

XVIII ENCUENTRO DE ECONOMÍA PÚBLICA

Málaga, 3 y 4 de febrero de 2011

Análisis del equilibrio a largo plazo del mercado de aceites usados y regenerados en España

Asunción Arner Güerre

Grupo Consolidado de Investigación en Economía Pública

Departamento de Estructura e Historia Económica y Economía Pública

Universidad de Zaragoza

Abstract

Los aceites usados constituyen un residuo peligroso cuyo vertido o gestión inadecuada producen graves daños medioambientales. El valor económico de este residuo es elevado porque conserva los hidrocarburos iniciales que contienen los lubricantes. Su gestión da lugar a varios mercados interrelacionados: el de recogida del residuo y el de su destino a regeneración o combustión. La legislación medioambiental ha establecido la prioridad de la regeneración como opción de reutilización de los aceites usados, aunque mayoritariamente los aceites usados se han reutilizado mediante su aprovechamiento calorífico en sustitución de otros combustibles.

El objetivo de este trabajo es analizar el equilibrio a largo plazo del mercado de aceites usados y regenerados y determinar las variables y factores de tipo institucional más relevantes en el funcionamiento del mercado. La metodología consiste en la estimación de un vector de corrección del error en el período 1964-2006. Este método tiene la ventaja de introducir, junto con el ajuste dinámico a corto plazo, la restricción de equilibrio a largo plazo, mediante la estimación de la relación de cointegración de estas variables y su inclusión en la especificación del modelo.

Palabras Clave

Aceites usados, aceites regenerados, combustión, valor de recuperación de los aceites usados, intervenciones en el mercado.

Clasificación JEL

L71, Q31, Q48

1. Introducción

Los aceites usados constituyen un residuo peligroso derivado del consumo de aceites lubricantes¹. Los aceites usados tienen un valor económico elevado debido que conservan gran parte de los hidrocarburos que contenían inicialmente. Los aceites usados pueden reutilizarse en la obtención nuevos lubricantes o como combustible y se ha desarrollado un importante mercado para este residuo.

La regeneración constituye el proceso por el que se obtienen aceites base, de idénticas características que los aceites de primer refino, para la producción de lubricantes². Los aceites usados pueden utilizarse también, dado su poder calorífico, como combustible en sustitución del fuel oil. Según la legislación medioambiental la regeneración constituye la opción preferente de reutilización de este residuo. En la mayoría de países el destino principal de los aceites usados ha sido la combustión, aunque en los últimos años se ha incrementado el número de plantas de regeneración instaladas³.

Desde una perspectiva económica y medioambiental, la regeneración constituye la opción más eficiente de gestión de este residuo cuando se consideran los costes externos de las distintas opciones de gestión, debido el ahorro de materias primas y energía que supone. Con tres litros de aceites usados se obtienen dos litros de aceite nuevo, siendo necesarios cien litros de petróleo para obtener la misma cantidad de aceites base. Asimismo, permite reducir la emisión a la atmósfera de CO₂⁴.

La existencia de situaciones de falta de competencia y de efectos externos en la generación de aceites usados ha determinado la regulación del mercado de aceites

¹ La gestión inadecuada de los aceites usados provoca los siguientes daños: 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, J.M^a, 1999).

² Los aceites lubricantes se obtienen mediante la mezcla de *aceites base* procedentes del refino de petróleo o de la regeneración de aceites usados, con aditivos para la formulación de los distintos tipos de lubricantes. El proceso de regeneración consiste en la eliminación de los contaminantes, productos de la oxidación y aditivos que contienen los aceites usados. En España, el rendimiento de las tecnologías de regeneración aplicadas oscila entre el 60 y el 75%.

³ La Directiva 2008/98/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos, reitera la prioridad dada a la regeneración en la gestión de aceites usados.

⁴ La pérdida de peso de los aceites usados en el proceso de regeneración se produce como resultado de la eliminación de los contaminantes, productos de la oxidación y aditivos que contienen los aceites usados. En España, el rendimiento de las tecnologías instaladas oscila entre el 60 y 75% (Véase Angulo, Fernández de las Heras y Martín Pantoja, 1996; Gómez-Miñana, 1993; LLobet Díaz, 1995 y Ramsden, 1995).

usados y regenerados desde el inicio de la actividad. La determinación de los factores fundamentales en el funcionamiento del mercado y la evaluación de las políticas públicas aplicadas justifica el análisis de estos mercados. Anteriormente, se han analizado desde una perspectiva estática de modo independiente ambos mercados (Arner, Barberán, Mur, 2003 y 2006) y también de forma simultánea.

El objetivo de este trabajo es determinar el equilibrio a largo plazo del mercado de aceites usados y aceites regenerados y analizar las intervenciones públicas relevantes en el ajuste dinámico del mercado. El análisis se realiza mediante la estimación de un vector de corrección del error en el período muestral de 1964 a 2006.

La estimación del mercado se basa en la experiencia acumulada en los estudios empíricos sobre mercados de residuos. Los principales estudios se refieren al mercado del papel usado. El análisis dinámico de este mercado se ha formulado introduciendo la hipótesis de expectativas adaptativas (Edwards y Pearce, 1978; Deadman y Turner, 1981) y también de expectativas racionales (Kinkley y Lahiri, 1984). Otros mercados analizados son el mercado del acero, el plomo, el cobre y el aluminio⁵.

En su exposición, el trabajo se estructura en los siguientes apartados. Seguidamente, se presenta la evolución de las regulaciones del mercado de aceites usados y aceites lubricantes regenerados y de primer refino. El tercer apartado analiza el modelo del vector de corrección de error. El cuarto apartado valora los resultados obtenidos. Por último, se exponen las principales conclusiones sobre el funcionamiento del mercado y las intervenciones públicas establecidas.

2. Las intervenciones en el mercado de aceites usados destinados a regeneración y aceites regenerados en España (1964-2006).

La actividad de regeneración en España se ha caracterizado por la importancia de las intervenciones públicas desde el inicio de la actividad en el ámbito del Monopolio de Petróleos y, tras la liberalización del mercado, de la política medioambiental. La Directiva 2000/76/CE, sobre incineración de residuos determina la evolución reciente del mercado. La nueva regulación sobre incineración de residuos ha establecido límites más estrictos de emisión en la combustión de aceites usados. En

⁵ Otros estudios sobre el papel son los de Anderson y Spielgeman, 1977; Gill y Lahiri, 1980; Edgren y Moreland, 1989 y Nestor, 1991; sobre el acero (Anderson y Spielgeman, 1977), el plomo (Sigman, 1995), el cobre (Fisher, Cootner y Baily, 1972) y el aluminio (Slade, 1980; Suslow, 1986, Blomberg y Hellmer, 2000). La revisión se amplía a las variables relevantes en la especificación de las funciones de oferta y demanda del mercado de algunos metales (Figuerola-Ferreti y Gilbert, 2001; Evans y Lewis, 2005).

consecuencia, permite internalizar los costes externos de las distintas opciones de gestión e incentiva la implantación de nuevas empresas de regeneración⁶.

La introducción de la responsabilidad del productor y el establecimiento de un sistema integrado de gestión de aceites usados en 2006 ha supuesto la sustitución de la financiación de la actividad con cargo a los Presupuestos Generales del Estado por una contribución del productor de aceites lubricantes al sistema integrado de gestión de aceites usados (Sigaus), que financia todas las intervenciones referentes a la recogida y regeneración de aceites usados.

La oferta de aceites base del mercado está constituida por la oferta de aceites base de primer refino y de aceites base regenerados y el consumo de aceites regenerados constituye el 20% del consumo de lubricantes (Cuadro 1). El productor de aceites lubricantes sustituye aceites base de primer refino por aceites regenerados y el funcionamiento del mercado de lubricantes es eficiente.

⁶ Directiva 2000/76/CE, sobre incineración de residuos (DO L 332, de 28 de diciembre de 2000). Incorporada al derecho español mediante el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos (B.O.E. de 14 de junio de 2003, núm. 142), de aplicación a instalaciones nuevas en 2003 y a instalaciones existentes en 2005. Los valores de emisión medios de una instalación de valorización energética de aceites usados para producción de energía eléctrica pueden verse en Regidor (1999).

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

Año	Consumo de lubricantes ¹ (Tm)	Aceites usados generados ² (Tm)	Tasa de recogida %	Aceites usados regeneración %	Aceites usados combustión %	Aceites regenerados (Tm) (2)	(2)/(1) %
2000	525.900	210.360	86,70	16,70	81,24	18.294	3,40
2001	528.300	203.320	92,32	25,12	73,46	28.297	5,30
2002	511.000	204.400	100,00	32,08	66,84	41.516	8,12
2003	514.400	205.760	100,00	38,74	60,36	49.932	9,70
2004	519.300	207.720	100,00	56,33	42,60	74.531	14,35
2005	515.600	206.240	100,00	65,53	33,72	84.050	16,30
2006	507.000	202.800	100,00	64,66	34,61	86.241	17,00
2007	415.421	173.151	100,00	71,48	28,52	82.434	20,00
2008	373.461	180.070	100,00	66,76	33,24	80.065	21,00
2009	312.662	154.775	100,00	63,24	36,76	65.193	20,00

¹Hipótesis de generación del 40% hasta 2006.

²Desde 2007, aceite lubricante incluido en el R.D. 679/2006, de 2 de junio y aceite usado recuperado a través de SIGAUS.

Fuente: Elaboración propia a Partir de Ministerio de Medio Ambiente (2007) y SIGAUS (2009).

El análisis de las intervenciones públicas desde el origen de la actividad en el ámbito del Monopolio de Petróleos y, en particular, desde la liberalización del mercado, tiene por objeto determinar cuáles tienen una mayor incidencia en la determinación del equilibrio del mercado. El análisis pone de manifiesto el carácter dinámico del funcionamiento del mercado debido que su evolución se explica a partir del comportamiento en períodos anteriores.

El cuadro 2 presenta una enumeración cronológica de las intervenciones públicas relativas a los aceites usados y los aceites lubricantes entre 1964 y 2006. Posteriormente, se justifica su inclusión en la determinación del equilibrio del mercado. Las intervenciones se clasifican según hagan referencia al sector de aceites lubricantes de primer refinado, aceites regenerados o aceites usados. De forma sintética, para facilitar la discusión de las variables de tipo institucional incluidas en la estimación, las intervenciones públicas relacionadas con cada sector se agrupan de la forma siguiente.

A. Sector de aceites lubricantes de primer refinado

A.1. Autorización de la instalación empresas refinadoras y ampliación de la capacidad durante el Monopolio de Petróleos.

A.2. Liberalización de la distribución de aceites de marca extranjera.

A.3. Liberalización de la distribución de aceites industriales.

- A.4. Liberalización del precio de los lubricantes.
- A.5. Liberalización de la comercialización de aceites base y de automoción.
- A.6. Liberalización exterior del mercado de lubricantes.
- A.7. Sujeción de los aceites lubricantes al Impuesto sobre hidrocarburos.

B. Sector de aceites regenerados

- B.1. Autorización de la instalación empresas de regeneración y ampliación de la capacidad durante el Monopolio de Petróleos.
- B.2. Determinación del precio de los aceites regenerados a partir del precio de los aceites de primer refino durante el Monopolio de Petróleos.

C. Sector de aceites usados

- C.1. Autorización de la recogida de aceites usados por las empresas de regeneración.
- C.2. Regulación del precio a pagar al productor de aceites usados por los aceites usados.
- C.3. Regulación de los residuos tóxicos y peligrosos.
- C.4. Regulación del precio del fuel.
- C.5. Liberalización del precio fuel.
- C.6. Concesión de subvenciones a la recogida y reutilización de aceites usados. Exención y derogación de la exención en el Impuesto sobre hidrocarburos de los aceites usados utilizados como combustible.
- C.7. Ley 6/1993, de 15 de julio, reguladora de residuos, de la Generalitat de Cataluña.
- C.8. Directiva 2000/76/CE, sobre incineración de residuos.
- C.9. Responsabilidad del productor de aceites usados en la gestión de aceites usados.

Las medidas relacionadas con el sector de lubricantes y aceites regenerados hacen referencia principalmente a la etapa del Monopolio de Petróleos. Las relativas a los aceites usados adquieren mayor relevancia en la etapa de liberalización del mercado. La regulación del precio del fuel resulta determinante en el funcionamiento del mercado de aceites usados y regenerados durante todo el período analizado.

Cuadro 2. Intervenciones públicas en el mercado de aceites usados y en las actividades de refino y fabricación de lubricantes 1960-2006.

Año	Sector	Fecha	Monopolio de Petróleos
1960	Regeneración	28/1/1960	Autorización de la instalación de la empresa de regeneración ULIBARRI (S.A.) Inicia la producción en 1965.
1961	Lubricantes	8/5/1961	Autorización de la instalación de una refinería de petróleo en La Coruña (PETROLIBER). Inicia la producción en 1967.
1962	Regeneración	12/4/1962	Autorización de la instalación de la empresa de regeneración OLIVOL (S.A.). Inicia la producción en 1964.
	Aceites usados	4/4/1962	Autorización a ULIBARRI para efectuar la recogida de los aceites usados.
	Aceites usados	16/5/1962	Autorización a OLIVOL para efectuar la recogida de los aceites usados.
1963	Lubricantes	22/7/1963	Reglamento para la venta de aceites minerales y otros productos petrolíferos, vigente hasta 1985, por el que se autoriza la distribución del 70% de la producción de aceites de marca extranjera por las empresas extranjeras.
	Regeneración	2/3/1963	Autorización de la ampliación de la capacidad de ULIBARRI hasta 10.000 Tm.
1964	Regeneración	29/1/1964	Autorización de la instalación de la empresa de regeneración LUDESA (S.A.) Inicia la producción en 1967.
	Regeneración	26/6/1964	El precio de los aceites regenerados se fija en 80% de aceites similares de primer refino.
	Lubricantes	20/8/1964	Autorización de la instalación de una refinería de petróleo en Algeciras (CEPSA). Inicia la producción en 1967. Capacidad de producción de lubricantes 200.000 Tm.
	Lubricantes	11/9/1964	Se autoriza la instalación de una refinería de petróleo en Huelva (ERT). Inicia la producción en 1967. Capacidad de producción de lubricantes 150.000 Tm.
	Lubricantes	16/10/1964	Se autoriza la instalación de una refinería de petróleo en Castellón de la Plana (PETROMED). Inicia la producción en 1967.
1965	Lubricantes	1/1/1965	Inicia la producción la refinería de Puertollano (ENCASO). Capacidad de producción de lubricantes 200.000 Tm.
	Aceites usados	18/12/1965	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.
1967	Lubricantes	10/6/1967	Se aprueba que las refinerías de exportación (CEPSA, ERT, PETROMED) destinen la producción en las cantidades establecidas al mercado nacional.
	Lubricantes	19/10/1967	Ampliación de la capacidad de producción de la refinería de Cartagena (REPESA). Capacidad de producción de
	Lubricantes	2/11/1967	lubricantes 160.000 Tm.

			Ampliación de la capacidad de producción de la refinería de Santa Cruz de Tenerife (CEPSA). Capacidad de producción de lubricantes 60.000 Tm.
1968	Lubricantes	27/3/1968	Se autoriza la instalación de una refinería de petróleos en Somorrostro (PETRONOR).
	Lubricantes	9/3/1968	Decreto 418/1968, sobre el régimen de autorización de las refinerías de petróleo.
1969	Lubricantes	16/8/1969	Se amplía la capacidad de producción de la refinería de Puertollano (ENCASO).
1971	Lubricantes	14/5/1971	Se encomienda al INI la creación de una refinería de Petróleos en Tarragona. Inicia la producción en 1974.
1973	Regeneración	26/7/1973	El precio de los aceites regenerados se fija en 85% de aceites similares de primer refino.
1974	Lubricantes	20/7/1974	Se establece un plan de ampliación de refino de crudos petrolíferos hasta 1980.
	Aceites usados	2/3/1974	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.
1975	Aceites usados	22/4/1975	Se incrementa el precio a pagar por los aceites usados a los productores de aceites usados.
	Regeneración	29/11/1975	Se autoriza la ampliación de la capacidad de ULIBARRI hasta 16.000 Tm.
	Aceites usados	14/11/1975	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.
1976	Lubricantes	1/1/1976	Se liberaliza la distribución de aceites de marca extranjera.
1977	Regeneración	24/7/1977	El precio de los aceites regenerados se fija en 80% de aceites similares de primer refino.
	Aceites usados	25/7/77	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.
1978	Regeneración	1/1/1978	Se autoriza la ampliación de la capacidad de ULIBARRI hasta 18.000 Tm.
1979	Aceites usados	3/7/1979	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.
	Lubricantes		Ley 39/1979, de 30 de noviembre, de los impuestos especiales. El tipo impositivo de los lubricantes se establece en 13pts./kg. Si se destinan a la fabricación de otros productos están exentos.
1980	Regeneración	1/1/1980	Se autoriza la ampliación de la capacidad de ULIBARRI hasta 26.000 Tm.
	Aceites usados	7/1/80	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.

1981	Aceites usados	6/7/1981	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.
Año	Sector	Fecha	Período Transitorio de Liberalización
1985	Lubricantes	13/12/1985	Real Decreto-Ley 5/1985, de adaptación del Monopolio de Petróleos.
	Lubricantes	23/12/1985	Ley 45/1985, de 23 de diciembre, de Impuestos Especiales. El tipo impositivo de los lubricantes se establece en 13pts./kg. Si se destinan a la fabricación de otros productos están exentos.
1986	Lubricantes	1/1/1986	Se liberaliza la distribución de aceites industriales.
	Lubricantes	1/1/1986	Se inicia la liberalización exterior del mercado de lubricantes mediante la introducción de contingentes crecientes de importación.
	Regeneración	1/1/1986	Se autoriza la ampliación de la capacidad de ULIBARRI hasta 35.000 Tm.
	Regeneración	1/1/1986	Se autoriza la ampliación de la capacidad de LUDESA hasta 15.000 Tm.
	Regeneración	1/1/1986	Se produce el cierre de OLIVOL tras sufrir distintos incendios.
	Aceites usados	20/5/1986	Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
	Aceites usados	11/08/1986	Se fijan nuevos precios del fuel-oil.
	Lubricantes	30/12/1986	Real Decreto 2644/1986, de 30 de diciembre, por el que se regula la fabricación, distribución y venta de aceites base y lubricantes de automoción, siendo objeto de autorización únicamente las cantidades comercializadas hasta 1989.
	Lubricantes	13/06/1986	Real Decreto 1340/1986 por el que se regula un régimen de importaciones a efectuar por las entidades delegadas del Monopolio, en cumplimiento de la Ley 41/1984, de Importación de productos objeto del Monopolio.
	Lubricantes	23/12/1986	Leyes de Presupuestos Generales del Estado para 1987, por la que se fija un tipo impositivo en el Impuesto sobre Hidrocarburos de 10 y 38 pts/Kg. para los aceites regenerados y de primer refino, respectivamente.
1987	Lubricantes	1/1/1987	Se liberaliza el precio de los lubricantes.
	Lubricantes	23/12/1987	Leyes de Presupuestos Generales del Estado para 1988, por la que se fija un tipo impositivo en el Impuesto sobre Hidrocarburos de 10 y 38 pts/Kg. para los aceites regenerados y de primer refino, respectivamente.
1988	Aceites usados	20/7/1988	Reglamento para la ejecución de la Ley Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
	Regeneración	1/1/1988	LUDESA deja de producir en este año.
	Aceites usados	30/11/1988	Orden del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo por el que se conceden subvenciones a la reutilización de los aceites usados. Desde 1989, se establecen en aplicación del Plan Nacional de Residuos Industriales (1989-1993).

Año	Sector	Fecha	Liberalización del mercado de aceites base y automoción
1989	Lubricantes	1/1/1989	Se liberaliza la comercialización de aceites base y aceites de automoción.
	Aceites usados	1/1/1989	Se inicia la liberalización del precio del fuel.
	Aceites usados	28/2/1989	Orden de gestión de aceites usados por la que se establece la obligación de entrega de todos los aceites a recogedor autorizado y se autoriza la combustión de aceites usados.
	Regeneración	31/12/1989	LUDESA cierra definitivamente en 1989 tras obtener una reducida cantidad de aceites regenerados.
1990	Aceites usados	1/1/1990	Se amplía la concesión de subvenciones a la reutilización de aceites usados mediante valorización energética.
1991	Regeneración	1/1/1991	Inicia la producción de aceites regenerados PETROLEV, con capacidad de 20.000 Tm de aceites usados, en Valencia.
1992	Regeneración	1/1/1992	Se produce el cierre de ULIBARRI y de las empresas de regeneración del Monopolio.
	Lubricantes	1/1/1992	Se liberaliza el comercio exterior de lubricantes.
	Aceites usados	31/12/1992	Se completa la liberalización del precio del fuel.
1993	Lubricantes	1/1/1993	Se excluyen del Impuesto sobre hidrocarburos los aceites lubricantes (Desde 1990, se había fijado en 5pts/Kg para los aceites lubricantes de primer refino y regenerados).
	Aceites usados	1/1/1993	No se conceden subvenciones a la reutilización de aceites usados.
	Aceites usados	15/7/1993	Ley 6/1993, reguladora de residuos de la Generalitat de Cataluña por la que se establece el servicio público de recogida de aceites usados y la regeneración como único tratamiento de los aceites usados generados.
1994	Aceites usados	1/1/1994	Se reanuda la concesión de subvenciones a la reutilización de aceites usados.
	Regeneración	31/12/1994	Se produce el cierre de PETROLEV.
1995	Aceites usados	1/1/1995	Se establece la exención en el Impuesto sobre Hidrocarburos de los aceites usados utilizados como combustible, tras la aprobación del régimen especial de producción de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos y el inicio de la reutilización de los aceites usados para la producción de energía eléctrica.
	Regeneración	1/1/1995	CATOR (Alcover), con capacidad de 42.000 Tm de aceites usados, inicia la regeneración de aceites usados.
1996	Regeneración	1/1/1996	Inicia la producción de aceites regenerados ACEITES ECOLÓGICOS (Madrid), con capacidad de 30.000 Tm.

1998	Aceites usados	21/4/1998	Ley 10/1998, reguladora de residuos, insta al Gobierno a regular el plazo de un año un régimen fiscal de los aceites industriales y lubricantes.
		31/12/1998	Se produce el cierre de ACEITES ECOLÓGICOS.
1999	Aceites usados	1/3/1999	La Orden de 1 de marzo por la que se regulan la concesión de actividades a la reutilización de aceites usados en 1998, establece una subvención adicional para la valorización energética con producción de electricidad.
2000	Aceites usados	16/6/2000	Se elimina la subvención adicional a la valorización energética para producción de energía eléctrica desde 1999.
	Aceites usados	28/12/2000	Directiva 2000/76/CE, relativa a la incineración de residuos, por la que se establecen límites de emisión más restrictivos a la combustión de aceites usados.
2002	Regeneración	1/1/2002	Inicia la producción de aceites regenerados ECOLUBE (Madrid), con capacidad de 30.000 Tm de aceites usados.
2003	Aceites usados	30/5/2003	Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos, incorpora al ordenamiento español la Directiva sobre incineración de residuos de aplicación en 2003 para instalaciones nuevas y, en 2005, para instalaciones existentes.
2006	Aceites usados	2/6/2006	Real Decreto 679/2006, de 2 de junio (Deroga la Orden de 28/2/1989), por el que se regula la gestión de aceites industriales usados. Introduce el principio de responsabilidad del productor y el cumplimiento de unos objetivos de recogida y regeneración de aceites usados del 95% y el 65%, en 2008, respectivamente. Se constituye el Sistema Integrado de Gestión de Aceites Usados (SIGAUS).
	Aceites usados	30/11/2006	Ley 36/2006, de medidas para la prevención del fraude fiscal, deroga la exención en el Impuesto sobre de hidrocarburos de los aceites usados utilizados como combustible.

3. Un modelo explicativo del mercado español de aceites usados y regenerados entre 1964 y 2006

Especificación del modelo

El período muestral se establece entre 1964 a 2006 y los datos están referidos a períodos anuales. Los datos proceden de fuentes oficiales (Órdenes Ministeriales, Memorias de la Delegación del Gobierno en CAMPSA, Memorias de CAMPSA, Ministerio de Medio Ambiente y Subdirección General de Hidrocarburos de la Dirección General de Política Energética y Minas) y, en otros casos, de información directamente proporcionada por empresas del sector y elaboración propia a partir de la misma (véase Arner, Barberán, Mur, 2003 y 2006, para más detalles sobre fuentes estadísticas).

El mercado de aceites base regenerados se define por la producción de las empresas de regeneración u oferta de aceites base regenerados y la demanda de aceites base por las empresas de fabricación de lubricantes para el acabado de los aceites. En anteriores estimaciones del mercado, la función de oferta de aceites base regenerados se ha especificado en función del precio de los aceites regenerados, la tecnología de regeneración y la capacidad instalada de fabricación. Esta variable constituye una medida de la eficiencia del proceso de regeneración⁷. La función de demanda de aceites base regenerados se ha especificado en función del precio de los aceites regenerados y del consumo de lubricantes.

La función de oferta de aceites usados destinados a regeneración se ha especificado en función del precio de los aceites usados y del valor de recuperación de los aceites usados o beneficio a obtener con la regeneración de los aceites usados⁸. La función de demanda de aceites usados destinados a regeneración, además del precio de los aceites usados, se ha especificado en función del precio del fuel. El precio del fuel se considera en la demanda de aceites usados destinados a regeneración porque la combustión constituye una opción alternativa de aprovechamiento de los aceites usados.

⁷ La evolución del proceso de regeneración se ha caracterizado por el incremento de los costes de capital, que desde el inicio del desarrollo de las tecnologías de regeneración es del 75%. Según la tecnología utilizada, los costes fijos representan en la actualidad entre el 55% y el 80% de los costes totales (Sofres, T.N., 2001).

⁸ En Irwin (1977), Lohof (1991), Sigman, (1988) se señala la incidencia del valor de recuperación de los aceites usados en el funcionamiento del mercado.

En este trabajo se determina el equilibrio del mercado mediante la estimación de un vector de corrección de error (VEC) considerando la relación de cointegración de las variables precio de los aceites lubricantes de primer refino y cantidad de aceites usados destinados a regeneración.

El vector de corrección de error constituye un vector de autoregresión con restricciones que determinan una relación de cointegración sobre series no estacionarias. El método del vector de corrección de error (VEC), tiene la ventaja de introducir, junto con el ajuste dinámico a corto plazo, la restricción de equilibrio a largo plazo, mediante la estimación de la relación de cointegración de estas variables y su inclusión en la especificación del modelo.

Si se considera la siguiente relación de cointegración entre dos variables:

$$y_{2t} = \beta y_{1t}$$

El modelo del vector de error de cointegración puede formularse mediante las ecuaciones:

$$\Delta y_{1,t} = \alpha_1(y_{2,t-1} - \beta y_{1,t-1}) + \epsilon_{1,t}$$

$$\Delta y_{2,t} = \alpha_2(y_{2,t-1} - \beta y_{1,t-1}) + \epsilon_{2,t}$$

Donde el vector definido en las anteriores relaciones de cointegración se denomina término de corrección de error.

Si $y_{1,t}$ y $y_{2,t}$ difieren del equilibrio a largo plazo, el término de error de corrección es distinto de cero y cada variable se ajusta gradualmente mediante ajustes de equilibrio parcial para restablecer el equilibrio. El término de corrección de error tiende a cero en el largo plazo.

La introducción de la relación de cointegración en un modelo VAR, en que una variable escalar se modeliza en términos de sus propios valores pasados, supone la formulación del modelo en diferencias y niveles y todos ellos son $I(0)$ ⁹. El valor del coeficiente estimado de la variable endógena en el VAR representa la desviación de dicha variable de la relación de cointegración a largo o velocidad de ajuste de la variable endógena hacia el equilibrio.

⁹ Novales (2000), pág. 492 ; Johnston y Dinardo (2001), pág. 333.

Las variables endógenas consideradas en la estimación del VEC son la cantidad de aceites usados destinados a regeneración, *AUR*, y un precio de equilibrio correspondiente a los aceites lubricantes de primer refino (*PPR*). Entre las variables exógenas se consideran las incluidas en estimaciones anteriores del mercado:

PF: Precio del fuel.

VRA: Valor de recuperación de los aceites usados.

CIF: Capacidad instalada de fabricación.

La estimación del vector de corrección del error, debida la relevancia que las intervenciones públicas han tenido en su evolución, requiere la consideración de las variables de tipo institucional. En la estimación se consideran los siguientes cambios de tipo institucional:

1. La liberalización del precio de los lubricantes en 1987.
2. La Directiva 2000/76/CE, sobre incineración de residuos, por la que se establecen límites de emisión más estrictos a la combustión de aceites usados.

Los regresores introducidos para recoger los cambios institucionales que afectan al funcionamiento del mercado son:

D₁: Variable ficticia aditiva, con valor 1 desde 1987, en relación la liberalización del precio de los lubricantes en 1987.

D₂: Variable ficticia aditiva, con valor 1 desde 2002, asociada con la regulación de la combustión de aceites usados que establece la Directiva 2000/76/CE.

La estimación se realiza estableciendo dos retardos de la variable endógena y sin restricciones sobre el valor de los coeficientes. La transformación logarítmica de las variables se designa mediante la notación *L*.

Los resultados de la estimación del VEC son los que muestran el cuadro 3.

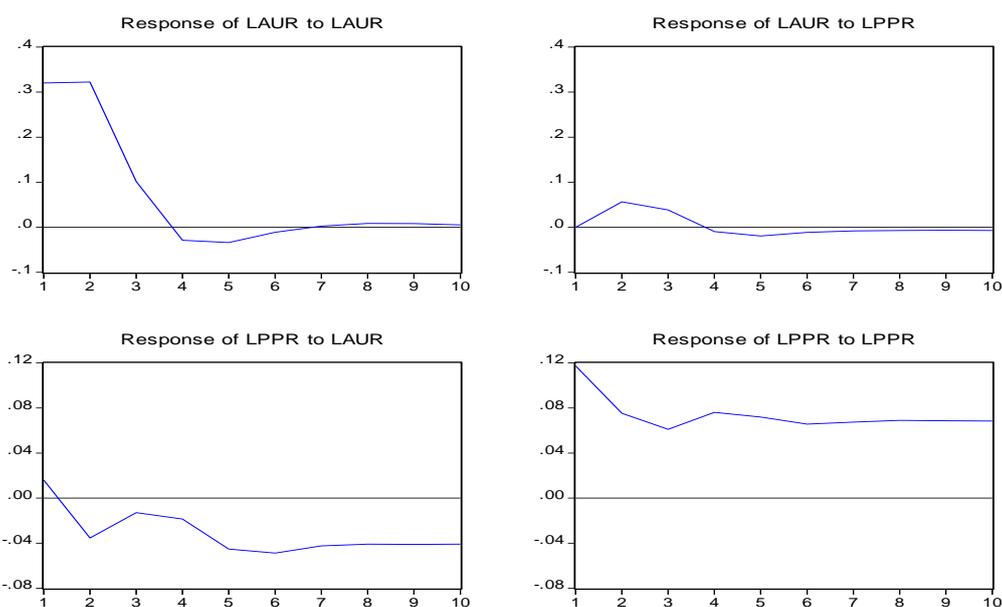
Cuadro 3. Resultados de la estimación del VEC

Ecuación de cointegración:		CointEq1	
LAUR (-1)		1.000000	
LPPR (-1)		0.109293	
		(0.31606)	
		[0.34580]	
Vector de corrección del error:			
		D(LPPR)	
CointEq1		-0.119605	LPFN1 0.115412
		(0.03740)	(0.09168)
		[-3.19815]	[1.25890]
D(LAUR(-1))		-0.022903	LVRA 0.030814
		(0.05199)	(0.03330)
		[-0.44049]	[0.92540]
D(LAUR(-2))		0.142358	LCIF 0.050907
		(0.04571)	(0.06758)
		[3.11471]	[0.75328]
D(LPPR(-1))		-0.345705	D1 -0.073423
		(0.13315)	(0.08829)
		[-2.59630]	[-0.83165]
D(LPPR(-2))		-0.167883	D2 0.429741
		(0.13606)	(0.07899)
		[-1.23393]	[5.44043]

R-squared 0.654896

Funciones impulso respuesta

Response to Cholesky One S.D. Innovations



4. Análisis de resultados

4.1. El equilibrio a largo plazo

El coeficiente del factor de cointegración en la ecuación del precio (LPPR), de 0,20 (Cuadro 3), es el correspondiente al diferencial de la cantidad de aceites usados destinados a regeneración, *AUR*, respecto del precio de primer refino, *PPR*, o diferencia entre el precio de los aceites regenerados y de primer refino¹⁰.

En consecuencia, el coeficiente del factor de cointegración en la ecuación del precio (LPPR) implica que en el equilibrio a largo plazo el consumo de aceites regenerados constituye el 20% del consumo de lubricantes y el porcentaje de generación de aceites usados no destinados a regeneración es de 0,33.

El coeficiente de las variables endógenas en el VEC representa la desviación de dicha variable de la relación de cointegración a largo o velocidad de ajuste de la variable endógena hacia el equilibrio. El coeficiente de la variable precio, *LPPR(-1)*, es el correspondiente al de generación de aceites usados no destinados a regeneración. El equilibrio a largo plazo del mercado considera, en consecuencia, las distintas opciones de reutilización de los aceites usados.

El coeficiente de *LPPR(-1)*, de 0,16, es el correspondiente al coeficiente de generación de aceites usados no destinados a regeneración en dicho período. Este razonamiento se aplica a los aceites usados generados por los aceites regenerados y el coeficiente final del precio es de 0,47¹¹. El coeficiente de la cantidad de aceites usados destinados a regeneración, *AUR*, pone de manifiesto que la diferencia del precio de los aceites regenerados y de primer refino es de 0,15.

El funcionamiento del mercado puede caracterizarse por un modelo de expectativas adaptativas en que la cantidad de aceites usados generados en un período depende del precio esperado. El precio esperado se determina por el precio pasado y un factor de ajuste correspondiente al coeficiente de las variables en el vector de corrección de error.

¹⁰ El coeficiente 0,20 es el resultado de dividir el coeficiente del factor de cointegración en la ecuación del precio por 0,6 debido que la cantidad de aceites regenerados producida es igual a la cantidad de aceites usados destinados a regeneración por dicho coeficiente.

¹¹ La última revisión del Ministerio de Medio Ambiente de generación de aceites usados considera un coeficiente de generación del 40% - 44%.

Estos resultados son coincidentes con estudios anteriores sobre mercados de residuos. Edwards y Pearce (1978), estiman el mercado de papel usado mediante un modelo de expectativas adaptativas por el que los oferentes de papel usado planean la producción al inicio de un período sobre la base de los precios esperados, los costes y sus expectativas sobre la disponibilidad de residuos¹². Los precios esperados se establecen como el valor pasado del precio y la variación del precio esperado, determinada por la experiencia del mercado de los oferentes. Las variaciones de precios esperados son determinadas por las variaciones en el pasado, ajustadas por la valoración del error cometido en las variaciones de precios pasados¹³.

En el equilibrio a largo plazo del mercado son significativas ambas variables institucionales D_1 , en relación con la liberalización del precio de los lubricantes en 1987, y D_2 con la Directiva sobre incineración de residuos. Esta última variable, referente al sector de aceites usados, pone de manifiesto que cuando se liberaliza el mercado el equilibrio depende de la internalización de los efectos externos derivados de la reutilización de los aceites usados generados mediante combustión.

4.2. Las intervenciones públicas determinantes del equilibrio del mercado

1. La liberalización del precio de los lubricantes en 1987.

El precio de los aceites regenerados es del 80% o el 85% del precio de primer refino dependiendo si el funcionamiento del mercado es el correspondiente al equilibrio a largo plazo. En este caso, además, el consumo de aceites regenerados constituye el 20% del consumo de lubricantes.

Durante la etapa del Monopolio de Petr6leos, el precio de los aceites lubricantes regenerados se establece en el 80% del precio de primer refino excepto en el período de 1973-77. La liberalización de la distribución de aceites de marca extranjera en 1976 determinó que el precio de los aceites regenerados se fijase en el 85% del precio de los aceites de primer refino en 1973. El aumento de la capacidad de regeneración en 1977 supuso que se estableciese de nuevo en el 80% en ese año. Las autorizaciones a la comercialización e importación de lubricantes en el Monopolio de Petr6leos determinan

¹² Edwards (1977): "Price expectations and the supply of waste paper", Occasional Paper 77-13. Department of Political Economy, University of Aberdeen [Edwards y Pearce (1978), pág. 244].

¹³ El modelo de expectativas racionales de Kinkley y Lahiri (1984) considera, además del valor pasado de la variable, toda la información disponible. Según estos autores, el modelo de expectativas sobre niveles de precios implica un ajuste casi instantáneo con respecto al error cometido en el pasado, pero el ajuste es muy lento en el caso de las expectativas de las variaciones sobre precios.

que la participación del consumo de aceites regenerados difiera del equilibrio a largo plazo¹⁴.

La liberalización del precio de los lubricantes en 1987 ($D_1 = 1$), tras la liberalización de la distribución de aceites industriales en 1986, implica que la diferencia entre el precio de los aceites regenerados y de primer refino sea del 15%¹⁵. La regulación del mercado se establece mediante la diferenciación del tipo impositivo aplicado a los lubricantes de primer refino y regenerados en el Impuesto sobre hidrocarburos. La cantidad de aceites regenerados comercializada en 1988 difiere de la autorizada y la regeneración depende de la concesión de subvenciones desde ese año¹⁶.

En anteriores estimaciones del mercado, el inicio de la producción de CATOR en 1995, tras aprobar la Generalitat de Cataluña, la Ley 6/1993, reguladora de residuos, constituye una variable explicativa del modelo¹⁷. El equilibrio a largo plazo del mercado considera las distintas opciones de reutilización de los aceites usados. La diversificación de la reutilización de los aceites usados (autorización de la combustión, regulación del régimen especial de producción de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de residuos y el reciclaje a productos asfálticos), incrementa la tasa de recogida de los aceites usados hasta el 86,70% de aceites usados generados a finales de la década (Cuadro 1). El objetivo principal de la regulación de los aceites usados, desde ese momento, es la corrección de efectos externos mediante el destino de los aceites usados a regeneración.

¹⁴ El procedimiento para la determinación de los precios de los productos petrolíferos abonados a las empresas refinadoras [véase Borrel, J y Gafo, I., (1978), pág. 25 y Santamaría, J. (1988), pág. 44] consistía, siendo Q_i la cantidad demandada por CAMPSA del producto i , en el cálculo del precio internacional medio ponderado por la estructura de la demanda del Monopolio (C_m):

$$C_m = \frac{\sum_i C_i Q_i}{\sum_i Q_i}$$

Donde C_i : Cotización internacional del producto i .

El cálculo final de los precios de los productos petrolíferos que CAMPSA abonará a cada una de las refinerías (P_i) se obtiene como:

$$P_i = C_i + (P_m - C_m)$$

Siendo P_m : Precio medio por tonelada de crudo destilada

¹⁵ Los aceites industriales constituyen el 40% del consumo de aceites lubricantes (Tinas, J., 2001).

¹⁷ Ribasés, M. (1994).

2. La Directiva sobre incineración de residuos

La Directiva sobre incineración de residuos internaliza los costes externos de la combustión e incentiva la instalación de nuevas empresas de regeneración. La tasa de recogida de los aceites usados generados es del 100% desde 2002 y la de reutilización de los aceites usados mediante regeneración se incrementa al 65% en 2005 (Cuadro 1).

La participación del consumo de aceites regenerados en el consumo final es el correspondiente al equilibrio desde la entrada en funcionamiento del sistema integrado de gestión de aceites usados SIGAUS (Cuadro 1). La política de subvenciones públicas se sustituye por un sistema integrado de gestión mediante el establecimiento de la responsabilidad del productor¹⁸.

La aportación que realizan los productores de aceites de primer refino, en aplicación del principio de responsabilidad del productor, para la financiación de la recogida y gestión de los aceites usados determina un beneficio razonable al regenerador y el funcionamiento del mercado de lubricantes es eficiente. Desde 2007, el aceite lubricante incluido en el R.D. 679/2006, de 2 de junio y el aceite usado recuperado a través de SIGAUS (Cuadro 1) refleja el funcionamiento eficiente del mercado de lubricantes.

5. Conclusiones

En el equilibrio a largo plazo del mercado de aceites usados y aceites regenerados la oferta de aceites lubricantes base está constituida por la oferta de aceites regenerados y de primer refino. El productor de aceites lubricantes sustituye aceites regenerados por aceites de primer refino en sus decisiones de producción y el funcionamiento del mercado es eficiente.

La estimación del VEC permite caracterizar el funcionamiento del mercado mediante un modelo de expectativas adaptativas. Como en otros mercados de residuos, la cantidad de aceites usados generados en un período depende del precio esperado. El precio esperado se determina por el precio pasado y un factor de ajuste correspondiente al coeficiente de las variables en el vector de corrección de error.

¹⁸ La derogación de la exención de los aceites usados utilizados como combustible en el Impuesto sobre hidrocarburos se aprueba en 2006. El R.D. 653/2003, de 30 de mayo, por el que se traspone la Directiva 2000/76/CE al ordenamiento español, prevé que para instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación, se llevará a cabo mediante la adaptación de la correspondiente autorización que, en todo caso, deberán contar con anterioridad a 2007.

La convergencia al equilibrio a largo plazo puede definirse como un proceso de corrección de fallos del mercado. Durante el período de adaptación del Monopolio de Petróleos, en relación con la ausencia de competencia en el mercado y, en la etapa de liberalización del mercado, con la corrección de efectos externos derivados de la gestión de aceites usados. Inicialmente, son los derivados de la reducida tasa de recogida y, posteriormente, de la reutilización de los aceites usados mediante combustión.

En la adaptación del Monopolio de Petróleos, las principales intervenciones hacen referencia al proceso de liberalización del mercado de aceites lubricantes. La diversificación de la reutilización de los aceites usados determina el aumento de la tasa de recogida en los noventa. La Directiva sobre incineración de los aceites usados incentiva la reutilización de aceites usados mediante regeneración.

El Sistema Integrado de Gestión de Aceites Usados (SIGAUS) establecido en 2007 sustituye la política de subvenciones públicas y garantiza un beneficio razonable al regenerador. El funcionamiento del mercado de aceites usados y regenerados es el correspondiente al equilibrio a largo plazo. El productor de aceites lubricantes sustituye aceites base de primer refino por aceites regenerados y el funcionamiento del mercado de lubricantes es eficiente.

Bibliografía

- ANGULO, J., FERNÁNDEZ DE LAS HERAS, J. y J.L. MARTÍN PANTOJA (1996), “La regeneración de aceites usados: un proceso viable”, *Ingeniería Química*, enero: 173-176.
- ARNER, A., BARBERÁN, R. y J. MUR (2003), “Las políticas públicas de fomento del reciclaje: la regeneración de aceites usados”, *Hacienda Pública Española/Revista de Economía Pública*, 167(4): 33-55.
- (2006), “La política de gestión de residuos: Los aceites usados”, *Revista de Economía Aplicada*, 42: 81 -100.
- (2007), “Economic Efficiency of Public Policies to Encourage the Re-refined of used oils”, 9th IAEE European Energy Conference “Energy Markets and Sustainability in a Larger Europe”, Florence, June 10-13.

- ANDERSON, R.C. y R.D. SPIEGELMAN (1977), "Tax policy and secondary material use", *Journal of Environmental Economics and Management*, 4: 62-82.
- BLOMBERG, J. y S. HELMER (2000), "Short-run demand and supply elasticities in the West European market for secondary aluminium", *Resources Policy*, 26: 39-50.
- CAMPSA (varios años), *Informe Anual*, Madrid: Compañía Arrendataria del Monopolio de Petróleos.
- DEADMAN, D. y K. TURNER (1981), "Modelling the supply of Wastepaper", *Journal of Environmental Economics and Management*, 8: 100-103.
- EDGREN, J.A. y MORELAND, K.W. (1989), "An econometric analysis of paper and wastepaper markets", *Resources and Energy*, 11: 299-319.
- EDWARDS, R. y D. PEARCE (1978), "The effect of prices on the recycling of waste materials", *Resources Policy*, December: 242-248.
- EVANS, M. y A.C. LEWIS (2005), "Dynamic metals demand model", *Resources Policy*, 30: 55-69.
- FIGUEROLA-FERRETTI, I. y C.L. GILBERT (2001), "Price variability and marketing method in non-ferrous metals: Slade's analysis revisited", *Resources Policy*, 27: 169-177.
- FISHER, F.M., COOTNER, P.H. y M.N. BAILY (1972), "An econometric model of the world copper industry", *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 3: 568-609.
- GILL, G. y K. LAHIRI (1980), "An econometric model of wastepaper recycling in the USA", *Resources Policy*, dec.:320-325.
- GÓMEZ MIÑANA (1993), "Los aceites usados. ¿Quién tiene la culpa de que se quemem?", *Revista Técnica de Medio Ambiente*, nº 34, pp. 17-22.
- JOHNSTON y DINARDO (2001): *Métodos de Econometría*, Vicens Vives, Madrid.
- 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.

- KINKLEY, C.C. y K. LAHIRI (1984), "Testing the rational expectations hypothesis in a secondary materials market", *Journal of Environmental Economics and Management*, 11: 282-291.
- LOHOF, A. (1991), *Used oil management in selected industrialized countries*, Discussion Paper, Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- LLOBET DÍAZ (1995), "Hacia un sistema global de gestión", en Panel: Recogida y tratamiento de aceites usados y su financiación, I Conferencia Internacional de Gestión de Residuos (RESIDUA 95), CIMAT, Sevilla.
- MADDALA, G. y I. KIM (1999), *Unit Roots, Cointegration, and Structural Change*, Cambridge: Cambridge University Press.
- MARTÍN PANTOJA, J.L. (2001), "Centros de transferencia y costes del sistema", en Jornadas sobre gestión de residuos especiales: vehículos fuera de uso, aceites usados, neumáticos y baterías, Madrid: Club Español de los residuos.
- MEMORIAS DE LA DELEGACION DEL GOBIERNO EN LA COMPAÑÍA ARRENDATARIA DEL MONOPOLIO DE PETROLEOS (varios años), Madrid: Ministerio de Economía y Hacienda.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006): *Medio Ambiente en España 2005*, Madrid: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente.
- 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.
- OLÁZABAL, C. (2002), "Gestión de aceites usados en Europa", en *Seminario Internacional sobre Recuperación de Aceites Usados*, Madrid: Club Español de los Residuos.
- RAMSDEN, D.P. (1995), "Used Oil Recycling. Quality again", Conference, U.K.
- REGIDOR, J.J. (1999), "Eficiencia comparada de los sistemas de tratamiento de aceites usados de motor", en III Conferencia Internacional de Gestión de Residuos (RESIDUA 99), CIMAT, Valladolid.

- RIBASÉS, M. (1994), “La gestión de los aceites usados minerales en Cataluña”, en *Revista Técnica del Medio Ambiente*, nº 40, pp. 67-69.
- SANTAMARÍA, J. (1988), *El petróleo en España: del Monopolio a libertad*, Madrid: Espasa Calpe.
- SIGMAN, H. (1995), “A comparison of public policies for lead recycling”, *Rand Journal of Economics*, 26: 452-78.
- (1998), “Midnight dumping: public policies and illegal disposal of used oil”, *Rand Journal of Economics*, vol. 29, núm. 1: 157-178.
- SLADE, M.E. (1980), “An econometric model of the U.S. Secondary Copper Industry: Recycling versus Disposal”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 7: 123-141.
- SOFRES T. N. (2001), *Critical Review of Existing Studies and Life Cycle Analysis on the Regeneration and Combustion of Used Oils (Final Report)*, Informe para la D.G.XI de la Comisión Europea, Bruselas.
- SUSLOW, V.Y. (1986), “Estimating monopoly behavior with competitive recycling: an application to Alcoa”, *Rand Journal of Economics*, vol 17, nº 3: 389-403.
- TINAS, J. (2001), “Obtención de un combustible simil-diesel a partir de aceites usados”, en *Jornadas sobre gestión de residuos especiales: vehículos fuera de uso, aceites usados, neumáticos y baterías*, Madrid: Club Español de los residuos.
- TORRAS, J.M^a. (1999), (1999): “El re-refinamiento como solución sostenible para el aceite usado: Proyecto Ecoroil”, *Residuos*, nº 49, pp. 88-92.