables", en E. W. Stromsdorfer y G. Farkas (eds.), *Evaluation Studies Review Annual*, Beverly Hills, California, Sage Publications, 5, 43-59.
- Bergemann, A., Fitzenberger, B. y Speckesser, S. (2005): "Evaluating the Dynamic Employment Effects of Training Programs in East Germany Using Conditional Difference-in-Differences", *Documento de trabajo n° 1848 del "Institute for the Study of Labor (IZA)*, Noviembre, 2005.
- Bonnall, L., Fougère, D. y Sérandon, A. (1997): "Evaluating the Impact of French Employment Policies on Individual Labour Market Histories", *Review of Economic Studies*, 64 (4), 683-713.
- Blundell, R., Costa, M., Meghir, C. y Van Reenen, J. (2004): "Evaluating the Employment Impact of a Mandatory Job Search Program", *Journal of the European Economic Association*, 2 (4), 569-606.
- Cameron, E. y Pauling, L. (1976): "Supplemental Ascorbate in the Supportive Treatment of Cancer: Prolongation of Survival Times in Terminal Human Cancer", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 73 (10), 3685-3689.
- Cansino, J.M., Cardenete, M. A. y Roman, R. (2007): "Regional evaluation of a tax on retailer sales of some fuels through social accounting matrix", *Applied Economics Letters*, 14 (12), 877-880.
- Cansino, J.M. y Román, R. (2007): "Evaluación de políticas públicas sobre poblaciones heterogéneas ¿pueden los órganos de control externo contribuir a su avance?", *Revista Española de Control Externo*, 9 (25), 107-129.
- Cansino, J. M. y Sánchez, A. (2008): "Average effect of training programs on the time needed to find a job. The case of the training programs schools in the south of Spain (Seville, 1997-1999)", *Documentos de Trabajo de Funcas*, (versión disponible en [www.funcas.es](http://www.funcas.es)).
- Cansino, J. M., (2006): "Propuestas para la Evaluación de Programas Públicos de Formación. Una revisión crítica", *La Calidad del Gobierno: Evaluación Económica de las Políticas Públicas*, Delta, Madrid, España, 117-155.
- Cansino, J. M. y Sánchez, A. (2009): "Evaluación del programa de Escuelas Taller y Casas de Oficios a partir de su efecto sobre el tiempo de búsqueda del primer empleo. El caso de Sevilla", *Estudios de Economía Aplicada*, 29 (1), 273-296.
- Cansino, J. M. y Sánchez, A. (2010): "Evaluación del impacto de un programa de formación sobre el tiempo de búsqueda de un empleo", *Investigaciones Regionales*, 1-28.
- Cansino, J. M. y Sánchez, A. (2011). Effectiveness of public training programs reducing the time needed to find a job. *Estudios de Economía Aplicada*. forthcoming.
- Cansino, J.M., Sánchez, A. y Larrad, I. (2010): "Aplicación de la inferencia causal estadística en la evaluación del Impuesto de Emisiones de Gases a la Atmósfera de la región de Andalucía. Una aproximación", *International Meeting on Regional Science, XXXVI Reunión de Estudios Regionales, Badajoz-Elvas*, 1-23.
- Card, D. (1990): "The Impact of the Mariel Boatlift on the Miami Labor Market", *Industrial and Labor Relations Review*, 43 (2), 245-257.
- Card, D. y Krueger, A. B. (1994): "Minimum wages and employment: A case study of the fast food industry", *American Economic Review*, 84 (4), 772-793.
- Card, D. y Krueger, A. (2000): "Minimum Wages An Employment: A Case Study of the Fast-Food Industry in New Jersey and Pennsylvania: Reply", *American Economic Review*, 90 (5), 1397-1420.
- Card, D. y Sullivan, D. (1988): "Measuring the Effects of Subsidized Training Programs on Movements In and Out of Employment", *Econometrica*, 56 (3), 497-530.
- Coase, R. H. (1960): "The problem of social cost", *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44.
- Cochran, W. G. (1968): "The Effectiveness of Adjustment by Subclassification in Removing Bias in Observational Studies", *Biometrics*, 24 (2), 295-313.
- Cueto, B. y Mato, F.J. (2006): "An analysis of self-employment subsidies with duration models", *Applied Economics*, 38 (2006), 23-32.
- Cueto, B. y Mato, F.J. (2009): "A Nonexperimental Evaluation Of Training Programmes: Regional Evidence For Spain.", *Annals Of Regional Science*, 43 (2), 415-433.
- Dales, J.H. (1968): *Pollution, Property and Prices*, University of Toronto Press, Toronto.
- Dehejia, R. H. y Wahba, S. (1999): "Causal Effects in Non-Experimental Studies: Reevaluating the Evaluation of Training Programs", *Journal of the American Statistical Association*, 94 (448), 1053-1062.
- Gago, A. y Labandeira, X. (1997): "La Imposición Ambiental: Fundamentos, Tipología Comparada y Experiencias en la OCDE y España", *Hacienda Pública Española*, 141-142, 193-219.
- Gago, A. y Labandeira, X. (1998): "La economía política de los impuestos ambientales", *Ekonomiaz*, 40, 208-221.
- Heckman, J. J. (1979): "Sample Selection Bias as a Specification Error", *Econometrica*, 47 (1), 153-162.
- Heckman, J. J. y Hotz, V. J. (1989): "Choosing Among Alternative Nonexperimental Methods for Estimating the Impact of Social Programs: The Case of Manpower Training", *Journal of the American Statistical Association*, 84 (408), 862-874.

- Heckman, J. J., Ichimura, H., Smith, J. y Todd, P. E. (1998): "Characterizing Selection Bias Using Experimental Data", *Econometrica*, 66 (5), 1017-1098.
- Heckman, J. J., Ichimura, H., y Todd, P. E. (1997): "Matching As an Econometric Evaluation Estimator: Evidence from Evaluating a Job Trainer Programme", *Review of Economics Studies*, 64, 605-654.
- Heckman, J. J., Ichimura, H., y Todd, P. E. (1998): "Matching As an Econometric Evaluation Estimator", *Review of Economics Studies*, 65, 261-294.
- Heckman, J. J. y Robb, R. (1985): *Alternative Methods for Evaluating the Impact of Interventions*, en J. Heckman y B. Singer (eds.), *Longitudinal Analysis of Labour Market*: 156-245, Cambridge University, New York.
- Heckman, J. J. y E. Vytlacil (2005): "Structural Equations, Treatment Effects, and Econometric Policy Evaluation", *Econometrica*, 73 (3), 669-738.
- Holland, P. W. (1986): "Statistics and Causal Inference", *Journal of the American Statistical Association*, 81 (396), 945-970.
- IPCC, 2007 a. "Climate Change 2007: The Physical Science Basis", [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller (eds.)], *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lechner, M. (1999): "Earnings and Employment Effects of Continuous Off-the-Job Training in East Germany after Unification", *Journal of Business and Economic Statistics*, 17 (1), 74-90.
- Manski, C. F. (2001): "Designing programs for heterogeneous populations: The value of covariate information", *American Economic Review*, 91 (2), 103-106.
- Manski, C. y Garfinkel, I. (1992): *Evaluating Welfare and Training Programs*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Marshall, A. (1890): *Principles of Economics*, 1, McMillan, London.
- Mato, F.J. y Cueto, B. (2008): "Efectos de las políticas de formación a desempleados", *Revista de Economía Aplicada*, 46, 61-84.
- McGartland, M. y Oates, W. (1985a): "Marketable Permits for the Prevention of Environmental Deterioration", *Journal of Environmental Economics and Management*, 12 (3), 207-228.
- McGartland, M. y Oates, W. (1985b): "Marketable pollution permits and acid rain externalities: A comment and some further evidence", *Canadian Journal of Economics*, 18 (3), 668-75.
- Meade, J. (1952): "External Economies and Diseconomies in a Competitive Situation", *Economic Journal*, 62 (245), 54-67.
- Montgomery, W.E. (1972): "Markets in licenses and efficient pollution control programs", *Journal of Economic Theory*, 5(3), 395-418.
- Park, N., Power, W., Riddell, C. y Wong, G. (1996): "An assessment of the Impact of Government-Sponsored Training", *Canadian Journal of Economics*, 29 (Special Issue: Part I), p.S93-S98.
- OECD (2006): "The Political Economy of Environmentally Related Taxes", OECD.
- Pigou, A.C. (1932): *The Economics of Welfare*, 4ª edición, McMillan, London.
- Rosenbaum, P. R. (1995): "Observational Studies", Springer Verlag, Nueva York.
- Rosenbaum, P. R. (1999): "Choice As an Alternative to Control in Observational Studies", *Statistical Science*, 14 (3), 259-304.
- Rosenbaum, P. R. y D. B. Rubin (1983): "The Central Role of the Propensity Score in Observational Studies for Causal Effects", *Biometrika*, 70, 41-55.
- Sánchez, A. (2006): "La evaluación aplicada de programas públicos de formación. La utilización de métodos observacionales: el estimador de diferencias en diferencias.", *La Calidad del Gobierno: Evaluación Económica de las Políticas Públicas*, Delta, Madrid, España, 339-367.
- Scitovsky, T. (1954): "Two concepts of external economies", *Journal of Political Economy*, 62 (2), 143-51.
- Viladrich, M. (2004): "Las principales aportaciones a la teoría de la regulación ambiental. Los últimos cuarenta años", *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 4(8), 41-62.