

Aliñando la ciudad: del aceite de cocina al biodiésel del autobús.

**Una propuesta alternativa de movilidad urbana
sostenible para Barcelona.**

Tutor de proyecto de fin de máster: Giuseppe Pugliese, Departamento OTRI

Autor: Sergi Bosque Garcia, ambientólogo

Máster en Ecoeficiencia y Mercados Energéticos online (2008/2009)

Fundación CIRCE, Universidad de Zaragoza

11 de diciembre de 2009

Abstract: The collection and recycling of used cooking oils (UCO) from households could turn this waste into biodiesel. Through the transesterification reaction we could have a sustainable biofuel to supply public fleet buses in urban areas. The biodiesel could replace gasoil A so this entails socioeconomic and environmental benefits. On one hand, the biodiesel from household's UCO could provide energy security supply and reduce the energy dependency of fossil fuels importation. Moreover, the GHG emissions of this biofuel are carbon neutral, because the plant where it comes has fixed them previously. Thus, there is no contribution to global warming effect and the pollutant gases are lower than gasoil A. There is also an economic save connected with sewage treatment. However, the society has to be provided with the enough information and education to make this initiative come true.

Keywords: biodiesel, used cooking oils (UCO), public fleet buses, sustainability, urban ecology, Barcelona.

Resumen: La recogida y reciclaje de aceites de cocina (UCO siglas en inglés) de origen doméstico puede convertir este residuo en biodiésel. Mediante la reacción de la transesterificación se obtiene un biocarburante que resulta una alternativa sostenible para abastecer la flota de autobuses públicos en las áreas urbana. En este caso, la conversión de un residuo en un recurso que puede sustituir el gasóleo de automoción conlleva múltiples ventajas socioeconómicas y medioambientales. Por un lado, el biodiésel obtenido a partir de UCO puede aportar seguridad de suministro energético y permite disminuir la dependencia energética del exterior en la importación de combustibles fósiles. Además, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en su combustión son neutrales, puesto que han sido fijadas previamente por la especie oleaginosa de la cual proviene. Así pues, no contribuye al calentamiento global del planeta y los contaminantes atmosféricos disminuyen respecto el gasóleo de automoción. También se aprecia un ahorro económico en la depuración de las aguas residuales en la gestión de las EDARs. En este sentido, la sociedad debe disponer de la información, la educación y la sensibilidad suficiente para que una iniciativa como la obtención de biodiésel a partir de UCO doméstico sea una realidad.

Palabras clave: biodiésel, aceites de cocina, autobuses públicos, sostenibilidad, ecología urbana, Barcelona.

Índice

1. Introducción y antecedentes	4
1.1 ¿Por qué hacer este proyecto?	4
1.2 ¿A quién va dirigido?	5
1.3 ¿Qué es el biodiésel?	5
1.4 Tecnología disponible	6
1.5 Marco normativo	8
2. Objetivos	10
3. Metodología	11
4. Desarrollo y resultados	14
4.1 Experiencias previas	14
4.2 Ámbito de actuación	18
4.2.1 Ámbito socioeconómico	18
4.2.2 Ámbito energético	21
4.2.3 Ámbito medioambiental	27
4.3 Resultados	39
4.3.1 Hipótesis y consideraciones	39
4.3.2 Limitaciones	40
4.3.3. Cálculo de resultados	41
5. Conclusiones	49
6. Bibliografía	52
7. Agradecimientos	55
8. Acrónimos	56

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En el apartado introductorio se describen las razones que han llevado a la realización de este proyecto, hacia quien va dirigido, así como un análisis sobre la producción del biodiésel, la tecnología disponible y el marco normativo europeo y estatal actual.

1.1. *¿Por qué hacer este proyecto?*

La energía mueve el mundo y es la base esencial de toda civilización humana, lo que puede conducirla a un progreso exitoso o al colapso absoluto. Esta afirmación reveladora nos debe hacer reflexionar sobre nuestro modelo energético actual basado en el consumo masivo de combustibles fósiles y minerales (uranio) no renovables, escasos, contaminantes y concentrados geográficamente. La vieja herencia a raíz de la primera y segunda revolución industrial aún está muy presente en nuestros días y existe la imperiosa necesidad de cambiar de paradigma y avanzar hacia una sociedad post-industrial donde la sostenibilidad sea el pilar sobre el que se sustente el conjunto de la sociedad.

En términos generales, el sector del transporte es el principal consumidor de energía final en España, alcanzando una proporción del 40% sobre el total y está basado en más del 98% en el uso de los derivados del petróleo¹. La dependencia energética de España resulta prácticamente total, ya que es importador neto de combustibles fósiles, y resulta alarmante. Sin embargo, no tan sólo es energética esa dependencia, sino que lo es económica y políticamente al depender de las decisiones de otros estados y/o corporaciones empresariales que desean mantener su *status quo* y determinar el porvenir de millones de personas. Esto redundará en unos costes perniciosos para tratar de mantener en funcionamiento todo el sistema productivo y los servicios básicos del país.

Por otro lado, la movilidad se ha convertido en un derecho ineludible para el conjunto de la sociedad, sobretudo en entornos urbanos. No obstante, los patrones en los que se sustenta esta movilidad distan mucho de ser sostenibles. La prioridad en el uso del transporte privado por encima del público genera grandes desequilibrios en lo referente a ocupación del territorio, exclusión social, contaminación atmosférica y acústica, contribución al calentamiento global del planeta, salud pública y una serie de costes externos que no aparecen en ningún cálculo contable pero que existen y que cada vez están adquiriendo un protagonismo menos deseado.

En definitiva, más de la mitad de la población mundial vive en entornos urbanos desde el año 2008² y esto supone un reto trascendental para las ciudades como las entidades territoriales donde se forjará el futuro y destino de la humanidad. En este sentido, las áreas urbanas son lugares de oportunidades, ideas, creatividad, innovación y dinamismo que pueden y deben aportar las soluciones y alternativas necesarias para revertir la situación actual y promover así la prosperidad, esperanza y calidad de vida que en ellas se espera.

El camino hacia la sostenibilidad urbana pasa por una nueva cultura de la energía basada en el ahorro, la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovables, sólo así seremos capaces de conseguir progresar en los tres pilares de una sociedad sostenible: socialmente justa, económicamente eficiente y ambientalmente aceptable.

¹ Fuente: PMUS: *Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible*, IDAE, Madrid, julio de 2006.

² Fuente: O'Meara Sheehan, Molly, *La situación del mundo 2007. Nuestro futuro urbano*, Icaria Editorial, Barcelona 2007.

1.2. ¿A quién va dirigido?

El presente estudio está inspirado y nace de la motivación propia por difundir y divulgar ideas innovadoras con sentido práctico y aplicable en el ámbito de la ecología urbana, con la sostenibilidad *glocal*, es decir, global y local, como telón de fondo. De este modo, cabe señalar la importancia que iniciativas como ésta salgan a la luz pública y no se queden en un mero trabajo académico, ya que la filosofía de cambio que propone no debería verse limitada a su circulación por pasillos universitarios o residir inmóviles en cajones de escritorio.

Como consecuencia, este proyecto es un llamamiento a todos los estamentos de la sociedad, los cuales están implicados directa o indirectamente por dicha propuesta. Se dirige con especial atención a la sociedad civil, como parte fundamental del cambio hacia una concepción de la movilidad, el uso de la energía y la valorización de los residuos de forma distinta a la convencional y establecida en la actualidad.

Por otro lado, la administración pública debería ser sensible a este tipo de propuestas siempre que se cumplan los requisitos sociales, económicos y medioambientales, como se presume en el presente estudio. Del mismo modo, así como los *decision makers* tienen la responsabilidad de conducir una sociedad hacia un sentido determinado, entonces, ¿por qué no aprovechar esa convicción y perseverancia para dirigir dicha sociedad hacia un rumbo gobernado por la sensatez y racionalidad en el uso de recursos naturales y la energía?

Por último y no menos importante, este trabajo está enfocado hacia un tejido empresarial con un porvenir incierto en el día de hoy, aunque con muchas expectativas en el corto y medio plazo. El sector industrial capaz de producir combustibles orgánicos a partir de residuos locales debería ser bonificado por ello y ser apoyado con políticas y legislación que lo ampararan. En este sentido, se crearían puestos de trabajo estables y una riqueza económica que no iría destinada a favorecer países exportadores de combustibles fósiles de regímenes políticos inestables, lo que redundaría en un aumento en la seguridad de suministro de una fuente de energía sostenible.

1.3. ¿Qué es el biodiésel?

El biodiésel o éster metílico, es un biocarburante (carburante de origen orgánico) que se obtiene a partir de aceites refinados puros (cultivos energéticos), aceites vegetales usados y/o grasas animales (residuos agroalimentarios), que dispone de unas propiedades físico-químicas similares al gasóleo de automoción (ver tabla 1.1). El biodiésel puede sustituir parcial o totalmente el gasóleo A en motores diésel sin necesidad de modificaciones.

Tabla 1.1 Comparativa de diversos parámetros entre el biodiésel y el gasóleo de automoción.

Parámetro	Biodiésel (prEN 14214) ³	Gasóleo A (RD 61/2006) ⁴
Número de cetano	> 51	> 51
Densidad (kg/m ³)	860 - 900	820 - 845

3 Para más información sobre la norma prEN 14214, consultar el enlace siguiente:
<http://www.acbiodiesel.net/docs/FAME%20Euro%20standard%20draft%20Oct02.pdf>

4 REAL DECRETO 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados de petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

Para más información consultar el enlace siguiente:
<http://www.boe.es/boe/dias/2006/02/17/pdfs/A06342-06357.pdf>

Viscosidad (cSt)	3,5 – 5	2 – 4,5
Inflamación (°C)	> 120	> 55
Residuo carbonoso	< 0,30	< 0,30
Azufre (mg/kg)	< 10	< 50

Fuente: Elaboración propia a partir de la norma prEN 14214 y el REAL DECRETO 61/2006 sobre especificaciones de gasolinas, gasóleos y fuelóleos y GLP.

El proceso de conversión de los aceites o grasas en biodiésel se denomina *transesterificación* (ver fig.1.1). Esta es la etapa fundamental y, por tanto, común en cualquier tecnología que tenga como objetivo la producción de dicho biocarburante. Los aceites vegetales y las grasas animales están formados mayoritariamente por triglicéridos. Un triglicérido es un éster con tres cadenas de ácidos grasos largas unidas a una molécula de glicerol. El proceso de obtención de biodiésel a partir de aceite vegetales usados empieza con la transesterificación, reacción donde se sustituye el glicerol por un alcohol (metanol o etanol) obteniendo tres moléculas de éster metílico (o metiléster) y una molécula de glicerina que se recupera como subproducto. Esta reacción se realiza en presencia de un catalizador básico, el hidróxido de potasio (KOH).

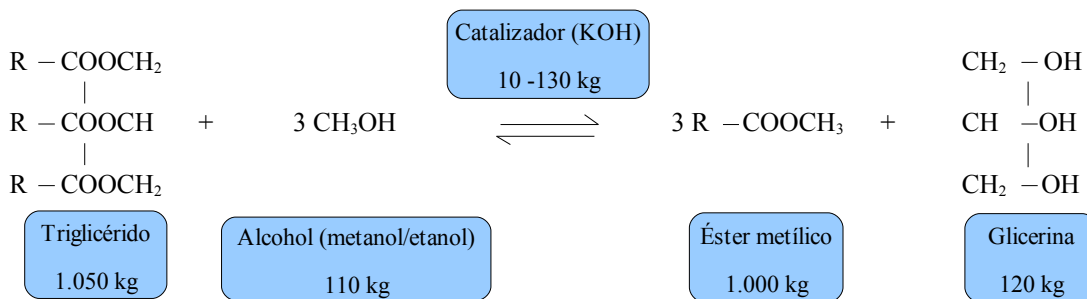


Figura 1.1 Esquema del proceso de transesterificación para la obtención de biodiésel a partir de UCO.

Fuente: Elaboración propia a partir de Bionet Europa, S.L.

La transesterificación busca mejorar la viscosidad del aceite vegetal para favorecer la atomización del combustible en la cámara de combustión. Por otro lado, el biodiésel tiene una capacidad de lubricidad más elevada que el gasóleo A, mejorando la función de inyectores y bombas de inyección, alargando la vida útil del motor y reduciendo el ruido de éste. El aspecto negativo frente al gasóleo A es que el poder calorífico por unidad de volumen del biodiésel es entre un 5 y un 8% inferior (ver tabla 1.2), lo que repercute en una pérdida de potencia del motor y un aumento en el consumo de carburante.

1.4. Tecnología disponible

Seguidamente se muestran las principales tecnologías para la transformación de los aceites de cocina o aceites vegetales usados (*used cooking oil*, UCO, siglas en inglés en adelante) en biodiésel en Catalunya. Atendiendo a que existen dos plantas industriales que utilizan esta materia prima y representan más del 90% de la producción total en esta comunidad⁵, se proseguirá a describir las tecnologías que ambas incorporan.

⁵ Ver sección *Mercado del biodiésel en España*, pág.24

a) AT AGRAR-TECHNIK GmbH & Co. KG (AT)⁶

Esta tecnología de origen alemán se caracteriza por la flexibilidad en el uso de materias primas para la obtención del producto final, el biodiésel. No obstante, básicamente se utilizan el aceite de colza y/o UCO.

Características principales:

1. **TRANSESTERIFICACIÓN:** la transesterificación del aceite vegetal se realiza a temperatura ambiental (aunque la temperatura óptima es de 40°C) y presión normal, añadiendo un alcohol (metanol) y pequeñas cantidades de un catalizador (hidróxido de potasio). Se realizan dos etapas de transesterificación.
2. **SEDIMENTACIÓN:** hay dos etapas de sedimentación que consiguen una conversión completa de la reacción.
3. **DECANTACIÓN:** Se separan las fases de biodiésel y glicerina acuosa sedimentada mediante bombeo, sin necesidad de sistemas separadores costosos.
4. **PURIFICACIÓN DE LA GLICERINA:** la fase de glicerina se purifica en medio ácido dando como resultado una mezcla de tres fases que se separan por decantación: sulfato potásico (K_2SO_4), agua ácida devuelta al proceso y glicerina que, previo secado en columna de vacío, se almacenará como producto acabado con una pureza de alrededor del 90%.
5. **PURIFICACION DEL BIODIÉSEL:** la fase de biodiésel se purifica mediante un tratamiento de limpieza que consiste en un doble lavado del metiléster en agua acidificada y el posterior secado por destilación en columna de vacío. El objetivo es obtener una humedad por debajo de los 300 ppm tal como exige la norma prEN 14214.

La empresa *Bionet Europa*⁷ situada en Reus (Tarragona) dispone de esta tecnología, con una capacidad de producción de biodiésel de 50.000 toneladas/año a finales de 2008.

b) *BioDiesel International (BDI)*⁸

Esta tecnología surgió en Austria y presenta muchas similitudes con la mencionada AT alemana.

De hecho, la variedad de materias primas para la obtención de biodiésel es amplia, dándole una importancia destacada a los aceites vegetales usados. Las etapas del proceso de producción son:

1. **PRE-ESTERIFICACIÓN:** los aceites procedentes de gestores autorizados de residuos se mezclan con metanol, dentro de un reactor de preesterificación.
2. **TRANSESTERIFICACIÓN:** la reacción de transesterificación se realiza con una solución de metanol y hidróxido potásico para formar biodiésel y glicerina.
3. **DECANTACIÓN:** se separan las dos fases, por un lado el biodiésel y por otro la glicerina. De ahí se extrae una parte sólida en forma de fertilizante mediante un decantador.
4. **PURIFICACIÓN DE LA GLICERINA:** se realiza una destilación de la glicerina que permite recuperar todo el metanol sobrante y lo retorna al inicio del proceso.
5. **PURIFICACIÓN DEL BIODIÉSEL:** se realiza una destilación del biodiésel que lo purifica y le permite tener las propiedades necesarias para cumplir con la norma prEN 14214 y ser así distribuido.

6 Para más información consultar el siguiente enlace:
<http://biodieselanlagenbau.de/es/company.html>

7 Para más información consultar el siguiente enlace:
<http://www.bioneteuropa.com/>

8 Para más información consultar el enlace siguiente:
<http://www.biodiesel-intl.com/>

La empresa Stocks del Vallès situada en Montmeló (Barcelona) dispone de esta tecnología con una capacidad de producción de 31.000 toneladas/año a finales de 2008.

1.5. Marco normativo

A continuación se ofrece el marco normativo europeo y el estatal relativo a los biocarburantes, es decir, el conjunto de políticas y legislación referente al biodiésel. De este modo, se analizará brevemente la reciente aprobada *Directiva europea sobre energías renovables* y la *Estrategia sobre biocarburantes*, así como la transposición a la legislación española de las obligaciones de consumo de biocarburantes.

a) Marco normativo europeo

Según lo establecido por la *Directiva europea sobre energías renovables*⁹ el biodiésel que se utiliza en los vehículos, tanto en mezcla con gasóleo o puro, debe cumplir unas normas de calidad establecidas por la norma prEN 14214 del Comité Europeo de Normalización (CEN) sobre ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME). Seguidamente se muestran los distintos poderes caloríficos del biodiésel y el gasóleo A (tabla 1.2).

Tabla 1.2 Comparativa entre el poder calorífico inferior (PCI) del biodiésel y el gasóleo de automoción.

Combustible	Contenido energético por peso PCI en MJ/kg	Contenido energético por volumen PCI en MJ/l
Biodiésel	37	33
Gasóleo A	43	36

Fuente: Directiva 2009/28/CE, 23.04.2009.

Sin embargo, la política de la UE entorno al biodiésel y demás biocombustibles está expuesta en la *Estrategia de la UE para los biocarburantes*¹⁰. En este documento se afirma que la sustitución de parte del gasóleo o la gasolina con biocarburantes resulta la forma más sencilla para el sector del transporte de cumplir con los objetivos del Protocolo de Kioto¹¹ (PK, en adelante). Además se confirma que la elaboración de un sustituto para el gasóleo es de especial importancia en el contexto europeo, ya que la UE es actualmente un importador neto de gasóleo y un exportador de gasolina. Por otra parte, se asegura que con la tecnología actual, el biodiésel producido en la UE es viable con un precio del petróleo de 60 euros por barril.

En cuanto a las oportunidades comerciales, se hace incapié en proponer modificaciones a la norma prEN 14214 del biodiésel. Así pues, se favorecería el empleo de una mayor variedad de aceites vegetales en la producción de éste y permitiría que el etanol sustituya al metanol su la elaboración.

9 DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
Para más información consultar este enlace:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:ES:PDF>

10 *Estrategia de la UE para los biocarburantes*, Bruselas, 8.2.2006 COM(2006) 34 final
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0034:FIN:ES:PDF>

11 Para más información sobre el Procolo de Kioto, consultar este enlace:
www.unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

En lo referente al aspecto medioambiental, se pronuncia el freno en el uso de biocarburantes que supone la norma EN590 la cual fija límites técnicos y establece que el gasóleo debe contener, como máximo, una fracción volumétrica del 5% de biodiésel (4,6 % en términos energéticos).

b) *Marco normativo español*

En cuanto al marco regulatorio propuesto a nivel estatal, se aprobó la Ley 12/2007¹² donde se establecen los objetivos anuales de biocarburantes para el transporte según el contenido energético mínimo en relación a gasolinas y gasóleos comercializados con fines de transporte. Por otro lado, también se aprobó la Orden ministerial ORDEN ITC/2877/2008¹³ que desarrolló la reglamentación de obligaciones mínimas específicas y separadas de consumo de biocarburantes, en nuestro caso nos interesa el contenido de biodiésel en gasóleo tal como muestra la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Objetivos de consumo de biocarburantes con fines de transporte en términos energéticos.

	2008	2009	2010
Contenido de biocarburantes (biodiésel y bioetanol) en gasóleo y gasolina (Ley 12/2007)	1,90%	3,40%	5,83%
Contenido de biodiésel en gasóleo (ORDEN ITC/2877/2008)	1,90%	2,50%	3,90%

Fuente: Ley 12/2007, pág.22 y ORDEN ITC/2877/2008, pág.3.

En lo referente a los requisitos de calidad que deben cumplir los biocarburantes y sus mezclas con carburantes fósiles, se ha establecido según el Real Decreto 61/2006¹⁴. En relación con el biodiésel se destaca que la composición y propiedades estarán definidas según la norma prEN 14214, con excepción del índice de yodo cuyo valor máximo quedará establecido en 140.

12 Ley 12/2007, de 2 de julio, por la que se modifica la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos, con el fin de adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior del gas natural.

<http://www.boe.es/boe/dias/2007/07/03/pdfs/A28567-28594.pdf>

13 ORDEN ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte.

Para más información, consultar el siguiente enlace:

<http://www.boe.es/boe/dias/2008/10/14/pdfs/A41170-41175.pdf>

14 REAL DECRETO 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados de petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

<http://www.boe.es/boe/dias/2006/02/17/pdfs/A06342-06357.pdf>

2. OBJETIVOS

Se ha decidido elaborar los objetivos del proyecto dividiéndolos en uno general y otros específicos. De esta manera, se ha querido marcar una cierta jerarquía a nivel de estructura y se ha querido destacar un objetivo principal y los demás como si derivaran de éste.

General

La costa mediterránea se caracteriza por una dieta rica en aceite de oliva y girasol, siendo éstos unos de los productos más bien valorados de nuestra gastronomía. Esto supone que cada persona y/o familia consume cierta cantidad de aceite anualmente, parte del cual se convierte en residuo una vez utilizado al freír alimentos. Este residuo es reciclable pero ha de ser gestionado adecuadamente, puesto que si se vierte por el fregadero de las viviendas puede ocasionar graves impactos en el medio acuático. Por el contrario, los aceites de cocina o UCO, pueden resultar especialmente atractivos para un sector de la industria porque puede convertirse en una materia prima valiosa para su proceso de producción. Un sistema de recogida y reciclaje de UCO eficiente y eficaz puede favorecer la transformación de un residuo en un biocarburante con unas características muy parecidas al gasóleo de automoción, el biodiésel. Este biocarburante se puede utilizar en cualquier vehículo de motor diésel ya sea mezclado o puro al 100%. En este sentido, el objetivo general es:

Demostrar el potencial de obtención de biodiésel a partir de aceites vegetales usados (UCO) de origen doméstico en la áreas urbanas.

1.1. *Específicos*

La ciudad de Barcelona se caracteriza por disponer de un espacio urbano denso, compacto y limitado geográficamente. En lo referente a la movilidad, existe una relación directa entre la densidad en las ciudades y el consumo energético por cápita. Esto sugiere que entornos urbanos como Barcelona deben aprovechar esta situación y encontrar las alternativas efectivas para alcanzar así una movilidad urbana sostenible. Por esta razón, el ámbito doméstico puede ofrecer ciertas oportunidades en este sentido aunque, a priori, no sean evidentes. Por esto, se persigue destacar el poder de cambio que tiene la sociedad civil sobre la movilidad urbana. La conciencia en temas tan trascendentales como la energía y los residuos resultan claves y se apuesta por su completa normalización en la vida cotidiana de los habitantes de los entornos urbanos. De hecho, la realidad que expone este estudio es que el ciudadano de a pie puede contribuir a mejorar el transporte público colectivo, en este caso de los autobuses, con el simple gesto de llevar a los Puntos Verdes¹⁵ el UCO de sus viviendas. Este acto se traduce en una implicación directa de la sociedad urbana en la propia movilidad de su ciudad, aportando aspectos muy positivos que se reflejan en el otro objetivo específico del proyecto. En lo referente al expuesto anteriormente, el primer objetivo específico resulta:

Focalizar el estudio en el ámbito doméstico y el transporte público de autobuses en la ciudad de Barcelona.

¹⁵ Los Puntos Verdes de la ciudad de Barcelona se pueden encontrar en este enlace:
<http://www.bcn.es/neta/ca/gestioresidus-puntverd.html>

En el siglo XXI se está estableciendo un nuevo paradigma que ha de llevar a las sociedades hacia la sostenibilidad. Este concepto, en muchos casos malinterpretado, trata de integrar tres elementos básicos para el progreso de la humanidad: la sociedad, la economía y el medio ambiente. En este sentido, una sociedad sostenible trata de ofrecer soluciones a los problemas existentes teniendo en cuenta estos tres elementos fundamentales. Los beneficios socioeconómicos de implementar la propuesta del proyecto se suponen son diversos como: la disminución de los costes externos del transporte público en autobús; la valorización de un residuo complejo de gestionar convirtiéndolo en una materia prima preciada en un mercado dinámico como el energético; el ahorro económico derivado de la disminución radical de la contaminación de las aguas residuales por aceites vegetales; mejorar la balanza comercial de importación de productos energéticos; favorecer la no dependencia energética del exterior así como asegurar el suministro energético. En cuanto a los beneficios medioambientales, radican en la mejora de la calidad del aire en la ciudad de Barcelona, así como la disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI, en adelante) principales causantes del calentamiento global del planeta. Del mismo modo, se indica la contaminación evitada en el ciclo del agua. En definitiva, se pretende promover una alternativa de movilidad urbana bajo el manto de los pretextos de la ecología urbana y donde destacan los beneficios en la escala local y global.

Estudio comparativo de los beneficios en términos de sostenibilidad: social, económico y ambiental.

3. METODOLOGÍA

En el apartado de metodología se da a conocer el proceso que se ha seguido en el *Desarrollo y cálculo de resultados* del presente estudio, describiendo los pasos y las fuentes de información consultadas en cada caso según el esquema que muestra la fig. 3.1.

En primer lugar, se ha realizado una recopilación de las iniciativas similares que se han implementado en el conjunto de la UE, es decir, las ciudades europeas que han apostado por el biodiésel a partir de UCO en su flota de autobuses públicos. Para ello, se ha recurrido al portal *Managenergy* e *Intelligent Energy* de la Dirección General de Energía y Transporte (DG-TREN, en adelante) de la CE. Además, hay que añadir la búsqueda en los programas de movilidad sostenible europeos de CIVITAS y ELTIS.

En otro sentido, en este trabajo de investigación se ha optado por dar suma importancia al ámbito de estudio, dado su carácter de iniciativa práctica. De este modo, se ha querido elaborar una diagnosis dando a conocer la situación de partida en aspectos socioeconómicos, energéticos y medioambientales, acorde con los objetivos del proyecto. Esto se ha traducido en una intensa búsqueda de material de distintas fuentes de información de organismos oficiales, en algunos casos de administraciones, otras de asociaciones e incluso empresas con una estrecha relación con el estudio. En referencia a los aspectos desarrollados en el ámbito de estudio, se ha procurado aportar datos fiables sobre la ciudad de Barcelona, pero como que en el caso de la sección *Transporte y cambio climático* no se ha podido conseguir la información necesaria, se ha optado por añadir la referente a Catalunya.

Por otro lado, en cuanto a los resultados se ha procedido a señalar las hipótesis y limitaciones, por tal de indicar el

marco en el cual se han realizado los cálculos. De esta forma, se adquiere mayor coherencia y rigor en los datos aportados y se muestra la conciencia en la posible mejora de los mismos. En este sentido, en el apartado de hipótesis ha habido una ponencia relacionada con el reciclaje de UCO para la producción de biodiésel que ha tenido un peso específico importante, se trata de la ponencia de la *PhD candidate* Laura Talens Peiró¹⁶. Además, hay que añadir que se han tenido en cuenta observaciones propias a medida que se ha ido avanzando en el desarrollo del proyecto.

Para el cálculo de resultados, se han utilizado distintas fuentes de información, desde publicaciones de organismos oficiales hasta datos ofrecidos por técnicos especializados de asociaciones y empresas. Así pues, los materiales han conformado un conjunto de datos imprescindibles para la elaboración de los cálculos posteriores mediante una hoja de cálculo.

En el primer de los resultados, “Potencial de obtención del biodiésel a partir de UCO en Barcelona”, se han utilizado los *Informes anuales de la industria, distribución y el consumo agroalimentario en Catalunya* del DAAR¹⁷ publicados desde 1998 para conocer la cantidad de aceite vegetal que se consume en los hogares catalanes en litros por cápita. Sin embargo, para convertir el volumen total (litros) de aceite consumido por cápita en masa (toneladas) se ha requerido obtener las densidades de los aceites de oliva y girasol que se han extraído de los *Apéndices del proyecto de norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de aceituna* del Departamento de Agricultura de la FAO. El potencial de reciclaje de UCO se ha calculado según datos ofrecidos por la ponencia de la *PhD candidate* Laura Talens Peiró.

En cuanto al segundo resultado, “Cobertura de biodiésel a partir de UCO doméstico en los autobuses públicos de Barcelona”, se ha requerido los datos de las publicaciones anuales de *Memorias de TMB* desde el año 2005 y se han utilizado los datos obtenidos en el primer resultado de “Potencial de obtención del biodiésel a partir de UCO en Barcelona”.

En el tercer resultado “Beneficios de implementación del proyecto” se han analizado los aspectos socioeconómicos y medioambientales. En el primer caso, se han tenido en cuenta dos elementos: la *dependencia energética*, como el ahorro económico en importación de combustibles fósiles; y la *depuración de las aguas residuales*, como el ahorro económico derivado de la depuración de aceites y grasas evitadas en las aguas residuales que llegan a las EDAR del Llobregat y Besós. Ambas informaciones se han conseguido gracias a expertos de ACBiodiésel a partir de entrevistas con técnicos del Departamento de Ingeniería de la empresa Agbar.

En el caso de los aspectos medioambientales, hay que valorar tres conceptos: la *contaminación atmosférica*, la *mitigación del cambio climático* y el *uso de la tierra*. En cuanto el primer y segundo elemento, los datos se han podido calcular gracias a las *Memorias de TMB* donde se indican las emisiones de CO₂ y NO_x de los autobuses en función del combustible consumido. En lo referente al uso de la tierra, se ha procurado expresar la superficie de cultivos energéticos evitada en el caso de plantar colza en vez de utilizar UCO para la obtención de biodiésel. La equivalencia de toneladas de biodiésel según las hectáreas cultivadas se ha conseguido gracias a la ponencia de la *PhD candidate* Laura Talens Peiró.

Finalmente, los datos recogidos en el cálculo de resultados han servido para efectuar una comparativa según lo descrito en el ámbito de actuación. De esta forma, se ha podido averiguar la diferencia entre la situación inicial y la propuesta por el proyecto. Por último, la comparativa ha servido como pretexto para elaborar las conclusiones del estudio, las cuales se han enfocado a desgranar las oportunidades y barreras de esta iniciativa. Han sido valoradas conversaciones y

16 Ponencia realizada por la PhD candidate Laura Talens Peiró en las IV Jornadas Internacionales del Biodiésel el 12 de junio de 2008 organizado por ACBiodiésel:
Laura Talens Peiró, Dr. Gara Villalba Méndez, Dr. Xavier Gabarell i Durany, *El potencial d'oli reciclat per la producció de biodièsel*, SosteniPra UAB-IRTA.
<http://www.acbiodiesel.net/docs/ponencies/2008/Laura%20Talens.pdf>

17 Abreviatura del Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción Rural de la Generalitat de Catalunya.

información ofrecidas por miembros de APPA Biocarburantes y ACBiodiésel.

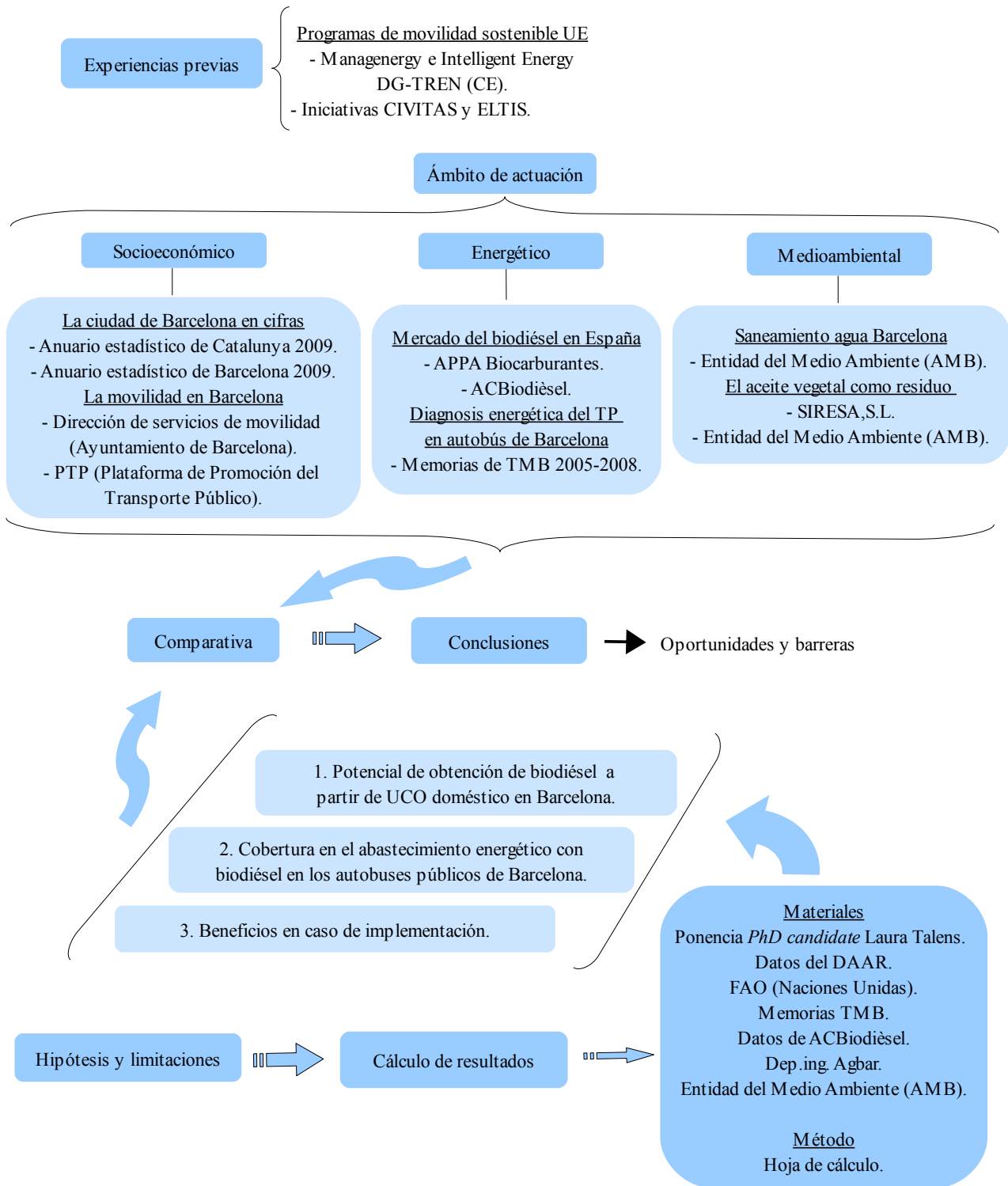


Figura 3.1 Esquema de la metodología seguida en el desarrollo y resultados del proyecto. Font: Elaboración propia.

4. DESARROLLO Y RESULTADOS

En este apartado se muestran distintos aspectos que conformarán el conjunto de resultados del estudio. En un principio se han descrito las iniciativas similares que se han llevado a cabo en las ciudades europeas. En segundo lugar, se ha realizado un análisis del ámbito de actuación en que se centra el proyecto, es decir, la ciudad de Barcelona, destacando los aspectos socioeconómicos, energéticos y ambientales. Seguidamente se han elaborado los resultados, dando relevancia a las hipótesis, consideraciones y limitaciones del estudio para dar mayor coherencia y rigor al cálculo de los resultados.

4.1 Experiencias previas

En el presente apartado se describen los proyectos puestos en marcha que contienen las mismas características que el propuesto en este trabajo. De este modo descubrimos que la idea de abastecer una flota de transporte público colectivo con biodiésel procedente de aceites vegetales usados es ya una realidad en diversas regiones y ciudades de la Unión Europea (UE en adelante), incluida España.

4.1.1 Programas de movilidad sostenible en la UE

Esta búsqueda de experiencias previas se ha realizado a partir del portal *Managenergy* de la DG-TREN de la Comisión Europea (CE en adelante)¹⁸ y del portal de financiación de proyectos europeos *Intelligent Energy*¹⁹.

En definitiva, son dos las principales iniciativas de la UE sobre movilidad sostenible que se resumen en los programas CIVITAS y ELTIS.

- CIVITAS (City-VITALity-Sustainability)²⁰: esta iniciativa ayuda a las ciudades a promover un sistema de transportes urbanos sostenibles, limpios y económicos implementando y evaluando paquetes de medidas basadas en políticas y tecnologías ambiciosas e integradas.
- ELTIS (European Local Transport Information Service)²¹: portal europeo de noticias, eventos, medidas para el transporte, políticas y casos prácticos implementados en ciudades y regiones alrededor de la UE.

4.1.2 Experiencias similares en la UE

Se han encontrado tres proyectos implementados relacionados directamente con la propuesta del presente estudio, en tres regiones diferentes de la UE:

Ubicación proyecto y fecha	Graz (Austria), año 2006
Entidades	Compañía gestora de transporte público: Grazer Verkehrsbetriebe (GVB).

18 *Managenergy*, Directorate-General for Energy and Transport (DG-TREN), European Commission (EC, siglas en inglés): <http://www.managenergy.net/index.html>

19 *Intelligent Energy*, DG-TREN, EC: http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index_en.html

20 *CIVITAS*: <http://www.civitas-initiative.org/main.phtml?id=&language=es>

21 *ELTIS*: <http://www.eltis.org/Vorlage.phtml?sprache=en>

involucradas	<p>Soporte técnico: Universidad técnica de Graz y la compañía Pankl Racing.</p> <p>Compañía de recogida y reciclaje de aceites: Südsteirische Energie- und Eiweißzeugungsgenossenschaft (SEEG).</p> <p>Tecnología conversión en biodiésel: Universidad de Graz y BDI.</p> <p>Financiación y soporte: Programa CIVITAS/TRENDSETTER y Programa europeo Kapa GS.</p>
Objetivos	Investigar los aspectos medioambientales, el interés en el progreso técnico, la mejora de la calidad del aire en la ciudad y la mejora de la imagen de la empresa de transporte público.
Implementación y resultados	<ul style="list-style-type: none"> - A finales de 2004 la totalidad de la flota de buses de Graz utilizaba biodiésel. - Disponen de un depósito propio para GVB y otros vehículos municipales. - Se realizó un test con un sistema de control de emisiones (catalizadores), los resultados del cual fueron la reducción del 81% en HC, 89% en CO y 29% en PM₁₀. Estos valores se calcularon en comparación con el gasóleo. - El biodiésel se produce a partir de aceites vegetales usados recolectados en 250 restaurantes de la ciudad y el reciclaje de usuarios domésticos en contenedores específicos.
Conclusiones	El consumo de biodiésel se sitúa entre un 5-7% superior al gasóleo, pero el precio del biocarburante es inferior. La utilización de catalizadores muestra una reducción significativa de las emisiones contaminantes usado en vehículos propulsados con biodiésel.

Fuente: ELTIS. Más información: www.eltis.org/PDF/generate_pdf.php?study_id=1170&lan=en

Ubicación proyecto y fecha	Zagreb (Croacia), año 2007
Entidades involucradas	<p>Compañía gestora de transporte público: Zagrebacki elektricni tramvaj (ZET).</p> <p>Compañías de autobuses: MAN, Mercedes-Benz y Irisbus Citelis.</p> <p>Suministrador de biodiésel: Modibit.</p> <p>Financiación y soporte: Programa CIVITAS-ELAN.</p>
Objetivos	Cambiar el combustible usado por biodiésel producido a partir de aceites vegetales usados en la flota de autobuses públicos.
Implementación y resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Compra de 214 nuevos autobuses con estándares de emisiones EURO 5. 1ª fase año 2007 - 10 autobuses con B100 y 100 con B5. 2ª fase año 2008 - 20 autobuses con B100 y 301 con B5. 3ª fase año 2011 - 120 buses con B100 y 201 con B5. - Reducción de 10.000 toneladas de gasóleo anual respecto el año 2006. - La compañía de buses públicos dispone de su propio depósito de biodiésel. - Hasta el año 2008 se utilizaron aceites vegetales usados procedentes de restaurantes e industrias alimentarias. A partir de entonces, debido a la elevada demanda se tuvo que recorrer a otras materias primas como cultivos energéticos de colza que ocuparon 15.000ha.
Conclusiones	Se han reducido de forma consistente las emisiones de GEI generadas en la ciudad. Además se ha demostrado como se puede renovar una flota de autobuses envejecida por otra renovada que utiliza un combustible bajo en carbono en tan sólo cinco años.

Fuente: ELTIS. Más información: http://www.eltis.org/PDF/generate_pdf.php?study_id=2156&lan=en

Ubicación proyecto y fecha	La Rochelle (Francia), año 2008
Entidades involucradas	<p>Administración pública: Comunidad urbana de La Rochelle.</p> <p>Financiación y soporte: Programa CIVITAS/SUCCESS.</p>
Objetivos	<p>Diseñar e implementar una planta de tratamiento de aceites vegetales usados recolectados de restaurantes de la ciudad y alrededores.</p> <p>Organizar el proceso de recogida y reciclaje del aceite de fritura.</p>
Implementación y resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Mediante un proceso de decantación y filtración se obtiene un producto libre de sustancias tóxicas y peligrosas. - Los restaurantes signaron un convenio con la administración pública en el cual se comprometían a verter el aceite de fritura en unos depósitos destinados para ello.

	<ul style="list-style-type: none"> - El nuevo combustible para la flota de autobuses públicos fue un 30% aceites vegetales usados y un 70% de gasóleo. No hubo que hacer ninguna modificación en los motores diésel. - El coste obligatorio para los restaurantes de la gestión del residuo de aceite antes de la iniciativa era de 0,3€/litro. - Los restaurantes fueron premiados con un certificado de buenas prácticas. - Las barreras legales francesas impidieron usar aceites vegetales usados como combustible en 2007, pero un cambio legislativo en enero de 2009 lo permitió. - Se han suscrito 40 convenios entre los restaurantes y la administración pública. - Entre abril y diciembre de 2008 se recolectaron 3.500 litros de aceite.
Conclusiones	La experimentación en nuevos combustibles ecológicos para el transporte de pasajeros ha hecho que La Rochelle se haya avanzado a la legislación francesa en materia de biocombustibles.

Fuente: ELTIS. Más información: www.eltis.org/PDF/generate_pdf.php?study_id=2095&lan=en

Por otro lado, existen dos proyectos en marcha relacionados con la obtención de biodiésel a partir de aceites vegetales usados en los cuales están implicadas diversas instituciones de varios países:

- *BioDieNet*: busca promocionar la producción local y a pequeña escala de biodiésel a partir de aceites de fritura. El proyecto tiene la intención de estimular la recolección de los residuos de aceites vegetales, la producción de biodiésel y la distribución a los usuarios finales.
- *BIOSIRE*: el objetivo es establecer un cambio hacia la propulsión eléctrica y mediante biodiésel de las flotas de barcos y, en especial vehículos en zonas turísticas como España, Francia, Grecia, Italia, Croacia y Austria. El consorcio está compuesto por las autoridades regionales de las áreas turísticas, las agencias de energía y organizaciones consultoras especializadas en energía, agricultura y transporte. Más información en: <http://www.biosire.eu/>

4.1.3 Experiencias similares en España

En territorio español destacan dos proyectos implementados.

a) Proyecto LIFE Ecobús en Valencia.

Ubicación proyecto y fecha	Valencia (2002-2004)
Entidades involucradas	Compañía gestora de transporte público: Empresa Municipal de Transportes. Administración pública: Ayuntamiento de Valencia. Financiación y soporte: Programa LIFE Medio Ambiente.
Objetivos	Eliminación de un residuo, aceite vegetal usado (UCO), para convertirlo en un recurso, mediante su reciclado/valorización en combustible ecológico.
Implementación y resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Se ha implantado un sistema de recogida de los (UCO) de la hostelería y de la industria alimentaria de la zona. - Los establecimientos se identifican con un adhesivo y se les entrega un contenedor para depositar el UCO. - Se realizan test específicos de biocarburante con motores en condiciones de operación controladas. Se analiza el par motor, el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. - Se utiliza una mezcla del 5-30% de biodiésel con gasóleo A en 120 autobuses de los 480 totales.
Conclusiones	<p>Se basa en las ventajas medioambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evita problemas para la salud pública, evita que el UCO se utilice para la fabricación de piensos para animales. - Ahorro económico en las depuradoras municipales, por la reducción del volumen de aceites vertidos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de los nutrientes en las aguas residuales, reduce el coste de desratización en la red del alcantarillado municipal, así como el número de medusas en la costa. - Aumento de la protección ambiental de la ciudad, conservación de la vegetación, los monumentos y las fachadas históricas, ya que el biodiésel reduce las emisiones contaminantes del combustible convencional. - Mantiene las prestaciones de los motores de los autobuses, que no necesitan ser modificados para su uso, posibilitando un transporte sostenible. - Diversificación de fuentes de energía y fomento de los biocombustibles. - El biodiésel no es un producto peligroso y es biodegradable.
--	---

Fuente: *Managenergy*, DG-TREN. Más información:

http://www.mma.es/secciones/ayudas_subvenciones/life/jornadas_life/pdf/ecobus.pdf

b) La Ribera en biodiésel (Agencia Energética de la Ribera).

Ubicación proyecto y fecha	La Ribera Alta i Baixa, Comunidad Valenciana (2003-2005)
Entidades involucradas	Soporte técnico: Agencia Energética de la Ribera (AER). Empresa gestora de residuos: CENRESA. Planta industrial de biodiésel: Bionet Europa. Financiación: Programa SAVE.
Objetivos	Alcanzar un desarrollo sostenible para la región.
Implementación y resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Se han firmado 30 convenios entre AER y ayuntamientos. - Se ha enviado un informe de la cantidad de litros recogida y las entidades colaboradoras. - El UCO lo recolecta CENRESA y lo lleva a la planta industrial de Bionet Europa donde se devuelve en una mezcla del 10% B10. Este biocombustible se almacena en dispensadores municipales. - En 2004 participaron 418 restaurantes y industrias recogiendo 260.698 litros de UCO.
Conclusiones	El proyecto es aplicable a otras regiones siempre y cuando haya un suministrador de dispensadores y un agente que se asegure llevar el UCO para que sea transformado en biodiésel. Después un distribuidor local de carburante lo lleva de vuelta a la región.

Fuente: *Managenergy*, DG-TREN. Más información: <http://www.managenergy.net/download/nr196.pdf>

4.1.4 Experiencias similares en Catalunya

En el territorio catalán existen diversas experiencias relacionadas con la recogida de aceites vegetales usados de origen doméstico y el consumo de biodiésel, pero todas ellas desconectadas e independientes.

- Recogida de los aceites de cocina:
 - a) Puntos Verdes (empresa SIRESA).
 - b) Mancomunidad la Plana (Osona, Barcelona)
 - c) *El biodiésel en las escuelas* (ACBiodiésel). Más información: <http://www.doliabio.net/>
- Uso del biodiésel:
 - i) El transporte público en Barcelona (Transportes Metropolitanos de Barcelona, TMB).
 - ii) El sector del taxi en Barcelona (Instituto Metropolitano del Taxi, IMT).
Más información: http://www.acbiodiesel.net/docs/revista_Taxi.pdf
 - iii) El sistema de recogida de residuos (URBASER, S.A.)
 - iv) Empresa distribuidora de productos petrolíferos (PETROMIRALLES,S.L.)

4.2 *Ámbito de actuación*

En este apartado se realiza un análisis de los aspectos socioeconómicos, energéticos y ambientales de la ciudad de Barcelona y en algunos casos de Catalunya y España.

4.2.1 *Ámbito socioeconómico*

- Población, territorio y clima

La ciudad de Barcelona es la capital de la comunidad autónoma de Catalunya y se sitúa en la noroeste de la costa del mar Mediterráneo. Dispone de una extensión de 101,4 km² y una población censada en 2008 de 1.615.908 habitantes. A tenor de lo expuesto en la tabla 4.1 estas magnitudes representaron el 0,32% del territorio catalán y el 21,94% de su población.

La capital catalana está situada a 166 km de la frontera con Francia y a 120 km al sur de los Pirineos. Del mismo modo, Barcelona está delimitada por dos ríos: el Llobregat y el Besós, en los extremos suroeste y noreste respectivamente. Por otro lado, está limitada por la Sierra Litoral catalana que se extiende desde el oeste hasta el norte, donde se encuentra el parque protegido de Collserola, el pulmón de la ciudad de Barcelona. En este sentido, encontramos pequeñas colinas con un número importante de antiguas rieras que caracterizan a la ciudad con un relieve bastante irregular con fuertes pendientes en la vertiente montaña.

En lo referente al clima, este es de tipo mediterráneo con veranos cálidos y húmedos e inviernos suaves con frío moderado. Las precipitaciones se suelen producir en otoño y primavera, con una media anual de unos 600 mm y la temperatura media anual se sitúa alrededor de los 15°C.

Tabla 4.1 Indicadores básicos de territorio y población de la ciudad de Barcelona y Catalunya.

Año 2008	Barcelona	Catalunya	%Bcn/Cat
Población (habitantes)	1.615.908	7.364.078	21,94
Superficie (km ²)	101,40	32.106,50	0,32
Densidad de población (habitantes/km ²)	15.935,98	229,36	6.947,90

Fuente: *Anuario estadístico de Catalunya* y el *Anuario estadístico de la ciudad de Barcelona*, año 2009.

- La movilidad en Barcelona

a) La motorización de la ciudad

El parque automovilístico de la ciudad de Barcelona a finales de 2008 ha estado formado por 990.116 vehículos motorizados, de los cuales un 61,5% fueron turismos, el 29% motocicletas y ciclomotores y un 7% furgonetas y camiones. La variación respecto el año anterior muestra un descenso de un 1,3% de los turismos y un 7,7% de furgonetas y camiones, mientras que las motocicletas y ciclomotores han aumentado un 4,9%.

La motorización de la ciudad ha disminuido y se ha situado en 374 vehículos por cada 1000 habitantes, representando 1,04 vehículos por vivienda y 2,6 habitantes por turismo a la par de ciudades como Berlín y Viena. Otros indicadores

interesantes son la densidad de turismos en Barcelona que asciende a 6.100 turismos por km² y la ocupación media por vehículo que aumentó de 1,14 el 2006 hasta 1,18 el 2007.

b) Movilidad en día laborable

En 2008 se han realizado 7.851.000 etapas de desplazamientos de las cuales el 38,4% ha sido de conexión (intermunicipales) y el 61,6% restante internas (dentro de Barcelona ciudad).

En el presente estudio se pone especial énfasis en las etapas internas en las cuales el modo de moverse más empleado ha sido el ir a pie y en bicicleta (45,72%), seguido del transporte público (35,16%) y por último el transporte privado motorizado (19,12%).

Según la fig. 4.1 el autobús es el segundo medio de transporte público más empleado seguido del metro en 2008. Entre los dos suman más de $\frac{3}{4}$ sobre el total de etapas realizadas en transporte público en la ciudad de Barcelona.

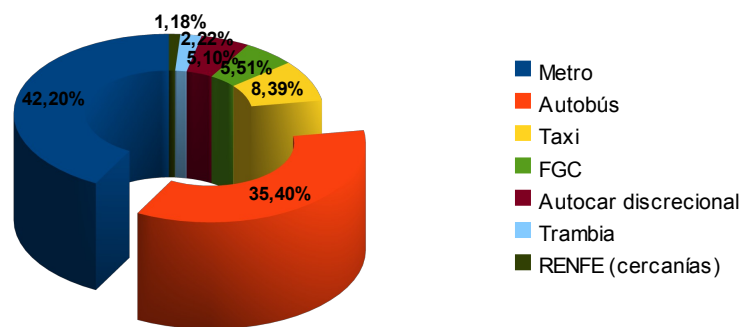


Figura 4.1 Distribución modal del transporte público en las etapas de desplazamiento interno en la ciudad de Barcelona, año 2008. Total etapas de desplazamiento interno: 4.768.000.

Fuente: *Dades bàsiques 2008 v.2*, Direcció de Serveis de Mobilitat (Ajuntament de Barcelona), 2009.

Si por otro lado observamos la evolución desde el año 2005 hasta el 2008 (fig.4.2), vemos como el autobús ha perdido cuota respecto un aumento tendencial del metro. En lo referente a los demás medios de transporte público se han mantenido estables en este periodo.

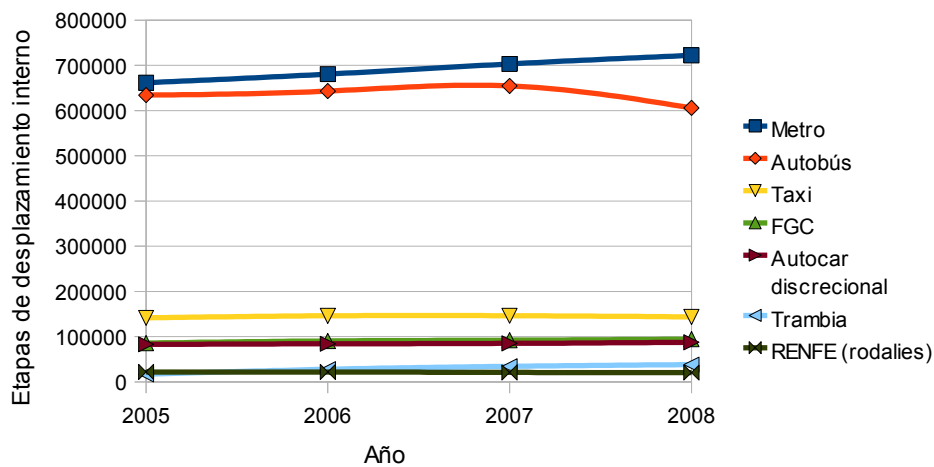


Figura 4.2 Evolución de la distribución modal de transporte público en las etapas de desplazamiento interno en la ciudad de Barcelona. Fuente: Idem anterior.

A todo esto, los autobuses de transporte público de la ciudad de Barcelona fueron los responsables de 606.008 etapas de desplazamiento interno, es decir, el 12,45%.

c) Oferta de transporte público en autobús

En los últimos años la oferta de la red de buses que circulan por Barcelona ha experimentado una evolución favorable aunque no en todos los aspectos. Las cifras de la tabla 4.2 así nos lo indican.

Tabla 4.2 Oferta de transporte público en autobús en la ciudad de Barcelona.

	2005	2006	2007	2008
Nº de viajes (millones de viajes/año)	205	207,7	210,5	194,9
Longitud líneas (km)	879,65	920,62	921,5	915,16
Nº de líneas	103	109	109	108
Paradas/estaciones	2433	2566	2536	2545
Longitud carriles bus (km)	101	109,5	109,7	113,5
Nº de autobuses	1019	1060	1086	1079

Fuente: Idem anterior.

Por un lado, la longitud de las líneas ha aumentado un 4%, el nº de líneas un 4,9%, las paradas un 4,6%, los carriles de bus un 12,3% y el nº de autobuses un 5,9% en el periodo 2005 a 2008. El único valor negativo es el nº de viajes que desciende un 4,9% desde 2005 y un 7,4% respecto 2007.

Por otro lado, hemos de destacar la diferencia sustancial que existe en la velocidad comercial urbana entre los autobuses y el vehículo privado motorizado. Según datos ofrecidos por el Ayuntamiento de Barcelona ésta se sitúa en el periodo 2000 a 2008 alrededor de 12km/h para el autobús y casi 21km/h para el vehículo privado. Esto supone una diferencia del 75% entre las velocidades comerciales en la ciudad de Barcelona. No obstante, el peor dato es que desde el año 2000 el autobús ha ido perdiendo velocidad hasta un 10,5% en horas punta respecto el 2008 mientras el vehículo privado ha aumentado un 10,4% en el mismo periodo. Este es el aspecto donde el autobús tiene una gran desventaja frente al vehículo privado en la ciudad de Barcelona.

En este sentido, según la encuesta EMEF 2008²², la puntuación media que le otorgan los usuarios al autobús urbano de Barcelona es de 6,4 y al coche privado de 7,7 (puntuación sobre 10). Valoraciones entorno a la rapidez, comodidad e incluso seguridad elevan la nota del coche por encima del bus, sólo siendo superior el último en el impacto ambiental²³. En lo referente a la accesibilidad, los autobuses de TMB se han convertido en el primer medio de transporte público de Barcelona en conseguir una flota 100% adaptada para minusválidos desde el año 2007. Por último, añadir que la flota de autobuses tiene una edad media de unos 6,35 años.

²² EMEF 2008: encuesta de movilidad en día laborable en 2008, ATM, año 2009.

²³ Para más información sobre las pautas de movilidad de los habitantes de Barcelona y la RMB se puede consultar el documento: *Encuesta de movilidad y transporte 2007* (EMIT 07), TMB, año 2008.

d) Costes externos del transporte en Catalunya

En el año 2005 se realizó un estudio sobre los costes externos del transporte en Catalunya y los resultados se pueden ver reflejados en la fig 4.3.

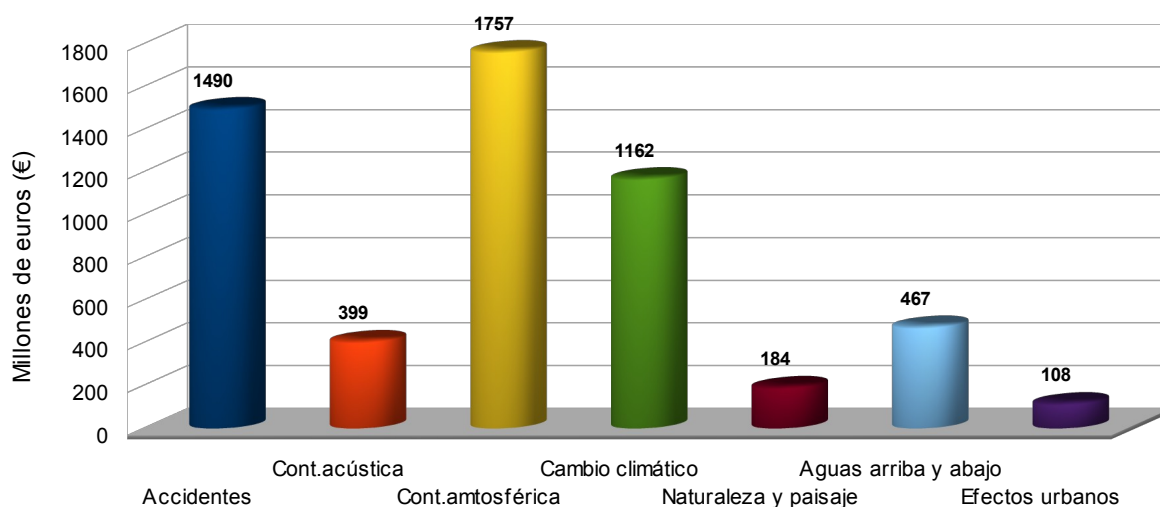


Figura 4.3 Costes externos totales del transporte en Catalunya a partir de los costes unitarios de la media europea.

Fuente: Cristian Canales y Pau Noy, *Los costes externos del transporte en Catalunya*, PTP, febrero 2005.

Se llegó a la conclusión que los accidentes, la contaminación atmosférica y el cambio climático suponían el 79% del total de los costes socioambientales, que para el año 2003 fue de unos 5.567 millones de euros. En cuanto a los modos de transporte más impactantes, estos fueron el automóvil y el camión causando el 94% de los costes externos totales.

4.2.2 Ámbito energético

- Mercado del biodiésel en España

En el siguiente apartado se tratan diversos aspectos relacionados con el mercado del biodiésel en el estado español. Como información destacada aparece la evolución de la producción, la capacidad y el consumo de este biocarburante desde el año 2005 hasta el 2008. Por otro lado, se resaltan las causas y consecuencias de las masivas importaciones de biodiésel procedente de Estados Unidos como agente distorsionador del mercado europeo y español. Del mismo modo, se definen las medidas que se están implementado por tal de revertir esta situación por parte de la Comisión Europea y el estado español. Además, se analizará el grado de cumplimiento de los objetivos de consumo de biodiésel y se describirá la situación del biodiésel en Catalunya.

a) Situación de la producción, la capacidad nacional y el consumo de biodiésel.

Al término del año 2008, había en España 36 plantas de producción industrial de biodiésel. Esto son 12 nuevas plantas respecto el año anterior, por tanto, la capacidad total nacional se multiplicó por 2,5. No obstante, la producción nacional sólo aumentó un 28% en el mismo periodo hasta alcanzar los 190.000 toneladas. Tal como se puede observar en la fig.4.4, desde el año 2005 el ratio producción/capacidad ha disminuido hasta hacerse dramático para el sector en los dos

últimos años con un 18% y 9% respectivamente.

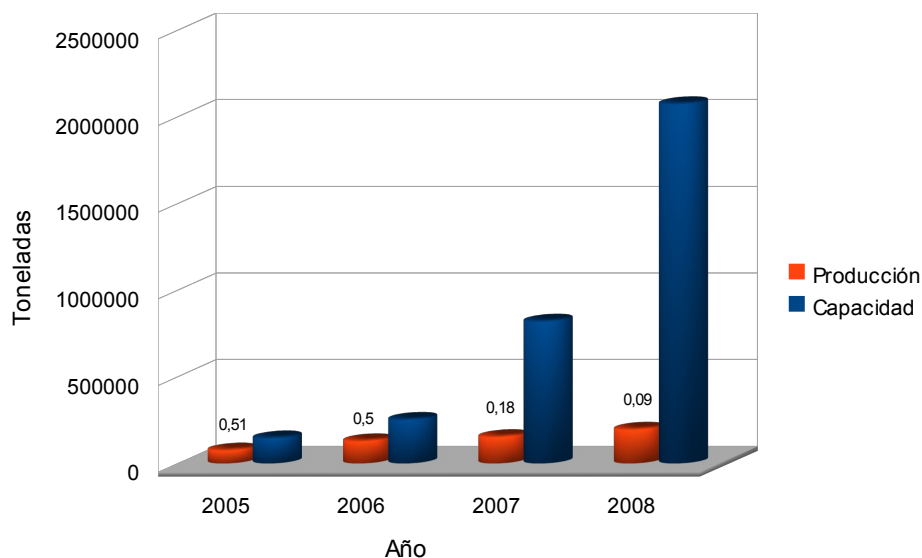


Figura 4.4 Evolución de la capacidad y producción de biodiésel en España (2005-2008).

Ratio producción/capacidad en tanto por uno. Fuente: APPA Biocarburantes.

El consumo total de biodiésel en 2008 llegó a una cifra de 586.000 toneladas en España según datos de la *Corporación de reservas Estratégicas de productos petrolíferos (CORES)*²⁴. Este consumo representó el doble del registrado el año anterior tal como se aprecia en la fig. 4.5.

c) El biodiésel B99 “made in USA”: un injusto competidor

Por otra parte, tal como se observa en la fig. 4.5 el mercado europeo del biodiésel, y por ende, el español, está sufriendo una masiva importación de biodiésel B99 de Estados Unidos, principalmente, y de Argentina, Malasia e Indonesia, en menor parte. Estas cifras han llegado a representar el 51% de las ventas en España en el año 2007 y han aumentado hasta el 71% en el 2008.

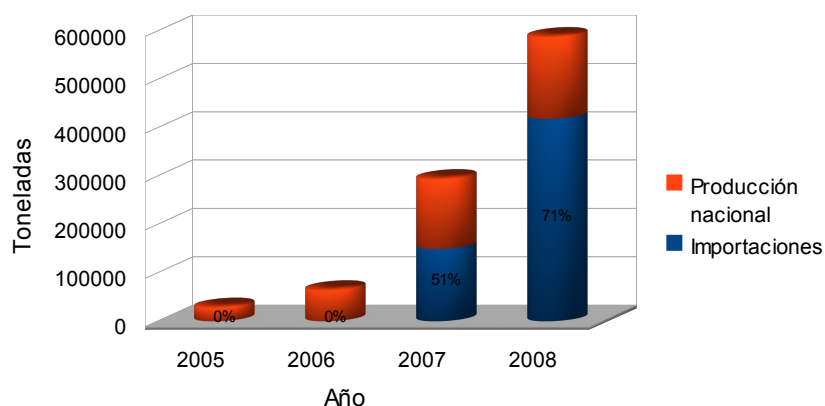


Figura 4.5 Evolución de las ventas de biodiésel en España por origen.

Fuente: APPA Biocarburantes.

24 Informe Resumen anual del Boletín estadístico de hidrocarburos, CORES, 2008.

La causa principal por la cual el biodiésel procedente de tierras norteamericanas ha llegado a penetrar tanto en el mercado español se debe a una doble combinación de factores económicos: subvención a la exportación en origen; y ventaja fiscal por aplicación del tipo cero del Impuesto Especial de Hidrocarburos en destino.

Esta doble subvención permite a los productores estadounidenses un precio de venta del biodiésel en España muy por debajo del que puede ofrecer la industria española en condiciones competitivas. De esta manera, se produce una situación de competencia injusta y desleal difícil de revertir sin medidas que penalicen alguno de estos beneficios fiscales. De hecho, de seguir esta situación, los precios del biodiésel en España se situarán a niveles por debajo de los costes, con la consecuente crisis para el sector.

El volumen de importaciones de biodiésel artificialmente barato procedente de Estados Unidos ha sido realizado en un 80% por los principales operadores petrolíferos que controlan el mercado español de carburantes para el transporte.

d) Medidas adoptadas por la Comisión Europea y España

En respuesta a la masiva entrada de biodiésel extranjero en el mercado europeo, la Comisión Europea (CE, en adelante) ha adoptado en marzo de 2009 unas medidas arancelarias antisubvención y *antidumping* contra dichas importaciones²⁵. Según la CE las importaciones de biodiésel subvencionado procedentes de Estados Unidos han incurrido en un *dumping* medio ponderado del 33%, causando un grave daño a la industria europea de biodiésel. Este impacto no ha sido uniforme en toda la UE sino que ha sido especialmente intenso en países como España que, a diferencia de otros, carece de mecanismos legales internos de protección.

No obstante, para proteger la producción nacional de biodiésel la Comisión Nacional de Energía (CNE en adelante) redactó mediante la orden ministerial de obligación de biocarburantes²⁶, una disposición con el fin de evitar que el biodiésel procedente de Estados Unidos se pudiera utilizar para el cumplimiento, a partir del 1 de enero de 2009, de la obligación de biocarburantes en España.

e) Cumplimiento de los objetivos de consumo de biodiésel en España

A pesar de la complicada situación por la que atraviesa el mercado español del biodiésel hemos de ser conscientes que los objetivos obligatorios definidos por la ORDEN ITC/2877/2008 se están cumpliendo en el primer semestre del 2009 como se refleja en la tabla 4.3. De hecho, la cuota de mercado respecto el gasóleo de automoción está a menos del 1% de cumplir con el objetivo planteado para 2010²⁷.

²⁵ Reglamento (CE) n° 193/2009 de la Comisión, de 11 de marzo de 2009, por el que se establece un derecho antidumping sobre las importaciones de biodiésel originario de los Estados Unidos de América.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:067:0022:0049:ES:PDF>

Reglamento (CE) n° 194/2009 de la Comisión, de 11 de marzo de 2009, por el que se establece un derecho compensatorio provisional sobre las importaciones de biodiésel originarias de los Estados Unidos de América.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:067:0050:0084:ES:PDF>

²⁶ Orden ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte.

²⁷ Recordemos que la contribución de tanto por ciento se realiza en términos energéticos (teps) no en volumen o peso.

Tabla 4.3 Objetivos obligatorios de consumo de biodiésel sobre el total de gasóleo de automoción.

	2008	2009	2010
Objetivos obligatorios de biodiésel sobre gasóleo A	1,9%	2,5%	3,9%
Consumo biodiésel sobre gasóleo A	1,46% (1 semestre)	3,25% (1 semestre)	?

Fuente: APPA Biocarburantes.

f) El caso concreto de Catalunya y la producción de biodiésel a partir de aceites vegetales usados

En el territorio catalán había 3 plantas de producción industrial de biodiésel a 31 de diciembre de 2008 con la capacidad siguiente:

- Stocks del Vallès: 31.000 toneladas (100% aceites vegetales usados)
- Bionet Europa: 50.000 toneladas (aprox. 50% aceites vegetales usados)
- Transportes Ceferino: 5.000 toneladas (no se ha podido consultar)

Esta capacidad instalada ha representado poco más del 4% sobre la implantada en España y el número de plantas fue del 8%. En cambio, si comparamos el número de biogasolineras existentes en Catalunya respecto el territorio español vemos como éstas resultan en un 43,5% del total (489 instalaciones). Si focalizamos más el estudio en la provincia de Barcelona, apreciamos que existen 145 biogasolineras que representan casi el 30% del total repartido por España²⁸.

Esta información obtenida nos permite afirmar que hay una sólida infraestructura tanto productiva de biodiésel a partir de aceites vegetales usados como de distribución de dicho biocarburante.

Como resultado de este apartado dedicado al mercado del biodiésel podemos extraer una serie de conclusiones interesantes. Una de ellas es que en España existe un sobredimensionamiento de capacidad instalada de producción de biodiésel acorde con los objetivos obligatorios de cumplimiento. De hecho y recordando algunos datos antes empleados, para el primer semestre de 2009 ya se cumplen dichos objetivos a pesar de que la ratio producción/capacidad fue de un 9% en 2008. Uno de los factores más relevantes que impiden que haya más consumo de biodiésel de origen español es la desleal e injusta competencia del biodiésel norteamericano importado. Este recibe un doble beneficio económico, subvención a la exportación y *dumping* fiscal al entrar en territorio español. La CE y España se han puesto a trabajar en ello redactando y aplicando una legislación al respecto. Por último, hemos visto como Catalunya dispone de una infraestructura de producción de biodiésel de aceites vegetales usados y de distribución de biogasolineras bastante sólida, lo que le ha permitido esquivar en parte la crisis del sector en España.

- Diagnóstico energético de los autobuses públicos de Barcelona

En este apartado se identifican y analizan los consumos energéticos de Transportes Metropolitanos de Barcelona²⁹ (TMB en adelante) a lo largo de los últimos años, con datos obtenidos a partir de las memorias anuales. En este sentido, esta sección se nutre de figuras y tablas que proporcionan una idea concreta de los consumos energéticos de los autobuses públicos que circulan por la ciudad de Barcelona.

²⁸ Información sobre biogasolineras en España: <http://www.energias-renovables.com/paginas/combustible.asp>

²⁹ TMB: es la entidad encargada de la prestación de servicios colectivos de viajeros en la ciudad de Barcelona, así como algunos municipios de su área de influencia.

Por una parte, se pretende realizar una auditoría energética general y señalar de forma cuantitativa la diversidad de fuentes de energía empleadas en la gestión del transporte por parte de TMB.

Por otro lado, se procurará averiguar qué porción de consumo energético final total corresponde al biodiésel y cuál es el margen de utilización de este biocarburante según los objetivos planteados en el proyecto.

a) TMB: Autobuses y Metro.

En primer lugar, es de fundamental importancia diferenciar los consumo energéticos entre las dos ramas que TMB gestiona en cuanto a la movilidad: los autobuses y el metro.

Como bien es sabido, nosotros nos centraremos en el primero de ellos. Siguiendo por esta línea, observamos como según la fig.4.6 el consumo de la rama *autobuses* es mayor que la rama *metro*. No obstante, no siempre ha sido así, pues en el año 2005 partían de cifras muy similares. Para ser más concretos, el consumo energético final de los autobuses representó en 2008 el 54,55% del total de TMB.

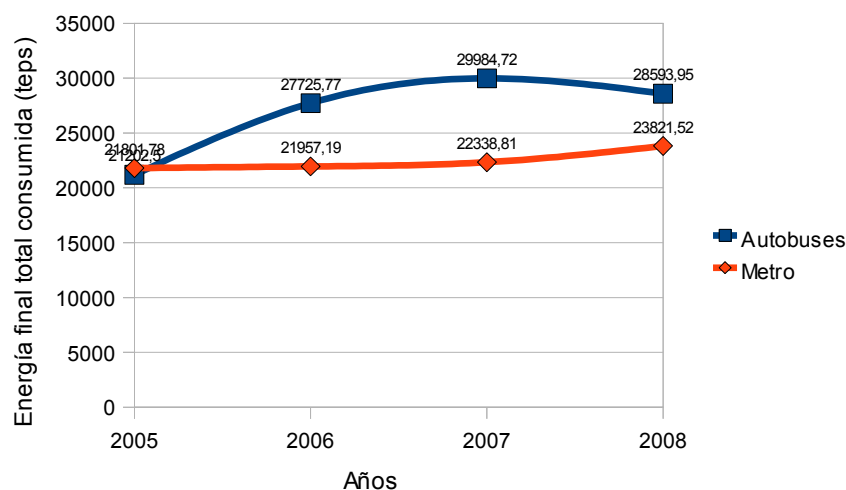


Figura 4.6 Evolución del consumo de energía final total de TMB (2005-2008).

Incluye instalaciones y automoción según Autobuses y Metro.

Fuente: Memorias de TMB (2005-2008).

b) *La flota de autobuses de TMB: tipo de combustibles y consumos*

A tenor de lo observado en la fig.4.7 desciende la flota de autobuses diésel convencionales y aumenta significativamente la abastecida por biodiésel al 30%. En este sentido, la introducción de vehículos propulsados por B30 ha pasado en tan sólo dos años, de 15 a 116 unidades a 31 de diciembre de 2008. Si a esto le sumamos el cambio de porcentaje en la mezcla del biodiésel del 10% al 30% con el gasóleo a partir del 1 de octubre de 2007, nos damos cuenta que la apuesta de este biocarburante en la flota de autobuses deja de ser un mero experimento para convertirse en una apuesta alternativa real a los combustibles fósiles.

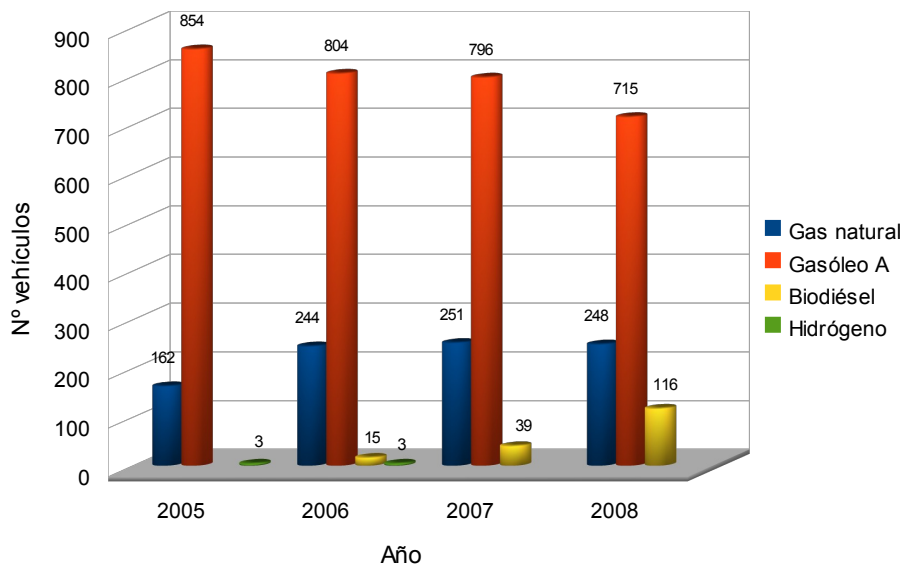


Figura 4.7 Evolución de la flota de autobuses por tipo de combustible (2005-2008).

Fuente: Memorias de TMB (2005-2008).

En primer lugar, destacar que los consumos energéticos de los *autobuses* están divididos en: instalaciones y automoción. Tal como refleja la fig.4.8 los consumos más importantes son los correspondientes a automoción, es decir, al abastecimiento de combustible de los autobuses, representando éstos alrededor de un 94% del total.

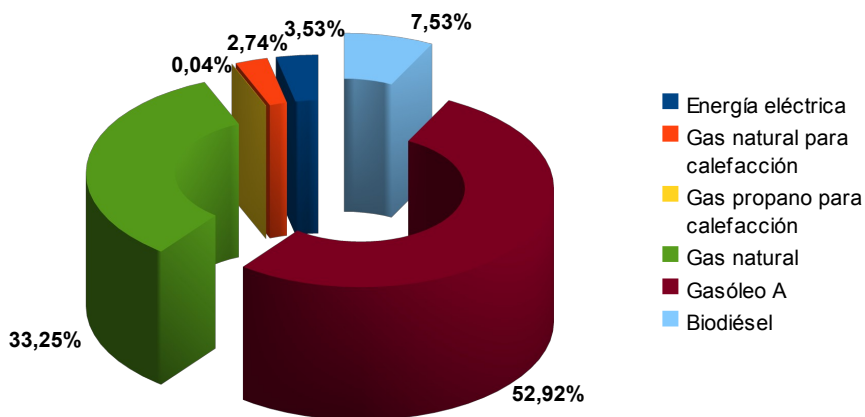


Figura 4.8 Energía final consumida por fuentes de energía en instalaciones y automoción en autobuses de TMB.

Consumo total de energía final: 28.593,95 teps (año 2008).

Fuente: Memoria TMB año 2008.

Por otro lado, apreciamos en la fig. 4.9 claramente como a partir del año 2006 empieza a notarse una diversificación energética en lo referente a los carburantes empleados. Surge con fuerza el gas natural y discretamente aparece el biodiésel como fuente alternativa de suministro energético. En tan sólo 3 años la cobertura del biodiésel se multiplica por 10 hasta pasar al 8% del consumo energético total de carburantes en 2008. La tendencia marcada por la política de

TMB es aumentar la cuota tanto de gas natural como de biodiésel en detrimento del diésel debido a las mejoras medioambientales de dichos combustibles respecto el gasóleo A.

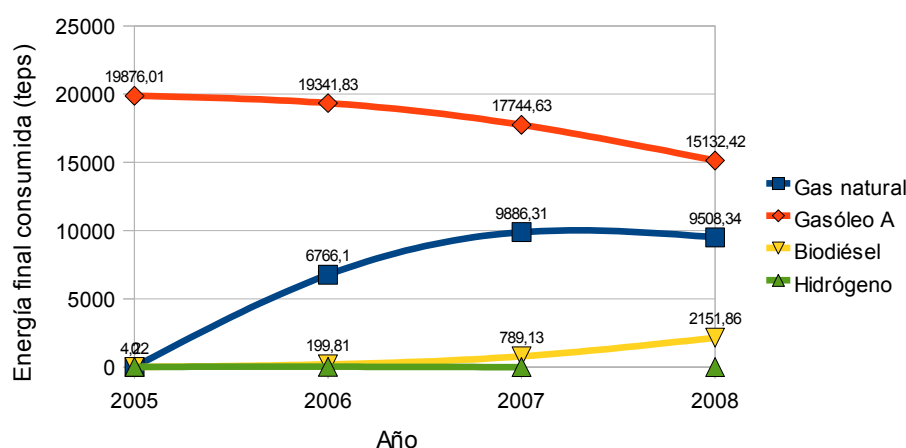


Figura 4.9 Evolución del consumo de energía final por tipo de combustibles (2005-2008). Flota de autobuses de TMB.

Fuente: Memorias de TMB (2005-2008).

Para finalizar, hay que destacar que el biodiésel juega un papel importante en el abastecimiento de combustible para los autobuses públicos de la ciudad de Barcelona. A finales de 2008 representó alrededor del 8% del consumo de energía final de la rama *autobuses* gestionada por TMB. Según los datos ofrecidos podemos augurar un futuro positivo para este biocombustible puesto que la tendencia en el consumo los últimos años ha sido exponencial. De hecho, el biodiésel es el único combustible 100% renovable de la flota de autobuses de TMB y representa un valor añadido en concepto de movilidad sostenible. A pesar de estas buenas noticias cabe recalcar que el mencionado biocombustible que abastece los autobuses públicos de Barcelona son una mezcla del 30% biodiésel y 70% gasóleo A.

4.2.3 *Ámbito medioambiental*

- El transporte y la calidad del aire en la ciudad

En el siguiente apartado se expone información relativa a la calidad del aire en la ciudad de Barcelona y la Región Metropolitana de Barcelona (RMB). En este sentido, se definen los valores normativos de concentración de contaminantes atmosféricos en las zonas urbanas y se realiza un análisis de la evolución de los principales gases nocivos en la zona estudiada. Por ende, se hace referencia a la causas que llevan a la contaminación urbana del aire y los posibles beneficios en la salud pública de reducirse hasta los niveles exigidos por la UE y los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, en adelante).

a) Definición de los valores límite de concentración de contaminantes.

Tal como se deduce en la tabla 4.4 existe una normativa clara y explícita sobre los niveles de contaminantes atmosféricos presentes en las áreas urbanas. Cabe recordar que los valores establecidos por la UE distan de ser los más exigentes como se comprobará al final de este apartado.

Tabla 4.4 Valores límite (VL) y fecha de cumplimiento de la normativa europea para los gases NO₂/NO_x y PM₁₀.

NO ₂ /NO _x	Periodo de media	Valor límite (VL)	Fecha de cumplimiento del VL
VL horario para la protección de la salud humana	1h	200 µg/m ³ de NO ₂ . No se podrá superar en más de 18 ocasiones por año civil.	01/01/2010
VL anual para la protección de la salud humana	1 año civil	40 µg/m ³ de NO ₂	
PM₁₀			
VL diario para la protección de la salud humana	24h	50 µg/m ³ de PM ₁₀ . No se podrá superar en más de 35 ocasiones por año civil.	01/01/2005
VL anual para la protección de la salud humana	1 año civil	40 µg/m ³ de PM ₁₀	

Fuente: *Informe de seguimiento de la implantación de medidas del Plan de Actuación para la mejora de la calidad del aire de 40 municipios de la Región Metropolitana de Barcelona*, febrero 2009 (Direcció General de Qualitat Ambiental, DMAH, Generalitat de Catalunya).

b) La calidad del aire en la ciudad de Barcelona y la RMB³⁰.

Según un informe publicado por del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda³¹ (DMAH siglas en catalán en adelante), los niveles de contaminantes más perjudiciales para la calidad del aire en la ciudad de Barcelona y la RMB son las partículas en suspensión de diámetro inferior a 10 micras (PM₁₀), las emisiones de dióxido de nitrógeno (NO₂) y el ozono troposférico (O₃).

Por otro lado, los datos ofrecidos se refieren a los 19 municipios situados en la *Zona de Calidad del Aire 1* (ZCA 1, en adelante) definidos por el DMAH³². No obstante, en la medida de lo posible se resaltarán los valores correspondientes a la ciudad de Barcelona.

Emisiones de partículas en suspensión de diámetro inferior a 10 micras (PM₁₀)

Las emisiones de PM₁₀ han superado en siete puntos de medida el valor límite anual para la protección de la salud humana y nueve lo han hecho para el valor límite diario. Como aparece en la tabla 4.5, este contaminante se genera básicamente por el transporte y, localmente, por algunas industrias.

Emisiones de dióxido de nitrógeno (NO₂)

En cuanto a las emisiones de NO₂ se han registrado seis superaciones del objetivo anual de calidad del aire para el año 2008, sobre el total de catorce puntos de medida. Todas estas superaciones han ocurrido en puntos urbanos de tránsito

30 Para más información se aconseja consultar estos dos documentos:

- *La calidad del aire en las ciudades: clave de sostenibilidad urbana*, Observatorio de la Sostenibilidad (OSE), 2007.

- *La calidad del aire en el Estado español durante 2008*, Ecologistas en Acción, julio de 2009.

31 El informe que se cita es: *La qualitat de l'aire a Catalunya*, DMAH (Generalitat de Catalunya).

Para más información consultar el enlace siguiente:

http://www.mediambient.gencat.cat/el_medi/atmosfera/immissions/balansos/2008/qa_08.pdf

32 Delimitación de las zonas de calidad del aire, DMAH (Generalitat de Catalunya):

http://mediambient.gencat.net/cat/el_medi/atmosfera/immissions/zqa.jsp

excepto en un punto industrial. La tendencia observada es que respecto el 2007 ha habido una disminución del 12% en las estaciones de fondo y un 9% en las cercanas a vías rápidas.

Ozono (O₃) y otros contaminantes

En relación al ozono troposférico (O₃) los valores han sido inferiores al valor objetivo establecidos para la protección de la salud humana y la vegetación aplicables para el año 2010, mientras que en algunos puntos se han superado los objetivos a largo plazo para el año 2020.

Existen otros muchos gases contaminantes que pueden contribuir a la mala calidad del aire en las áreas urbanas y rurales, pero en este caso, no han superado el valor límite establecido por la legislación vigente. Estos contaminantes son: el dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H₂S), partículas en suspensión de diámetro inferior a 2,5 micras (PM_{2,5}), benceno (C₆H₆), plomo (Pb), arsénico (As), cadmio (Cd) y Níquel (Ni).

Por la información expuesta anteriormente, se deduce que la ciudad de Barcelona aún no cumple con la normativa europea aplicable en cuanto a calidad del aire. A pesar de ello, puede apreciarse una mejora evolutiva de los gases contaminantes en los últimos años, lo que hace pensar en que los objetivos planteados resultan asequibles a corto plazo. En este sentido, cabe resaltar el *Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los 40 municipios de la RMB*³³, un plan de medidas concretas que el DMAH aprobó en julio de 2007 para combatir la contaminación atmosférica en áreas urbanas.

c) Causas que producen la contaminación atmosférica en la RMB.

Existen diversos sectores responsables del empeoramiento de la calidad del aire en las ciudades de la RMB.

Por otro lado, es conveniente recordar que la relación entre las emisiones y la calidad del aire no es directa y simple, sino que depende de transformaciones físico-químicas, así como su dispersión en función de la meteorología y la orografía de la zona. En este sentido, destacan los proyectos *Aphea* (UE) y *EMECAS* (España)³⁴.

Por otro lado, teniendo en cuenta todos los factores anteriores podemos evaluar la contribución de los diferentes sectores sobre la contaminación atmosférica tal como refleja la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Contribución de las emisiones contaminantes a la atmósfera por sectores.

Sector	ZCA 1	
	PM ₁₀	NO ₂
Industrial	28%	31%
Energético	8%	9%
Actividades extractivas	-	-
Transporte terrestre	52%	40%
Transporte marítimo	8%	9%
Transporte aéreo	-	6%
Doméstico	4%	5%

³³Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los 40 municipios de la RMB, DMAH (Generalitat de Catalunya):

http://mediambient.gencat.net/cat/el_medi/atmosfera/pla_millora_qualitat_aire/inici.jsp?ComponentID=140206&SourcePageID=23429#1%22

³⁴ APHEA: <http://www.apheis.net/>

EMECAS: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1153910>

Fuente: Idem anterior.

Según lo expuesto en la tabla 4.5 se puede identificar claramente como el transporte terrestre es el sector responsable de la mitad de las emisiones PM₁₀ y entorno a un 40% de NO₂ en la ZCA 1 donde se encuentra la ciudad de Barcelona.

No obstante, hay que destacar que según la tabla 4.6 las emisiones procedentes de los autobuses representaron tan sólo el 2% del total emitido en el año 2004 y se espera que disminuya hasta el 1,8% en 2010. Por el contrario, tanto los turismos como los vehículos pesados fueron los responsables de más del 90% del total de emisiones contaminantes en 2004 y sólo se espera la reducción de un 1% en la contribución global para el año 2010.

Tabla 4.6 Distribución de las emisiones de NO₂ y PM₁₀ por tipo de vehículo respecto las emisiones totales del transporte terrestre.

	2004	2010
Autobuses	2,00%	1,80%
Vehículos pesados	23,10%	28,20%
Turismos	71,10%	64,90%
Motocicletas	4,00%	5,00%

Fuente: Adaptado del *Plan de actuación para la mejora de la calidad del aire en los 40 municipios de la RMB*.

Estos datos nos deben hacer reflexionar sobre la importancia que tienen el tipo de vehículo y su contribución relativa en cuanto a la contaminación atmosférica en las áreas urbanas.

d) Estándares de la UE y la OMS: beneficios para la salud pública.

Los datos expuestos en este apartado resultan de un estudio³⁵ realizado por el *Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental* (CREAL) en el cual las incertidumbres de las estimaciones pueden llegar hasta el 50% debido a la metodología utilizada y la falta de datos en algunos casos. A pesar de ello, los valores que se muestran en la tabla 4.7 resultan interesantes para hacernos una idea en términos cuantificados de los beneficios que podría reportar una reducción de la contaminación atmosférica hasta los niveles exigidos por la UE y los recomendados por la OMS.

Tabla 4.7. Beneficios para la salud humana derivados del ajustamiento a los estándares propuestos por la UE y la OMS de las PM₁₀ en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB).

Beneficios anuales	UE	OMS
Muertes prematuras (personas >30 años)	1.200	3.500
Muertes por exposición a corto plazo	170	520
Meses de aumento de la esperanza de vida	5	14
Nº de hospitalizaciones cardiorrespiratorias menos	600	1.800
Nº casos menos de bronquitis crónica en adultos	1.900	5.100
Nº de casos menos de bronquitis agudas en niños	12.100	31.100

35 Künzli, Nino; Pérez, Laura. *Els beneficis per a la salut pública de la reducció de la contaminació atmosfèrica a l'àrea metropolitana de Barcelona*, septiembre 2007, Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Departament de Salut y Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.

Nº de ataques de asma menos en niños y adultos	18700	54000
--	-------	-------

Fuente: CREAL.

A tenor de lo expuesto en la tabla x vemos como los estándares promovidos por la OMS son más exigentes que los exigidos por la UE, ya que los valores que se muestran en su columna son superiores. Podemos afirmar también que la media en los beneficios anuales es el triple para los estándares de la OMS en comparación con la UE, lo que refleja que la normativa europea no es la más exigente en cuanto a requisitos de calidad del aire y en consecuencia de salud pública.

La anterior afirmación se puede ratificar apoyándonos en los valores que aparecen en la tabla 4.8, que ayudan a cuantificar monetariamente el ahorro económico de la reducción de las emisiones contaminantes.

Tabla 4.8 Beneficios monetarios derivados del ajustamiento a los estándares propuestos por la UE y la OMS de las PM₁₀ en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB).

Beneficios	UE		OMS	
	Persona y año	Total anual	Persona y año	Total anual
Método CAFE-CBA ³⁶	300 €	1.100 M€	700 €	1.600 €
Método “normal”	600 €	2.300 M€	3.000 €	6.400 M€

Fuente: CREAL.

A tenor de lo expuesto en este apartado, cabe afirmar que la contaminación atmosférica en la ciudad de Barcelona está presente y es continua a lo largo de los últimos años. Aún habiendo progresos en la disminución de los principales agentes contaminantes los niveles exigidos por la normativa europea siguen incumpléndose.

En cuanto a los sectores responsables de la contaminación atmosférica en la RMB, debemos otorgar al transporte terrestre el primer puesto tanto en emisiones NO₂ como PM₁₀. Por otro lado, hemos de ser conscientes que la contribución de los autobuses sobre el total de las emisiones contaminantes del transporte terrestre no supera el 2%, lo que indica que son otro tipo de vehículos sobre los que se debe actuar por tal de mejorar de forma eficaz la calidad del aire en la RMB. Particularmente son los turismos y los vehículos pesados.

Finalmente, no hemos de olvidar que una reducción en los niveles de gases contaminantes a los exigidos por la UE comportaría beneficios en el ámbito de la salud pública y el medio ambiente. Así mismo, también hemos conocido que los estándares recomendados por la OMS llegan a proporcionar hasta tres veces más beneficios que los obtenidos por la legislación europea, ya que son bastante más restrictivos.

- Transporte y cambio climático

En el presente apartado se muestra un análisis pormenorizado de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI en adelante) en Catalunya, ya que son los principales responsables del calentamiento global del planeta, y en consecuencia, del temido cambio climático.

Por una parte, se estudia las emisiones de GEI en territorio catalán y se comparan con las emitidas a nivel estatal, así

³⁶ CAFE-CBA (siglas en inglés): Clean Air For Europe Cost-Benefit Analysis. Programa europeo con el objetivo de desarrollar a largo plazo políticas integradas y estrategias para proteger a la población europea de los principales efectos negativos de la contaminación atmosférica para la salud humana y el medio ambiente.

como otros indicadores socioeconómicos. Además se relacionarán con el cumplimiento del Protocolo de Kioto (PK, en adelante) para el periodo 2008-2012. En último lugar, se tratará de averiguar la contribución del sector del transporte sobre el total de emisiones de GEI en Catalunya.

a) Emisiones de GEI en Catalunya y su relación con España

Tal como se muestra en la fig. 4.10 las emisiones de GEI en territorio catalán han aumentado significativamente desde principios de la década de los 90 del siglo pasado. Este incremento no ha sido continuo a lo largo de estos años, aunque la tendencia ha sido al alza a partir de 1993 en adelante con dos mínimos registrados entre 2000 y 2002 así como 2005 y 2006.

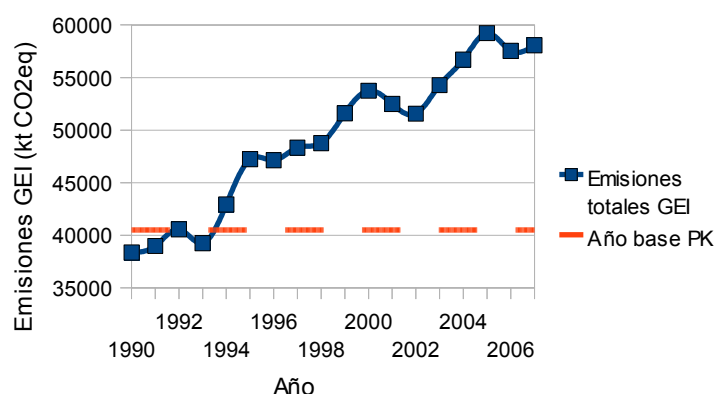


Figura 4.10 Evolución de las emisiones de GEI en Catalunya comparados con el año base del Protocolo de Kioto. Periodo 1990-2007. Fuente: Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC), Generalitat de Catalunya.

No obstante, en el periodo estudiado la evolución de las emisiones de GEI en Catalunya han crecido alrededor de un 50% respecto el 1990. A continuación se ofrece un cuadro resumen (tabla 4.9) comparando los indicadores más significativos relacionados con las emisiones de GEI de Catalunya y España.

Tabla 4.9 Comparativa entre las emisiones de GEI de Catalunya y otros indicadores respecto España.

	% total emisiones GEI	GEI 2007 (1990=100)	Emisiones GEI 2007 (Mt CO ₂ eq)	PIB 2007 (%)	Población 2007 (hab)	Población 2007 (%)	Emisiones tCO ₂ eq/hab
Cataluña	12,97	149,86	57,23	18,7	7.210.508	15,95	7,94
España	100	153,42	441,36	99,8	45.200.737	100	9,76

Fuente: *Las emisiones de gases de efecto invernadero por comunidades autónomas en España en 2007*, CCOO.

A tenor de los datos ofrecidos podemos afirmar que siendo Catalunya la comunidad autónoma que aporta más porción de PIB al estado y siendo la segunda en tamaño de población, es tan sólo la quinta en emisiones de CO₂eq por habitante. Por otro lado, el aumento de las emisiones totales emitidas desde 1990 en Catalunya se ha situado sensiblemente por debajo de la española, aunque sólo separadas por 3,5 puntos porcentuales.

b) Emisiones de GEI en Catalunya y cumplimiento del Protocolo de Kioto

En lo referente a la obligatoriedad de cumplir los acuerdos internacionales en materia de cambio climático, el *Protocolo de Kioto*³⁷ es el documento esencial en qué nos hemos de fijar.

En este sentido, España debe no superar en un 15% las emisiones de GEI del año base, es decir, 1990 (trazo amarillo fig.4.11) en el periodo 2008-2012. En la presente sección se ha aprovechado para comparar dichos objetivos a nivel de estado con la evolución de las emisiones de GEI de la comunidad autónoma de Catalunya.

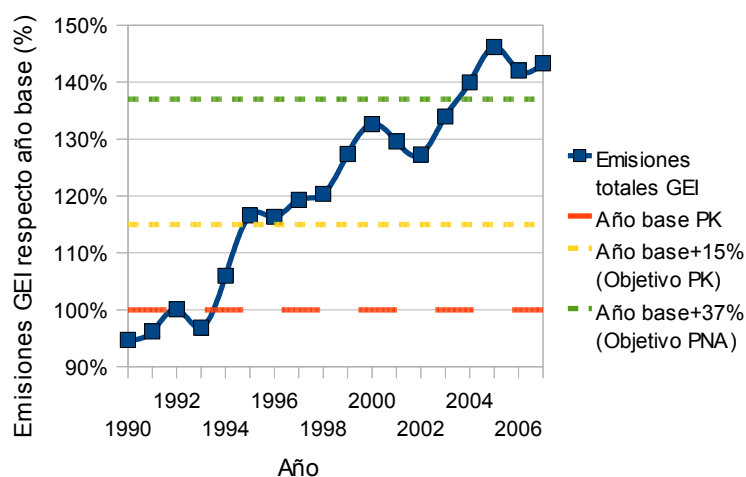


Figura 4.11 Evolución de las emisiones de GEI en Catalunya respecto el año base del PK, objetivo PK y objetivo PNA. Periodo 1990-2007. Fuente: OCCC.

Hemos de destacar que el año base corresponde a 1990, aunque las emisiones correspondientes son más elevadas que las emitidas realmente ese mismo año. Esta apreciación es importante para entender que el aumento de las emisiones de GEI desde el año base hasta el 2007 han aumentado en un 43,3% y que lo han hecho en alrededor de un 50% respecto las emisiones reales de 1990.

Por otra parte, cabe decir que el gobierno español ha elaborado una legislación concreta por tal de conseguir cumplir con el PK, basada en el Plan Nacional de Asignación de Emisiones (PNA) 2008-2012. En vistas de que no superar el 15% de las emisiones de GEI resulta tarea imposible según la tendencia actual, se ha cambiado la estrategia y se ha optado por cumplir los objetivos del PK según los mecanismos definidos en éste y que se describen en la tabla 4.10.

Tabla 4.10 Estrategia española para cumplir con el PK según el Plan Nacional de Asignación de Emisiones (PNA) 2008-2012.

	Periodo 2008-2012
Objetivo PK	+15% emisiones GEI respecto 1990
Objetivo PNA	+37% emisiones GEI respecto 1990 - 20% Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) - 2% sumideros de GEI

Fuente: Real Decreto 1370/2006 (BOE núm.282 de 25/11/2006).

37 Protocolo de Kioto: www.unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

En este sentido, vemos que las emisiones de GEI brutas³⁸ suben hasta el 37% respecto al año base (trazo verde fig.4.11) y adicionalmente se cubre un 20% con proyectos que acreditan la reducción de emisiones en países en vías de desarrollo (MDL). En último término, España dispone de una extensa masa forestal que le permite gozar de un 2% de reducción de emisiones brutas en concepto de sumidero de carbono. Si nos fijamos detenidamente en los signos de las cifras y hacemos un sumatorio veremos que tanto el objetivo PK como el PNA son equivalentes, llegar al 15% de emisiones de GEI respecto el 1990.

c) Emisiones de GEI en Catalunya y el transporte

Seguidamente se presentan los sectores que contribuyen a las emisiones de GEI en el territorio catalán.

El más destacado es el *procesamiento de energía*, con $\frac{3}{4}$ partes sobre el total emitido según apreciamos en la fig. 4.12.

Las emisiones de GEI totales ascendieron a 58.059 kt CO₂eq en el año 2007.

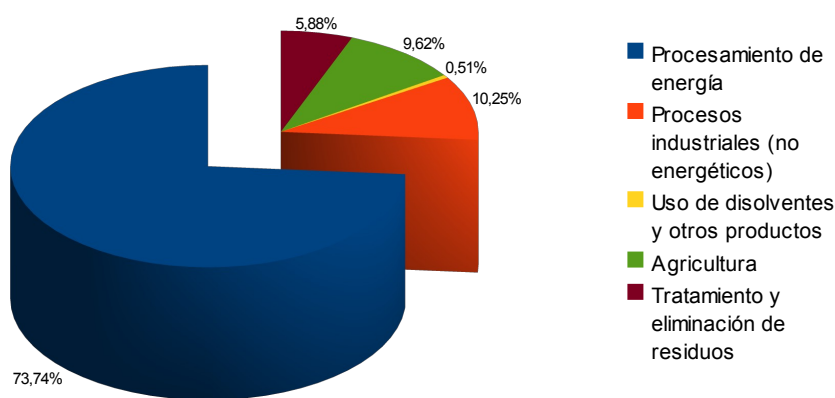


Figura 4.12 Contribución de las emisiones de GEI según sectores en Catalunya. Año 2007. Fuente: OCCC.

Este sector se subdivide en dos categorías:

- Actividades de combustión: 42.550 kt CO₂eq (99,38%).
- Emisiones fugitivas de los combustibles: 264 kt CO₂eq (0,62%).

La fig. 4.13 nos muestra la contribución en la categoría con mayor peso a) de cada subactividad y observamos claramente que el *transporte* adquiere un protagonismo singular por delante de las demás, siendo el responsable de casi el 40% de las emisiones de GEI.

³⁸ *Emisiones de GEI brutas*: son los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera sin contar la absorción por parte de los sumideros de carbono (bosques y océanos).

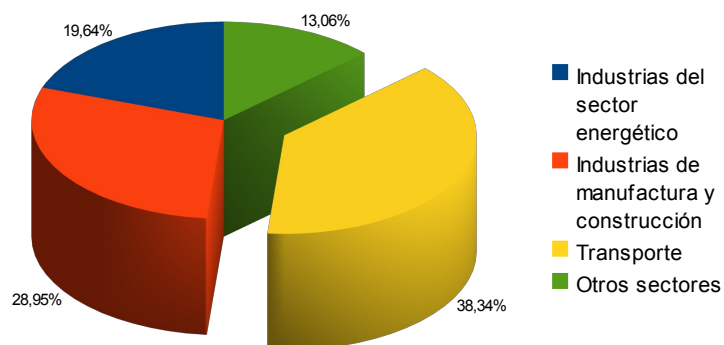


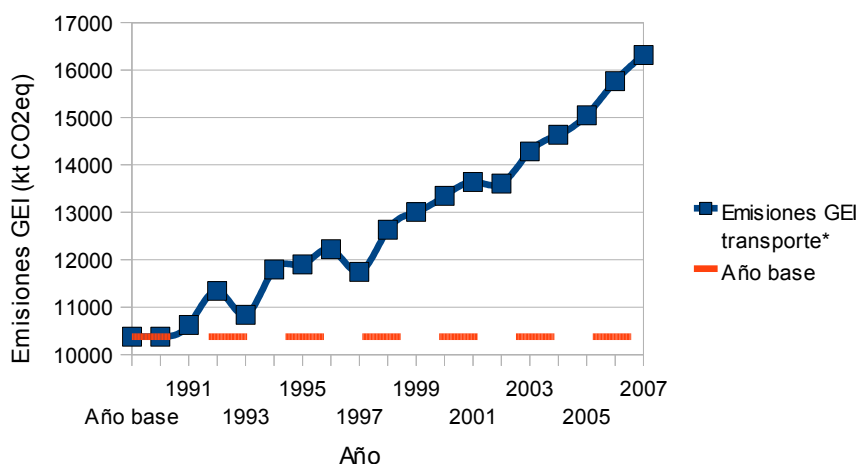
Figura 4.13 Contribución de las emisiones de GEI del sector Procesamiento de energía, categoría “Actividades de combustión”. Año 2007. Fuente: OCCC.

Si recapitulamos y cogemos todos los porcentajes antes expuestos, obtendremos la contribución real del *transporte* sobre el total de emisiones de GEI en Catalunya, tal como se muestra en la ecuación (1).

$$\text{Emisiones transporte} = \text{Emisiones totales} \times (\% \text{ procesamiento energía} \times \% \text{ actividades combustión} \times \% \text{ transporte}) \quad (1)$$

Este cálculo nos indica que el *transporte* contribuye con un 28% sobre el total de emisiones de GEI en Catalunya, o dicho de otro modo, emitiendo 16.317ktCO₂eq para el conjunto del año 2007. Esto supone emitir por encima de sectores como la *agricultura* y los *procesos industriales no energéticos* y sólo es superado por las *industrias de procesamiento de energía*.

Siguiendo con esta línea, hemos de decir que el transporte ha adquirido una importancia muy relevante en el conjunto de la sociedad catalana hasta aumentar en un 57% las emisiones de GEI en 2007 respecto el año base (fig.4.14).



* Incluye: aviación civil (doméstica), transporte por carretera, por ferrocarril, marítimo (nacional) y otros (otras fuentes móviles y maquinaria). No incluye: maquinaria del sector de la agricultura, de la silvicultura y la flota pesquera nacional.

Figura 4.14 Evolución de las emisiones de GEI derivadas del transporte en Catalunya. Periodo 1990-2007. Fuente: OCCC.

Por otro lado, hay que destacar que el PK no contempla los denominados sectores difusos, entre los que destaca el *transporte*, y eso nos indica que en Catalunya tan sólo el 35% del total de emisiones de GEI inyectadas a la atmósfera están sujetas a un acuerdo internacional vinculante de reducción de emisiones para luchar contra el cambio climático.

A modo de resumen del análisis realizado, cabe recordar que tanto Catalunya como España se alejan mucho de cumplir con los compromisos del PK en cuanto a reducción de emisiones de GEI. De hecho, en territorio catalán están aumentando alrededor de un 50% desde 1990 a 2007, mientras que a nivel estatal aún fue mayor. Por otro lado, las emisiones derivadas del sector transporte en Catalunya han representado el 28% sobre el total del año 2007, siendo el segundo sector con más peso en este ámbito. En última instancia también es importante recalcar, que tal como está planteado el PK, tan sólo el 35% del total de emisiones de GEI en Catalunya están sujetas a compromisos de reducción, puesto que el 65% restante pertenece a los sectores difusos.

- El aceite vegetal usado como residuo

En esta sección se proporciona información relativa al problema medioambiental de los UCO en el agua, como la propia gestión de este residuo en Barcelona ciudad. Por otro lado, también se ofrece una diagnosis del consumo de agua doméstica y la descripción de las EDAR que se encargan de la depuración de dicho consumo.

a) Problemas medioambientales del aceite como residuo

Los UCO resultan ser un serio problema medioambiental debido a su elevado grado de contaminación de las aguas una vez se mezclan con ellas. Esto aún se agrava más en las áreas urbanas con una densidad de población elevada como es el caso de Barcelona. Así pues, si los UCO no se recogen y reciclan adecuadamente, estos irán directamente a la red de saneamiento de las aguas de la ciudad. De este modo, llegarán a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs) municipales donde se realizarán tratamientos costosos económicamente. Los UCO impiden el proceso natural de depuración de las aguas y dificultan la acción de las plantas depuradoras a su vez.

Es por esto, que la utilización de UCO como materia prima para la obtención de biodiésel supone una doble ventaja: por un lado se elimina un residuo problemático y, por el otro, se consigue un combustible respetuoso con el medio ambiente.

b) Gestión de los UCO en la ciudad de Barcelona

En la actualidad, los UCO de origen doméstico de Barcelona ciudad se gestionan desde los llamados Puntos Verdes (PV en adelante) o Vertederos Metropolitanos³⁹. Estos pueden ser de distintos tipos: PV de Barrio, PV Colaborador o PV Móvil. En total hay hasta 120 PV repartidos por toda la ciudad. El servicio de recogida de los UCO en los PV es voluntaria y gratuita para los usuarios domésticos hasta los 500 kg de residuos no especiales y de 5 kg o 5 litros de residuos especiales. En ningún caso se realiza el servicio a domicilio, por tanto, es responsabilidad de los ciudadanos llevar el UCO generado en sus viviendas a los PV.

Una vez se almacenan en los PV, como que estos residuos están catalogados como reciclables, se llevan a una empresa

³⁹ Los Puntos Verdes de la ciudad de Barcelona:
<http://www.bcn.es/neta/ca/gestioresidus-puntverd.html>

gestora donde los UCO se recuperan para la obtención de harinas de carne y grasa para la alimentación animal. Otras posibilidades de tratamiento pasan por la depuración y limpieza de estos residuos que son reciclados para obtener jabón y cosméticos, o bien, la reintroducción dentro de distintos procesos industriales (pinturas, tratamiento y adobería de pieles y químicas)⁴⁰. En la tabla 4.11 se muestra la cantidad de UCO recogido en Barcelona.

Tabla 4.11 Aceites vegetales recogidos en los PV de la ciudad de Barcelona en 2008.

Aceites vegetales (kg)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Año 2008	13.970	14.130	10.140	12.930	13.400	12.470	12.860	8.480	15.705	12.575	12.100	9.190	147.950

Fuente: SIRESA, S.A.

c) Consumo de agua en Barcelona

Los usuarios domésticos representaron en el año 2008 el 65% del consumo total de agua de la ciudad de Barcelona, es decir, 65.688 miles de m³. En la tabla 4.12 aparece el consumo doméstico que ha sido de 111,37 litros/habitante·día y resulta casi un 8% menos que la media de los años 2003 y 2008.

Tabla 4.12 Datos sobre consumo doméstico de agua en la ciudad de Barcelona.

Municipio	litros/habitante·día (año 2007)	Media 2003-2008	Doméstico (hm ³ /año)	Habitantes (año 2008)	litros/habitante·día (año 2008)	2008 vs 2007	2008 vs media 2003-2008
Barcelona	112,81	120,91	65688	1615908	111,37	-1,28%	-7,90%

Fuente: *Dades ambientals metropolitanas 2008*, Área Metropolitana de Barcelona, Entitat del Medi Ambient (EMA).

d) Depuración del agua de Barcelona

Por lo que se refiere al saneamiento, el agua doméstica consumida en la ciudad de Barcelona es depurada por las EDARs del Besós y el Llobregat tal como refleja la tabla 4.13.

Tabla 4.13 Información relativa a las EDAR del Besós y el Llobregat⁴¹.

EDAR	Caudal de diseño (m ³ /día)	Habitantes equivalentes	Tipo de tratamiento	Tipo de tratamiento de los fangos	Caudal tratado (miles m ³) Año 2008	Energía consumida (kWh/año)	Energía cogenerada (kWh/año)
Besòs	525.000	3.000.000	Biológico	Deshidratación y secado térmico	131.284	48.840.943	-
Llobregat	420.000	2.000.000	Biológico, nutrientes y terciario	Digestión anaerobia con cogeneración, deshidratación y secado térmico	2.060.578	54.485.963	26.153.260 (48%)

Fuente: Idem anterior.

40 Fuente de la información:

<http://www.deixalleries.com/residu.php?tipus=Residu%20Especial&residu=Oli%20Vegetals>

41 Para más información:

EDAR Besòs, http://www.amb.es/web/emma/aigua/sanejament/depuradores/depuradora_besos

EDAR Llobregat, http://www.amb.es/web/emma/aigua/sanejament/depuradores/depuradora_llobregat

En la EDAR Besós se ha tratado el 47% del agua residual del Área Metropolitana de Barcelona (AMB)⁴² en el año 2008. Eso corresponde a las poblaciones de Barcelona (65%), Badalona, Montgat, Sant Adrià de Besòs, Santa Coloma de Gramenet y Tiana, así como una pequeña parte del municipio de Montcada i Reixac. Es la depuradora con más capacidad de tratamiento de aguas residuales en Catalunya. Tal como se describe en la tabla 4.13 la EDAR Besós no dispone de tratamiento terciario y tampoco aprovecha los fangos para realizar digestión anaerobia.

Por otra parte, la EDAR Llobregat ha tratado un 35% del agua residual del AMB en el mismo año y ha correspondido a los municipios de Barcelona (35%), Cornellà de Llobregat, el Prat de Llobregat, Esplugues de Llobregat, el Hospitalet de Llobregat, Sant Joan Despí, Sant Boi de Llobregat, Santa Coloma de Cervelló y Sant Just Desvern (parcialmente). Según la tabla 4.13 lo más destacable es que la EDAR Llobregat ha generado electricidad por cogeneración hasta casi la mitad de su consumo eléctrico total en el año 2008.

Como se ha podido comprobar la recogida y reciclaje de UCO es muy importante en las áreas urbanas, porque evita la contaminación de las aguas y facilita la depuración de las aguas residuales en las EDAR. Desde este punto de vista, hay un menor impacto ambiental sobre el medio acuático y un ahorro económico derivado del tratamiento de las aguas contaminadas. Así pues, el uso de UCO para la obtención de biodiésel tiene unas ventajas medioambientales que hay que recalcar, puesto que el proceso convierte un residuo en un recurso y cierra el ciclo de materiales, aportando un combustible ecológico apto para el transporte y la movilidad de las personas y mercancías.

4.3 Resultados

En el apartado de resultados se presentan las hipótesis y consideraciones que se han tenido en cuenta para realizar los cálculos, así como las propias limitaciones del estudio. De esta manera, se pretende que los datos ofrecidos queden claros y sean coherentes con los objetivos. En este sentido, la interpretación se deberá realizar teniendo en cuenta dichas hipótesis y limitaciones. De esta forma, se quiere manifestar la previa, profunda y exhaustiva reflexión sobre la perspectiva y enfoque en el cálculo de los resultados. Con todo ello, se desea mostrar la visión auto-crítica, así como la consciente capacidad de mejora de los valores resultantes en el caso que se dispusiera de las fuentes de información ideales.

4.3.1 Hipótesis y consideraciones

1. Por tal de calcular el potencial de reciclaje de UCO por persona de origen doméstico se ha utilizado el valor ofrecido en la ponencia de la *PhD candidate* Laura Talens Peiró⁴³, que a través de encuestas por diferentes municipios de Catalunya resultó ser del 30% del aceite total consumido anualmente.
2. Además hay otras cifras que se han tenido en cuenta, como las toneladas necesarias de UCO para obtener una

⁴² La AMB la conforman 33 municipios con una población de unos 3.100.000 habitantes con una densidad de población de unos 5.319 hab/km².

⁴³ Ponencia realizada por la PhD candidate Laura Talens Peiró en las IV Jornadas Internacionales del Biodiésel el 12 de junio de 2008 organizado por ACBiodiésel: Laura Talens Peiró, Dr. Gara Villalba Méndez, Dr. Xavier Gabarell i Durany, *El potencial d'oli reciclat per la producció de biodiésel*, SosteniPra UAB-IRTA. Más información: <http://www.acbiodiesel.net/docs/ponencies/2008/Laura%20Talens.pdf>

tonelada de biodiésel. Este valor se expone en la misma ponencia pero procede de otro estudio de investigación⁴⁴ y resulta en 1,17 toneladas de UCO por cada tonelada de biodiésel obtenido.

3. Ocurre lo mismo con el cálculo efectuado en la superficie cultivada evitada, donde otra publicación⁴⁵ nos ofrece la equivalencia de 1,14 toneladas de biodiésel a partir de colza por cada hectárea/año de producción. Este conjunto de datos han contribuido significativamente a la fiabilidad en los cálculos realizados y los resultados obtenidos.
4. En cuanto a las conversiones energéticas, se han considerado los siguientes PCI : 41,9 MJ/kg para el gasóleo A y 37 MJ/kg para el biodiésel.
En lo referente a las densidades de cada combustible se ha utilizado: 832,5 kg/m³ para el gasóleo A y 880 kg/m³ para el biodiésel. Estas densidades son la media de los rangos ofrecidos por la legislación vigente.
5. Las estadísticas sobre los consumos de aceite domésticos por persona se han conseguido del DAAR⁴⁶ y resultan estar en volumen (litros). Por tal de convertirlos en peso (toneladas) se han utilizado las densidades propuestas por un documento de la FAO⁴⁷. Para el aceite de oliva se ha considerado 0,913 kg/litro y para el aceite de girasol 0,921 kg/litro. Igual que en el caso anterior, estos valores son la media de unos rangos establecidos.

4.3.2 Limitaciones

- A. En el cálculo de potencial de UCO para obtención de biodiésel, sólo se ha tenido en cuenta el aceite de cocina que los ciudadanos de Barcelona podrían reciclar para este fin, es decir, el máximo que podrían llevar a los Puntos Verdes según consumo de aceite por cápita y porcentaje estimado de reciclaje. No se ha tenido en cuenta la aportación de UCO recogido en otros municipios de la RMB donde también llega el transporte público en autobús procedente de la ciudad de Barcelona.
- B. No se ha contemplado el potencial de UCO procedente de industrias agroalimentarias y de hoteles, restaurantes y catering (HORECA) situados en la ciudad de Barcelona. Las empresas de los mencionados sectores están obligados por la Orden MAM/304/2002⁴⁸ a elaborar informes anuales al DMAH y el UCO generado es recogido por una gestor autorizado de residuos especiales.
- C. Por tal de realizar los cálculos de la contaminación por UCO en las aguas residuales que llegan a las EDAR del Llobregat y Besós, se ha considerado que el aceite vertido en la red de saneamiento de agua es el equivalente al potencial de recogida de UCO doméstico en Barcelona. De esta forma, necesitamos saber el coste de

44 Fuente de la publicación: Talens Peiró, L.; Villalba Méndez, G.; Gabarrell, X. *Exergy analysis of integrated waste management in the recovery and recycling of used cooking oils*. Environmental Science & Technology. Manuscript ID: es071972a.R2. (In Press 2008).

45 Fuente de la publicación: Mittelbach, M and Remschmidt, C., *Biodiesel; the comprehensive handbook*. First Edition ed. 2004: Martin Mittelbach, Am Blumenhang 27, A-8010 Graz, Austria.

46 Fuente de la publicación: *Informe anual de la industria, distribución y el consumo agroalimentario en Catalunya 1998-2007*, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción Rural de la Generalitat de Catalunya.

47 Fuente de la publicación: *Apéndice II del proyecto de norma para aceites vegetales especificados y Apéndice IV del proyecto de norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de aceituna* del Departamento de Agricultura de la FAO (Naciones Unidas).

48 Para más información:

Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/actuacions_i_serveis/legislacio/residus/OrdenMAM_304_2002.jsp

depuración aproximado, que según técnicos de la empresa Agbar es de 231€ por tonelada de UCO que llega a estas EDARs.

De hecho, los aceites sufren modificaciones físico-químicas en su recorrido por la red de saneamiento y llegan a las EDAR en forma de sólidos en suspensión que se eliminan en el proceso de pre-tratamiento del agua residual. Aunque este dato es el que se acerca más a la realidad, hay que decir que tampoco es seguro que todo el UCO que llega a estas EDAR es de origen doméstico.

- D. Debido a que no se han podido obtener los datos actualizados del estudio *Análisis de emisiones de TMB*⁴⁹, y los que se han podido consultar no servían para este proyecto, hay que tener en cuenta que el análisis realizado de la contaminación atmosférica resulta bastante limitado. Así pues, se ha de recalcar que los datos aportados no reflejan la totalidad de los beneficios medioambientales referentes a la calidad del aire de la ciudad de Barcelona. No obstante, se hace una suposición en el caso de que se utilizara biodiésel al 100% (B100) con datos de otra fuente⁵⁰.

4.3.3 Cálculo de resultados

Es importante conocer el origen de los datos que se ofrecen a continuación, por esa razón se intentará plasmar de forma sencilla la información necesaria, las operaciones de cálculo que se han realizado y la comparativa con la situación inicial reflejada en el apartado de ámbito de actuación.

1. Potencial de obtención de biodiésel a partir de UCO doméstico en Barcelona.

Información necesaria:

- a) Serie histórica de población censada en Barcelona.
- b) Serie histórica de consumo total de aceites por cápita/año.
- c) Densidad del aceite de oliva y girasol.
- e) Potencial de reciclaje de UCO en los hogares.
- d) Cantidad de UCO necesaria para obtener una tonelada de biodiésel.

Operaciones de cálculo:

Se han realizado cálculos sencillos una vez obtenidos los datos de las fuentes de información necesarias. A modo de simplificación las operaciones se refieren a un año.

Para comenzar, se ha multiplicado la población censada de Barcelona y el consumo total de aceites por cápita de Catalunya, pues se considera una media adecuada para la capital catalana. Así se consigue el total de aceites vegetales consumidos en la ciudad de Barcelona, tal como se describe en la ecuación (2). Previamente, se han multiplicado las

49 Ponencia realizada por Sònia Centelles en el 8º Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) celebrada en Madrid en noviembre de 2006: Sònia Centelles, *Estudio de emisiones y consumos de la red de autobuses de Barcelona*, Departamento de Medio Ambiente de TMB, noviembre 2006.

http://www.conama8.org/modulodocumentos/documentos/MRs/MR1/MR2_ppt_SoniaCentelles.pdf

50 La fuente es la empresa distribuidora de biocarburantes Petromiralles, S.L.

Para más información consultar este enlace: <http://www.petromiralles.com/ct/productesbio/biodieselus.html>

cantidades de cada categoría de aceite (oliva, girasol y otros⁵¹) por su respectiva densidad y se han sumado hasta obtener el total de consumo de aceites por cápita en toneladas.

$$\begin{array}{l} \text{Población censada} \\ \text{en Barcelona} \\ \text{(Tm)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Consumo total aceites} \\ \text{vegetales por cápita} \\ \text{(Tm/hab)} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Total aceites vegetales domésticos} \\ \text{consumidos en Barcelona} \\ \text{(Tm)} \end{array} \quad (2)$$

Una vez tenemos el total de aceites consumidos en los hogares de la ciudad de Barcelona, hace falta multiplicarlos por el porcentaje máximo que los usuarios domésticos podrían reciclarlos una vez utilizados, es decir, cuando se han convertido en UCO, ver ecuación (3).

$$\begin{array}{l} \text{Total aceites vegetales domésticos} \\ \text{Consumidos en Barcelona} \\ \text{(Tm)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Potencial de reciclaje de} \\ \text{UCO en los hogares} \\ \text{(30 \%)} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Potencial de recogida de} \\ \text{UCO doméstico en Barcelona} \\ \text{(Tm)} \end{array} \quad (3)$$

Ahora disponemos del valor que será crucial para averiguar el potencial de transformación a biodiésel. Aún así, hay que contar con el factor de conversión que nos proporciona las toneladas necesarias de UCO para obtener una tonelada de biodiésel, este valor se ha expuesto en las hipótesis y corresponde a 1,17 toneladas, ver ecuación (4).

$$\begin{array}{l} \text{Potencial de recogida de} \\ \text{UCO doméstico en Barcelona} \\ \text{(Tm)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Factor de conversión} \\ \text{(Tm UCO} \rightarrow \text{Tm Biodiésel)} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Potencial de transformación de} \\ \text{UCO doméstico en biodiésel} \\ \text{(Tm)} \end{array} \quad (4)$$

En la tabla 4.14 se muestra el mismo proceso al expuesto con las fórmulas anteriores pero esquematizado y con los valores concretos hasta obtener el resultado esperado.

Tabla 4.14 Resultados del potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel en Barcelona (2003-2008).

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Población censada en Barcelona a 1 de enero (hab)	1.582.738	1.578.546	1.593.075	1.605.602	1.595.110	1.615.908
Consumo total de aceites vegetales por cápita (Tm/hab)	12,81	13,43	13,36	12,45	12,81	12,97(*)
Total aceites vegetales consumidos (Tm)	20.270,28	21.198,43	21.280,06	19.985,84	20.435,75	20.959,33
Potencial de recogida de UCO doméstico en Barcelona (Tm)	6.081,09	6.359,53	6.384,02	5.995,75	6.130,73	6.287,80
Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (Tm)	5.197,51	5.435,49	5.456,42	5.124,58	5.239,94	5.374,19

(*) Este dato no es real puesto que la publicación del DAAR aún no se ha actualizado, se ha optado por hacer la media a partir de los años anteriores.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos publicados por el DAAR.

Comparativa con situación actual:

Tal como se expresa en el apartado 4.2.3 *Ámbito de actuación medioambiental* la recogida de UCO doméstico en los Puntos Verdes de la ciudad de Barcelona alcanzó la cifra de 147,95 toneladas en el año 2008. Esto significa un 0,71% sobre el total de aceites vegetales consumidos en el mismo periodo. En este sentido, podemos afirmar que el potencial

⁵¹ La categoría de aceites "otros" comprende básicamente los aceites de maíz, de semillas, de soja y otros.

de recogida de UCO doméstico es más de 30 veces superior al dato de partida. Del mismo modo, el potencial de transformación a biodiésel está infravalorado en el mismo orden de magnitud.

2. Cobertura en el abastecimiento energético con biodiésel en los autobuses públicos de Barcelona.

Información necesaria:

- a) Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (2008).
- b) Factores de conversión para pasar el biodiésel de unidades de masa a energía final.
- c) Consumo de energía final por fuentes de energía en los autobuses públicos de Barcelona (2008).

Operaciones de cálculo:

En este caso, como que el valor que queremos averiguar tiene que aparecer en unidades energéticas (teps) y lo tenemos en peso (toneladas), necesitamos realizar ciertas operaciones con factores de conversión adecuados. Tal como se expresa en la ecuación (5).

$$\begin{array}{c} \text{Potencial de transformación de} \\ \text{UCO doméstico en biodiésel} \\ \text{(Tm)} \end{array} \times \begin{array}{c} \text{Factores de conversión} \\ \text{(Tm} \rightarrow \text{teps)} \end{array} \stackrel{52}{=} \text{Potencial de consumo de biodiésel} \\ \text{a partir de UCO doméstico (teps)} \quad (5)$$

Una vez disponemos del potencial de consumo de biodiésel, tan sólo hemos de dividirlo por el total de energía final consumida en los autobuses públicos de Barcelona y multiplicarlo por cien, así obtendremos un porcentaje de cobertura de abastecimiento, ver ecuación (6).

$$\frac{\text{Potencial de consumo de biodiésel} \\ \text{a partir de UCO doméstico (teps)}}{\text{Total energía final consumida (teps)}} \times 100 = \text{Cobertura energética en los} \\ \text{autobuses públicos de Barcelona (\%)} \quad (6)$$

Hay que recordar que se incluye el consumo energético de las instalaciones de los autobuses. En la tabla 4.15 se distingue la energía final consumida por fuente de energía y la estructura en el abastecimiento.

⁵² Los factores de conversión son:
(37 MJ / 1 kg) x (1 Tm / 1000 kg) x (1 tep / 41.840 MJ)

Tabla 4.15 Resultados de la cobertura en el abastecimiento energético con biodiésel en los autobuses públicos de Barcelona.

Fuentes de energía	Año 2008		Año 2008 (100% biodiésel UCO doméstico)	
	Energía final consumida (teps)	Estructura (%)	Energía final consumida (teps)	Estructura (%)
Energía eléctrica	1007,94	55,96	1007,94	55,96
Gas natural para calefacción	782,45	43,44	782,45	43,44
Gas propano para calefacción	10,95	0,61	10,95	0,61
<i>Subtotal instalaciones</i>	1801,34	6,31	1801,34	6,31
Gas natural	9508,34	35,53	9508,34	35,53
Gasóleo A	15132,42	56,55	12500,25	46,71
Biodiésel	2120,34	7,92	4752,51	17,76
<i>Subtotal automoción</i>	26761,09	93,69	26761,09	93,69
Total (instalaciones+automoción)	28562,44	100	28562,44	100

Fuente: Elaboración propia a partir de *Memoria TMB*, 2008.

Comparativa con situación actual:

Según lo expuesto en la tabla 4.15, si el potencial de consumo de biodiésel a partir de UCO doméstico fuera una realidad, en el año 2008 la cobertura en el abastecimiento energético con biodiésel habría aumentado hasta cerca del 18% sobre los consumos de automoción. La sustitución probable del biocarburante por el gasóleo A haría que este último descendiera su aportación en 10 puntos porcentuales y la estructura por fuentes de energía en automoción quedase más diversificada. No obstante, el consumo de combustibles fósiles aún supondrían una rotunda mayoría, copando más del 80% de la abastecimiento en los autobuses públicos de Barcelona. Por otro lado, averiguamos que sólo con el potencial de obtención de biodiésel a partir de UCO doméstico se podría satisfacer 2,24 veces el consumo de biodiésel del año 2008, que ha sido el máximo histórico registrado por TMB. Por ende, si sumáramos tanto el consumo de actual de biodiésel como el obtenido a partir del potencial de recogida de UCO doméstico y lo sustituyéramos por gasóleo A, la cobertura en el abastecimiento ascendería al 25,7%, es decir, más de un cuarto de la energía final destinada a automoción procedería del biodiésel. De esta manera, la nueva estructura resultante en términos energéticos sería: 38,8% gasóleo A (10.379,91 teps), 35,5% gas natural (9.508,34 teps) y 25,7% biodiésel (6.872,85 teps).

3. Beneficios en caso de implementación

Este apartado se va a dividir en dos bloques que seguirán la misma estructura que los resultados anteriores y se titularán: beneficios socioeconómicos y beneficios medioambientales.

3.1 *Beneficios socioeconómicos*

En referencia a los aspectos sociales y económicos, se ha creído conveniente desagregar los resultados en función del ámbito que afectan, en nuestro caso: *dependencia energética* y *depuración de las aguas residuales*.

Información necesaria:

Dependencia energética

- ┌ Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (2008).
- └ Precio medio del gasóleo A en el mercado internacional (2008).

Depuración de las aguas residuales

- ┌ Coste del pre-tratamiento de eliminación de aceites y grasas de las EDAR del Llobregat y Besós.
- └ Cantidad de UCO que llega a las EDAR.

Operaciones de cálculo:

Dependencia energética

Una vez tenemos el potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel para el año 2008 en términos energéticos, calcularemos el ahorro en importación de barriles de petróleo, tal como observamos en la ecuación (7).

$$\text{Potencial de consumo de biodiésel a partir de UCO doméstico (teps)} \times \text{Factor de conversión (teps} \rightarrow \text{barriles petróleo)} = \text{Ahorro importación petróleo (barriles)} \quad (7)$$

En la ecuación (8), se calcula el ahorro económico que supone la sustitución del biodiésel a partir de UCO por gasóleo A con precios del mercado internacional del año 2008.

$$\text{Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (Tm)} \times \frac{\text{1 tonelada de gasóleo A}}{\text{1 tonelada de biodiésel}} \times \text{Precio gasóleo A (\$/Tm)} = \text{Ahorro económico (\$)} \quad (8)$$

En la tabla 4.16 se muestran los correspondientes cálculos derivados de las operaciones anteriores. Hay que tener en cuenta que para el cambio de divisas se ha considerado de 1 euro (€) / 1,5 dólares (USD).

Tabla 4.16 Resultados del ahorro económico y dependencia energética.

Año 2008	Ahorro energía primaria (petróleo)
Potencial de consumo de biodiésel a partir de UCO doméstico (teps)	4.752,51
Ahorro importación petróleo (barriles)	745,38

Año 2008	Ahorro económico en energía final (gasóleo A)
Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (Tm)	5.374,19
Factor conversión (Tm biodiésel → Tm gasóleo A)	1,13
Precio medio gasóleo (\$/Tm)	933,24 ⁵³
Ahorro económico (\$)	4.428.879,25
Ahorro económico divisa europea (€)	2.952.586,17

Fuente: Elaboración propia.

Depuración de las aguas residuales

Los costes socioeconómicos se han calculado en función de los costes de pre-tratamiento de los aceites y grasas en las EDAR del Llobregat y el Besós. Tal como se explica en el apartado de limitaciones el cálculo se ha tenido que hacer a partir del aceite vertido equivalente al potencial de recogida de UCO doméstico en Barcelona y multiplicarlo por el coste medio de depuración de los aceites y las grasas en las EDARs correspondientes. Las operaciones son las que aparecen en la ecuación (9) los cálculos se exponen en la tabla 4.17.

$$\begin{array}{l} \text{Potencial de recogida de} \\ \text{UCO doméstico en Barcelona} \\ \text{(Tm)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Coste medio de depuración} \\ \text{de aceites y grasas} \\ \text{(€/Tm)} \end{array} = \text{Ahorro económico} \quad (9) \\ \text{(€)} \quad \text{(€)} \quad \text{(€)}$$

Tabla 4.17 Resultados del ahorro económico de la depuración de aguas residuales en las EDAR del Llobregat y el Besós.

	Año 2008
Potencial de recogida de UCO doméstico en Barcelona (Tm)	6287.80
Coste medio de depuración de aceites y grasas EDARs (€/Tm de UCO)	231,00
Ahorro económico (€)	1.452.481,59

Fuente: Elaboración propia a partir de datos ofrecidos por la empresa Agbar, S.A.

Comparativa con situación actual:

En lo referente a la *dependencia energética*, el ahorro en combustibles fósiles es notable, alrededor de un 17,76% teniendo en cuenta sólo el biodiésel obtenido a partir de UCO doméstico, tal como aparece en la tabla 4.17. El ahorro económico no resulta neto, puesto que no se han aportado datos del coste final de obtención del biodiésel B30 que utilizan los autobuses públicos de Barcelona. No obstante, sí que se puede afirmar que la obtención de biodiésel a partir de UCO doméstico representa una seguridad en el suministro interesante para un estado español con una extrema dependencia energética del exterior.

⁵³ Fuente: *Precios de carburantes y combustibles, Comparación 2007-2008*, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

En concepto de *depuración de aguas residuales*, podemos decir que el ahorro económico referente a las EDAR de Llobregat y Besós supondría un 0,86% del total de gastos de explotaciones de infraestructura del ciclo del agua en Catalunya de la Agencia Catalana del Agua en el año 2008 (169.779.023,12 €)⁵⁴. Por otro lado, hemos de tener en cuenta que un litro de aceite vertido al agua es capaz de contaminar 1.000 litros de agua. Si el potencial de reciclaje de UCO doméstico para obtener biodiésel se tirara por el fregadero en las viviendas (recordemos que sólo se recicla un 0,71% del total de aceites consumidos en Barcelona en 2008), equivaldría a contaminar 6.786,81 hm³ de agua residual, es decir, el equivalente al 10,33% del consumo de agua doméstico en la capital catalana (ver tabla 4.12).

3.2 *Beneficios medioambientales*

En este bloque se han considerado tres aspectos fundamentales: la *contaminación atmosférica*, la *mitigación del cambio climático* y el *uso de la tierra*.

Información necesaria:

Contaminación atmosférica

- ┌ Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (2008).
- └ Emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) del consumo de B30 en los autobuses (2008).

Mitigación del cambio climático

- ┌ Ahorro energético en el consumo de gasóleo A (2008).
- └ Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) del gasóleo A en gr/kg combustible.

Uso de la tierra

- ┌ Potencial de obtención de biodiésel a partir de UCO doméstico (2008).
- └ Rendimiento de la plantación de colza por unidad de superficie cultivada.
- └ Superficie agrícola de la provincia de Barcelona (2007).

Operaciones de cálculo:

Contaminación atmosférica

En este apartado no se ha podido realizar un estudio más detallado porque no se ha podido obtener de la fuente original. Por tanto, el único cálculo posible es el de las emisiones de NO_x derivadas del consumo de biodiésel al 30% en detrimento del consumo equivalente de gasóleo A que se podría sustituir. Sin embargo, según datos ofrecidos por TMB el nivel de emisiones en los motores diésel que consumen gasóleo A o biodiésel al 30% (B30) son prácticamente iguales, por tanto no hay ninguna mejora en este aspecto.

⁵⁴ Fuente: *Memoria 2008*, ACA, Generalitat de Catalunya.

http://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/publicacions/memoria2008/memoria_aca_08.pdf

Mitigación del cambio climático

En el caso de las emisiones de GEI, el biodiésel obtenido a partir de UCO tiene serias ventajas respecto al gasóleo convencional, incluso el producido a partir de plantas oleaginosas. Según datos de TMB, se emiten igual cantidad de CO₂ consumiendo ambos combustibles, exactamente 3,15gr/kg combustible, no obstante, el dióxido de carbono emitido por el biodiésel se puede considerar neutro y el del gasóleo A no. Esto es así, porque el biodiésel procede en origen de una especie vegetal que ha absorbido ese CO₂ previamente y, por tanto, forma parte del ciclo natural del carbono. En la ecuación (10) se muestra como calcular el dióxido de carbono neutral del biodiésel y la ecuación (11) las emisiones de CO₂ evitadas por el ahorro en consumo de gasóleo A. Los cálculos correspondientes se encuentran detallados en la tabla 4.18.

$$\begin{array}{l} \text{Potencial de transformación de} \\ \text{UCO doméstico en biodiésel} \\ \text{(toneladas)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Factores de conversión} \\ \text{(Tm B30} \rightarrow \text{Tm CO}_2\text{)} \end{array} \stackrel{55}{=} \begin{array}{c} \text{Emisiones de CO}_2 \text{ neutras} \\ \text{(toneladas)} \end{array} \quad (10)$$

$$\begin{array}{l} \text{Ahorro consumo gasóleo A} \\ \text{(toneladas)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Factores de conversión} \\ \text{(Tm gasóleo A} \rightarrow \text{Tm CO}_2\text{)} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Emisiones de CO}_2 \text{ evitadas} \\ \text{(toneladas)} \end{array} \quad (11)$$

Tabla 4.18 Resultados en las emisiones de CO₂ y GEI evitadas según combustible.

	Año 2008
Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (toneladas)	5.374,19
Emisiones de CO ₂ neutras (toneladas)	16.928,70
Ahorro en consumo de gasóleo (toneladas)	4.745,70
Emisiones de CO ₂ evitadas (toneladas)	14.981,49

Fuente: Elaboración propia a partir de *Memoria de TMB (2008)*.

Uso de la tierra

En este apartado se ha procurado averiguar qué cantidad equivalente de superficie de cultivo de colza sería necesaria para satisfacer el potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel. La colza es una especie oleaginosa muy utilizada para la obtención de biodiésel a partir de aceite de primer uso. Según se expone en el apartado de *hipótesis y consideraciones*, en una hectárea se puede obtener 1,14 toneladas de biodiésel a partir de colza en el periodo de un año. A todo esto la ecuación (12) nos muestra el cálculo pertinente.

$$\begin{array}{l} \text{Potencial de transformación de} \\ \text{UCO doméstico en biodiésel} \\ \text{(toneladas)} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Factores de conversión} \\ \text{(toneladas colza} \rightarrow \text{ha/año)} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Superficie de cultivo} \\ \text{de colza evitada} \\ \text{(ha/año)} \end{array} \quad (12)$$

Seguidamente en la tabla 4.19 se muestran los cálculos de la superficie agrícola del cultivo energético de colza evitada

⁵⁵ Los factores de conversión son:
(1.000 kg / 1 Tm) x (3,15 gr CO₂ / 1 kg de B30) x (1 kg / 1000 gr) x (1 Tm/ 1.000 kg)

para la obtención del biodiésel en Barcelona, por tanto, las hectáreas que podrían ser destinadas a otro fin, como los cultivos alimenticios.

Tabla 4.19 Resultados en el uso de la tierra agrícola evitada en la plantación de colza.

	Año 2008
Potencial de transformación de UCO doméstico en biodiésel (toneladas)	5374,19
Superficie agrícola de colza evitada (ha/año)	4714,2
Superficie agrícola de la provincia de Barcelona (ha) ⁵⁶	128392
Superficie agrícola de colza evitada sobre el total	3,67%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDESCAT.

Comparativa con la situación actual:

En el apartado de *contaminación atmosférica*, hemos visto como los niveles de óxidos de nitrógeno (NO_x) no disminuyen si se consume biodiésel en vez de gasóleo A. No obstante, por falta de información fiable no se ha podido calcular las emisiones de otros gases contaminantes que teóricamente sí se ven reducidos. En este caso, se ha utilizado la información de un distribuidor de biocarburantes que opera en Catalunya⁵⁷. La reducción de emisiones se calcula si el biodiésel consumido es B100: dióxido de azufre (SO₂) 100%; los hidrocarburos inquemados (HC) 50%; el monóxido de carbono (CO) 50%; las partículas en suspensión (PM₁₀) 65% y todos los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs). Además se asegura que es biodegradable en un 98% a los 21 días.

En cuanto a la *mitigación del cambio climático*, el consumo de biodiésel a partir de UCO contribuye a reducir las emisiones de CO₂, principales responsables del calentamiento global del planeta. Teniendo en cuenta los cálculos precedentes, estas emisiones alcanzan la cifra de 16.928,70 toneladas, pero como hemos comentado anteriormente, no se deberían contabilizar de igual modo que las procedentes de los combustibles fósiles. Así pues, las emisiones evitadas por la sustitución de gasóleo A por biodiésel, representarían el 16,8% del total emitido por los autobuses de Barcelona (instalaciones y automoción), que según la *Memoria de TMB, 2008* fue de 89.187,75 toneladas de CO₂. Si se sumara el biodiésel obtenido a partir de UCO doméstico y el consumido en la actualidad por los autobuses públicos, las emisiones evitadas resultarían un 24,3% del total emitido en 2008. Ambos cálculos se han realizado como si se sustituyera el consumo equivalente de gasóleo A por biodiésel. Sin embargo, hay que añadir que no se cuentan las emisiones de GEI derivadas del cultivo, transporte y distribución del biocarburante.

Por último, en lo referente al uso de la tierra, el biodiésel producido a partir de UCO en los hogares de la ciudad de Barcelona evitarían el cultivo de 4.714,2 ha de colza, uno de los principales cultivos energéticos utilizados para la obtención de biodiésel. Esto representa más del 3% de la superficie agrícola de la provincia de Barcelona y permitiría liberar ese espacio para otros cultivos alimenticios o otras actividades relacionadas con el sector primario. De este modo, la producción de biodiésel no llevaría asociado el consumo de agua, maquinaria y fertilizantes que implica la cosecha de los cultivos energéticos y su sostenibilidad estaría asegurada en términos de uso de recursos naturales y energía.

⁵⁶ Fuente: *Anuario estadístico de Catalunya, 2007*, IDESCAT.

⁵⁷ Fuente: Petromiralles, S.L.

5. CONCLUSIONES

En este apartado se pretende realizar una reflexión sobre las oportunidades y barreras que surgen del análisis de los resultados obtenidos. En primer lugar, se expondrán las oportunidades que surgen de la iniciativa propuesta por el proyecto y después se explicarán las barreras que, a priori, impiden que ésta aún no se haya implementado en la actualidad.

Oportunidades

Hay que señalar que la infraestructura y la red logística de recogida y reciclaje de aceites de cocina (UCO) en la ciudad de Barcelona es destacable, pues dispone de una implantación en el territorio y una cercanía con los ciudadanos notable. Esto supone una magnífica oportunidad, porque comporta el poder aprovechar una infraestructura existente que, en todo caso, se debe optimizar. La tendencia en los últimos años ha sido de optar por cambiar los vertederos situados fuera de la ciudad por espacios integrados en el propio entramado urbano, accesibles y reducidos, los llamados Puntos Verdes⁵⁸. En cuanto a los aspectos por mejorar, se basarían en dos propuestas: la primera es aumentar la presencia de los PV móviles de un día a dos días por semana como mínimo, haciéndolo más cotidiano para los ciudadanos; y segunda, recabar información sobre pruebas piloto en municipios donde hayan colocado contenedores especiales en la calle destinados a la recolección de UCO y realizar lo propio en zonas estratégicas de Barcelona.

Cambiando de ámbito, hay que decir que en las cercanías de la capital catalana y en la RMB en particular, hay un tejido industrial importante. En lo referente a la producción de biodiésel a partir de UCO, existe una planta industrial situada en la misma provincia de Barcelona y una en la provincia de Tarragona⁵⁹. Esto nos indica que se podría potenciar el mercado del biodiésel a nivel local y regional y se dotaría de una seguridad de suministro y diversificación de UCO a estas o nuevas plantas que pudieran construirse. De hecho, no se debería descartar la construcción de alguna otra instalación de producción de biodiésel a partir de UCO de entre 5.000 y 10.000 toneladas de biodiésel al año en algún polígono industrial de la ciudad de Barcelona o cercanías. En este sentido, la logística en la distribución del biodiésel establecida en Catalunya también contribuye a que los inversores industriales vean una oportunidad de negocio y rentabilidad a corto y medio plazo y ayuden así a reactivar el maltrecho sector industrial catalán.

En referencia a la cadena de recogida, reciclaje, producción, distribución y consumo de biodiésel a partir de UCO doméstico, una vez implantada y optimizada, podría ser adaptada por otros municipios de la RMB y aplicar la medida según sus características propias. De esta manera, la posibilidad de recogida de UCO doméstico aumentaría, así como el consumo de biocarburante y, por tanto, aportaría cuantiosos beneficios socioeconómicos y medioambientales en el territorio.

En el caso de Barcelona, implementar un sistema eficiente y eficaz de toda la cadena descrita anteriormente, reportaría una imagen aún más comprometida con los retos sociales y medioambientales que afrontan las ciudades más importantes del mundo. Esto resultaría en una oportunidad muy positiva para el transporte público de Barcelona de

58 Ver apartado 4.2.3 *Ámbito medioambiental*.

59 Ver apartado 4.2.2 *Ámbito energético*.

convertirse en una de las flotas de autobuses más sostenibles de la UE. Hay que añadir que la capital catalana cuenta hoy en día con una oferta de transporte público envidiable en comparación con muchas ciudades europeas. Además, Barcelona, dado su carácter cosmopolita, podría convertirse una vez más, en sinónimo de innovación y ejemplo del compromiso con las causas sociales y medioambientales. De este modo, se motivaría a la sociedad y se la haría partícipe de la propia movilidad de su ciudad de forma directa.

Si por el contrario, nos centramos en la gestión de los recursos públicos y el funcionamiento de las infraestructuras que dan servicio a la ciudadanía, veremos que también hay oportunidades en este sentido. Este estudio muestra como un simple gesto de los habitantes de Barcelona puede provocar un ahorro económico en la explotación de las infraestructuras de saneamiento del agua residual, por tanto, que el dinero que aporta el propio contribuyente sea mejor asignado. El hecho de no arrojar el aceite de cocina por el fregadero de una vivienda, implica directamente un menor coste en la depuración de las aguas residuales. Si la sociedad es capaz de asimilar esta relación de causa-consecuencia, también se dará cuenta del poder de cambio que tiene como sociedad avanzada, concienciada y comprometida con su entorno.

Barreras

Para comenzar, la principal barrera que se divisa es la falta de información, educación y conciencia medioambiental de la ciudadanía de Barcelona en la valorización energética de los aceites de cocina (UCO). De hecho, los recursos asignados a la limpieza de la ciudad por parte de la administración no han dejado de crecer en los últimos años y se han asignado puntos de recogida y reciclaje de toda clase de residuos en el propio entramado urbano, los Puntos Verdes. En este sentido, se ha procurado muy positivamente facilitar el servicio y acercarlo a la ciudadanía, pero está claro que no se ha realizado una campaña de comunicación encaminada al reciclaje de aceites vegetales usados (UCO), como por ejemplo sí se ha realizado con empeño con la materia orgánica⁶⁰. Así pues, lógicamente se sigue dando la máxima importancia a los residuos de mayor peso y volumen como son los envases, el vidrio, el papel y cartón, así como el resto y recientemente la materia orgánica. Esto supone relegar a un segundo plano, residuos reciclables y valorizables energéticamente como el UCO para obtener biodiésel.

La segunda barrera se podría describir en relación a la política de residuos. La administración transmite el mensaje adecuado apoyado en las *tres erres*: reducir, reutilizar y reciclar. No obstante, no lo hace para todos los residuos sino más bien se concentra en los voluminosos y pesados. La administración, en su ánimo de mostrarse como un modelo ejemplar para la sociedad, debe sentirse capaz de transmitir las buenas prácticas que lleva a cabo y potenciarlas si cabe, para que la ciudadanía entienda el por qué se le exige que reduzca, reutilice o recicle sus residuos. En ocasiones, la falta de sensibilización hace que la sociedad no se sienta responsable de los desechos que genera y eso repercute en un mayor impacto socioeconómico y medioambiental en la zona. La política en el ámbito de los residuos requiere mucha pedagogía y en algunos casos un grado de conocimientos elevado, pero no debería ser un obstáculo sino un camino para fomentar una sociedad más preocupada por su entorno y la convivencia social.

⁶⁰ Campaña de comunicación de residuos del Ayuntamiento de Barcelona:
<http://www.bcn.cat/neta/es/index.html>

Tabla 4.20 Esquema de las oportunidades y barreras del proyecto.

Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Optimización de una infraestructura y red logística de recogida y reciclaje de UCO existente. - Apoyar el tejido industrial produciendo biodiésel a partir de UCO doméstico a escala local y regional. - Posibilidad de extender la medida a los municipios de la RMB. - Convertir el transporte público en autobús de Barcelona en uno de los más sostenibles de la UE. - Demostrar el poder de la ciudadanía sobre la movilidad en transporte público. - La mejora en la asignación de los recursos económicos en la explotación de la depuración de las aguas residuales cambiando los hábitos de recogida de UCO en las viviendas.
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de información, educación y conciencia medioambiental en la recogida y reciclaje de UCO y los beneficios socioeconómicos y medioambientales asociados. - Política de apoyo a los residuos reciclables como el UCO para la valorización energética.

Fuente: Elaboración propia.

6. BIBLIOGRAFIA

Introducción

Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, *PMUS: Guía práctica para la elaboración e implantación de Planes de Movilidad Urbana Sostenible*, IDAE, Madrid, julio de 2006.

O'Meara Sheehan, Molly, *La situació del món 2007. El nostre futur urbà*, UNESCOCAT y Angle Editorial, Barcelona, 2007.

European Committee for Standardization, *Final Draft prEN 14214*, Octubre 2002, B-1050 Bruselas.

BOE núm. 41, viernes 17 de febrero de 2006.

- REAL DECRETO 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados de petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

DOUE L140/16, 5.6.2009.

- DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

COM (2006) 34 final, Bruselas, 8.2.2006

- *Estrategia de la UE para los biocarburantes.*

BOE núm.158, martes 3 de julio de 2007.

- Ley 12/2007, de 2 de julio, por la que se modifica la Ley 34/1998, de 7 de octubre, del Sector de Hidrocarburos, con el fin de adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/55/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior del gas natural.

BOE núm.248, martes 14 de octubre de 2008.

- ORDEN ITC/2877/2008, de 9 de octubre, por la que se establece un mecanismo de fomento del uso de biocarburantes y otros combustibles renovables con fines de transporte.

Desarrollo y resultados

Ámbito de actuación

- Ámbito socioeconómico

Anuario estadístico de Catalunya, IDESCAT de la Generalitat de Catalunya, 2009.

Anuario estadístico de la ciudad de Barcelona, Departamento de estadística del Ayuntamiento de Barcelona, 2009.

Direcció de Serveis de Mobilitat, *Dades bàsiques 2008 v.2*, Ajuntament de Barcelona, 2009.

Cristian Canales y Pau Noy, *Los costes externos del transporte en Catalunya*, PTP, febrero 2005.

EMEF 2008: encuesta de movilidad en día laborable en 2008, Autoridad del Transporte Metropolitano (ATM), 2009.

- Àmbito energètic

Informe Resumen anual del Boletín estadístico de hidrocarburos, CORES, 2008.

Monzón, Joaquín, *Situación crítica del biodiésel, abril 2009*, APPA Biocarburantes, Madrid, marzo 2009.

DOUE L67/22, 12.3.2009.

- Reglamento (CE) nº 193/2009 de la Comisión, de 11 de marzo de 2009, por el que se establece un derecho antidumping sobre las importaciones de biodiésel originario de los Estados Unidos de América.

DOUE L67/50, 12.3.2009.

- Reglamento (CE) nº 194/2009 de la Comisión, de 11 de marzo de 2009, por el que se establece un derecho compensatorio provisional sobre las importaciones de biodiésel originarias de los Estados Unidos de América.

Memoria de RSC Informe 2006, TMB, Barcelona 2006.

Memoria de RSC Informe 2007, TMB, Barcelona 2007.

Memoria de RSC Informe 2008, TMB, Barcelona 2008.

- Àmbito medioambiental

Direcció General de Qualitat Ambiental, *Informe de seguimiento de la implantación de medidas del Plan de Actuación para la mejora de la calidad del aire de 40 municipios de la Región Metropolitana de Barcelona*, Departamento de Medio Ambiente y Vivienda (DMAH) de la Generalitat de Catalunya, Barcelona febrero 2009.

La calidad del aire en las ciudades: clave de sostenibilidad urbana, Observatorio de la Sostenibilidad, Madrid 2007.

La calidad del aire en el Estado español durante 2008, Ecologistas en Acción, Madrid julio de 2009.

Direcció General de Qualitat Ambiental i Servei de Vigilancia i Control de l'Aire, *Balanç de la qualitat de l'aire a Catalunya: any 2008*, DMAH de la Generalitat de Catalunya, Barcelona 2008.

Künzli, Nino; Pérez, Laura, *Els beneficis per a la salut pública de la reducció de la contaminació atmosfèrica a l'àrea metropolitana de Barcelona*, septiembre 2007, Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, Departamento de Salut y DMAH de la Generalitat de Catalunya.

Protocolo de Kioto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, Naciones Unidas, 1998.

Oficina Catalana del Canvi Climàtic, *Evolució de les emissions a Catalunya de l'any base a l'any 2007*, DMAH de la Generalitat de Catalunya, Barcelona junio 2009.

Rodrigo, Fernando y Santamarta, José, *Las emisiones de gases de efecto invernadero por comunidades autónomas en España en 2007*, CCOO, Madrid noviembre 2008.

BOE núm.282, 25 de noviembre de 2006.

- Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012.

Entitat del Medi Ambient, *Dades ambientals metropolitanes 2008*, Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), Barcelona 2008.

Resultados

Talens Peiró, PhD candidate Laura; Villalba Méndez, Dr. Gara; Gabarell i Durany, Dr. Xavier, *El potencial d'oli reciclat per la producció de biodièsel*, SosteniPra UAB-IRTA, IV Jornadas Internacionales del biodièsel organizadas por ACBiodièsel, 12 de junio de 2008 en la Universidad Autónoma de Barcelona.

Talens Peiró, L.; Villalba Méndez, G.; Gabarrell, X. *Exergy analysis of integrated waste management in the recovery and recycling of used cooking oils*. Environmental Science & Technology. Manuscript ID: es071972a.R2. (In Press 2008).

Mittelbach, M and Remschmidt, C., *Biodiesel; the comprehensive handbook*. First Edition ed. 2004: Martin Mittelbach, Am Blumenhang 27, A-8010 Graz, Austria.

Direcció General d'Alimentació Qualitat i Indústries Agroalimentàries, *Informe anual de la industria, distribución y el consumo agroalimentario en Catalunya 1998-2007*, Departamento de Agricultura, Alimentación y Acción Rural (DAAR) de la Generalitat de Catalunya.

Apéndice II del proyecto de norma para aceites vegetales especificados y Apéndice IV del proyecto de norma para los aceites de oliva y aceites de orujo de aceituna del Departamento de Agricultura de la FAO (Naciones Unidas).

BOE núm.44, 19 de febrero de 2002.

- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Sònia Centelles, *Estudio de emisiones y consumos de la red de autobuses de Barcelona*, Departamento de Medio Ambiente de TMB, 8º Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Madrid noviembre 2006.

Precios de carburantes y combustibles, Comparación 2007-2008, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Madrid 2008.

Agència Catalana de l'Aigua, *L'agència memoria 2008*, DMAH de la Generalitat de Catalunya, Barcelona julio 2009.

7. AGRADECIMIENTOS

Mariví Ciriano, ACBiodièsel

Manel Ebri, ACBiodièsel

Laura Talens Peiró, PhD (ICTA, UAB)

Trini Contreras, APPA Biocarburantes

Marta García, Ecoserveis

Jordi Roda, SIRESA,S.L.

Enric Coll, Diputació de Barcelona.

8. ACRÓNIMOS

ACB: Asociación Catalana del Biodiésel

AMB: Área Metropolitana de Barcelona

APPA: Asociación de Productores de Energías Renovables

B10: Biodiésel al 10% mezclado con gasóleo al 90%

B30: Biodiésel al 30% mezclado con gasóleo al 70%

B99: Biodiésel al 99% mezclado con gasóleo al 1%

B100: Biodiésel puro al 100%

BOE: Boletín Oficial del Estado

CE: Comisión Europea

CIVITAS: City-VITAlity-Sustainability

CNE: Comisión Nacional de Energía

CORES: Corporación de reservas estratégicas de productos petrolíferos

CREAL: Centro de Investigación en Epidemiología Ambiental

DG-TREN: Dirección General de Energía y Transporte de la Comisión Europea

DMAH. Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya

DOUE: Diario Oficial de la Unión Europea

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales

ELTIS: European Local Transport Information Service

EMA: Entitat del Medi Ambient

GEI: Gases de efecto invernadero

IMT: Instituto Metropolitano del Taxi

MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio

OCCC: Oficina Catalana de Cambio Climático

OMS: Organización Mundial de la Salud

PCI: Poder calorífico inferior

PIB: Producto Interior Bruto

PK: Protocolo de Kioto

PNA: Plan Nacional de Asignación de Emisiones

PTP: Plataforma del Transporte Público

PV: Punto Verde

RMB: Región Metropolitana de Barcelona

Tep: Tonelada equivalente de petróleo

Tm: Tonelada (1.000 kg)

TMB: Transportes Metropolitanos de Barcelona

UCO: Used cooking Oil (aceite vegetal usado)

UE: Unión Europea

ZCA: Zona de Calidad del Aire