

EL ORGANO EJECUTIVO EN EL RAMO DE ECONOMIA,

Vista la solicitud presentada por el Ingeniero **CARLOS ROBERTO OCHOA CORDOVA**, Director Ejecutivo del **CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA, CONACYT**, relativa a que se apruebe la Norma Salvadoreña Recomendada: **BOLSAS DE BASURA DE POLIETILENO (PE). ANALISIS DEL CICLO DE VIDA.** NSR 55.00.02.00

CONSIDERANDO:

Que la Junta Directiva de la citada Institución, ha aprobado la Norma antes relacionada, mediante el Punto Número SEIS, del Acta Número TRESCIENTOS SEIS, de la Sesión celebrada el trece de septiembre del año dos mil.

POR TANTO:

De conformidad al Artículo 36 Inciso Tercero de la Ley del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,

ACUERDA:

1°.- **APRUEBASE** la Norma Salvadoreña Recomendada: **BOLSAS DE BASURA DE POLIETILENO (PE). ANALISIS DEL CICLO DE VIDA.** NRS 55.00.02:00. De acuerdo a los siguientes términos:

NORMA

NSR UNE 53969-97-IN

SALVADOREÑA

CONACYT

BOLSAS DE BASURA DE POLIETILENO (PE). ANALISIS DEL CICLO DE VIDA.

CORRESPONDENCIA: Esta Norma es una adopción equivalente de la Norma UNE 53969-97 IN, 1997.

ICS 55.080

NSR 55.00.02:00

Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, Colonia Médica, Avenida Dr. Emilio Alvarez, Pasaje Dr. Guillermo Rodríguez Pacas, # 51, San Salvador, El Salvador, Centro América. Teléfonos 226-2800, 225-6222; Fax.: 225-6255; e-mail: info@ns.conacyt.gob.sv.

Derechos Reservados.

0. INTRODUCCION

Este informe técnico es una síntesis del Análisis del Ciclo de Vida realizado para el establecimiento de las normas NSR-UNE de criterios ecológicos: NSR-UNE 53970 EXPERIMENTAL Bolsas de basura de polietileno (PE) tipo camiseta. Criterios ecológicos y NSR-UNE 53971 EXPERIMENTAL Bolsas de basura de polietileno (PE). Criterios ecológicos.

Cuando se inicia un ACV, debe tenerse en cuenta que, dentro de un marco metodológico global, existen diferentes métodos concretos para llevarlo a cabo. La decisión sobre el método a utilizar depende de las respuestas que van a pedirse a ese ACV, y tomarla adecuadamente puede ahorrar mucho tiempo y recursos. Además, si se deben realizar posteriormente estudios similares, es decir, con objetivos y alcance parecidos o con sistemas o productos con los que haya una intersección de partes del ciclo, entonces un acierto metodológico puede llevar a optimizar globalmente los recursos y a facilitar la mejora continua de la metodología.

En este estudio coinciden una serie de circunstancias:

- El establecimiento de criterios ecológicos para una ecoetiqueta es un objetivo que no precisa un estudio exhaustivo donde se contemplan, en profundidad, todas las etapas del ciclo de vida del producto. Mas bien, lo que se pretende es identificar aquellos aspectos ambientales más relevantes y los subsistemas o etapas del ciclo que mayor impacto causan, para establecer los criterios ecológicos. No se busca si un producto es ambientalmente correcto, sino que, dentro de una categoría de productos, se busca cuáles son los menos perjudiciales para el medio ambiente.

- A esto hay que añadir que los criterios son, y deben ser, revisables, ya que las circunstancias del mercado y las tecnologías aplicadas cambian.

- Además en España no existen todavía bancos de datos ambientales suficientes y de adecuada calidad para asegurar una generación práctica y rápida de criterios ecológicos para multitud de productos.

Por estas razones, el método más adecuado para cumplir los objetivos ha de ser iterativo y revisable. Se entiende por iterativo el que el método se pueda realizar en etapas consecutivas cuyos resultados tengan cada vez más calidad. Debe ser revisable, en el sentido de que, a medida que se disponga de más datos ambientales cuantitativos o éstos tengan menor incertidumbre, puedan rehacerse los cálculos y con ellos los criterios ecológicos establecidos.

Por todo ello, se usan los llamados métodos de aproximación, que se ajustan a este proceso iterativo de progresiva identificación y cuantificación de los aspectos ambientales principales dentro del ciclo de vida. Además, para aquellos casos en que lo que se busca son comparaciones entre productos (como es el caso del eco etiquetado), es posible eliminar del estudio partes del sistema que sean idénticas en todos los productos comparados.

Normalmente, un ACV completo requiere tiempo y recursos considerables. Como se ha explicado anteriormente, no siempre es necesario realizarlos en toda su profundidad, sino que, en ocasiones, pueden ser simplificados. Estas simplificaciones pueden ser motivadas por la aplicación en cuestión (en este caso, establecimiento de criterios ecológicos), por las hipótesis planteadas, por la ausencia de datos o recursos, por a quien van dirigidos los resultados. Por otra parte, estas simplificaciones se dirigen siguiendo diferentes estrategias:

- Concentrarse en las diferencias entre alternativas.
- Excluir algunos componentes del ACV.
- Limitar el número de procesos.
- Limitar el número de efectos ambientales, etc.

Por todo ello, van a utilizarse estas metodologías simplificadas e iterativas y van a aplicarse diferentes estrategias de simplificación. Estas diferentes hipótesis de trabajo se van a detallar principalmente en 4.2.2, pero también en las etapas sucesivas de cálculo.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

El objeto de este estudio es evaluar la incidencia sobre el medio ambiente de los productos en cuestión (bolsas de basura de polietileno, bbPE). Esta evaluación tiene por objeto determinar qué etapas del ciclo o qué componentes del producto son los que inciden en mayor grado sobre el medio ambiente, o sobre cuáles de ellos es más efectiva una actuación de mejora, todo ello enfocado a establecer unos criterios ecológicos para esta categoría de productos. Es preciso, por tanto, contemplar a priori la totalidad del ciclo de vida del producto.

2. NORMAS PARA CONSULTA

NSR-UNE 150040- Experimental, Análisis de ciclo de vida. Principios Generales.

3. DEFINICIONES

Para los fines de este informe NSR-UNE, se aplican las definiciones contenidas en la norma NSR-UNE 150040 Experimental.

4. ALCANCE DEL ESTUDIO

4.1 DEFINICION DE LA FUNCION DEL SISTEMA Y DE LA UNIDAD FUNCIONAL

La única función desarrollada por el sistema¹⁾ es la de permitir el envasado y traslado de basuras domésticas de una manera hermética y resistente (conforme a lo indicado en la norma NSR-UNE 53147 Experimental). En base a esto, y teniendo en cuenta las hipótesis de trabajo planteadas y la idiosincrasia del mercado español, la unidad funcional utilizada ha sido:

“1 Kg. de bolsa de basura de polietileno reciclado en un 50%”.

4.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA Y LIMITES

4.2.1 Descripción del sistema. El sistema que se estudia es, prácticamente, de tipo lineal, es decir, no tiene bucles internos. Está compuesto por las etapas normales de todo ciclo de vida: adquisición de materias primas y procesamiento de éstas (polietileno a partir de petróleo), fabricación del producto (bolsas de basura), distribución y uso, y eliminación (siguiendo el circuito de los residuos urbanos). Es importante recalcar que a todas estas etapas hay que añadirles todos los transportes utilizados de una a otra. Las etapas de transporte no se incluyen en las figuras 1 y 2, para facilitar su simplificación, aunque deben calcularse y aparecer en el componente de inventario.

El único bucle que interviene es de tipo abierto y se encuentra en la etapa de adquisición de materias primas, donde se considera el uso de polietileno reciclado. En la Fig. 1, se presenta el sistema de estudio, completando únicamente el uso de polietileno virgen, mientras que en la Fig. 2 aparece con las dos posibilidades: virgen y reciclado.

1) Un sistema puede tener, en ocasiones, varias funciones: por ejemplo, un mismo sistema industrial del sector químico puede estar fabricando varios productos de interés al mismo tiempo.

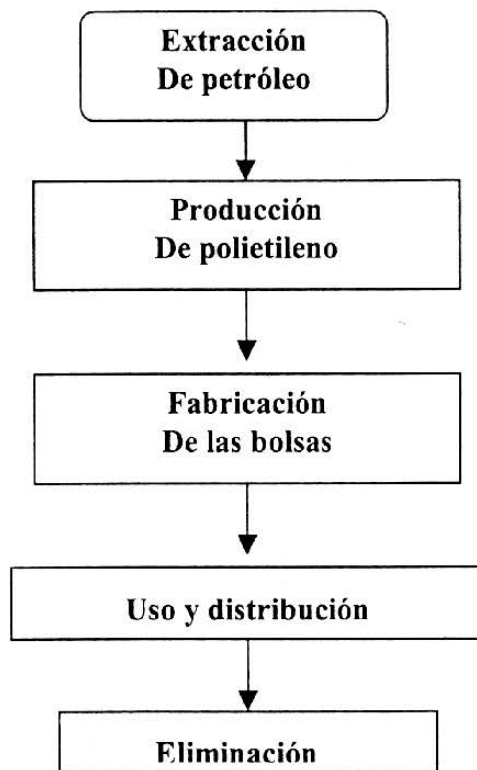


Fig. 1 Sistema correspondiente a la fabricación de bbPE a partir de polietileno virgen

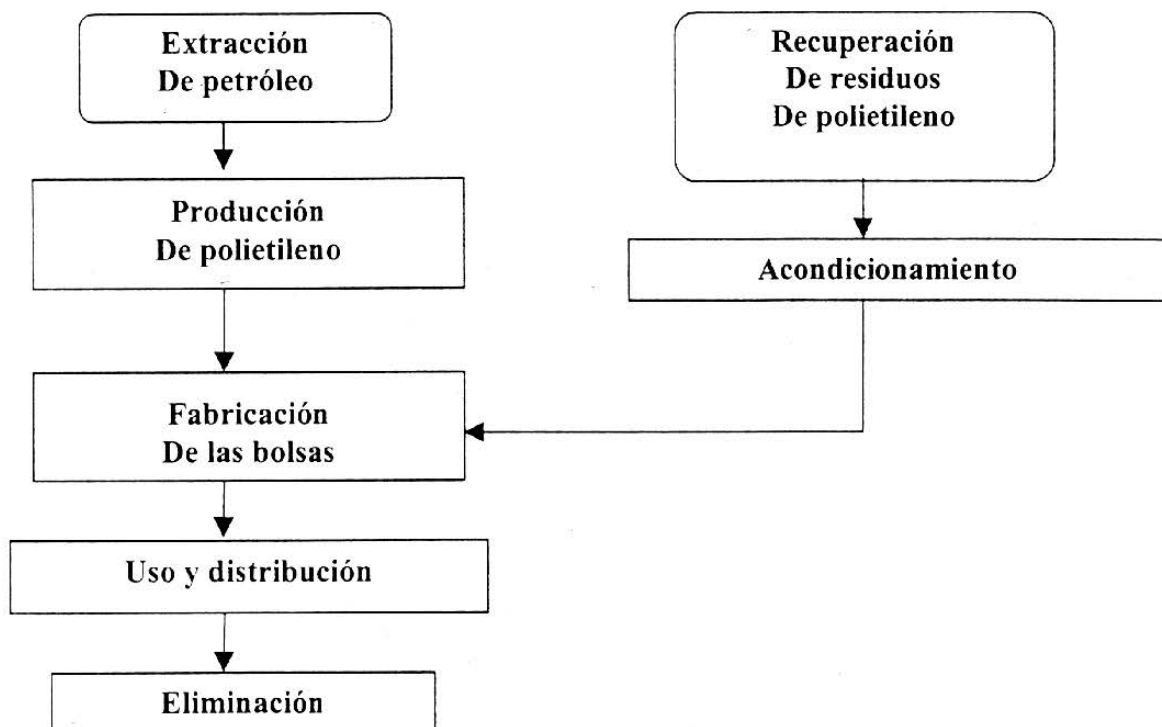


Fig. 2. Sistema correspondiente a la fabricación de bbPE a partir de polietileno reciclado.

4.2.2 Definición de los límites del sistema

- 4.2.2.1 Simplificaciones sobre las etapas del ciclo. Como se ha explicado anteriormente, van a aplicarse simplificaciones al sistema, para poder adaptarse al objetivo, necesidades y entorno del estudio. La primera consiste en concentrarse en aquellos aspectos que suponen diferencias entre alternativas de productos.

Cualquiera que sea el tipo de bolsa de basura de polietileno que se estudie, es de suponer que la **fase de eliminación** va a ser la misma. La razón de esta afirmación estriba en que la bolsa de basura sigue el circuito normal de eliminación de residuos urbanos, junto con las basuras domésticas. Por lo tanto, sea cual sea el impacto ambiental de esta etapa, para todos los casos será el mismo y supondrá una cantidad a sumar en todos ellos. Así, se ha decidido no incluir esta etapa del ciclo dentro del estudio.

Lo mismo puede aplicarse a los **canales de distribución**. Aunque haya varias posibilidades, suelen usarse todas y por tanto, en conjunto, el impacto será el mismo en todos los casos. La distribución es otra etapa del ciclo que no va a considerarse.

En cuanto a la **fase de uso**, es posible que tenga un impacto diferenciado, según el tipo o el tamaño de bolsa. Las bbPE tienen una capacidad nominal, y también una capacidad efectiva, que viene dada por el volumen útil, tras cerrarlas con un nudo o cualquier otro mecanismo (hay bbPE en el mercado que se cierran con una cinta). Un estudio científico puede determinar esa capacidad efectiva según el tipo y tamaño de bolsa. Sin embargo, hay otro factor que puede condicionar el aprovechamiento de la bolsa por parte del usuario: la utilización real del volumen de la bolsa. Este volumen utilizado debería ser el que se incluyese en la unidad funcional; no obstante, su cálculo es complicado, ya que requiere realizar un estudio estadístico de hábitos de consumo.

El **proceso de fabricación** es normalmente el mismo, con la diferencia de que, en ocasiones, algunos fabricantes pueden utilizar el proceso de coextrusión, que mejora las características técnicas de la bolsa. También pueden darse diferencias entre los fabricantes en cuanto a la eficacia de fabricación, de manera que unos desperdicien menos PE en el proceso de fabricación. Esta es una de las etapas fundamentales del ciclo, en cuanto a que puede diferenciar unos métodos de fabricación de otros, no en cuanto al proceso utilizado, sino a la eficacia ambiental con la que se lleva a cabo el proceso. Esta fase del ciclo debe, sin duda, incluirse en el estudio.

A medida que se ha ido realizando el estudio, y también gracias al conocimiento que se tenía a priori de un ACV similar realizado en Francia, se ha constatado que, globalmente, el embalaje de las bbPE no causaba un impacto importante; sin embargo, cualitativamente es significativo, ya que los envases y embalajes producen un gran impacto visual y están presentes en la "conciencia ambiental" del ciudadano. Además, según el tipo de envasado utilizado, pueden utilizarse metales pesados en los tintes que presentan la publicidad del producto, lo cual afecta a categorías de impacto, como la toxicidad humana y la eco toxicidad. Lo mismo ocurre con la mezcla que se añade al PE en la fabricación de la bolsa, que, aunque cuantitativamente puede resultar poco importante, cualitativamente debería considerarse.

Por otra parte, cabe apuntar que existe una legislación emergente sobre envases y residuos de envases que sería interesante considerar. Por todo ello y por la dificultad de cálculo a causa de la ausencia y confidencialidad de algunos datos, se ha creído conveniente que, tanto el embalaje como la mezcla madre no se tenga en cuenta cuantitativamente, en el inventario, aunque sí se aconseja considerarlos cualitativamente, para que aparezcan en algún criterio ecológico.

En cuanto a la **materia prima** con la que se fabrica la bolsa, si sólo fuera polietileno virgen, tal vez tampoco tendría porque estudiarse, ya que parece ser que la inmensa mayoría de los fabricantes utiliza polietileno de los mismos proveedores, lo cual no supone ningún hecho diferencial posible. Aun sin conocer el impacto de la materia prima, podría establecerse un criterio que premiara un porcentaje determinado de los fabricantes del mercado que fabricaran las bolsas con el mínimo material.

Sin embargo, el hecho de haber en el mercado tanto bolsas con PE virgen como reciclado y, sobre todo, combinaciones de ambos en un amplio margen de porcentajes, hace necesario conocer el impacto diferenciado de las dos vías de materia prima. Por lo tanto, esta etapa también debe incluirse en el estudio, tanto la vía de fabricación de grana de PE virgen como de reciclado.

- 4.2.2.2 Limitaciones en el número de tipos y tamaños de bolsa. Se ha constatado que la mayoría de las bolsas actualmente existentes en el mercado tienen dimensiones muy diversas. También hay multitud de espesores posibles, que hacen variar la masa por bolsa. Por lo tanto, se ha realizado este estudio intentando que sea independientemente de la forma y tamaño de la bolsa, para que puedan establecerse criterios ecológicos alcanzables por el porcentaje adecuado (las ambientalmente más correctas) de bolsas del mercado. Así pues, es necesario utilizar una unidad funcional independiente del tipo y tamaño de bolsa, por eso se ha escogido 1 Kg. de bbPE.

Así mismo, se han encontrado multitud de posibilidades de porcentajes de PE reciclado en la bolsa. La cantidad de PE reciclado utilizado depende, fundamentalmente, del precio comparativo del PE virgen y del reciclado, parámetro que cambia enormemente y de manera aleatoria. No se creyó conveniente realizar un estudio para toda una serie de porcentajes de PE reciclado, ya que los resultados tendrían un ámbito temporal reducido. Se ha realizado un único estudio considerando un 50% de PE reciclado. Esto se ha hecho así para que se pudiera comparar fácilmente el impacto relativo de ambos tipos de PE, y así identificar dónde se encuentran los impactos mayores.

4.2.3 Revisión crítica. Aunque para la realización de un ACV, con el objetivo de la elaboración de criterios ecológicos para los programas de eco etiquetaje¹⁾, no es obligatorio, se ha pedido, al aconsejarlo la Norma NSR-UNE 150040 Experimental, una revisión a dos expertos¹⁾. Por otra parte, el procedimiento que se ha seguido ha sido consultado, en aspectos generales o concretos, a varios expertos internacionales en análisis del ciclo de vida y del sector de los plásticos.

5. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

En el desarrollo del estudio se ha realizado una serie de aproximaciones sucesivas, en las que se ha ido aumentando el número y calidad de los datos utilizados.

En la **Estimación Cero**, no se ha utilizado dato alguno, ya que se trata de una estimación totalmente cualitativa. Se han tenido en cuenta comunicaciones personales con industriales del sector de bbPE, del sector de plásticos y con recicladores, así como con expertos nacionales e internacionales.

En la **Primera Aproximación**, se utilizan sólo datos energéticos, como se explica en el apartado correspondiente. Asimismo, todos los datos utilizados han sido de tipo general, referidos a otros países o a medias europeas.

En la **Segunda Aproximación**, ya se introducen algunos datos de emisiones a los distintos vectores ambientales, aunque de una manera restringida. También la evaluación de impacto se ha limitado, en cuanto al número de efectos ambientales considerados. Así mismo, se han ido cambiando datos de tipo general por otros más específicos del país.

En la tabla 1, se presenta un resumen de qué datos utiliza cada una de las aproximaciones y con qué extensión y profundidad se realiza el estudio del ACV.

Tabla 1

Resumen del tipo de evaluación y de datos utilizados en cada aproximación

	Evaluación Cualitativa	Evaluación cuantitativa			Datos	
		Energía	Emisiones	Impacto	Generales	Específicos
Estimación 0	X					
Aproximación 1	X	X			X	
Aproximación 2	X	X	X	X	X	X

¹⁾ Estos expertos consultados son miembros de la Asociación Española para la Promoción del Desarrollo del Análisis del Ciclo de Vida (APRODACV).

5.1 ESTIMACION CERO, IDENTIFICACION CUALITATIVA DE PROBLEMAS AMBIENTALES

5.1.1 Descripción metodológica. La identificación de los puntos débiles mas importantes del ciclo de vida del producto, en cuanto a su impacto ambiental, puede llevarse a cabo mediante un ACV exclusivamente cualitativo. De hecho, en este caso, los diferentes componentes del ACV (análisis de inventario, evaluación de impacto y análisis de mejoras) no están visiblemente separados, porque no se usan datos cuantitativos. El problema de identificación se centra en el flujo principal. Cada proceso se evalúa según categorías del tipo ABC, de manera que se tenga en cuenta la peligrosidad ecológica de las sustancias que fluyen entre procesos.

A modo de ejemplo, un proceso tipo A ("elevada eco-importancia") sería aquél que utilizara sustancias que puedan causar cáncer o mutaciones directamente o sustancias muy tóxicas. Un proceso tipo B ("eco-importancia media") utiliza sustancias menos tóxicas, ácidas o alergénicas. Un proceso de tipo C es aquel cuya "eco-importancia" es pequeña o desconocida (por definir).

5.1.2 Proceso de valoración. En esta estimación, sólo se tienen en cuenta los procesos de manufactura de la materia prima (PE), el reciclado de PE y el proceso de fabricación de la bolsa, ya que todos los demás se ha visto que no son necesarios para establecer los criterios ecológicos (véase 4.2.2.). Tras el estudio realizado, se ha concluido que:

- 1) El proceso de fabricación de las bolsas es, según Schmidt y colaboradores (véase capítulo 6), del tipo C. Únicamente cabría esperar impactos significativos en el envase, que, como se ha visto al plantear las hipótesis del estudio, se podrá considerar en los criterios ecológicos, pero no se calculará cuantitativamente en el ACV. De hecho, sólo es destacable, por una parte, el consumo energético en el proceso de extrusión, ya que los residuos normalmente se reciclan (internamente o a través de un-recuperador) y no hay vertidos industriales a las aguas o a la atmósfera, y, por otra, la utilización de aditivos (mezcla madre).
- 2) El proceso de fabricación del polietileno, sea del tipo que sea, puede considerarse del tipo B, debido a la energía y recursos no renovables consumidos y a sus emisiones asociadas (causantes de efectos como la lluvia ácida, el efecto invernadero o la emisión de hidrocarburos en las aguas).
- 3) El proceso de reciclado de polietileno también puede considerarse, como mucho, de tipo B, principalmente por el consumo de agua y la energía consumida para el calentamiento de ésta y para el transporte de los residuos de PE.

- 5.1.3 Estimación cero: conclusiones.** En vista de estos resultados, se puede concluir que, si lo que se busca es la manera de influir en la mejora ambiental, en cuanto al proceso de fabricación, las actuaciones deben ir dirigidas, sobre todo, a la disminución de la relación masa de PE / volumen de basura de las bolsas, gracias, por ejemplo, a un diseño adecuado, ya que esta relación afecta a los procesos mas contaminantes. También sería recomendable fomentar la elaboración de métodos de envasado mas ecológicos y la minimización de aditivos (mezcla madre).

Basándose en estos comentarios, los criterios ecológicos podrían establecerse en base a estudios del sector sobre masa de PE y de mezcla madre utilizada por volumen nominal de la bolsa. Así mismo, parece lógico evitar aquellos aditivos (pigmentos) que incluyan metales pesados en su composición (mercurio, cadmio, cromo, etc). En cuanto al envasado y en base a un estudio del sector, podría establecerse el tipo de embalaje, pigmentos utilizados en el etiquetado y un máximo de material utilizado.

Evidentemente, el criterio sobre la masa de PE debe tener en cuenta que añadir material reciclado supone bajar las prestaciones de la bolsa y, por tanto, para conseguir la misma función será necesaria mayor cantidad de material.

En cuanto al PE reciclado, sería interesante añadir un criterio relativo al consumo de agua en el proceso de recuperación.

5.2 PRIMERA APROXIMACION. ACV SEMICUANTITATIVO

- 5.2.1 Descripción metodológica.** En este paso se examina cada proceso del flujo principal con mayor detalle. Se considera, como aproximación, que las cargas ambientales de cada proceso son proporcionales a su consumo energético. Generalmente, esta hipótesis es bastante plausible, ya que casi todos los procesos tecnológicos están asociados al consumo de energía. De hecho, el consumo energético esta asociado a emisiones como CO₂, CO, CH₄, SO₂, NO_x, y al consumo de recursos no renovables como petróleo, gas natural, carbón, uranio, etc., los cuales provocan efectos ambientales de carácter global y regional que deben considerarse a la hora de tomar decisiones ambientales.

El hecho de usar únicamente los datos energéticos provoca que la seguridad y la corrección de los resultados no sea, generalmente, suficiente, en el caso de tener que tomar decisiones, como en el ecoetiquetaje. Esto será especialmente cierto en aquellos casos en que se den procesos con emisiones tóxicas a cualquiera de los vectores ambientales, ya que se considerarán demasiado positivamente. Por lo tanto, debería complementarse con información cualitativa de los efectos ocasionados por cargas ajenas al consumo de energía, como: residuos sólidos, aguas residuales y emisiones a la atmósfera.

Una manera de tener en cuenta estos efectos es mediante un tipo de categorización como el de la estimación cero, es decir, del tipo ABC, a la cual se le podría añadir otra clasificación, para tener en cuenta las cantidades emitidas. Esto podría estimarse con parámetros cualitativos XYZ (X cantidades elevadas, Y medias y Z bajas).

5.2.2 Proceso de cálculo. En esta aproximación, al igual que en la anterior, sólo se tienen en cuenta los procesos de fabricación y reciclado de polietileno y la fabricación de las bolsas (quedando excluido el envasado).

5.2.2.1 Inventario energético. Las diferentes fuentes de energía que se han contemplado son carbón, petróleo, gas, nuclear, hídrica. La distribución se ha obtenido según plantas europeas. Se utilizan los datos correspondientes al "mix" de PE actual (PE global). La razón estriba en que, a pesar de que actualmente se utilice en mayor grado el PE de baja densidad, parece ser que está aumentando el uso de PE de alta densidad y, por tanto, es probable que, a medio plazo, haya en el mercado bolsas de basura de todos los tipos de PE.

5.2.2.2 Evaluación cualitativa de las cargas ambientales. No se ha encontrado ninguna carga de consideración en el **proceso de fabricación de bolsas**. La únicas posibles podrían provenir de la utilización de aditivos con metales pesados o sustancias tóxicas en la mezcla madre, que podrían llegar al medio ambiente por deposición incontrolada (más del 30% de los residuos urbanos en España seguían esa vía en 1993), o de un excesivo consumo de energía.

En el **proceso de reciclado** se producen residuos, ya que no todo el plástico recogido se puede utilizar y, además, junto con el plástico, pueden aparecer otros materiales no útiles. Sin embargo, no pueden achacarse estos residuos al plástico, ya que, igualmente, si no existiera la operación de reciclado, estos residuos habrían seguido su curso hacia el medio ambiente (según el circuito urbano, vertedero industrial o cualquier otra vía). Lo mismo ocurre con la contaminación de las operaciones de lavado del plástico sucio, ya que la suciedad adherida al plástico no proviene de éste, sino del material que éste envolvía o de otros componentes de las basuras urbanas, si el plástico provenía de procesos de selección. No hay tampoco emisiones a la atmósfera apreciables.

El único impacto que tal vez podría ser importante es el consumo de agua, como se indicaba en la estimación cero. Sin embargo, este consumo es de, aproximadamente, 1 l por Kg. de PE, y sólo en aquellos casos en los que el residuo plástico es de mala calidad (un 30% del total del mercado). Esta cantidad es despreciable frente a los 181 necesarios para producir 1 Kg. de PE, en general, o los 24 L para el PE de baja densidad. Hay que añadir que el polietileno virgen utilizado por los fabricantes de bolsas españoles tiene su origen, prácticamente en su totalidad, en las plantas químicas de nuestro país y, por lo tanto, el consumo de agua (parámetro de carácter local) se efectúa igualmente en España, con lo que el impacto no se produce en otros países sin problemas de escasez de recurso hídrico.

En cuanto a la **producción de PE virgen**, las emisiones a la atmósfera son, únicamente: CO, HC (es de destacar la elevada emisión de hidrocarburos, HC, 10 g/kg), N₂O, NO_x, SO₂. Podrán incluirse en la categoría B, ya que ni tienen un claro alto potencial contaminante (A) ni son totalmente inocuos (C). Lo mismo sucede respecto a las aguas y a los residuos sólidos.

En la tabla 2, se presentan los consumos energéticos para el caso hipotético de una bolsa fabricada con un 50% de PE virgen y un 50% de PE reciclado (para poder ver representado su impacto relativo), y el resumen de la evaluación cualitativa de impacto. Los valores corresponden a 1 Kg. de bolsa, sin tener en cuenta el envasado.

Tabla 2

Inventario energético para 1 Kg. de bbPE con un 50% reciclado. Evaluación cualitativa del impacto sobre los vectores ambientales (se ha excluido el envasado)

Etapas	Consumo¹⁾ (MJ)	%¹⁾	Suelo	Agua	Aire
Transporte de PE reciclado	0,15	0,2 (1,0)	C	C	C
Reciclado de PE	34,67 (1,49)	42,7 (10,0)			
Transporte de granza de PE reciclado	0,2	0,3 (1,3)			
Total PE reciclado	35,02 (1,84)	43,1 (12,4)			
Fabricación de PE (global)	42,92 (9,74)	52,8 (65,5)	B	B	B(A?)
Transporte de PE virgen	0,2	0,3 (1,3)			
Total de PE virgen	43,12 (9,94)	53,1 (66,8)			
Fabricación de bolsas	3,10	3,8 (20,8)	C	C	C
TOTAL	81,24 (14,88)	100 (100)	—	—	—

¹⁾ Los valores entre paréntesis no tienen en cuenta la energía inherente del material

5.2.3 Primera aproximación: conclusiones. La primera aproximación refleja que la etapa del ciclo con mayor impacto en cuanto a su consumo energético es la asociada a la fabricación de polietileno. Si no se tiene en cuenta la energía inherente del plástico, dicha etapa supone las dos terceras partes del consumo, siendo el de las otras dos etapas menor (reciclado 12% y fabricación 21%). Así pues, la disminución del impacto del consumo de energía será mas efectivo disminuyendo la cantidad de PE virgen.

La energía inherente es la que tiene el material por su naturaleza, y que puede obtenerse al quemarse éste. Se ha visto que es esta energía la que más pesa en el cómputo global y que, si se tuviera en cuenta en ambos tipos de PE, la diferencia entre virgen y reciclado sería muy pequeña y que la influencia del proceso de fabricación de bolsas sería despreciable (PE virgen = 53,1%; PE reciclado = 43,1%; fabr. bolsa = 3,8%). Realmente, esta es una energía que se pierde en el caso del PE virgen, ya que el petróleo del cual procede deja de usarse como fuente de energía.

En el caso del PE reciclado, como el escenario de gestión de residuos español sitúa la incineración con recuperación de energía en torno al 3%, actualmente no es probable esa alternativa para el reciclado y, por tanto, su destino final sería, probablemente, un vertedero (85% de los residuos). Así, tampoco en este caso es factible la recuperación de energía; sin embargo, para cumplir los balances de materia y energía, no puede asignársele esa energía inherente al PE reciclado, ya que previamente ha sido asignada al PE virgen.

De esta manera, contabilizando la energía inherente en el PE virgen, pero no en el reciclado, los resultados serían todavía mucho más desfavorables para el virgen, que supondría, aproximadamente, el 90% de la energía utilizada.

También parece ser que la etapa de fabricación del polietileno virgen es la única que no podría calificarse como prácticamente inocua, en cuanto a su impacto sobre los diferentes vectores ambientales, si se consideran las hipótesis planteadas anteriormente. Así pues, conviene disminuir su contribución a la fabricación de la bolsa.

5.3 SEGUNDA APROXIMACION. ACV CUANTITATIVO

5.3.1 Descripción metodológica. A partir de esta segunda aproximación, se deben recoger suficientes datos como para poder realizar el componente del ACV conocido por Evaluación de Impacto, con las tres fases: clasificación, caracterización y valoración.

Asimismo, cada aproximación sucesiva debe conseguir mejorar la calidad de los datos utilizados y debe tender a sustituir datos de tipo general, provenientes de otros países o de medias europeas, por datos propios de España o de las instalaciones concretas que intervienen en el proceso de producción, en cualquier etapa del ciclo de vida.

Durante la segunda aproximación, se añaden datos de flujos de materia a los datos energéticos obtenidos en la primera aproximación. En términos generales, cada sustancia con una "eco-importancia" considerable tiene que ser cuantificada. Estas sustancias se determinan por su influencia sobre el efecto invernadero, la disminución de la capa de ozono, la eutrofización y la acidificación.

5.3.2 Proceso de calculo: inventario. El análisis de inventario es el componente del ACV en la que se cuantifican las entradas y salidas más importantes del sistema. Estas entradas y salidas incluyen el uso de recursos, así como las emisiones realizadas por cada etapa a todos los vectores ambientales. El sistema y sus límites se han definido en 4.2. Van a estudiarse sólo las siguientes etapas del ciclo:

- Fabricación de PE: desde la extracción del petróleo a la granza de PE.
- Reciclado de PE: recuperación de los residuos de PE y su acondicionamiento.
- Fabricación de la bolsa: fundamentalmente, asociada al consumo eléctrico.

- Transporte: las distintas etapas de transporte, entre las etapas de proceso, se cuantifican todas juntas, para ver el impacto relativo del transporte respecto a las etapas de proceso.

En cada una de estas etapas se consideran los recursos energéticos y materiales necesarios para fabricar un bbPE y, por otro lado, los flujos contaminantes a la atmósfera, al medio hídrico y en forma de residuos sólidos que aparecen en las distintas etapas del ciclo por Kg. de bbPE, teniendo en cuenta que el 50% del PE es reciclado.

5.3.3 Evaluación de impacto. Para llevar a cabo este componente del ACV se va a considerar, en general, el método y los valores que ha publicado Centre of Environmental Science de Leiden (véase capítulo 6).

5.3.3.1 Clasificación. Por varias razones (avances científicos, importancia relativa, disponibilidad de datos, etc), se han considerado unas determinadas categorías de impacto. Debe tenerse en cuenta que, dada la procedencia heterogénea de los datos de inventario, no se ha estimado oportuno introducir aquellas categorías de impacto que puedan perjudicar a una etapa del ciclo por el hecho de que de ésta se tienen más datos; o lo contrario, que una etapa salga beneficiada por no haber datos de un determinado contaminante aunque sí exista. Por otra parte, es conocido que la Evaluación de Impacto es un componente del ACV en desarrollo metodológico y no consensuado. Por lo tanto, sólo se van a considerar clases de impacto con un desarrollo aceptable.

EDP : Potencial de agotamiento de recursos energéticos (Energy Depletion Potential)

WDP: Potencial de agotamiento de recursos hídricos (Water Depletion Potential).

COD: DQO, Demanda Química de Oxígeno¹⁾ (Chemical Oxygen Demand).

NP: Potencial de nutrificación de las aguas (Nutrification Potential).

GWP: Potencial de calentamiento del globo (Global Warming Potential).

AP: Potencial de causar acidificación del medio (Acidification Potential).

SW: Residuos sólidos¹⁾ (Solid Waste).

5.3.3.2 Caracterización. De los siete grupos escogidos, cuatro pueden caracterizarse directamente a partir de los datos de inventario (EDP, WDP, COD, SW), y para calcular los otros tres (NP, AP, GWP) deben ponderarse los diferentes contaminantes, con unos pesos que se pueden encontrar en la bibliografía.

Por otra parte, en los gráficos de las figuras 3 a 9, se presentan las contribuciones relativas de las distintas etapas del ciclo consideradas en el cómputo global de cada efecto ambiental.

¹⁾ DQO y SW no son clases o categorías de impacto propiamente dichas, sino flujos contaminantes.

5.3.4 Segunda aproximación: conclusiones. De los resultados obtenidos, se puede observar que el conjunto de las etapas correspondientes al consumo de materias primas (PE virgen y reciclado) es muy importante, tal vez el que más, en general, en todas las categorías de impacto y, por tanto, la mejora del sistema debe pasar, indiscutiblemente, por la disminución de la relación masa de material por volumen útil de la bolsa. En segundo lugar, cabe destacar que, a igual cantidad de PE virgen y PE reciclado, en conjunto, el PE virgen ocasiona mayor impacto que el reciclado; por lo tanto, la mejora del sistema también pasara por la disminución de la relación masa de PE virgen por masa de PE reciclado en la bolsa. Se considera que estos conceptos deberían fundamentar sendos criterios ecológicos.

Otro factor muy importante detectado en nuestros análisis de sensibilidad es el consumo eléctrico en la planta recicladora y en la fábrica de bolsas. En efecto, en estas etapas este consumo ha sido, prácticamente, el único factor considerado de importancia y, sin embargo, parece causar un efecto considerable en categorías de impacto como la nutricación de las aguas, el efecto invernadero, la acidificación y la generación de residuos.

Hay dos partes del ciclo que no se han estudiado por su especial dificultad de profundización: el envasado y los aditivos. Ambos factores pueden tener una importancia cualitativa, ya que, aunque no intervinieran de manera apreciable en el conjunto del ciclo, sería interesante controlar que no tuvieran componentes tóxicos. Por otra parte, el envasado tiene un gran efecto sobre el público, ya que es muy "visible". Por tanto, sería interesante establecer un criterio sobre la naturaleza y cantidad de la mezcla madre y del envasado.

Las etapas de transporte consideradas han tenido siempre un efecto menor, aunque no despreciable. Su mayor impacto tiene lugar en las clases NP, GWP y AP, en las que ronda el 10%.

6. BIBLIOGRAFIA

- Groupe des Sages, Guidelines for the application of LCA in the EU Ecolabelling programme.
- B. W. Vigon et al, Life cycle Assessment. Inventory Guidelines and Principles. EPA; Cincinnati, 1993.
- Schmidt, W. P., Ackermann, R., Fleischer, G., Screening-LCA for escoring the development of products. Dentro de "Proceedings of the 3rd international LCA Seminar". Tarragona, septiembre, 1995.
- Informe Chalmers industriteknik Universidad Politécnica de Chalmers, Suecia.
- I. Boustead, Eco-profiles of the European Plastics Industry. Report 3, polyethylene and polypropylene. PWMI/APME; Bruselas. 1993.

- K. Habersatter, Ecobalance of packaging materials. State of 1990. BUWAL N° 132: Berna.
- Junta de Residus de la Generalitat de Catalunya, junio de 1995.
- Centre of Environmental Science (Leiden), Beginning LCA (1995), Environmental LCA of products Guide (1992) Enviroment LCA products-Backgrounds (1992).
- A technical framework for life cycle assessment. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
- LCA. Inventory, classification, valuation, data bases. SETAC.
- A conceptual framework for life cycle impact assessment. SETAC.
- Integrating Impact Assessment into LCA. SETAC.
- Guidelines for LCA. A code of Practice. SETAC.
- Life-cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles, EPA, 1993.
- Beginning LCA, A guide into environmental Life Cycle Assessment CML, 1995.
- Nordic Guidelines on LCA. Consejo nórdico. 1995

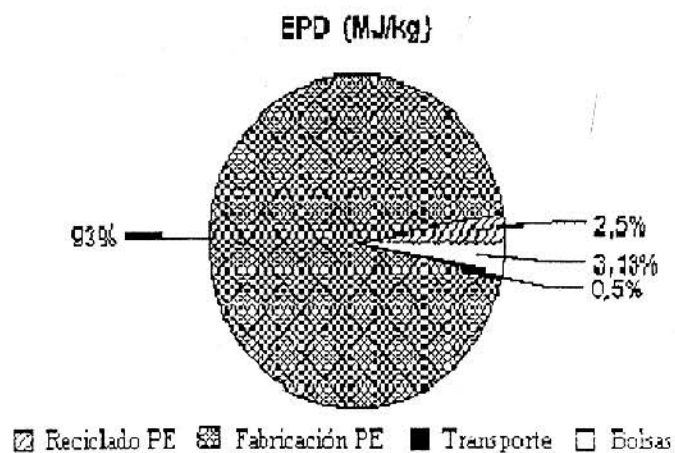


Fig. 3 – Importancia relativa de las diferentes etapas en el agotamiento de recursos energéticos bbPE con 50% de PE reciclado

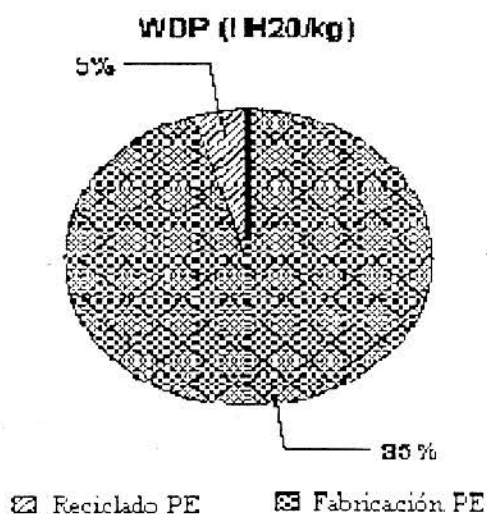


Fig. 4 – Importancia relativa de las diferentes etapas en el agotamiento de recursos hídricos bbPE con 50% de PE reciclado.

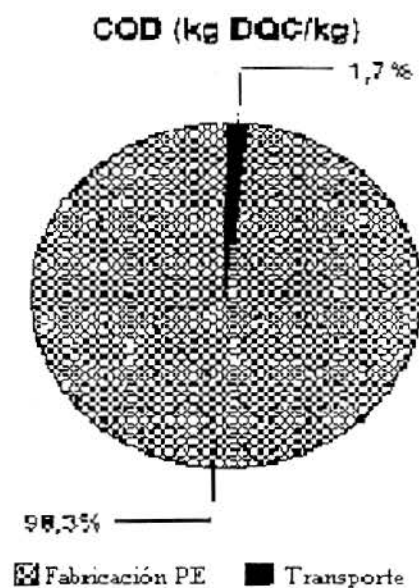


Fig. 5 - Importancia relativa de las diferentes etapas en el vertido de DQO, bbPE con un 50% de PE reciclado.

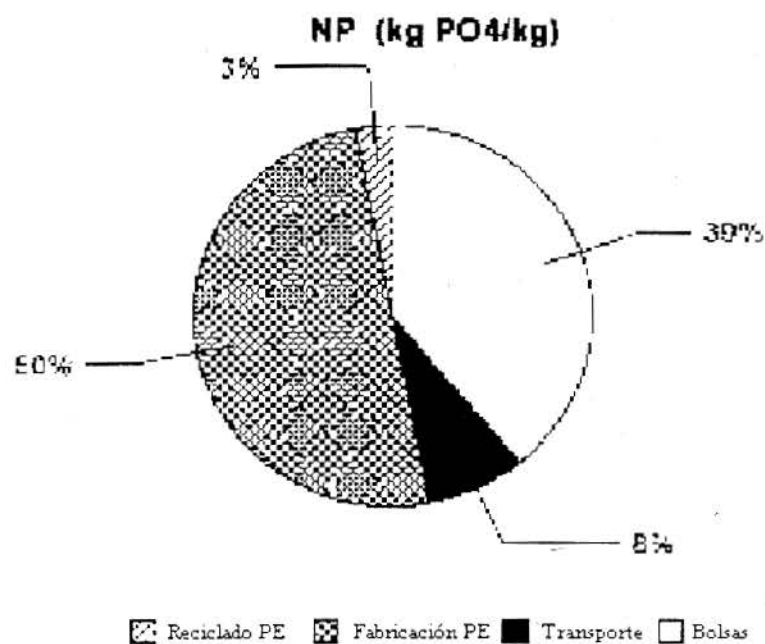


Fig. 6 - Importancia relativa de las diferentes etapas en la nutrificación de las aguas bbPE con un 50% de PE reciclado.

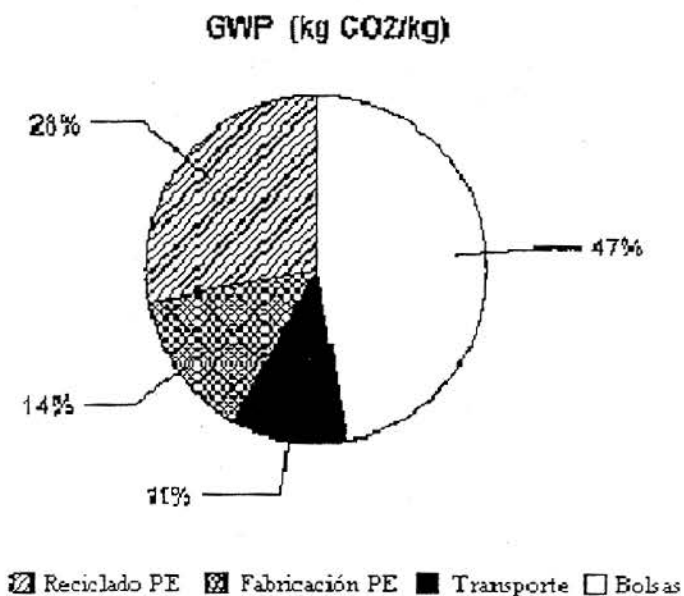


Fig. 7 – Importancia relativa de las diferentes etapas en el efecto invernadero bbPE con un 50% de PE reciclado

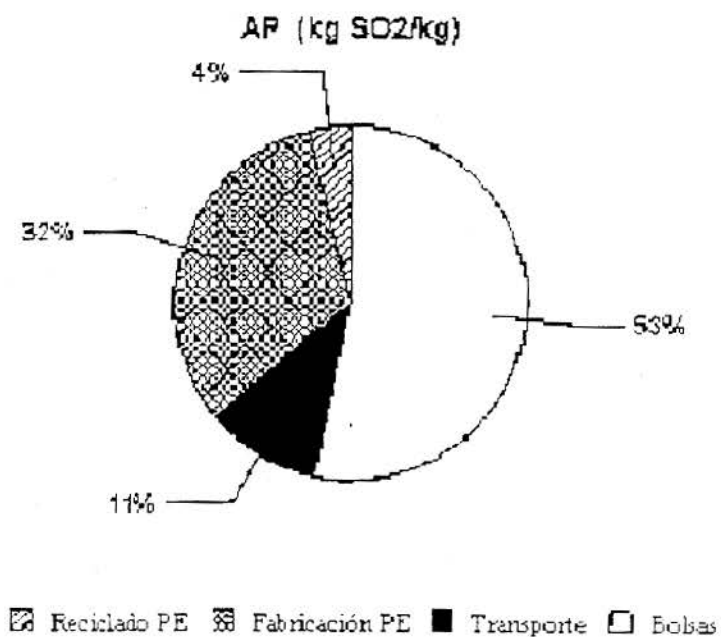


Fig. 8 – Importancia relativa de las diferentes etapas en la acidificación del medio bbPE con un 50% de PE reciclado.

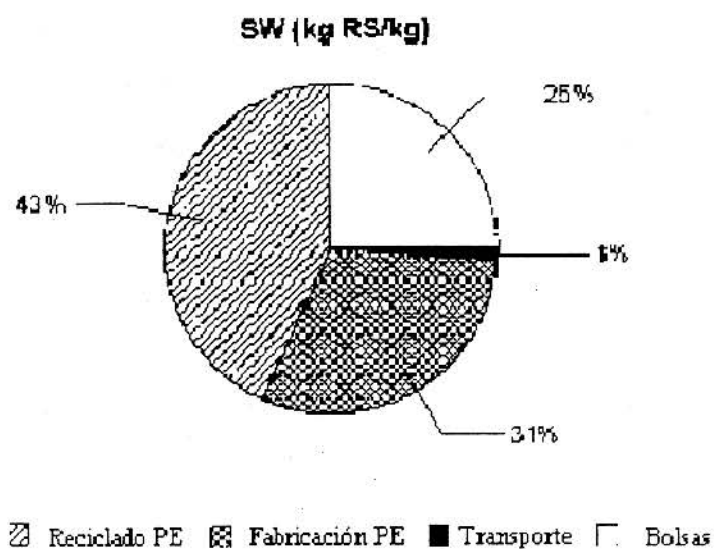


Fig. 9 – Importancia relativa de las diferentes etapas en la cantidad de residuos sólidos producidos. bbPE con un 50% de PE reciclado (no se ha incluido el ½ Kg. Negativo de la recuperación del residuo de PE en la etapa de reciclado).

2º.- El presente Acuerdo entrará en vigencia a partir del día de su publicación en el Diario Oficial. COMUNIQUESE.

MIGUEL E. LACAYO,

MINISTRO.

(Rubricado por el señor Presidente de la República).