

IX ENCUENTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA

Vigo, 7 y 8 de febrero de 2002

**De residuos a recursos: análisis de las políticas para promover la
regeneración de los aceites usados**

Asunción Arner Güerre

(aarn@posta.unizar.es)

Ramón Barberán Ortí

(barberan@posta.unizar.es)

Jesús Mur Lacambra

(jmur@posta.unizar.es)

Universidad de Zaragoza

1. Introducción

Los aceites usados constituyen un residuo peligroso del que se pueden derivar graves daños medioambientales a consecuencia de una gestión inadecuada¹. Por otra parte, estos aceites conservan gran parte de los hidrocarburos que contenían previamente a su uso, lo que les confiere un valor económico que ha permitido el desarrollo de un importante mercado. El equilibrio de este mercado de aceites usados puede no ser óptimo desde el punto de vista medioambiental, bien porque se aleje de la cantidad de aceites usados producida o porque las condiciones de utilización de los aceites no sean las adecuadas. En este sentido, la intervención pública en el mercado, dirigida a promover una buena gestión de los aceites usados puede justificarse siempre que el coste marginal social de la eliminación inadecuada de los aceites exceda del beneficio marginal privado neto de su adecuada gestión.

La regeneración de los aceites usados, esto es, la obtención de nuevos aceites base para la formulación de aceites lubricantes, se considera la opción ambientalmente preferible de reutilización de los aceites frente a otras alternativas como la combustión. No obstante, ésta última viene siendo la opción mayoritariamente seguida en los últimos años en España. Las distintas opciones de gestión dan lugar a distintos mercados, aunque todos ellos compiten por la obtención de los aceites disponibles, de modo que las intervenciones públicas tendrán distintos efectos en cada uno de ellos.

Las políticas públicas de gestión de los aceites usados van dirigidas, según los casos, a incentivar la oferta de aceites usados procurando su recogida (las restricciones a la venta de los aceites, el establecimiento de puntos de recogida, las subvenciones a la recogida, etc.) y a incrementar su demanda mediante incentivos económicos al procesamiento de los aceites (sistemas impuestos-subvenciones) o mediante actuaciones sobre la demanda final de los productos obtenidos (la demanda directa por parte de las Administraciones Públicas, la educación y sensibilización ciudadana o el establecimiento de un contenido mínimo de aceites regenerados en los nuevos aceites puestos en el mercado). Otras políticas de demanda tienen por objeto la reorientación de

¹Algunos de los aspectos más dañinos de los aceites usados pueden contabilizarse como sigue: 1 litro de aceite usado es capaz de contaminar 1.000.000 de litros de agua, 5 litros de aceite usado quemado sin control, contaminan el aire que un ser humano puede respirar en tres años; 1 litro de aceite de motor vertido puede llegar a formar una mancha de 4.000 m² sobre el agua (Torras, 1998).

la demanda hacia los usos más adecuados medioambientalmente, por ejemplo, estableciendo unas más estrictas regulaciones sobre la combustión de los aceites usados.

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo un análisis empírico del mercado de aceites regenerados en España, durante el período de 1965 a 1999, con el fin de señalar los factores determinantes en su desarrollo y poder extraer conclusiones sobre el diseño de las políticas que pretenden impulsar esta actividad². Asimismo, se analiza el mercado de la recogida de los aceites usados durante ese período, ya que éste constituye el punto de partida necesario para la gestión correcta de los aceites usados.

La estimación de las funciones de oferta y demanda del mercado permite, a partir del cálculo de elasticidades, extraer conclusiones acerca de la efectividad de las distintas políticas propuestas para promover el reciclaje. Estudios de este tipo se han realizado para los mercados secundarios de distintos productos, entre otros para el papel (Anderson y Spielgeman, 1977; Gill y Lahiri, 1980; Edgren y Moreland, 1989; Edwards y Pearce, 1978; Deadman y Turner, 1981; Kinkley y Lahiri, 1984; Nestor, 1991) y para metales como el cobre (Slade, 1980; Fisher, Cootner y Baily, 1972), el acero (Anderson y Spielgeman, 1977), el plomo (Sigman, 1995) y el aluminio (Suslow, 1986). En general, estos estudios obtienen reducidas elasticidades de oferta y demanda, lo que les lleva a concluir acerca de la ineficacia de las políticas basadas en alterar los precios a la hora de incrementar los ratios de reciclaje.

La recopilación de la información estadística del sector de la gestión de los aceites usados y, en particular, de la regeneración de aceites usados constituye una aportación adicional del trabajo realizado, ya que, ante la falta de estudios sobre el sector y de estadísticas elaboradas, ha sido preciso construir las series de datos a partir de fuentes primarias. La información referente a la etapa del Monopolio de Petróleos, cuando los aceites usados eran un producto monopolizado, procede fundamentalmente de fuentes oficiales (Ordenes Ministeriales, CAMPSA y Memorias de la Delegación del Gobierno en CAMPSA); en tanto que la referida a la etapa de liberalización procede de las empresas del sector (Memorias y, sobre todo, información facilitada directamente por directivos y técnicos).

² En España, el Ministerio de Medio Ambiente está elaborando un proyecto de ley de aceites usados con exigentes objetivos de recogida y regeneración, en el que se contempla la implantación de un impuesto sobre los lubricantes puestos en el mercado, cuya recaudación se destinará a constituir un fondo con el que financiar las subvenciones y el resto de actuaciones propuestas para alcanzar los objetivos de recogida y regeneración; también, la fijación de la obligación de que todos los lubricantes puestos en el mercado contengan un 15% de bases regeneradas.

El trabajo se estructura en cinco apartados. Tras esta introducción, en primer lugar, se hace una breve descripción de la evolución de las actividades de regeneración en España. En segundo lugar, se procede a la especificación de las funciones de oferta y demanda de aceites regenerados y aceites usados. En tercer lugar, se presentan los resultados de la estimación de dichas funciones. Por último, se exponen las principales conclusiones obtenidas.

2. La industria de la regeneración en España

El mercado de la regeneración viene definido por la actividad de las empresas de regeneración, las cuales determinan la oferta de aceites regenerados –fundamentalmente aceites base-, y por la demanda que de los mismos hace el sector de fabricación de lubricantes para el acabado de aceites lubricantes.

La evolución de las actividades de regeneración en España conoce dos etapas claramente diferenciadas cuya delimitación temporal viene marcada por la liberalización del mercado de lubricantes que tiene lugar a partir de 1 de enero de 1987. Desde los años sesenta y hasta esa fecha, bajo la regulación del Monopolio de Petr6leos, se desarroll6 una importante industria de regeneraci6n que se vio fortalecida a raiz de la crisis energ6tica de los a6os setenta (ver Cuadro 1). La oferta de regenerados lleg6 a situarse a mediados de los ochenta por encima de las 20.000 toneladas lo que suponía m6s del 7% de la oferta de lubricantes del mercado³. Durante esta primera etapa, las empresas de regeneraci6n eran remuneradas por CAMPSA seg6n un precio de adquisici6n que fijaba sobre la base de los estados de costes que estas empresas le presentaban. Esto permitía a las empresas regeneradoras fijar en cada momento su volumen de producci6n en funci6n de las ventas de aceites base que podían realizar a las empresas de fabricaci6n de lubricantes, teniendo asegurada la cobertura de los costes. Asimismo, durante este período las restricciones existentes a la oferta de aceites de primer refinado –motivadas por las autorizaciones a la producci6n y por la restricci6n de las importaciones- contribuyeron a mantener un nivel de demanda elevado.

La liberalizaci6n del mercado, concretada en la liberalizaci6n interior y la apertura exterior, desat6 una fuerte competencia entre las compa6as de lubricantes, resultado de lo cual fue el aumento de la oferta de aceites base y la caída de los precios.

³ La conversi6n de aceites usados en aceites base regenerados conlleva importantes p6rdidas de volumen. Los t6cnicos del sector de la regeneraci6n coinciden en dar un valor de 0,6 al factor de conversi6n de aceites usados en aceites base regenerados.

El proceso de liberalización⁴ supuso que los lubricantes industriales quedasen en régimen de distribución libre desde 1 de enero de 1987, mientras que los aceites base – procedentes del refino de petróleo o de la regeneración de aceites usados- y los lubricantes de automoción mantuvieron un régimen de distribución monopolizado hasta 1 de enero de 1989. Este régimen de distribución monopolizada suponía la fijación de las cantidades máximas que cada fabricante o distribuidor estaba autorizado a comercializar, quedando liberalizadas las condiciones de venta al público, lo que afecta a la fijación de márgenes y precios de venta⁵. Así, en 1987 dejó de aplicarse el sistema de precios de adquisición por parte de CAMPSA y las empresas de regeneración pasaron desde ese momento a obtener su remuneración directamente del precio de venta de sus productos. Asimismo, desde 1 de enero de 1986, se inició la apertura exterior del mercado de productos petrolíferos mediante la autorización de un volumen creciente de contingentes de importación, hasta la supresión total de los contingentes el 1 de enero de 1992.

Cuadro 1. Evolución de los aceites usados recogidos y de sus principales destinos (1)

AÑO	Aceites usados recogidos (Toneladas)	Tasa de recogida*	Aceites usados destinados a la regeneración (Toneladas)	Aceites usados destinados a la combustión (Toneladas)
1965	12.901	0,16	12.901	-
1970	26.810	0,19	26.810	-
1975	25.597	0,17	25.597	-
1980	30.998	0,22	30.998	-
1985	35.928	0,23	35.928	-
1990	44.108	0,14	31.008	2.300
1991	44.584	0,19	23.098	7.228
1992	57.827	0,26	5.800	39.127
1993	57.827	0,30	1.300	56.670
1994	73.823	0,34	2.951	70.870
1995	106.528	0,49	13.848	95.875
1996	119.831	0,55	27.423	92.270
1997	134.646	0,59	29.426	103.677
1998	173.500	0,70	31.230	138.800
1999	190.000	0,75	24.086	161.500

(1) A partir de 1987 los datos de recogida se corresponden con los datos oficiales de concesión de subvenciones, no coincidiendo con la recogida real llevada a cabo.

*Aceites usados recogidos / Aceites usados generados.

Fuente: Elaboración propia a partir de las Memorias de la Delegación del Gobierno en CAMPSA, resolución de subvenciones e información proporcionada directamente por el Ministerio de Medio Ambiente.

⁴ Puesto en marcha con el Real Decreto-Ley 5/1985, de adaptación del Monopolio de Petróleos.

⁵ Real Decreto 2644/1986, de 30 de diciembre, que regula la fabricación, distribución y venta de aceites base y lubricantes de automoción.

Al proceso descrito de liberalización de los mercados de lubricantes se suma, en 1989, la autorización de la combustión de los aceites usados, con lo que se consuma un cambio radical en el marco de gestión de los aceites usados⁶. Esta autorización supuso de hecho la apertura de una nueva etapa en la gestión de tales aceites, tal como se hace evidente a partir de 1992 cuando las licencias concedidas para la combustión, junto a las demás condiciones que concurren en el mercado, llevan a la práctica desaparición de la regeneración y a la “explosión” de la combustión (ver Cuadro 1). La crisis de la regeneración se produce a pesar de que desde 1988 la Administración concede subvenciones a esta actividad⁷. Una consecuencia destacada de este nuevo marco fue el incremento de la tasa de recogida, ya que, como se comprueba en el Cuadro 1, pasó de niveles que no superaban el 20% a alcanzar el 75%, siendo su destino principal la combustión⁸. De hecho, la reactivación de la regeneración en los últimos años se debe principalmente a la intervención de la Comunidad Autónoma de Cataluña, ya que estableció la obligatoriedad de que los aceites usados sean recogidos y destinados a la regeneración⁹.

3. Especificación del modelo

La función de oferta de aceites regenerados

Angulo, Fernández de las Heras y Martín Pantoja (1996), señalan que la viabilidad económica del proceso de regeneración depende fundamentalmente de los precios de los aceites base regenerados, los costes de recogida de los aceites usados y la tecnología de regeneración. Sobre la base de estos factores, especificamos la oferta de aceites base regenerados según la ecuación:

⁶ Orden de 28 de febrero de 1989, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, por la que se regula la gestión de los aceites usados.

⁷ Orden de 30 de noviembre de 1988, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, por la que se establecen las bases para la concesión de subvenciones a las empresas que durante 1988 se hubiesen dedicado a la reutilización de aceites usados, en concreto a la regeneración. Esta convocatoria de subvenciones se renueva anualmente y desde 1990 se extiende a la combustión de aceites usados, aunque el importe de la subvención por kilogramo es inferior a la concedida para la regeneración. Así mismo, la exención en el impuesto sobre hidrocarburos de que se beneficia la utilización de aceites usados como combustible constituye una subvención indirecta a la combustión.

⁸ Dentro de la combustión cabe diferenciar el aprovechamiento energético de los aceites usados para la obtención de energía calorífica y para la obtención de energía eléctrica. Esta última alternativa, operativa desde 1994, se ve favorecida por la política de fijación de tarifas eléctricas aplicada por el Ministerio de Industria; constituye en 1999 el destino del 23% de los aceites usados recogidos.

⁹ Ley reguladora de residuos 6/1993 de 15 de julio, reguladora de residuos. Para hacer posible la aplicación de esta Ley se constituyó una empresa dedicada a la recogida y regeneración de los aceites usados de Cataluña, iniciándose la producción de regenerados en 1995.

$$QARS = f(PARS, PAU, TEC) \quad (1)$$

Donde QARS es la cantidad de aceites base regenerados producidos; PARS es el precio de los aceites base regenerados percibido por los productores o precio antes de impuestos; PAU es coste de los aceites usados que se utilizan como materia prima en el proceso de la regeneración, y TEC es la tecnología utilizada en el proceso. El signo esperado de la derivada parcial de la función de oferta respecto de la variable PARS y de TEC es positivo; mientras que es negativo en el caso de PAU, al recoger esta última variable un coste del proceso de producción.

El análisis del marco institucional en que se ha desarrollado el sector permite anticipar que la función de oferta se ha podido ver influida por el cambio que supone el proceso de liberalización del mercado de lubricantes a partir de 1987. El efecto de este cambio de marco se hace especialmente evidente en la variable precio porque, como se ha señalado, se modifica la forma de remuneración de las empresas dedicadas a la regeneración. Asimismo, la autorización de la combustión de los aceites usados en 1989 afectará previsiblemente al comportamiento de la oferta por su incidencia en la disponibilidad de esta materia prima por la industria de la regeneración. Finalmente, también deberá tenerse en cuenta que la implantación de un marco de actuación favorable a la regeneración en la Comunidad Autónoma de Cataluña permite explicar el mayor desarrollo de esta industria en los últimos años.

La función de demanda de aceites regenerados

La demanda de aceites base regenerados cabe esperar que, en principio, dependa del precio de los aceites base regenerados, del descuento aplicado con respecto al precio de los aceites base de primer refino¹⁰, y del comportamiento del consumo final de lubricantes. La demanda de aceites regenerados se especificaría según la ecuación:

$$QARD = g(PARD, Df, CL) \quad (2)$$

Donde QARD es la cantidad de aceites base regenerados demandados; PARD el precio de los aceites base regenerados, impuestos incluidos, pagado por sus consumidores; Df el diferencial de precio con respecto a las bases de primer refino y CL el consumo de lubricantes. El signo esperado de la derivada parcial de la función de demanda respecto de la variable PARD es negativo, mientras que respecto de la variable

¹⁰ Este descuento viene justificado tradicionalmente por las reticencias existentes por parte de los usuarios de lubricantes en relación con la calidad y las características técnicas de estos aceites.

Df, como factor que ha podido incentivar el consumo de bases regeneradas, y de la variable CL, como medida de la intensidad de la demanda, se espera que tenga un signo positivo.

De nuevo, el análisis del marco institucional en que operado el sector permite suponer que el proceso de liberalización del mercado español de lubricantes habrá afectado a la demanda de aceites regenerados. Este efecto cabe atribuirlo a que las restricciones existentes a la oferta de aceites de primer refino hasta 1986 podrían haber contribuido a sostener la demanda de aceites regenerados, mientras que la posterior eliminación de dichas restricciones habría puesto de manifiesto las verdaderas preferencias de la demanda por los regenerados y por los de primer refino, en detrimento de los primeros.

El mercado de los aceites usados

En el mercado de los aceites usados, siguiendo el análisis de Lohof (1991), la oferta se refiere a la cantidad de aceites usados recogidos para su utilización final y la demanda a la cantidad que los potenciales procesadores (regeneradores y procesadores del aceite usado como combustible) absorben. En este mercado, la oferta se considera moderadamente creciente en relación al precio, debido a que los costes marginales de la recogida y transporte de los aceites usados aumentan con la cantidad de aceites usados recogidos. La demanda se presume perfectamente elástica, debido a la casi perfecta posibilidad de sustitución de los productos derivados de los aceites usados con los correspondientes derivados del petróleo, siendo la cantidad de aceites usados muy reducida frente a la de los productos sustitutivos.

El sector de la recogida ha sido bastante competitivo incluso durante la etapa del Monopolio, pues aunque existían precios de referencia para la compra y venta de los aceites usados, en la práctica, eran fijados a través de la negociación entre las partes (generadores con recogedores y recogedores con procesadores). En este marco los recogedores competían por el aceite usado, al igual que lo hacían posteriormente los procesadores. La oferta de aceites usados (aceites recogidos por los recogedores) puede especificarse en función del precio de los aceites usados (precio percibido por los

recogedores) y del coste de adquisición de los mismos (precio pagado¹¹ y costes soportados por los recogedores), según la ecuación:

$$AU = h (PAU, CA) \quad (3)$$

Donde AU es la cantidad de aceites usados recogida; PAU el precio de los aceites usados y CA el coste de adquisición soportado por los recogedores de los aceites usados. El signo esperado para la derivada parcial de la función de oferta de aceites usados respecto de la variable PAU es positivo y respecto de la variable CA negativo.

El análisis del marco institucional permite anticipar que la autorización de la combustión de los aceites y la concesión de subvenciones a la misma¹² constituyen un factor a tener en cuenta en la estimación.

La demanda de aceites usados está constituida, hasta 1992, por las empresas de regeneración de aceites y, a partir de ese año, además, por las empresas que destinan los aceites a la combustión. La función de demanda de aceites usados la hacemos depender, además del precio de estos aceites (precio pagado por los procesadores), de las variables determinantes de las actividades de regeneración y combustión: el precio de los aceites regenerados, el consumo de lubricantes y el precio del fuel¹³. La ecuación de demanda especificada es la siguiente:

$$AU = d (PAU, PARS, CL, PF) \quad (4)$$

Donde AU es la cantidad de aceites usados demandada; PAU es el precio de los aceites usados; PARS el precio de los aceites regenerados percibido por los procesadores; CL el consumo de lubricantes y PF el precio del fuel. El signo esperado de la derivada parcial de la función de demanda de aceites usados respecto a la variable PAU es negativo, mientras que respecto de las variables PARS, CL y PF es positivo.

La liberalización del mercado de lubricantes, en cuanto pudo afectar a la actividad de regeneración, puede haber tenido también algún impacto en la función de demanda de los aceites usados.

¹¹ Durante la etapa del Monopolio se pagaba a los generadores de los aceites usados (industrias y talleres) un precio por su entrega a los recogedores, precio que resultaba incluso superior al precio del fuel. Hasta la implantación de la legislación sobre residuos tóxicos y peligrosos en 1988 se siguió pagando al generador del residuo por entregarlo para su gestión, mientras que posteriormente estos pagos han desaparecido e incluso, en algunos casos, los generadores deben pagar por el servicio a los recogedores.

¹² Desde 1990 se subvenciona la combustión de aceites usados, al igual que se hace desde 1988 con la regeneración, aunque el importe de la subvención por kilogramo es inferior a la concedida a la regeneración.

4. Resultados de la estimación

Dado que el precio de los aceites regenerados se obtiene a partir del precio de los aceites de primer refino, puede considerarse exógeno al modelo, por lo que no es preciso resolver de forma simultánea la estimación de las funciones de oferta y de demanda del mercado de aceites regenerados¹⁴. En este mercado se aborda de forma aislada la estimación de las funciones de oferta (1) y demanda (2), incluyendo en ellas los factores institucionales que se han identificado como relevantes. Por el contrario, en el mercado de aceites usados la estimación se lleva a cabo de forma simultánea, tomando en consideración, también, los factores institucionales que afectan a su funcionamiento.

La función de oferta de aceites regenerados

Siguiendo la práctica habitual en la especificación econométrica, la forma funcional propuesta para la estimación de la función (1) es lineal. Este supuesto se mantendrá en tanto la evidencia empírica lo permita.

El análisis del orden de integración indica que todas las variables son I(1), a excepción de la variable TEC que es una variable I(0). El contraste de Engle-Granger confirma la estacionariedad de los residuos de la ecuación de cointegración y el de la traza de Johansen la existencia de una relación de cointegración, tal como se indica en el Cuadro 2.

Los resultados de la estimación por MCO de la función de oferta especificada en (1) revelan carencias muy apreciables que tienen que ver con los claros indicios de ruptura estructural señalados por el test de Chow en el año 1987 (Cuadro 2).

Dicha estimación se corresponde con la ecuación siguiente¹⁵:

$$\text{QARS} = -59,45\text{PARS} + 0,22\text{PAU} + 166,08\text{TEC} \quad (5)$$

(-1,79) (2,64) (7,10)

En consecuencia, se ha especificado esa función introduciendo los distintos factores institucionales que, creemos, han intervenido en el mercado. Asimismo, el signo positivo del coeficiente de la variable PAU proporciona indicios de la posible endogeneidad de dicha variable, que puede explicarse porque hasta 1989 el único

¹³ Téngase en cuenta que los aceites usados tienen un poder calorífico equiparable a este combustible.

¹⁴ No obstante, comprobamos dicha exogeneidad de la variable precio mediante el Test de Hausman.

¹⁵ Entre paréntesis figura el estadístico t-ratio de significatividad individual.

destino legal de los aceites usados era su regeneración y, de hecho, su destino casi exclusivo hasta 1991. Tras corroborar que la variable PAU resulta endógena al modelo ha sido sustituida por la variable DAU, definida más adelante, como medida alternativa de la escasez de los aceites usados. En definitiva, los nuevos regresores introducidos han sido:

DPARS: variable ficticia, de tipo multiplicativo con PARS, que refleja el cambio estructural en la determinación del precio de los aceites regenerados tras la liberalización del mercado de lubricantes a partir de 1987.

L: variable ficticia aditiva que recoge la liberalización del mercado de lubricantes a partir de 1987.

DAU: disponibilidad de los aceites usados, definida como aceites usados recogidos sobre capacidad de gestión instalada (regeneración y combustión).

NMC: variable ficticia, de tipo multiplicativo con DAU, que recoge la permisividad de la normativa medioambiental en relación con la combustión y que se hace distinta de cero a partir de 1992, momento en que el modelo marca la existencia de ruptura estructural.

MA: variable ficticia aditiva que recoge el nuevo marco de actuación adoptado por la Comunidad Autónoma de Cataluña para la gestión de aceites usados y que toma valor uno a partir de 1996, momento en que el modelo marca la existencia de una nueva ruptura estructural.

FAM: variable ficticia aditiva que introduce la paralización en 1999, por motivos ajenos al mercado (cambio de localización), de una de las dos empresas que operan en el sector.

Los principales resultados de la estimación se presentan en el Cuadro 2. Hasta 1986 el coeficiente de la variable precio es negativo, lo que puede interpretarse como un efecto de ajuste de la oferta a la demanda. La razón de esta anomalía se encuentra en que, durante la etapa del Monopolio, las empresas de regeneración eran remuneradas por CAMPSA según sus costes de producción, por lo que fijaban el volumen de producción de aceites en función de las ventas que podían realizar a las empresas de fabricación de lubricantes y al margen de la evolución del precio que percibían. El precio de los aceites afectaba a la cantidad ofrecida sólo indirectamente, a través de su efecto sobre la cantidad demandada, lo que explica el signo negativo obtenido para el

coeficiente de la variable precio. A partir de 1987 el coeficiente de esta variable es la suma del coeficiente de la variable PARS y DPARS, siendo su signo positivo, tal como cabe esperar en cualquier mercado competitivo. Para este último período se obtiene una elasticidad precio, correspondiente a la media muestral, de 1,33.

Si se atiende al coeficiente estimado asociado a L, se completa la evidencia sobre el cambio radical habido en el comportamiento de la función de oferta a partir de 1987, ya que a partir de ese momento presenta el comportamiento habitual que cabe esperar en cualquier mercado competitivo. Se trata de un cambio en la escala de producción que no es directamente interpretable, al estar asociado a un cambio en la pendiente de la curva de oferta.

El coeficiente estimado asociado a la variable TEC es positivo y presenta un elevado nivel de significatividad. Este resultado corrobora que la utilización de una tecnología avanzada constituye un factor fundamental para el desarrollo de la regeneración.

El signo positivo del coeficiente estimado asociado a la variable DAU refleja que una mayor competencia en el mercado por los aceites usados, al dificultar la disponibilidad de esta materia prima, perjudica la regeneración. Dicha competencia se intensifica cuando la normativa medioambiental permite la combustión de los aceites. La variable NMC recoge dicha autorización y su coeficiente refleja el efecto negativo que el desvío de los aceites hacia su combustión tiene sobre la regeneración.

El coeficiente asociado a la variable MA presenta el signo positivo que era de esperar como resultado del nuevo marco legal establecido por la Comunidad Autónoma de Cataluña para la gestión de los aceites usados en esa región.

El coeficiente estimado asociado a la variable FAM presenta signo negativo, reflejando la caída en el volumen de la producción de aceites regenerados como consecuencia del desmantelamiento de una de las dos empresas que operaban en el sector.

Cuadro 2. Resultados de la estimación de la función de oferta

Orden de integración: Estadístico DFA			
Variable	I(1)/I(0)	I(2)/I(1)	Conclusión
QARS	-0,61	-4,33	I(1)
PARS	-3,7	-6,33	I(1)
TEC	-2,07	-6,01	I(0)
DAU	-3,03	-8,72	I(1)
Contrastes para el análisis de cointegración			
Contraste	Estadístico		Punto crítico/P-valor (significación 5%)
Engle-Granger	-4,18		-3,75
Johansen	r = 0	74,31	0,00
VAR (k=3)	r ≤ 1	0,83	0,99
	r ≤ 2	0,21	0,74
Otros datos de la estimación del modelo base [Ecuación (1)]			
	Estadístico	P-valor	
F _{AV}	4,87	0,01	
R ² (corregido)	0,19		
Test de Chow (punto de ruptura: 1987)	30,26	0,00	
Estimación del modelo ampliado			
Variable	Coefficiente estimado	t de Student/ Estadístico	P-valor
PARS	-141,75	-11,59	0,00
DPARS	564,93	6,49	0,00
L	-30300,6	-6,67	0,00
TEC	193,78	11,73	0,00
DAU	131,34	9,92	0,00
NMC	-104,35	-5,12	0,00
MA	12250	10,52	0,00
FAM	-4866,75	-2,89	0,01
F _{AV}		72,11	0,00
DW		1,67	[0,00; 0,69]
Breusch-Godfrey LM: AR/MA1 ~ $\chi^2(1)$		0,68	0,40
Breusch-Godfrey LM: AR/MA2 ~ $\chi^2(2)$		2,05	0,35
Breusch-Godfrey LM: AR/MA3 ~ $\chi^2(3)$		4,21	0,23
Breusch-Godfrey LM: AR/MA4 ~ $\chi^2(4)$		7,37	0,11
Breusch-Pagan ~ $\chi^2(0,05, k-1) = 12,6$		7,25	0,40
Test de Jarque-Bera ~ $\chi^2(2)$		0,72	0,69
RESET		0,03	0,85
R² (corregido)		0,93	

La función de demanda de aceites regenerados

La forma funcional propuesta para la estimación de la función (2) es lineal. El análisis del orden de integración indica que todas las variables en la ecuación de demanda son I(1). El contraste de Engle-Granger confirma la estacionariedad de los residuos de la ecuación de cointegración y según el contraste de Johansen se acepta $r=1$ y, por tanto, la existencia de una única relación de cointegración (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos de la estimación de la ecuación (2) son, como ocurría con la función de oferta, insatisfactorios. Dicha estimación se corresponde con la ecuación siguiente¹⁶ (ver, además, Cuadro 3):

$$\text{QARD} = 84,49 \text{ PARD} + 214,56 \text{ Df} + 0,01 \text{ CL} \quad (6)$$

(4,20) (1,73) (1,19)

El test de Chow nos sugiere que uno de los principales defectos es la omisión del marco institucional en el que opera el mercado, marco que introducimos a través de las siguientes variables:

CI: contingentes de importación, cuyo valor es cero hasta 1985 y con posterioridad igual al resultado del cociente entre los contingentes anuales de importación de aceites lubricantes y de bases y el consumo final de lubricantes en el mercado español.

LE: variable ficticia aditiva que recoge el cambio operado en la demanda de los aceites regenerados como consecuencia del proceso de liberalización interior y exterior del mercado de lubricantes y que toma valor uno a partir de 1988, momento en que el modelo marca la existencia de ruptura estructural.

En el Cuadro 3 puede observarse que el coeficiente estimado de todas las variables presenta un elevado nivel de significatividad y el signo es el esperado.

El coeficiente estimado asociado a la variable PARD tiene signo negativo. En este caso, a diferencia de lo que ocurría con la oferta, la liberalización del mercado no introduce ningún cambio estructural con respecto al precio. El valor estimado para la elasticidad precio, correspondiente a la media muestral, es prácticamente nulo, con un

¹⁶ Entre paréntesis figura el estadístico t-ratio de significatividad individual.

valor de 0,085. Este resultado era previsible puesto que la demanda de lubricantes, en general, es inelástica por tratarse de un producto de difícil sustitución¹⁷.

El signo correspondiente a la variable Df presenta un nivel de significatividad superior al del propio precio de los aceites regenerados y signo positivo, reflejo de que el descuento con respecto al precio de los aceites de primer refino ha sido un factor importante en la demanda de los aceites regenerados. No obstante, la elasticidad de la demanda con relación al diferencial de precio, correspondiente a la media muestral, es de 0,40, por lo que la demanda sigue siendo inelástica. Este resultado pone de manifiesto la menor preferencia por las bases regeneradas frente a las de primer refino que existe en el mercado.

El coeficiente de la variable CL presenta el esperado signo positivo, lo que corrobora que el crecimiento del consumo final de lubricantes ha influido positivamente en la demanda de bases regeneradas.

El coeficiente estimado asociado a la variable CI tiene signo negativo, reflejo del peor comportamiento de la demanda de aceites regenerados a medida que progresa la apertura al exterior del mercado y que aumentan las importaciones de lubricantes y bases en un contexto de caída de precios.

En igual sentido apunta la estimación del coeficiente asociado a la variable ficticia LE. Este resultado puede interpretarse en términos de que la liberalización tuvo un efecto negativo sobre el mercado de los regenerados, en la medida que, ante una mayor oferta en el mercado y en un contexto de caída de precios, se produjeron más dificultades para la comercialización de este tipo de aceites.

¹⁷ En el análisis teórico de los mercados secundarios se señala que la demanda de inputs reciclados será menos elástica en el caso de mercados imperfectamente competitivos (Nestor, 1991).

Cuadro 3. Resultados de la estimación de la función de demanda

Orden de integración: Estadístico DFA			
Variable	I(1)/I(0)	I(2)/I(1)	Conclusión
QARD	-0,61	-4,33	I(1)
PARD	-1,98	-5,71	I(1)
CL	-1,59	-4,43	I(1)
Contrastes para el análisis de cointegración			
Contraste	Estadístico		Punto crítico/P-valor (significación 5%)
Engle-Granger	-3,84		-3,75
Johansen	r = 0	28,72	0,01
VAR (k=3)	r ≤ 1	7,68	0,97
Otros datos de la estimación del modelo base [Ecuación (2)]			
		Estadístico	P-valor
F _{AV}		0,42	0,65
R ² (corregido)		0,30	
Test de Chow (punto de ruptura: 1987)		17,80	0,00
Estimación del modelo ampliado			
Variable	Coeficiente estimado	t de Student / Estadístico	P-valor
PARD	-16,13	-2,45	0,02
Df	295,50	8,67	0,00
CL	0,04	13,80	0,00
CI	-12112,20	-11,61	0,00
LE	-9045,24	-7,36	0,00
F _{AV}		166,02	0,00
DW		1,99	[0,20;0,73]
Breusch-Godfrey LM: AR/MA1 ~ $\chi^2(1)$		0,00	1,00
Breusch-Godfrey LM: AR/MA2 ~ $\chi^2(2)$		0,95	0,62
Breusch-Godfrey LM: AR/MA3 ~ $\chi^2(3)$		1,42	0,69
Breusch-Godfrey LM: AR/MA4 ~ $\chi^2(4)$		3,28	0,51
Breusch-Pagan ~ $\chi^2(k-1)$		3,61	0,60
Test de Jarque-Bera ~ $\chi^2(2)$		3,49	0,17
RESET		1,03	0,31
R² (corregido)		0,95	

El mercado de los aceites usados

En este caso, se ha propuesto una forma funcional doblemente logarítmica para las funciones de las ecuaciones (3) y (4). Los resultados del análisis de la estructura estocástica de las variables que intervienen en esas ecuaciones se recogen en el Cuadro 5, observándose que todas las series son integradas de orden 1. Respecto a los resultados del análisis de cointegración, en la ecuación correspondiente a la oferta de los aceites usados el test de Engle-Granger no puede confirmar la hipótesis de estacionariedad de los residuos, aunque sí el test de Johansen (existe un único vector de cointegración). En la ecuación del precio, el test de Engler-Granger confirma la estacionariedad de los residuos y el de la traza de Johansen apunta hacia la existencia de dos vectores de cointegración ($r=2$).

En este mercado también ha sido necesario introducir variables asociadas al marco institucional, en concreto las siguientes:

S: variable ficticia aditiva que recoge el cambio de la normativa medioambiental permitiendo y subvencionando la combustión de los aceites, y que toma valor uno a partir de 1992, momento en que el modelo marca la existencia de ruptura estructural. Esta variable se incorpora en la ecuación de cantidades.

SPAU: variable ficticia de tipo multiplicativo, obtenida a partir de S y del precio de los aceites usados (PAU), que se incorpora también en la ecuación de cantidades.

L: variable ficticia aditiva que recoge la liberalización del mercado de lubricantes a partir de 1987, que se incorpora a la ecuación del precio.

De esta forma el sistema finalmente especificado es el siguiente:

$$\text{Log AU}_t = \beta_0 + \beta_1 \text{Log PAU}_t + \beta_2 S_t + \beta_3 \text{Log SPAU}_t + \beta_4 \text{Log CA}_t + u_{1t} \quad (7)$$

$$\text{Log PAU}_t = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log PARS}_t + \alpha_2 \text{Log CL}_t + \alpha_3 \text{Log PF}_t + \alpha_4 L_t + \alpha_5 \text{Log AU}_t + u_{2t} \quad (8)$$

Siendo u_{1t} y u_{2t} dos términos de error ruido blanco.

La estimación inicial del modelo por Mínimos Cuadrados en 2 Etapas puso de manifiesto que el coeficiente de la variable cantidad (α_5) en la ecuación del precio (8) no era significativo, ni su signo el esperado (ver Cuadro 4). Este resultado permite confirmar el supuesto de que la demanda de aceites usados es perfectamente elástica, lo

que hace posible simplificar el método de estimación del sistema de ecuaciones (7) y (8). Asumiendo que $\alpha_5 = 0$ en la ecuación (8), esta última puede estimarse por MCO sin restricciones de simultaneidad. En lo que respecta a (7), el principal problema es la endogeneidad de PAU y SPAU, lo que implica que esa ecuación podrá estimarse por variables instrumentales, utilizando como instrumentos el resto de variables exógenas.

Cuadro 4. Resultados de la estimación inicial del mercado de aceites usados

Parámetro	Coefficiente	t-ratio
β_0	6,13	10,68
β_1	0,48	7,90
β_2	-13,10	-7,85
β_3	1,49	8,38
β_4	-0,32	-13,19
α_0	-19,63	-5,53
α_1	1,84	5,26
α_2	0,03	1,51
α_3	1,08	6,30
α_4	-1,27	-6,16
α_5	0,17	0,82

Ecuación cantidad: $R^2=0,97$. Ecuación precio: $R^2=0,82$.

Los resultados de la estimación de las ecuaciones (7) y (8) se recogen en el Cuadro 5. La capacidad explicativa obtenida en ambas regresiones es buena, estando el valor del coeficiente de correlación corregido próximo a la unidad. El contraste de Sargan avala el supuesto de incorrelación entre la perturbación y los instrumentos en la ecuación de cantidades (Novales, 1997).

Puede observarse que, con carácter general, todas las variables presentan un nivel de significatividad elevado y el signo es el esperado. Las variables LPAU y LSPAU requieren un análisis conjunto indicando que en la ecuación de cantidades la autorización de la combustión supuso un ajuste importante en la estructura del mercado con una sustantiva corrección al alza en la elasticidad precio: hasta 1991 la elasticidad precio de la oferta es de 0,46 y, a partir de ese año, de 1,94.

Por otro lado, la variable ficticia S, introducida de forma aditiva en esa misma ecuación, tiene un coeficiente negativo poniendo de manifiesto una ampliación en la escala de producción y, por tanto, un desplazamiento de la oferta de aceites usados hacia la derecha en respuesta a la autorización de la combustión de los aceites.

La variable LCA tiene un coeficiente negativo, aunque permite comprobar que el impacto de los costes de adquisición de los aceites usados sobre la oferta es menos que proporcional.

En definitiva, puede decirse que la oferta se ha desplazado y se ha hecho más elástica ante la existencia de otros destinos para los aceites usados. El desplazamiento de la función de oferta puede explicarse por el aumento de la capacidad de gestión final de los aceites usados habido como consecuencia del desarrollo de la combustión. El aumento de la elasticidad de la oferta se explica porque durante este período la rentabilidad del principal destino de los aceites, que es la combustión, es mucho más sensible al precio de los productos petrolíferos, en particular, al precio del fuel¹⁸.

Cuadro 5. Resultados de la estimación del mercado de aceites usados

Análisis del orden de integración: Estadístico DFA			
Variable	I(1)/I(0)	I(2)/I(1)	Conclusión
LAU	1,48	-4,41	I(1)
LPAU	-0,03	-4,24	I(1)
CL	-1,59	-4,43	I(1)
LPF	0,38	-4,67	I(1)
Contrastes para el análisis de cointegración (oferta de aceites usados)			
Contraste	Estadístico		Punto crítico/P-valor (significación 5%)
Engle-Granger	-1,71		-3,29
Johansen	r = 0	14,97	0,02
VAR (k=2)	r ≤ 1	1,25	0,37
Contrastes para el análisis de cointegración (precio de los aceites usados)			
Contraste	Estadístico		Punto crítico/P-valor (significación 5%)
Engle-Granger	-5,11		-4,15
Johansen	r = 0	56,81	0,07
VAR (k=5)	r ≤ 1	32,73	0,00
	r ≤ 2	10,02	0,84

¹⁸ En el mercado de los aceites usados, ante precios elevados del petróleo se intensifica la recogida, al aumentar los márgenes de venta de los aceites, mientras que en una situación de precios bajos los recogedores disminuyen su actividad. Este ajuste se produce en mayor medida en relación con la combustión de los aceites, debido a que el precio del fuel se incrementa más rápidamente que el de los aceites lubricantes y a que los refinadores soportan unos mayores costes (Irwin, 1977).

Estimación por variables instrumentales instrumentales [Ecuación (7)]

Variable	Coefficiente estimado	t de Student /Estadístico	P-valor
Constante	6,36	10,42	0,00
LPAU	0,46	6,93	0,00
S	-13,01	-6,27	0,00
LSPAU	1,48	6,74	0,00
LCA	-0,31	-10,37	0,00
R² (corregido)		0,97	
D-W		1,60	
F (Test de Sargan) ~ $\chi^2(5)$		9,66	

Estimación por MCO de la ecuación del precio [Ecuación (8)]

Variable	Coefficiente estimado	t de Student /Estadístico	P-valor
Constante	-20,32	-5,15	0,00
LPARS	1,04	5,61	0,00
LCL	2,05	7,32	0,00
LF	0,46	6,93	0,00
L	-1,34	-6,92	0,00
R² (corregido)		0,78	
D-W		1,29	
F_{AV}		32,77	0,00

5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo era analizar la efectividad de las distintas políticas públicas para promover la regeneración de los aceites usados, como opción ambientalmente prioritaria de reutilización de esos aceites. La metodología utilizada ha consistido en la estimación de las funciones de oferta y demanda del mercado de los aceites regenerados y de los aceites usados para, a partir del cálculo de elasticidades, extraer conclusiones acerca de las políticas que afectan a los precios. Asimismo, dichas estimaciones han puesto de manifiesto otros factores relevantes en el comportamiento de las funciones de oferta y demanda.

Según los resultados obtenidos, tras la liberalización del mercado la función de oferta de aceites regenerados es elástica, con un valor de la elasticidad precio de 1,33. Asimismo, la utilización por los regeneradores de una tecnología avanzada y la disponibilidad de aceites usados aparecen como factores fundamentales en las

decisiones de oferta. La función de demanda de aceites regenerados es inelástica con respecto al precio, con un valor de la elasticidad precio de 0,085, e incluso respecto al diferencial del precio entre las bases regeneradas y las bases de primer refino, ya que la elasticidad respecto a dicho diferencial es de 0,40. En el mercado de los aceites usados se ha observado que la elasticidad precio de la oferta se ha incrementado de forma sustancial con la autorización de la combustión siendo su valor de 0,46 hasta 1991 y de 1,94 a partir de ese momento.

En el contexto de los estudios empíricos sobre mercados secundarios, los resultados obtenidos para las funciones de oferta de los aceites regenerados y de los aceites usados son, junto a los obtenidos para el acero o el aluminio, de los pocos que indican la existencia de elasticidades elevadas; por el contrario, la reducida elasticidad de la demanda entroncaría con la mayor parte de los estudios realizados.

La literatura teórica sobre los mercados secundarios establece que será la elasticidad de la demanda la que determine qué tipo de políticas, si las que actúan sobre la oferta o la demanda, son más efectivas para incrementar el reciclaje de un residuo (Nestor, 1991). Si la elasticidad de la demanda es reducida, las políticas de oferta que tengan por objeto reducir el precio de las materias recuperadas no serán efectivas para incrementar los niveles de reciclaje. En el mercado de los aceites regenerados, habiéndose obtenido una reducida elasticidad precio de la demanda, el énfasis para conseguir un mayor desarrollo de la regeneración debería ponerse en las políticas de estímulo a la demanda distintas de las que inciden sobre el precio.

No obstante, dado que el precio en el mercado de los regenerados siempre se fija en relación con el precio en el mercado de primer refino, resulta más significativo valorar la elasticidad de la demanda respecto a este diferencial de precio. Pero, también en este caso, se ha constatado la inelasticidad de la demanda, reflejo de la menor preferencia que sobre las bases regeneradas existe en el mercado, con lo cual un mayor desarrollo de la regeneración también requiere de la aplicación de políticas distintas a las que inciden en dicho descuento.

En este sentido, cabe citar que la puesta en marcha de campañas de información pública podría permitir que a largo plazo creciese la demanda de aceites regenerados, como ha ocurrido con otros productos como el papel. Técnicamente, las principales certificaciones de aceites lubricantes garantizan la similitud de características entre

aceites de regenerados y de primer refino, pero la concienciación pública sigue siendo una tarea pendiente. La demanda por parte de la Administración Pública para su propio abastecimiento o la obligatoriedad de que los lubricantes puestos en el mercado contengan un porcentaje de bases regeneradas cumplirían esta misma finalidad.

Por otra parte, la estimación de la función de oferta de aceites regenerados ha puesto de manifiesto la necesidad de ciertas políticas de oferta para favorecer su desarrollo. En concreto, dado que la oferta es elástica, la concesión de subvenciones para cubrir los déficit de explotación resultará efectiva para el mantenimiento de la actividad. Las subvenciones pueden justificarse por las economías externas derivadas de la regeneración en relación con otras alternativas de gestión de los aceites usados.

Asimismo, a partir de los factores determinantes de la función de oferta pueden señalarse otras políticas que, afectando a la oferta, pueden favorecer el desarrollo de la regeneración. En particular, se ha comprobado que la disponibilidad de aceites usados constituye un factor fundamental para la producción de aceites regenerados, como prueba la práctica desaparición de la regeneración a partir de 1992 como consecuencia de la escasez relativa originada por el desarrollo de la combustión. En este sentido, aquellas medidas que faciliten la canalización de los aceites usados hacia la regeneración frente a otros usos, como el establecimiento de normas más estrictas para la combustión, favorecerán el pretendido desarrollo de la regeneración.

En el mercado de los aceites usados constituye un resultado en sí mismo el que se hayan corroborado las hipótesis que se habían formulado sobre el comportamiento de las funciones de oferta y demanda. Se ha podido constatar que la oferta de aceites usados es elástica y que, por tanto, responde positivamente a la concesión de subvenciones. No obstante, esta función de oferta pasa de ser inelástica a ser elástica a raíz del desarrollo de la combustión de los aceites usados, ya que este destino es mucho más sensible al precio de los productos petrolíferos, en particular, al del fuel. De hecho, la recogida de los aceites usados en los últimos años ha tenido como principal destino la combustión, por lo que, si el objetivo es incrementar tanto la recogida como la regeneración de los aceites, se hacen necesarias medidas adicionales.

En definitiva, a partir del análisis empírico de los mercados de aceites usados y de aceites regenerados, puede concluirse que para conseguir un mayor desarrollo de la regeneración se deberían instrumentar políticas dirigidas a incrementar la demanda.

Ante la ineficacia de las medidas que inciden en la reducción del precio, debería ponerse el acento en otras medida, como la concienciación pública a favor del consumo de aceites regenerados o la obligatoriedad de que todos los lubricantes puestos en el mercado contengan un porcentaje de bases regeneradas, tal como ya contempla el proyecto de ley que está elaborando el Ministerio español de Medio Ambiente. No obstante, desde el punto de vista de la oferta, además de aplicar una adecuada política de subvenciones para cubrir los déficit de explotación, se deben tomar otras medidas que favorezcan la canalización de los aceites usados hacia la regeneración frente a destinos alternativos. En este sentido, actuará favorablemente la nueva Directiva sobre incineración de residuos que, incluyendo a los aceites usados, exige valores límites de emisión mucho más estrictos que los actuales, pero, a su vez, se deberían eliminar las exenciones fiscales de que disfruta la combustión de los aceites usados en el impuesto sobre hidrocarburos y, asimismo, los incentivos que la política tarifaria genera respecto de la valorización energética de los aceites para producción de electricidad.

Bibliografía

- ANDERSON, R.C. y SPIEGELMAN, R.D. (1977): "Tax policy and secondary material use", *Journal of environmental economics and management*, 4, pp. 62-82.
- ANGULO, J.; FERNANDEZ DE LAS HERAS, J. y MARTIN PANTOJA, J.L. (1996): "La regeneración de aceites usados: un proceso viable", *Ingeniería Química*, enero, pp. 173-176.
- CAMPSA (varios años): *Informe Anual*. Madrid: Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos.
- DEDMAN, D. y TURNER, K. (1981): "Modelling the supply of Wastepaper", *Journal of environmental economics and management*, 8, pp. 100-103.
- EDGREN, J.A. y MORELAND, K.W. (1989): "An econometric analysis of paper and wastepaper markets", *Resources and Energy*, 11, pp. 299-319.
- EDWARDS, R. y PEARCE, D. (1978): "The effect of prices on the recycling of waste materials", *Resources Policy*, Dec., pp. 242-248.
- FISHER, F.M., COOTNER, P.H. y NEIL BAILY, M. (1972): "An econometric model of the world copper industry", *Bell J. Econ. Manag. Sci.* 3, 568-609.
- GILL, G. y LAHIRI, K. (1980): "An econometric model of wastepaper recycling in the USA", *Resources Policy*, dec., pp.320-325.
- IRWIN, W. (1977), "Alternative International Approaches to Recycling Used Oil", en PEARCE, D.W. and WALTER, I. (eds.): *Resource Conservation. Social and Economic Dimensions of Recycling*. New York: New York University-Longman, 1977.

- KINLEY, C.C. y LAHIRI, K. (1984): "Testing the rational expectations hypothesis in a secondary materials market", *Journal of environmental economics and management*, 11, pp.282-291.
- LOHOF, A. (1991): *Used oil management in selected industrialized countries*, American Petroleum Institute, Washington, D.C., Discussion Paper.
- MEMORIAS DE LA DELEGACION DEL GOBIERNO EN LA COMPAÑÍA ARRENDATARIA DEL MONOPOLIO DE PETROLEOS (varios años), Madrid: Ministerio de Economía y Hacienda.
- NESTOR, D.V. (1991): *Increasing the rate of recycling when demand is price-inelastic: a case study of the market for old newspapers*, Dissertation. The University of Tennessee, Knoxville.
- NOVALES, A. (1997): *Econometría*, Madrid: McGraw-Hill.
- SIGMAN, H. (1995): "A comparison of public policies for lead recycling", *Rand Journal of economics*, 26, Autumn 1995, pp. 452-78.
- SLADE, M.E. (1980): "An econometric model of the U.S. Secondary Copper Industry: Recycling versus Disposal", *Journal of environmental economics and management*, 7, pp. 123-141.
- SUSLOW, V.Y. (1986): "Estimating monopoly behavior with competitive recycling: an application to Alcoa", *Rand Journal of Economics*, vol 17, nº 3, autumn, pp. 389-403.
- TORRAS, J.M. (1998): "Cator: Gestió integral dels olis usats. Reutilització de lubricants", en *1er. Fòrum de L'Automòvil i Medi Ambient*, Girona.