

## **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 habituales 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 más habitualmente propuestas para incrementar la regeneración de los aceites usados: una subvención a la producción de aceites regenerados; un impuesto sobre los 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 el 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 incidencia en su gestión el “principio de responsabilidad del productor”<sup>1</sup>.

Los destinos principales de los aceites usados son la regeneración –proceso por el que se obtienen aceites base para la producción de lubricantes<sup>2</sup>- y su 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)<sup>3</sup>.

La regeneración cuenta en su desarrollo con la restricción derivada, por una parte, de la competencia que en la adquisición de aceites usados -como materia prima del proceso- ejerce la combustión y, por otra, de su comercialización. En relación con esta última, 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 refino<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> 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 que los productores introduzcan cambios en el diseño para facilitar su reciclado y la utilización de materiales secundarios en lugar de recursos naturales.

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

<sup>3</sup> 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).

<sup>4</sup> 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 aquellas 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. 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 a regeneración frente a combustión.

En España, inicialmente la regeneración se desarrolló bajo la regulación del Monopolio de Petróleos<sup>5</sup>. 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 los de primer refino, 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 usados<sup>6</sup>. Asimismo, las propuestas legislativas recientes sobre la gestión de aceites

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

<sup>6</sup> Desde su inicio en 1988, únicamente en 1993 no se concedieron subvenciones.

usados han contemplado otros instrumentos económicos como un impuesto sobre los aceites lubricantes o el establecimiento de un contenido mínimo de aceites regenerados en la producción de lubricantes. Esta amplia utilización de instrumentos económicos confiere un particular interés al análisis de su eficiencia relativa.

El objetivo principal de este trabajo es determinar la política más eficiente, o de menor coste, para incrementar la regeneración de los aceites usados: 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.

## **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 obtener una cantidad de residuos óptima; no obstante, dicha política genera un claro incentivo al vertido y la incineración ilegales<sup>7</sup>. Alternativamente, para reducir la cantidad de residuos a eliminar se han contemplado las políticas que incentivan el reciclaje como los sistemas de depósito-reembolso, las subvenciones, los impuestos sobre las materias primas naturales o los estándares de material reciclado.

Varios autores (Dinan, 1993; Fullerton y Kinnaman, 1995; Sigman, 1995; Palmer y Walls, 1997) señalan que los sistemas de depósito-reembolso –un impuesto sobre el producto y una subvención al reciclaje– constituyen la política más eficiente

---

<sup>7</sup> Los sistemas de pago por cantidad de residuos generados se analizan en la literatura económica en relación con su efecto sobre el nivel de reciclaje de las familias y la reducción de residuos domésticos.

para reducir la cantidad de residuos a eliminar porque reúne los dos efectos que caracterizan a un impuesto pigouviano: la reducción del producto y la sustitución de *inputs* naturales por reciclados (Palmer y Walls, 1999). En sentido contrario, los impuestos sobre los productos influyen únicamente sobre la reducción en origen, y las subvenciones al reciclaje, sobre el reciclaje; estas políticas desaprovechan, en consecuencia, la posibilidad de reducir la cantidad de residuos mediante la combinación de ambos procesos (Palmer, Sigman y Walls, 1997)<sup>8</sup>.

Los sistemas de depósito-reembolso dependen, por tanto, sólo del coste social marginal de eliminación y no requieren de otros impuestos o subvenciones a diferencia de lo que ocurre con las políticas para reducir la generación de residuos que gravan los *inputs* de producción en lugar de la eliminación de los residuos, como los impuestos sobre las materias primas naturales, las subvenciones al reciclaje o los estándares de material reciclado.

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. Palmer y Walls (1994) indican que, en consecuencia, para reducir la cantidad de residuos se hace necesario subvencionar la producción. Si se consideran otros *inputs* de producción –como trabajo, capital o energía– se debe gravar, a su vez, estos *inputs* y, por tanto, conocer los parámetros de la función de producción. Los impuestos sobre las materias primas naturales constituyen una política óptima en Miedema (1983) y en Sigman (1995) resultan equivalentes a un sistema de depósito-reembolso en el contexto del reciclaje del plomo de las baterías de automóviles cuando éste constituye su único destino. Este resultado puede explicarse porque estos modelos consideran el caso particular en que la productividad marginal de los *inputs* naturales y reciclados es igual a la unidad. En este caso, la subvención se hace innecesaria debido a que el impuesto óptimo es igual al coste social marginal de eliminación (Palmer y Walls, 1994).

---

<sup>8</sup> Los sistemas actuales en los que el productor se responsabiliza de los residuos generados por sus productos -como los sistemas de gestión de envases- se encargan del cobro de una tasa a las empresas por la recogida y separación de sus productos. Esta tasa se asemeja a un impuesto sobre el producto y, por tanto, no constituye una política eficiente por sí sola porque no incentiva el reciclaje; exigiendo determinados ratios de reciclaje mejora en sus efectos, pero aun así es menos eficiente que un sistema de depósito-reembolso.

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. Su aplicación es más fácil que en el caso de los impuestos sobre las materias primas naturales porque la subvención al reciclaje no depende de los parámetros de la función de producción y contará con una mayor aceptación social (Palmer y Walls, 1994).

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 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; si la productividad marginal de los materiales reciclados es reducida, se reduce el producto y el reciclaje y, por tanto, debe subvencionarse la producción. A su vez, si la relación marginal de sustitución entre el factor trabajo y las materias recicladas es elevada, será necesario gravar en mayor medida dicho factor para reducir el producto y los residuos. Si se consideran empresas con funciones de producción distintas se incrementa la dificultad para aplicar estas políticas.

Alternativamente, el EMR puede establecerse de forma conjunta para toda la industria mediante un sistema de permisos negociables que confiere mayor flexibilidad y reduce su coste (Palmer et al., 1995). En Sigman (1995), en el contexto del reciclaje del plomo de las baterías de automóviles, el mayor coste de un EMR respecto de un impuesto sobre el plomo se justifica por el funcionamiento del sistema de permisos<sup>9</sup>. En general, 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).

Sobre los sistemas de depósito-reembolso se señala, sin embargo, que los costes administrativos de su puesta en funcionamiento pueden reducir su eficiencia. Su

---

<sup>9</sup> Si el sistema de permisos se estableciese fijando un permiso por unidad de plomo utilizado, en lugar de depender el número de permisos de la cantidad de plomo reciclado, el coste del estándar de material reciclado no sería mayor que el de un impuesto sobre el plomo [Sigman (1995), pág. 463].

aplicación, no obstante, sobre los productores -en lugar de los consumidores- puede disminuir dichos costes debido que el total de productores y productos afectados es inferior (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 como instrumento en la gestión de residuos. Walls y Palmer (1999) demuestran que, aun teniendo en cuenta todas las externalidades en el ciclo de vida del producto, el sistema de depósito-reembolso constituye la política más eficiente para reducir la cantidad de residuos generados.

El sistema de depósito-reembolso, por otra parte, es consistente con el principio de responsabilidad del productor y de responsabilidad sobre el producto<sup>10</sup> (Palmer y Walls, 1999). El impuesto sobre el producto implica que los productores se responsabilizan de parte de los costes de eliminación, incentiva la reducción de residuos y -si se establece sobre los productos intermedios- el peso de los productos; la subvención al reciclaje incentiva la utilización de materiales reciclados.

La reducción del peso de los productos forma parte de la estrategia de una empresa respecto del diseño y las características de su producto -en particular, de que sea reciclable en mayor o menor medida- al objeto de reducir los impactos medioambientales generados en su ciclo de vida. Esta cuestión adquiere en la actualidad gran relevancia, desplazándose el interés de las políticas de gestión de residuos al diseño y a la denominada, en general, política de producto.

El diseño de los productos es considerado como un factor adicional en el análisis económico contemporáneo de la gestión de residuos. 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).

Si los mercados de productos reciclables operan eficientemente y el precio varía con el grado en que un producto puede ser reciclado, se obtiene el diseño óptimo o

---

<sup>10</sup> Este principio 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.

diseño que permite incrementar el reciclaje de los productos. Si existen costes de transacción en el 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 también dicho diseño (Calcott y Walls, 2002)<sup>11</sup>.

El sistema de depósito-reembolso ha sido generalizado por Fullerton y Wolverton (2000) a un impuesto sobre el producto y una subvención a una actividad limpia (control de emisiones, reciclaje o eliminación en un vertedero controlado). Esta política es equivalente a un impuesto pigouviano sobre una actividad contaminante, pero de más fácil aplicación debido a que el impuesto y la subvención no tienen que recaer sobre el mismo bien ni tener la misma cuantía. La idea que subyace en este instrumento es que el control de la contaminación debe subvencionarse proporcionalmente al esfuerzo realizado por las empresas<sup>12</sup>.

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

Se presenta, 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 refinado 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 refinado 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.

---

<sup>11</sup> El impuesto sobre la eliminación final, inferior al impuesto pigouviano que corregiría la externalidad en el vertido, incentivaría la reducción de residuos por parte de las familias sin generar graves problemas de eliminación ilegal. Un diseño óptimo podría obtenerse también mediante un sistema de depósito-reembolso que diferenciara entre productos reciclables o no, aunque esta política resulta de más difícil aplicación.

<sup>12</sup> Fullerton y Wolverton (2000), pág. 240.



### 3.1. Modelo de equilibrio parcial del mercado de aceites lubricantes

En el mercado de aceites lubricantes, la función de oferta de aceites base de primer refino  $S_P(P)$  y de aceites base regenerados  $S_R(P)$  constituyen la función de oferta de aceites base del mercado,  $S(P)$ <sup>13</sup>.

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

Donde  $P$  es el precio de los aceites base.

La función de demanda del mercado  $D(P)$  está constituida, a su vez, por la función 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  $\alpha$  de aditivos incorporados a los aceites base para la fabricación de lubricantes – que se sitúa en términos medios en torno al 20%- permite obtener el consumo de lubricantes (CL)<sup>14</sup>:

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

A partir del consumo de lubricantes (CL), se generan los aceites usados (AUG) según un porcentaje  $\beta$ , 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  $\gamma$ . Si se considera un

---

<sup>13</sup> 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 oferta y demanda de aceites base, esto es, con la actividad de producción de aceites base y su demanda para la fabricación de aceites lubricantes.

<sup>14</sup> 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.

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 sus distintos usos 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  $\delta$  que varía entre un 60 y un 95%, dependiendo de la tecnología utilizada<sup>15</sup>:

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

En consecuencia, dado que la cantidad producida de aceites base regenerados (ABR) coincide con la función de oferta  $\delta S_{AUR}(P)$ , en el equilibrio se cumple:

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

Por tanto, debido que la cantidad producida y demandada de aceites base de primer refinado coincidirá, 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 analítico):

$$E_{AUR} dP = E_{DR} dP \quad (11)$$

---

<sup>15</sup> 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%.

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.

Esto es, el diferencial de la cantidad ofrecida de aceites usados destinados a regeneración será igual al diferencial de la cantidad demandada de aceites base regenerados. La determinación de la incidencia 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 determina 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 unitaria  $s$  por unidad de aceite base –en adelante, aceite- regenerado producido, el precio de demanda,  $P_D$ , al que los consumidores adquieren el aceite difiere del precio de oferta,  $P_S$ , 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 sobre  $P_S$  de una subvención,  $dP_S/ds$ , 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 de la oferta de aceites regenerados. El precio de demanda,  $P_D$ , disminuye dada la incidencia de la subvención sobre  $P_D$ :

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

Finalmente, se obtiene el coste privado marginal de esta política según:

$$CPM_S = P_S + s \frac{dP_S}{ds} \quad (16)$$

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

Si un impuesto sobre los aceites lubricantes (véase en apéndice) grava únicamente los aceites de primer refino, este impuesto  $t$  equivale a una subvención de cuantía igual a  $t$  por unidad de aceite regenerado producido y la incidencia sobre  $P_s$  es:

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

Un impuesto sobre los aceites de primer refino implica, por tanto, un aumento de  $P_s$  y de la oferta de aceites regenerados y una disminución de  $P_D$ .

Asimismo, el coste privado marginal de esta política es:

$$CPMt = P_s + t \frac{dP_s}{dt} \quad (18)$$

### 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 aceites lubricantes implica que los aceites producidos contengan en su composición un porcentaje  $r$  de aceites regenerados, de forma que se cumple que:

$$EMR = r(PR+R) \quad (19)$$

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 competitivo<sup>16</sup>.

Considerando un porcentaje  $r^*$  de aceites regenerados en la producción de aceites lubricantes, que debe cumplir conjuntamente toda la industria, cada unidad de

---

<sup>16</sup> Dinan (1992), pág. 72.

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

La incidencia sobre  $P_s$  del precio del permiso,  $dP_s/d\pi$ , será la correspondiente a la subvención de cuantía  $\pi / r^*$  (véase ecuación 14).

$$\frac{dP_s}{d\pi} = \frac{\frac{1}{r^*} E_D}{E_D - E_{AUR}} \quad (20)$$

Siendo negativo el signo de  $E_D$  y positivo el de  $E_{AUR}$ , el precio del permiso  $\pi$  supone un aumento de  $P_s$  y de la oferta de aceites regenerados. El precio de demanda,  $P_D$ , disminuye dada la incidencia del precio del permiso:

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

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

$$S_{PN}(\pi) = \frac{1}{r^*} \delta S_{AUR}[P(1+dP)] \quad (22)$$

La función de demanda de permisos,  $D_{PN}(\pi)$ , por los aceites base producidos, esto es, según la ecuación (19), por el cociente del estándar de material reciclado  $EMR$  y  $r^*$ :

$$D_{PN}(\pi) = \frac{EMR(\pi)}{r^*} \quad (23)$$

En el equilibrio, por tanto, se cumple:

$$\frac{1}{r^*} \delta S_{AUR}[P(1+dP)] = \frac{EMR(\pi)}{r^*} \quad (24)$$

En consecuencia, el precio del permiso  $\pi$  depende de la cantidad de aceites regenerados producida. Si se asume que  $S_{AUR}$  es una función lineal a partir de la ecuación (24) puede obtenerse que  $dr^* = d\pi$  (véase apéndice analítico) y la incidencia sobre  $P_s$  de  $r^*$ ,  $dP_s / dr^*$ , 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.

El precio de equilibrio del permiso será, en consecuencia, el correspondiente a  $dP_s$ .

El coste privado marginal de esta política es el de la subvención total.

$$CPMr^* = P_s \frac{\pi}{r^*} dP_s \quad (26)$$

### 3.5. Comparación de las políticas

El nivel de intervención necesario para obtener un  $dP_s$  y el coste privado marginal (CPM) constituyen los criterios con los que se determina la política más eficiente. En última instancia, los costes privados deberían valorarse junto con los beneficios sociales 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, se analiza el agente que soporta el coste de estas políticas al objeto de valorar 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**

<b>Política</b>	<b>Subvención a la producción de aceites regenerados</b>	<b>Impuesto sobre los aceites de primer refino</b>	<b>EMR (Sistema de Permisos)</b>
<b>Incidencia sobre <math>P_s</math></b>	$\frac{E_D}{E_D - E_{AUR}}$	$\frac{E_D}{E_D - E_{AUR}}$	$\frac{1}{r^*} \frac{E_D}{E_D - E_{AUR}}$
<b>CPM</b>	$P_s \ s \ dP_s$	$P_s \ t \ dP_s$	$P_s \ \frac{\pi}{r^*} \ dP_s$
$P_D$	Disminuye	Disminuye	Disminuye
<b>Agente en quien recae el coste</b>	Contribuyentes/ Consumidores	Productores de primer refino	Productores de primer refino

El nivel de intervención correspondiente a un EMR, mediante un sistema de permisos negociables, es inferior al de una subvención ( $d\pi < ds$ ) y al de un impuesto sobre los aceites de primer refino ( $d\pi > dt$ ) porque su incidencia sobre el precio es mayor resultado del impuesto que para los productores de primer refino supone el precio del permiso.

Asimismo, es inferior su coste privado marginal. El EMR constituye, en consecuencia, la política más eficiente al objeto de incrementar la regeneración de aceites usados. Además, dado que su coste recae sobre los productores de primer refino, resulta 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. En este mercado, dado que los lubricantes constituyen un producto de difícil sustitución y los aceites usados tienen un elevado valor económico, la reducción del residuo se plantea, principalmente, en relación con su reutilización. En su caso, el coste privado marginal de un impuesto y una subvención para promover la regeneración resulta superior al de un EMR (véase en apéndice analítico la incidencia de un impuesto sobre los aceites lubricantes).

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

Se aplica a continuación el análisis teórico de la eficiencia en costes 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 usados en España realizado para el período de 1965-1999 <sup>17</sup>. 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\***

<b>Aceites regenerados (Tn)</b>	61.320	81.760	102.200	122.640
<b>(Tasa de variación)</b>	(50%)	(100%)	(150%)	(200%)
<b>Estándar de Material Reciclado</b>				
<b><math>r^*</math></b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>	<b>0,30</b>
$\pi$ (€Tn)	1,26	2,53	3,80	5,06
CPMr (€)	3,17	9,51	19,40	25,36
Subvención (miles €)	347,50	521,33	626,42	695,11
<b>Subvención a la producción de aceites regenerados</b>				
s (€Tn)	14,95	29,90	50,83	59,81
CPMs (€)	5,62	22,48	64,96	89,94
Subvención (miles €)	616,12	1.232,38	2.094,81	2.464,92
<b>Impuesto sobre los aceites lubricantes de primer refino</b>				
t (€Tn)	14,95	29,90	50,83	59,81
CPMt (€)	5,62	22,48	64,96	89,94
Subvención (miles €)	616,12	1.232,38	2.094,81	2.464,92
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 a cada  $dPs$  asociado con distintos valores de  $r^*$ , considerando que el número de permisos es igual a la cantidad total de aceite producido. Estos resultados corroboran el análisis teórico. El EMR, mediante un sistema de permisos negociables, requiere un nivel de intervención menor que una subvención y un impuesto sobre los aceites de primer refino para cualquier  $dPs$  y,

<sup>17</sup> Arner, Barberán, Mur (2002; 2003).



asimismo, su coste privado marginal es inferior. Esta diferencia aumenta para valores crecientes de  $r^*$ .

Estos resultados contrastan con los obtenidos en Sigman (1995) para el mercado de plomo. En este caso el EMR no es eficiente debido que el número de permisos es el resultado de la cantidad de plomo reciclado.

Algunas de estas políticas han sido consideradas en la regulación de la gestión de aceites usados en España, no obstante, debe tenerse en cuenta que para obtener los resultados anteriores sobre la eficiencia de las políticas para promover la regeneración se requiere que el precio de los aceites regenerados y de primer refino sea el mismo. Las propuestas legislativas recientes, alternativamente a la financiación de las subvenciones con cargo a los Presupuestos Generales, han considerado un impuesto sobre los aceites lubricantes, en torno a 42 euros/Tn, conjuntamente con un estándar de material reciclado ( $r^* = 0,15$ ). Posteriormente, el estándar se ha contemplado únicamente para los aceites industriales. A su vez, el impuesto ha sido sustituido por la contribución de los fabricantes a un sistema integrado de gestión que permitiría financiar las subvenciones y otras actuaciones en la gestión de aceites usados, como la construcción de infraestructuras de gestión y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.

Las subvenciones a la regeneración se conceden al objeto de cubrir los déficit de explotación de la actividad de recogida y regeneración de aceites usados en un contexto en que existe un descuento entre el precio de los aceites de primer refino y regenerados y, por tanto, no resultan comparables con la subvención analizada en este trabajo.

La aplicación de una tarifa más elevada para los aceites de primer refino que los regenerados en el Impuesto sobre Hidrocarburos, en los años 1987 y 1988, coincidiendo con la liberalización del mercado de lubricantes, de 38 y 10 pts/Kg respectivamente para los aceites de primer refino y regenerados resultó, en ese mismo contexto, insuficiente para los aceites regenerados en 1988 y el impuesto se igualó a partir de entonces a 5 pts/kg.

## **5. CONCLUSIONES**

Si precio de los aceites de primer refino y regenerados fuera el mismo, un estándar de material reciclado (EMR), mediante un sistema de permisos negociables, constituye la política más eficiente en costes para promover la regeneración de aceites

usados. Además, el EMR resulta consistente con el principio de responsabilidad del productor. El análisis, no obstante, no considera los costes administrativos de su aplicación. En comparación con los de un sistema de depósito-reembolso, los costes de esta política no tienen por que ser superiores puesto que se aplica también sobre los productores de un mismo mercado.

Los sistemas de permisos negociables constituyen, según la economía ambiental, una política que permite obtener un óptimo de contaminación (Baumol y Oates, 1988). No obstante, este resultado contrasta con la literatura económica en relación con la eficiencia de los sistemas de depósito-reembolso para reducir la cantidad de residuos. Para promover la regeneración de aceites usados, el coste privado marginal de un estándar de material reciclado, mediante un sistema de permisos negociables, es inferior al de un sistema de depósito-reembolso.

La aplicación del análisis teórico al mercado español de aceites lubricantes confirma que el EMR, mediante un sistema de permisos negociables, constituye la política más eficiente para promover la regeneración. El nivel de intervención requerido y el coste privado marginal es siempre inferior al de una subvención a la producción de aceites regenerados y al de un impuesto sobre los aceites de primer refino. La diferencia crece para valores superiores del estándar.

En España, si bien la cantidad de aceites regenerados ha aumentado en los últimos años con la puesta en funcionamiento de nuevas empresas (41.212 toneladas en 2002 frente a 18.738 en 1998), su volumen es aún reducido en relación con la cantidad de aceites usados generados y se hacen necesarias políticas para promover su desarrollo.

Al respecto, debe señalarse que en un mercado competitivo no se justifica que exista un descuento en el precio de los aceites regenerados sobre el precio de los aceites de primer refino de similares características. Esta consideración junto con la implantación de las medidas que favorecen que los aceites usados se destinen a regeneración frente a combustión, debería servir para eliminar las restricciones de partida de la regeneración. En relación con este último aspecto, debe tenerse en cuenta la regulación más estricta que la actual Directiva sobre incineración de residuos impone

a la combustión de aceites usados o la próxima eliminación, en 2007, de la exención en el Impuesto sobre Hidrocarburos de los aceites usados utilizados como combustible<sup>18</sup>.

## 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 es:

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

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

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

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,  $P_S = P_D$ , 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  $s$ , lo que introduce una discrepancia entre el precio de demanda, que pagan los usuarios, y el de oferta, que perciben los productores:

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

---

<sup>18</sup> Olázabal (2002).

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.

Si, como en la sección 3.3, se interviene en 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 sobre el precio de oferta de un impuesto  $dP_S/dt$  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. En el segundo caso, el precio de demanda  $P_D$  aumenta dada la incidencia del impuesto:

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

El coste privado marginal del impuesto viene dado por:

$$CPMt = - P_S t dP_S \quad (\text{A.10})$$

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, a partir de la ecuación (24) se obtiene que  $dr^* = d\pi$  sustituyendo en dicha ecuación  $dP$  por  $dP_D$  y despejando a continuación  $\pi$  según las ecuaciones (A.11) y (A.12):

$$\delta S_{AUR} \left[ P \left( 1 + \frac{\frac{1}{r^*} E_{AUR}}{E_D - E_{AUR}} \pi \right) \right] = EMR(\pi) \quad (\text{A.11})$$

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

## 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.
- 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 Assessment 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.