

XIII ENCUENTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA

Almería, 2 y 3 de Febrero de 2006

La eficiencia de las políticas para promover la regeneración de aceites usados

Arner Güerre, Asunción
Barberán Ortí, Ramón
Mur Lacambra, Jesús

Universidad de Zaragoza

RESUMEN

Los aceites usados constituyen un residuo peligroso que tiene un elevado valor económico. Sus destinos principales son la regeneración –proceso por el que se obtienen aceites base a partir de aceites usados para la producción de lubricantes- y su utilización como combustible. Según la legislación medioambiental, la regeneración constituye la opción preferente de reutilización de este residuo, no obstante, su desarrollo se enfrenta a serias dificultades derivadas de la competencia que en la adquisición de aceites usados ejerce la combustión y la competencia que en la venta de los aceites regenerados ejercen los aceites de primer refino. Por ello, las políticas públicas dirigidas a promover la regeneración han sido frecuentemente utilizadas en España y en los países de nuestro entorno.

El objetivo del trabajo es determinar la política más eficiente, o de menor coste, así como la consistencia con el principio de responsabilidad del productor, de las políticas habitualmente propuestas para incrementar la regeneración de aceites usados: una subvención a la producción de aceites regenerados; un impuesto sobre los aceites lubricantes de primer refino y un estándar de material reciclado. El análisis se basa en el desarrollo de un modelo de equilibrio parcial del mercado de aceites lubricantes y la posterior valoración de la incidencia de estas políticas sobre el precio y su coste privado marginal.

Palabras clave

aceites usados, residuos, regeneración, reciclaje, mercado de lubricantes, políticas públicas, eficiencia, responsabilidad del productor.

Clasificación JEL

H21, H23, Q38

1. INTRODUCCIÓN

Los aceites usados constituyen un residuo peligroso cuyo vertido o gestión inadecuada conlleva graves daños medioambientales. A su vez, tienen un elevado valor económico en cuanto conservan gran parte de los hidrocarburos que contenían inicialmente. Esta característica determina que para este residuo se cumpla el “principio de aprovechamiento” y se desarrolle un importante mercado. Asimismo, debido que constituye un residuo que origina graves problemas de eliminación y es generado por un producto específico, tiene particular relevancia en su gestión el principio de responsabilidad del productor¹.

Los destinos principales de los aceites usados son la regeneración –proceso por el que se obtienen aceites base para la producción de lubricantes²- y la utilización como combustible. La legislación medioambiental establece que la regeneración constituye la opción preferente de reutilización de este residuo. No obstante, en la mayoría de países los aceites usados se destinan principalmente a combustión. En España, en la actualidad, se destina a regeneración en torno al 30% de los aceites usados recogidos mientras que el 70% se destina a combustión (véase cuadro 1)³.

El desarrollo de la regeneración se ve afectado por la competencia que en la adquisición de aceites usados -como materia prima del proceso- ejerce la combustión y por ciertas dificultades de comercialización. En relación con este último aspecto, aun cuando las principales certificaciones de aceites lubricantes avalan las adecuadas características de los aceites regenerados, tradicionalmente ha existido un descuento en el precio de los aceites regenerados sobre el precio de los aceites de primer refino⁴.

¹ Este principio constituye uno de los criterios orientadores de la política de gestión de residuos en la Unión Europea e implica la responsabilidad de los productores en la gestión de los residuos generados por el consumo de sus productos. Asimismo, incentiva a que los productores introduzcan cambios en el diseño de los mismos para facilitar su reciclado y la utilización de materiales secundarios en lugar de recursos naturales.

² Los aceites lubricantes se obtienen mediante la mezcla de aditivos con los *aceites base* procedentes del refino de petróleo o de la regeneración de aceites usados.

³ La combustión se autoriza por la Orden de 28 de febrero de 1989, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, por la que se regula la gestión de aceites usados y tiene una fuerte incidencia a partir de 1992. Con carácter excepcional, en Cataluña se establece la obligación de que todos aceites usados se destinen a regeneración (Ley 6/1993, de 15 de julio, de la Generalitat de Cataluña, reguladora de residuos).

⁴ Este descuento ha oscilado, generalmente, entre un 10 y un 20% del precio de los aceites de primer refino.

Cuadro 1. Evolución de la cantidad de aceites usados generados y recogidos y de sus principales destinos* (Toneladas)

AÑO	Aceites usados generados	Aceites usados recogidos		Aceites usados destinados a regeneración		Aceites usados destinados a combustión	
		Total	%	Total	%	Total	%
		s/gener.		s/recog.		s/recog.	
1997	198.660	134.646	67'8	28.276	21'0	103.677	77'0
1998	227.128	155.637	68'5	30.951	19'9	121.723	78'2
1999	232.628	161.533	69'4	24.348	15'1	134.301	83'1
2000	231.396	182.386	78'8	30.490	16'7	148.922	81'6
2001	223.652	183.326	82'0	46.661	25'4	133.302	72'7
2002	224.480	210.768	93'9	61.835	29'3	146.621	69'6

*Los aceites destinados a regeneración y combustión no coinciden con el total de aceites recogidos porque existe una pequeña cantidad destinada al reciclaje en productos asfálticos.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ministerio de Medio Ambiente (2004).

Los problemas de viabilidad financiera del sector han motivado la intervención pública para promover la regeneración. En general, se distingue entre las intervenciones que tienen por objeto incrementar la demanda de aceites regenerados y las que actúan sobre la oferta. Entre las primeras se encuentran las campañas de información y sensibilización de la demanda, la utilización de las Administraciones Públicas de este producto o el establecimiento de un contenido mínimo de aceites regenerados en la producción de lubricantes (estándar de material reciclado). Entre las segundas, las subvenciones a la producción de aceites regenerados, los impuestos sobre los aceites lubricantes de primer refino o las medidas que, como la eliminación de los incentivos fiscales a la utilización de aceites usados como combustible o una regulación más estricta de esta actividad, inciden en que los aceites usados se destinen preferentemente a regeneración.

En España, inicialmente la regeneración se desarrolló bajo la regulación del Monopolio de Petróleos⁵. Desde la liberalización del mercado de lubricantes a partir de 1986, tras establecerse en 1987 y 1988 un tipo impositivo en el Impuesto sobre Hidrocarburos inferior para los aceites regenerados que para los de primer refino⁶, la regeneración ha contado con subvenciones del Ministerio de Medio Ambiente dirigidas a cubrir los déficit de explotación de la actividad de recogida y regeneración de aceites

⁵ Dicha regulación consistió en la aplicación del régimen de precios de adquisición de productos por CAMPSA a los aceites regenerados y en la fijación de su precio de venta.

⁶ El tipo impositivo se estableció en 38 y 10 pts/Kg, respectivamente, para los aceites de primer refino y regenerados.

usados⁷. Las regulaciones más recientes que están condicionando la dinámica del sector son la Directiva 2000/76/CE sobre incineración de residuos que impone una regulación más estricta a la combustión de aceites usados y la supresión, desde 1999, de cualquier ayuda complementaria al tratamiento de los aceites usados destinados a valorización energética (la subvención se contempla por las operaciones de recogida y descontaminación de los mismos)⁸.

En propuestas legislativas de los últimos años, como alternativa a las subvenciones con cargo a los Presupuestos Generales, se ha contemplado la introducción de un impuesto sobre los aceites lubricantes, en torno a 42 euros/Tn, conjuntamente con la obligación de que todos los aceites lubricantes contengan un 15% de aceites base regenerados. En propuestas posteriores, esta obligación se refiere únicamente a los aceites industriales y el impuesto se sustituye por la contribución de los fabricantes a un sistema integrado de gestión. Esta amplia utilización de instrumentos económicos en la gestión de aceites usados confiere un particular interés al análisis de su eficiencia relativa.

El objetivo principal de este trabajo es la determinación de la política más eficiente, o política de menor coste, para incrementar la regeneración de aceites usados. En concreto, evaluamos las siguientes políticas: una subvención a la producción de aceites regenerados, un impuesto sobre los aceites lubricantes de primer refinado y un estándar de material reciclado en la producción de aceites lubricantes (EMR). Adicionalmente, se pretende evaluar la consistencia de estas políticas con el principio de responsabilidad del productor.

La exposición se estructura en cuatro apartados, además de esta introducción. En primer lugar, se hace una breve revisión de la literatura económica sobre la eficiencia de las políticas para promover el reciclaje. A continuación, se presenta el análisis de la eficiencia de las políticas para promover la regeneración de aceites usados. Seguidamente, se aplica este análisis al mercado español de aceites lubricantes en 2002. Por último, se exponen las principales conclusiones.

⁷ Desde su inicio en 1988, únicamente en 1993 no se concedieron subvenciones.

⁸ En este mismo sentido incidirá la próxima eliminación, en 2007, de la exención en el Impuesto sobre Hidrocarburos de los aceites usados utilizados como combustible [Olázabal (2002)].

2. LA EFICIENCIA DE LAS POLÍTICAS PARA PROMOVER EL RECICLAJE

Desde un punto de vista económico, la generación de residuos se conceptualiza como una externalidad negativa derivada de las actividades de producción y consumo. Los sistemas de pago por cantidad de residuos generados permiten internalizar dichos costes y reducir la cantidad de residuos al nivel deseado. No obstante, esta política genera un claro incentivo al vertido y la incineración ilegales (Jenkins, 1993). Alternativamente, para reducir la cantidad de residuos a eliminar, en el análisis económico se contemplan las políticas que incentivan el reciclaje tales como los sistemas de depósito-reembolso, los impuestos sobre las materias primas naturales, las subvenciones al reciclaje o los estándares de material reciclado.

En la actualidad, un *sistema de depósito-reembolso* se entiende, habitualmente, como la combinación de un impuesto sobre el producto y una subvención al reciclaje⁹. Diversos autores (Dinan, 1993; Fullerton y Kinnaman, 1995; Sigman, 1995; Palmer y Walls, 1997 y 1999) señalan que los sistemas de depósito-reembolso constituyen la política más eficiente para reducir la cantidad de residuos a eliminar porque reúnen los dos efectos que caracterizan a un impuesto pigouviano: la reducción del producto y la sustitución de *inputs* naturales por reciclados. Aplicados por separado, los impuestos sobre los productos influyen únicamente sobre la reducción en origen y las subvenciones al reciclaje, sobre el incremento del reciclaje, desaprovechando la posibilidad de reducir la cantidad de residuos a eliminar mediante la combinación de ambos procesos (Palmer, Sigman y Walls, 1997)¹⁰.

Los costes administrativos de un sistema de depósito-reembolso pueden ser elevados, aunque su aplicación sobre los productores -en lugar de sobre los consumidores- puede disminuir tales costes debido a que el total de agentes y productos

⁹ Fullerton y Wolverton (2000) generalizan el sistema de depósito-reembolso y lo asimilan a un impuesto sobre el producto y una subvención a una actividad limpia (control de emisiones, reciclaje o eliminación en vertedero controlado).

¹⁰ Los actuales sistemas integrados de gestión por los que el productor se responsabiliza de los residuos generados por sus productos -como los sistemas de gestión de envases- cobran una tasa por la recogida y separación de los productos de las empresas. Esta tasa se asemeja a un impuesto sobre el producto y, por tanto, no constituye una política eficiente porque no incentiva el reciclaje. Cuando, además, se exigen determinados ratios de reciclaje mejora en sus efectos, pero aun así es menos eficiente que un sistema de depósito-reembolso.

afectados se reduce (Palmer, Sigman y Walls, 1997). La discusión sobre la fase en que debe gravarse la generación de residuos, en la producción *–upstream–* o en la eliminación *–downstream–*, se intensifica con la utilización de los análisis de ciclo de vida. Al respecto, Walls y Palmer (1999) demuestran que, aun teniendo en cuenta todas las externalidades ocasionadas en el ciclo de vida del producto, el sistema de depósito-reembolso es la política más eficiente para reducir la cantidad de residuos generados.

El sistema de depósito-reembolso, a su vez, es consistente con el principio de responsabilidad del productor y de responsabilidad sobre el producto¹¹, ya que el impuesto responsabiliza a los productores de parte de los costes de eliminación e incentiva la reducción de residuos y del peso de los productos -si se establece sobre los productos intermedios- y la subvención al reciclaje incentiva la utilización de materiales reciclados (Palmer y Walls, 1999).

Por último, sobre esta política se señala que puede incentivar el diseño óptimo de los productos, en particular, que el producto sea reciclable en mayor o menor medida. El diseño de los productos adquiere en la actualidad gran relevancia en la gestión de residuos y ha pasado a considerarse como un factor adicional en el análisis económico contemporáneo¹². Calcott y Walls (2002) señalan que, en ausencia de un funcionamiento eficiente del mercado, un sistema de depósito-reembolso –un impuesto sobre todos los productos y una subvención al reciclaje- junto con un impuesto a la eliminación final puede incentivar un diseño óptimo adecuado para favorecer el reciclaje de los productos¹³.

Los *impuestos sobre las materias primas naturales* reducen la cantidad de producto final consumido y, consiguientemente, la utilización de materias primas, pero también el reciclaje debido a la reducción del producto. Palmer y Walls (1994) indican que, en consecuencia, la solución óptima hace necesario subvencionar el producto final. Si se consideran otros *inputs* de producción –como trabajo, capital o energía- exige

¹¹ El principio de responsabilidad sobre el producto supone que todos los implicados a lo largo del ciclo de vida del producto comparten la responsabilidad de los impactos medioambientales generados. Este principio inspira el concepto de Política Integrada de Producto definida en la Unión Europea.

¹² A estos efectos, la facilidad con que puede ser reciclado un producto se define como: una característica del mismo (Fullerton y Wu, 1998), como el coste que supone para la empresa dicho aspecto (Calcott y Walls, 2000) o como el contenido de un cierto material en el producto (Eichner y Pethig, 2001).

¹³ Dicho impuesto sería inferior al impuesto pigouviano que corregiría la externalidad en el vertido e incentivaría la reducción de residuos por parte de las familias sin generar graves problemas de eliminación ilegal. Un diseño óptimo más avanzado sólo podría obtenerse a través del funcionamiento del mercado.

gravar estos *inputs* y, por tanto, conocer los parámetros de la función de producción lo que plantea un problema de información. En Miedema (1983) y en Sigman (1995) -en el contexto del reciclaje de plomo de las baterías de automóviles- los impuestos sobre las materias primas naturales constituyen una política eficiente porque estos modelos consideran el caso particular en que la productividad marginal de los *inputs* naturales y reciclados es igual a la unidad y, por tanto, el impuesto es igual al coste social marginal de las operaciones de eliminación (Palmer y Walls, 1994).

Las *subvenciones al reciclaje* ejercen el efecto contrario: incentivan el reciclaje, pero también el consumo del producto e incrementan la cantidad de residuos producidos (Miedema, 1983; Palmer y Walls, 1994; Sigman, 1995; Palmer, Sigman y Walls, 1997). La reducción de la cantidad de residuos exige un impuesto sobre el producto y da lugar de nuevo a un sistema de depósito-reembolso.

Los *estándares de material reciclado* (EMR) –u obligatoriedad de que los productos contengan un porcentaje de *inputs* reciclados en su composición- presentan problemas similares a los impuestos sobre las materias primas naturales (Palmer y Walls, 1997). El EMR incrementa el uso de materiales reciclados, pero -si la productividad marginal de éstos es relativamente elevada- también incrementa la cantidad de producto y los residuos por lo que debe gravarse la producción y los otros *inputs* de producción; en el caso contrario, debe subvencionarse la producción.

El EMR puede establecerse de forma individualizada para cada empresa o de forma conjunta para toda la industria mediante un sistema de permisos negociables que le confiere mayor flexibilidad y reduce su coste de aplicación (Palmer et al., 1995). La eficiencia de esta política dependerá en todo caso del diseño del sistema de permisos¹⁴. No obstante, aun estableciendo un sistema de permisos negociables, el EMR incide sobre el reciclaje, pero no sobre la prevención en la generación de residuos y debe gravarse el producto (Walls, 2003).

¹⁴ En Sigman (1995) si el sistema de permisos se estableciese fijando un permiso por unidad de plomo utilizado, en lugar de depender de la cantidad de plomo reciclado, el coste del estándar de material reciclado no sería mayor que el de un impuesto sobre el plomo.

3. LA EFICIENCIA DE LAS POLÍTICAS PARA PROMOVER LA REGENERACIÓN DE ACEITES USADOS

En esta sección presentamos, en primer lugar, un modelo de equilibrio parcial del mercado de aceites lubricantes en el que se considera que el precio de los aceites de primer refino y regenerados es el mismo. A continuación, se analiza la incidencia sobre el precio y el coste privado marginal de tres instrumentos distintos: una subvención a la producción de aceites regenerados, un impuesto sobre los aceites lubricantes de primer refino y un estándar de material reciclado. Por último, se comparan estos resultados al objeto de determinar la política más eficiente y se valora la consistencia de estas políticas con el principio de responsabilidad del productor.

3.1. Un modelo de equilibrio parcial para el mercado de aceites lubricantes

En el mercado de aceites lubricantes, la función de oferta de aceites base $S(P)$ se compone de la suma de las funciones de oferta de aceites base de primer refino $S_P(P)$ y de aceites base regenerados $S_R(P)$ ¹⁵.

$$S_P(P) + S_R(P) = S(P) \quad (1)$$

Donde P es el precio de los aceites base.

La función de demanda del mercado $D(P)$ está constituida, a su vez, por la suma de las funciones de demanda de aceites base de primer refino $D_P(P)$ y de aceites base regenerados $D_R(P)$.

$$D_P(P) + D_R(P) = D(P) \quad (2)$$

El equilibrio del mercado se obtiene según:

$$S(P) = D(P) \quad (3)$$

El precio de equilibrio de los aceites base determina el precio de los aceites lubricantes. La cantidad producida y consumida de aceites base (CAB), a su vez, la producción y el consumo de lubricantes, de forma que la suma al consumo de aceites base (CAB) del porcentaje α de aditivos incorporados a los aceites base para la

¹⁵ En el mercado de aceites lubricantes, dado que los aceites base constituyen el componente fundamental de los lubricantes, el equilibrio se determina en relación con la función de oferta y demanda de aceites base. La oferta se corresponde con la actividad de producción de aceites base y la demanda, con la que realiza el sector de fabricación de aceites lubricantes.

fabricación de lubricantes -que se sitúa en términos medios en torno al 20%- permite obtener el consumo de lubricantes (CL)¹⁶:

$$CL = (1 + \alpha) CAB \quad (4)$$

A partir del consumo de lubricantes (CL), se obtienen los aceites usados (AUG) según un porcentaje β , estimado en torno al 50%.

$$AUG = \beta CL = \beta (1 + \alpha) CAB \quad (5)$$

Los aceites usados generados (AUG) se destinan a regeneración, aceites usados destinados a regeneración (AUR), en una proporción variable γ . Si se considera un período de tiempo en el que puede identificarse el consumo de lubricantes (CL) y la generación de aceites usados (AUG):

$$AUR = \gamma AUG = \gamma \beta CL = \gamma \beta (1 + \alpha) CAB \quad (6)$$

Esto es, si la capacidad de gestión de aceites usados en usos distintos está establecida:

$$AUR = S_{AUR}(P) \quad (7)$$

Donde $S_{AUR}(P)$ es la función de oferta de aceites usados destinados a regeneración.

Debido que los aceites base regenerados (ABR) se obtienen a partir de los aceites usados destinados a regeneración (AUR) en un porcentaje δ que varía entre un 60 y un 95%, dependiendo de la tecnología utilizada¹⁷:

$$ABR = \delta S_{AUR}(P) \quad (8)$$

En consecuencia, en el equilibrio se cumple:

$$S_P(P) + \delta S_{AUR}(P) = D_P(P) + D_R(P) \quad (9)$$

¹⁶ La participación de los aditivos en la composición de los lubricantes ha evolucionado con la complejidad de los mismos y depende de su aplicación práctica.

¹⁷ La pérdida del proceso se produce como resultado de la eliminación de los contaminantes, productos de la oxidación y aditivos de los aceites usados. En España, según las tecnologías utilizadas, oscila entre un 60 y un 75%.

Las cantidades producidas y demandadas de aceites base de primer refino coincidirán y la condición de equilibrio del mercado de aceites base viene dada por:

$$\delta S_{AUR}(P) = D_R(P) \quad (10)$$

La ecuación (10) permite analizar, por tanto, la incidencia sobre el precio de las políticas consideradas para promover la regeneración de aceites usados. El análisis se realiza sobre la base de la relación de las elasticidades de oferta y demanda que se obtiene a partir de la ecuación (10) (véase apéndice):

$$E_{AUR}dP_S = E_DdP_D \quad (11)$$

Donde E_{AUR} es la elasticidad precio de la función de oferta de aceites usados destinados a regeneración y E_D la elasticidad precio de la función de demanda de aceites base regenerados. P_S es el precio de oferta y P_D el precio del mercado.

La determinación de la incidencia marginal sobre el precio de las distintas políticas permite obtener su coste privado marginal (CPM) y la comparación de dicho coste su eficiencia relativa. Por último, la valoración del agente en quien recae el coste permite establecer la consistencia de dichas políticas con el principio de responsabilidad del productor.

3.2. Análisis de una subvención a la producción de aceites regenerados

Si se considera una subvención s por unidad de aceite base –en adelante, aceite-regenerado producido, P_S difiere de P_D en la cuantía de la subvención (véase apéndice):

$$P_D = P_S(1-s) \quad (12)$$

Según la ecuación (11) se cumplirá:

$$E_{AUR}dP_S = E_D(dP_S - ds) \quad (13)$$

Por tanto, la incidencia marginal de una subvención sobre P_S , dP_S/ds , será:

$$\frac{dP_S}{ds} = \frac{E_D}{E_D - E_{AUR}} \quad (14)$$

Considerando que es negativo el signo de E_D y positivo el de E_{AUR} , la subvención implica un aumento de P_S y, por tanto, de la oferta de aceites regenerados.

La incidencia marginal de la subvención sobre P_D , dP_D/ds , viene dada por:

$$\frac{dP_D}{ds} = \frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} \quad (15)$$

El precio que perciben los productores de primer refino y que pagan los consumidores disminuye. Los productores de primer refino soportan el coste de esta política y el coste privado marginal es:

$$CPM_S = -\frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} P_{SS} \quad (16)$$

Si se establece un impuesto sobre los lubricantes para financiar la subvención, los consumidores soportan el coste (véase la incidencia de un impuesto sobre los lubricantes en el apéndice).

3.3. Análisis de un impuesto sobre los aceites lubricantes de primer refino

Si un impuesto t por unidad de aceite lubricante (véase apéndice) grava únicamente por los aceites de primer refino, equivale a una subvención de igual cuantía por unidad de aceite regenerado producido y, por tanto, la incidencia marginal sobre P_S es:

$$\frac{dP_S}{dt} = \frac{E_D}{E_D - E_{AUR}} \quad (17)$$

El impuesto sobre los aceites de primer refino implica un aumento de P_S y de la oferta de aceites regenerados. A su vez, la incidencia marginal sobre P_D viene dada por:

$$\frac{dP_D}{dt} = \frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} \quad (18)$$

P_D disminuye y los productores de primer refino soportan el coste de esta política. El coste privado marginal se obtiene según:

$$CPM_t = -\frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} P_{St} \quad (19)$$

3.4. Análisis de un estándar de material reciclado (EMR)

Un estándar de material reciclado, esto es, la obligación de que en la fabricación de un producto se utilice un porcentaje fijo de material reciclado, en la producción de lubricantes exige que los aceites producidos contengan un porcentaje r de aceites regenerados, de forma que se cumple:

$$EMR = r (PR+R) \quad (20)$$

Donde EMR es el estándar de material reciclado; PR la cantidad de aceites de primer refino producidos y R la cantidad de aceites regenerados producidos.

El EMR puede aplicarse de forma individualizada para cada empresa o de forma conjunta para toda la industria mediante un sistema de permisos negociables. Este sistema supone el intercambio de permisos entre aquellas empresas que utilizan *inputs* reciclados en exceso en relación con el estándar y las que no lo cumplen. Estas últimas pueden hacer frente a la obligación impuesta por el estándar mediante la adquisición de permisos. Al respecto, Dinan (1992) señala que el sistema de permisos permite obtener un estándar al mínimo coste si el mercado de permisos es competitivo¹⁸.

Considerando un porcentaje r^* de aceites regenerados en la producción de aceites lubricantes, que debe cumplir conjuntamente toda la industria, cada unidad de aceite regenerado producido dará lugar a $[(1/r^*)-1]$ permisos negociables que los fabricantes de aceites regenerados pueden vender a los productores de aceites de primer refino.

Si π es el precio del permiso por unidad de aceite de primer refino producido, $[(1/r^*)-1]\pi$ constituye una subvención por unidad de aceite regenerado producido para los fabricantes de aceites regenerados. A su vez, el precio del permiso constituye, para los productores de primer refino, un impuesto por unidad de aceite de primer refino producido de cuantía igual a π y, por tanto, para los de regenerados constituye una subvención por unidad de aceite regenerado producido.

¹⁸ Dinan (1992), pág. 72.

La incidencia marginal del precio del permiso sobre P_s , $dP_s/d\pi$, será la correspondiente a la subvención de cuantía π/r^* . De acuerdo con el resultado de la ecuación (14):

$$\frac{dP_s}{d\pi} = \frac{\frac{1}{r^*} E_D}{E_D - E_{AUR}} \quad (21)$$

Siendo negativo el signo de E_D y positivo el de E_{AUR} , el precio del permiso π implica un aumento de P_s y de la oferta de aceites regenerados.

El funcionamiento del EMR requiere que se cumpla una segunda condición de equilibrio relativa al mercado de permisos. En este último mercado, la función de oferta de permisos $S_{PN}(\pi)$ viene dada por el cociente entre la cantidad de aceites regenerados producida al precio π y r^* :

$$S_{PN}(\pi) = \frac{1}{r^*} \delta S_{AUR} \left[P_s \left(1 + \frac{dP_s}{d\pi} \pi \right) \right] \quad (22)$$

La cantidad demandada de permisos, DPN, se corresponde con los aceites base producidos. Por tanto, según la ecuación (20):

$$DPN = \frac{EMR}{r^*} \quad (23)$$

En consecuencia, se cumple:

$$\frac{1}{r^*} \delta S_{AUR} \left[P_s \left(1 + \frac{dP_s}{d\pi} \pi \right) \right] = \frac{EMR}{r^*} \quad (24)$$

Si se asume que S_{AUR} es una función lineal del precio, a partir de la ecuación anterior puede obtenerse que $dr^* = d\pi$ (véase apéndice) y la incidencia marginal de r^* sobre P_s , dP_s/dr^* , viene dada por:

$$\frac{dP_s}{dr^*} = \frac{\frac{1}{r^*} E_D}{E_D - E_{AUR}} \quad (25)$$

Donde r^* es la proporción inicial de aceites regenerados en el total de aceites.

La incidencia marginal del precio del permiso sobre P_D es:

$$\frac{dP_D}{d\pi} = \frac{\frac{1}{r^*} E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} \quad (26)$$

El sistema de permisos implica una disminución de P_D y los productores de primer refino soportan el coste de esta política. El coste privado marginal se obtiene según:

$$CPM\pi = -\frac{\frac{1}{r^*} E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} P_S\pi \quad (27)$$

3.5. Comparación de las políticas

La comparación del coste privado marginal (CPM) de las distintas políticas constituye el criterio con el que se determina la política más eficiente. En última instancia, el coste privado debería valorarse junto con el beneficio social de incrementar la regeneración de aceites usados, derivados de los daños medioambientales evitados - relativos al vertido de aceites usados- y del ahorro de petróleo y energía. Por otra parte, la determinación del agente que soporta el coste de estas políticas permite establecer su consistencia con el principio de responsabilidad del productor. El cuadro 2 resume estos resultados.

Cuadro 2. Análisis de las políticas para promover la regeneración

Política	Subvención a la producción de aceites regenerados	Impuesto sobre los aceites de primer refino	EMR (Sistema de Permisos)
Incidencia marginal sobre P_S	$\frac{E_D}{E_D - E_{AUR}}$	$\frac{E_D}{E_D - E_{AUR}}$	$\frac{\frac{1}{r^*} E_D}{E_D - E_{AUR}}$
Incidencia marginal sobre P_D	$\frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}}$	$\frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}}$	$\frac{\frac{1}{r^*} E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}}$
P_D	Disminuye	Disminuye	Disminuye
Agente en quien recae el coste	Productores de primer refino	Productores de primer refino	Productores de primer refino
CPM	$-\frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} P_{SS}$	$-\frac{E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} P_{St}$	$-\frac{\frac{1}{r^*} E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} P_{S\pi}$

El nivel de intervención correspondiente al EMR, para un incremento dado en la cantidad de aceites regenerados, será inferior al de una subvención, y un impuesto sobre los aceites de primer refino, porque su incidencia marginal sobre P_s es mayor debido al impuesto por unidad de aceite de primer refino que supone el precio del permiso. Su coste privado marginal también es inferior.

El EMR, en consecuencia, es la política más eficiente al objeto de incrementar la regeneración de aceites usados. Además, el coste del sistema de permisos recae sobre los productores de primer refino y resulta, por tanto, consistente con el principio de responsabilidad del productor.

Este resultado contrasta con la literatura económica en relación con la eficiencia de los sistemas de depósito-reembolso para reducir la cantidad de residuos. En este mercado, dado que los lubricantes constituyen un producto de difícil sustitución y el valor económico de los aceites usados es elevado, la reducción del residuo se plantea, principalmente, en relación con su reutilización, y el incentivo a la reducción del producto que incorpora un sistema de depósito-reembolso no resulta de aplicación. Asimismo, a diferencia de lo señalado en Walls (2003), el EMR es eficiente aun en ausencia de un impuesto adicional.

Por último, el distinto diseño del sistema de permisos negociables en este trabajo, en que el número de permisos es función de la cantidad total de aceites producidos, y en el de Sigman (1995) para el mercado de plomo, en que el número de permisos depende de la cantidad de plomo reciclado, justifica que en éste último el EMR no sea eficiente¹⁹.

4. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE EFICIENCIA AL MERCADO ESPAÑOL DE ACEITES LUBRICANTES

Se aplica a continuación el análisis de la eficiencia de las políticas para promover la regeneración de aceites usados al mercado español de aceites lubricantes en 2002. El valor estimado de las elasticidades en el punto de medias muestrales ($E_D = -0,34$; Elasticidad precio de la función de oferta de aceites regenerados: $E_R = 1,33$ y Elasticidad precio de la función de oferta de aceites usados: $E_{AU} = 1,91$) es el obtenido en un trabajo empírico sobre el mercado de aceites regenerados y aceites

¹⁹ Véase nota 14.

usados en España realizado para el período de 1965-1999²⁰. El cuadro 3 muestra los resultados correspondientes a un estándar de material reciclado en la producción de aceites regenerados (EMR), una subvención a la producción de aceites regenerados y un impuesto sobre los aceites lubricantes de primer refino.

Cuadro 3. Análisis de la eficiencia de las políticas para promover la regeneración*

Aceites regenerados (Tn)	61.320	81.760	102.200	122.640
(Tasa de variación)	(50%)	(100%)	(150%)	(200%)
Estándar de Material Reciclado				
r^*	0,15	0,20	0,25	0,30
π (€/Tn)	1,26	2,53	3,80	5,06
CPMr (€)	7,13	10,73	12,90	14,31
Subvención a la producción de aceites regenerados				
s (€/Tn)	14,95	29,90	50,83	59,81
CPMs (€)	12,70	25,41	43,20	50,77
Subvención (miles €)	616,12	1.232,38	2.094,81	2.464,92
Impuesto sobre los aceites lubricantes de primer refino				
t (€/Tn)	14,95	29,90	50,83	59,81
CPMt (€)	12,70	25,41	43,20	50,77
Impuesto (miles €) (1)	5.594,75	11.189,50	19.019,98	22.380,50

* R = 41.212 Tn (de esta cantidad se destinó al mercado interior 34.612 Tn); R + PR = 408.800 Tn; r (inicial) = 0,0846.

(1) Ingresos de la recaudación.

Los resultados anteriores son los relativos al incremento en la cantidad de aceites regenerados asociado con distintos valores de r^* . Estos resultados corroboran el análisis teórico. El EMR, mediante un sistema de permisos negociables, implica un nivel de intervención menor que una subvención y un impuesto sobre los aceites de primer refino y, asimismo, su coste privado marginal es inferior. Esta diferencia aumenta con el valor de r^* .

Las subvenciones concedidas actualmente en España a los aceites usados destinados a regeneración tienen por objeto cubrir los déficit de explotación de la actividad de recogida y regeneración de aceites usados -en un contexto en que existe un

²⁰ Arner, Barberán, Mur (2002; 2003).

descuento entre el precio de los aceites de primer refino y regenerados- y, por tanto, difieren de la subvención contemplada en este trabajo.

5. CONCLUSIONES

El desarrollo de la regeneración cuenta en el contexto actual con la restricción derivada de la competencia que ejerce la combustión en la adquisición de aceites usados y de la competencia que en la venta de aceites regenerados ejercen los aceites de primer refino. Esta situación ha requerido algún tipo de intervención pública para mantener la viabilidad económica del sector.

Las intervenciones públicas de fomento de la regeneración se justifican en todo caso por los beneficios medioambientales derivados de la regeneración de aceites usados. Dichas intervenciones inciden en el desarrollo de un importante mercado de aceites lubricantes y de aceites usados, por tanto, la utilización de incentivos económicos tiene particular aplicación y el análisis de su eficiencia relativa adquiere gran significación. A su vez, la determinación del agente que soporta el coste encuentra su justificación en la aplicación del principio de responsabilidad del productor.

La determinación de la incidencia marginal sobre el precio y el coste privado marginal de las distintas políticas constituye la metodología utilizada para establecer la política de menor coste. Según los resultados obtenidos en nuestro trabajo, si el precio de los aceites regenerados y de primer refino es el mismo, un estándar de material reciclado (EMR), mediante un sistema de permisos negociables, constituye la política más eficiente al objeto de promover la regeneración de aceites usados. Además, el EMR resulta consistente con el principio de responsabilidad del productor debido a que el coste del sistema de permisos recae sobre los productores de primer refino.

Este resultado es consistente con la teoría de la economía ambiental, donde se sostiene que los sistemas de permisos negociables constituyen una política que permite obtener un nivel óptimo de contaminación (Baumol y Oates, 1988). Sin embargo, contrasta con los resultados obtenidos sobre la eficiencia de los sistemas de depósito-reembolso para reducir la cantidad de residuos a eliminar. Esta inconsistencia se justifica porque en el mercado de lubricantes no opera el efecto de reducción del producto que incorpora dicha política. Por tanto, tampoco es de aplicación junto con el EMR ningún impuesto adicional. Por último, y a diferencia también de nuestros

resultados, en Sigman (1995) el EMR no es eficiente debido al distinto diseño del sistema de permisos.

La aplicación al mercado español de aceites lubricantes confirma los resultados del modelo teórico desarrollado previamente: el EMR, mediante un sistema de permisos negociables, constituye la política más eficiente para promover la regeneración de aceites usados. El coste privado marginal de esta política es inferior al de una subvención a la producción de aceites regenerados y al de un impuesto sobre los aceites de primer refino, y la diferencia aumenta conforme lo hacen los valores del estándar.

APÉNDICE

En este apéndice se incluyen detalles adicionales sobre algunos resultados que en el texto se presentan de forma escueta como, por ejemplo, la obtención de la relación de elasticidades de la expresión (11). Para alcanzar ese resultado se puede partir de la condición de equilibrio del mercado (10):

$$\delta S_{AUR}(P) = D_R(P)$$

El diferencial total de esta condición considerando tiene lugar una intervención en el mercado es:

$$\delta \frac{\partial S_{AUR}(P_S)}{\partial P_S} dP_S = \frac{\partial D_R(P_D)}{\partial P_D} dP_D \quad (A.1)$$

Siendo P_S y P_D los precios de oferta y del mercado respectivamente. Si completamos la expresión anterior:

$$\begin{aligned} \delta \left[\frac{\partial S_{AUR}(P_S)}{\partial P_S} \frac{P_S}{S_{AUR}(P_S)} \right] \left(\frac{S_{AUR}(P_S)}{P_S} \right) dP_S &= \left[\frac{\partial D_R(P_D)}{\partial P_D} \frac{P_D}{D_R(P_D)} \right] \left(\frac{D_R(P_D)}{P_D} \right) dP_D \\ \Rightarrow E_{AUR} \left(\frac{\delta S_{AUR}(P_S)}{P_S} \right) dP_S &= E_D \left(\frac{D_R(P_D)}{P_D} \right) dP_D \end{aligned} \quad (A.2)$$

Siendo E_{AUR} y E_D las elasticidades de la función de oferta de aceites usados destinados a regeneración y de la función de demanda de aceites regenerados, respectivamente.

Si la relación de elasticidades de (A.2) la particularizamos al punto de equilibrio del mercado, las cantidades de oferta y de demanda coincidirán, $\delta S_{AUR}(P_S) = D_R(P_D)$,

así como los precios -si se considera un nivel de intervención previo nulo-, $P_S = P_D$, obteniéndose finalmente la expresión (11) del texto.

En la sección 3.2 se examina la incidencia de una subvención a la producción de aceite base regenerado por importe s , que se expresa en porcentaje respecto del precio, lo que introduce la siguiente discrepancia entre P_D y P_S :

$$P_D = P_S(1 - s) \quad (\text{A.3})$$

El diferencial total de la anterior relación es:

$$dP_D = dP_S - ds \quad (\text{A.4})$$

Para obtener los resultados de (14) y (15) basta con sustituir en (11) el diferencial del precio correspondiente, utilizando para ello (A.4), y despejar en la expresión resultante.

Por último, a partir de la incidencia marginal sobre P_D , se obtiene el CPM de esta política –disminución del precio que soportan los productores de primer refino como consecuencia de la última unidad de aceite regenerado producido- como el producto de la incidencia marginal y el nivel de intervención.

Si se interviene el mercado a través de un impuesto t por unidad de aceite lubricante, ya sea regenerado o de primer refino, que se repercute sobre el precio de venta, es necesario reajustar la relación de precios indicada en (A.3) para convertirla en:

$$P_D = P_S(1 + t) \quad (\text{A.5})$$

El diferencial total se convierte ahora en:

$$dP_D = dP_S + dt \quad (\text{A.6})$$

Al igual que antes, para obtener la incidencia de t sobre P_S y P_D se sustituye en la ecuación (11) el precio deseado y se despeja a continuación. En el primer caso:

$$E_{AUR}dP_S = E_D(dP_S + dt) \quad (\text{A.7})$$

Por tanto, la incidencia marginal sobre P_S de un impuesto sobre los aceites lubricantes, dP_S/dt , es:

$$\frac{dP_S}{dt} = \frac{E_D}{E_{AUR} - E_D} \quad (\text{A.8})$$

Dado que el signo de E_D es negativo y el de E_{AUR} positivo, el impuesto implica una disminución de P_S y de la oferta de aceites regenerados. La incidencia marginal del impuesto sobre P_D es:

$$\frac{dP_D}{dt} = \frac{E_{AUR}}{E_{AUR} - E_D} \quad (\text{A.9})$$

P_D aumenta y el coste privado marginal –aumento del precio que soportan los consumidores como consecuencia de la última unidad de aceite regenerado producido-, viene dado por el producto de la incidencia marginal sobre P_D y el nivel de intervención:

$$CPMt = \frac{E_{AUR}}{E_{AUR} - E_D} P_{St} \quad (\text{A.10})$$

Si el impuesto afecta únicamente a los aceites lubricantes de primer refino, el caso puede resolverse como si se tratase de una subvención a la producción de aceites base regenerados por importe igual al del impuesto del que se encuentran exentos.

Por último, en la sección 3.4, a partir de la ecuación (24) se obtiene que $dr^* = d\pi$, dado que se cumple:

$$\pi = \left(\frac{EMR}{\delta S_{AUR}(P_S)} - 1 \right) \frac{E_D - E_{AUR}}{E_D} r \quad (\text{A.12})$$

BIBLIOGRAFÍA

- Arner, A., Barberán, R. y J. Mur (2002), “La Regeneración de los Aceites Usados. Análisis del Mercado y de las Políticas de Fomento”, Ponencia presentada al V Congreso de Economía Aplicada, Oviedo.
- (2003), “Las políticas públicas de fomento del reciclaje: la regeneración de aceites usados”, *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 167(4): 33-55.
- Baumol, W.J. y W. Oates (1988), *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge: Cambridge University Press, 2ª ed.
- Calcott, P. y M. Walls (2000), “Can downstream waste disposal policies encourage upstream ‘design for environment’?”, *American Economic Review*, vol. 90, Iss: 2, May: 233-236.

- (2002), *Waste, Recycling and Design for Environment: Roles for Markets and Policy Instruments*, Discussion Paper, Washington, DC: Resources for the Future.
- Dinan, T. (1992), "Implementation issues for marketable permits: A case study of newsprint", *Journal of Regulatory Economics*, 4: 71-87.
- (1993), "Economic efficiency effects of alternative policies for reducing waste disposal", *Journal of Environmental Economics and Management*, 25: 242-256.
- Eichner, T. y Rüdiger, P. (2001), "Product design and efficient management of recycling and waste treatment", *Journal of Environmental Economics and Management*, 41: 109-134.
- Fullerton, D. y T. Kinnaman (1995), "Garbage, recycling, and illicit burning or dumping", *Journal of Environmental Economics and Management*, 29: 78-91.
- Fullerton, D. y A. Wolverton (2000), "Two generalizations of a deposit-refund system", *American Economic Review*, vol. 90, Iss: 2, May: 238-242.
- Fullerton, D. y W. Wu (1998), "Policies for green design", *Journal of Environmental Economics and Management*, 36: 131-148.
- Jenkins, R.R. (1993): *The Economics of Solid Waste Reduction. The Impact of User Fees*, England: Edward Elgar.
- Miedema, A.K. (1983), "Fundamental economics comparisons of solid waste policy options", *Resources and Energy*, 5: 21-43.
- Ministerio de Medio Ambiente (2004): *Medio Ambiente en España 2003*, Madrid: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente.
- Olázabal, C. (2002), "Gestión de aceites usados en Europa", Ponencia presentada en *Seminario Internacional sobre Recuperación de Aceites Usados*, Madrid: Club Español de los Residuos.
- Sigman, H. (1995), "A comparison of public policies for lead recycling", *Rand Journal of Economics*, 26: 452-478.
- Palmer, K., Sigman, H. y M. Walls (1997), "The cost of reducing municipal solid waste", *Journal of Environmental Economics and Management*, 33: 128-150.
- Palmer, K., Sigman, H., Walls, M., Harrison, K. y S. Puller (1995), *The Cost of Reducing Solid Waste: Comparing Deposit-Refunds, Advance Disposal Fees*,

Recycling Subsidies, and Recycling Rate Standards, Discussion Paper, Washington, DC: Resources for the Future.

Palmer, K. y M. Walls (1994), *Materials Use and Solid Waste Disposal: An Evaluation of Policies*, Discussion Paper, Washington, DC: Resources for the Future.

-(1997), “Optimal policies for solid waste disposal. Taxes, subsidies and standards”, *Journal of Public Economics*, 65: 193-205.

-(1999), *Extended Product Responsibility: An Economic Assesment of Alternative Policies*, Discussion Paper, Washington, DC: Resources for the Future.

Walls, M. (2003), *The Role of Economics in Extended Product Responsibility: Making Policy Choices and Setting Policy Goals*, Discussion Paper, Washington, DC: Resources for the Future.

Walls, M. y K. Palmer (1999), *Upstream Pollution, Downstream Waste Disposal, and the Design of Comprehensive Environmental Policies*, Discussion Paper, Washington, DC: Resources for the Future.