

Sostenibilidad ambiental de polímeros para empaques flexibles y su comparación con las nuevas tecnologías

Págs. 119-131

Grupo de Investigación: Centro de investigación en Competitividad Empresarial
Línea de investigación: Producción más limpia.
Oscar Fabián Palacios Alarcón•

Recibido: agosto 24 de 2014 Aceptado: diciembre 5 de 2014

RESUMEN

El artículo presenta las conclusiones y recomendaciones más significativas de la monografía *Sostenibilidad ambiental de polímeros para empaques flexibles y su comparación con las nuevas tecnologías*, donde el autor aplica el modelo de Análisis de Ciclo de Vida (LCA), para establecer comparaciones objetivas entre las resinas convencionales que son el resultado de procesos químicos desarrollados desde el principio de la década de los años cincuenta y lo que se ha conocido como polímeros ambientalmente sostenibles o las resinas de nueva tecnología.

Lo que busca resaltar el artículo, al adoptar una metodología como la que se propone en el LCA, es llevar la discusión a términos de Indicadores que están completamente definidos y que cubren todos los aspectos que conceptualmente debe tener la Sostenibilidad. Es decir, si se quisiera ser preciso, la única manera de determinar si una opción es más sustentable que otra, sería teniendo la información completa de indicadores tanto ambientales, sociales y económicos. La presente aproximación se enfoca en los aspectos ambientales, mencionando los otros, que también son importantes.

Palabras claves: Empaque Flexible, Bioplástico, Análisis de Ciclo de Vida, Biodegradabilidad, Sostenibilidad Ambiental.

ABSTRACT

This paper introduces the most important conclusions and recommendations from Monograph Flexible Packaging Polymers Sustainability under LCA Analysis, where author supports, on Life Cycle Analysis (LCA) to establish objective comparisons between conventional resins, which are produced by chemical process from the beginning of fifties, and what is today known as environmental sustainable polymers or new technology resins.

What article pretends to emphasize, taking an LCA proposed model, it brings the discussion to some completely defined indicators, which are conceptually involved in Sustainability.

This means, it is just under different kind of indicators: social, environmental, economics, that an option can be declared more sustainable than other. However, paper outlines environmental issues and just shows the others that are also important.

Key Words: Flexible Packaging, Bioplastics, Life Cycle Analysis, Biodegradability, Sustainability, Indicators.

• Estudiante de la especialización en gestión ambiental..

INTRODUCCION

Desarrollar el concepto de sostenibilidad ambiental en el marco de la producción y uso de las películas más empleadas en el mercado del empaque flexible, demanda primero establecer sistemáticamente la base documental científica que define cada uno de los principales polímeros, su origen, su proceso, sus principales aplicaciones y las propiedades que los distinguen entre sí.

Establecer una asociación entre, lo que inicialmente se considera sostenible, y el desarrollo del concepto como tal, a una actividad como la producción de resinas para empaques flexibles, plantea la necesidad de hacer claridad sobre la metodología a seguir, definir el referente con el que se quiere hacer la comparación y acompañar este resultado con la presentación de un planteamiento de lo real que puede llegar a ser la sustitución de una alternativa por otra. La producción de polímeros demanda energía y genera impactos negativos. La disposición final presenta desafíos técnicos y legislativos que deben ser comprendidos y establecidos dentro de lo que puede ser una salida equilibrada.

El modelo se basa en el conocimiento de la química, las propiedades y los procesos que actualmente se usan para la producción de las películas más comunes en el mercado del empaque flexible en Colombia y aplica también para las nuevas tecnologías. Con esta base, se introduce un concepto nuevo que ha sido utilizado como una herramienta valiosa de comparación de parámetros y métricas definidas y que se conoce con el nombre de Análisis de Ciclo de Vida (LCA).¹

1 El LCA es un modelo matemático que hace un recorrido desde la extracción de los recursos necesarios para la producción de un bien o servicio, analizando cada uno de los procesos desde el punto de vista de la demanda real de recursos y la cuantificación de los impactos hasta el final del ciclo de vida. (Plastics Europe, LCA position paper, 2008, pp3)

Para aplicar la herramienta, se han definido diferentes familias de Indicadores, desde técnicos hasta sociales y a cada uno de ellos se les ha asignado métricas muy definidas (aunque este estudio, sólo se enfoca en aspectos ambientales). Los resultados de estos indicadores, son los que al final pueden ser comparados para dar una evidencia sólida y objetiva para entender que hay detrás del uso de una u otra alternativa desde el punto de vista de la sostenibilidad ambiental.

Con estos resultados en la mano, lo que sigue es tomar una decisión consciente, o por lo menos, con más elementos de información, de lo que en realidad puede ser considerado una alternativa de empaque ambientalmente sostenible.

LAS RESINAS EN GENERAL

Las resinas poliméricas utilizadas en la industria del empaque han llegado posicionarse donde están (desde el punto de vista de su uso y posicionamiento en el mercado) porque están fundamentadas en cifras que las respaldan. De los materiales utilizados en empaques el 50% son plásticos, pero éstos, sólo aportan el 17% del peso total de material utilizado. Resalta de inmediato, cómo su bajo peso (baja densidad) es una de las propiedades que ha permitido extender su uso. Se hace más con menos material. Por ejemplo, un envase de aluminio para un refresco, puede llegar a pesar dos veces más que uno de la misma capacidad hecho de polímero. Densidad del aluminio $2,7 \text{ g/cm}^3$ comparada con la densidad de un polímero para esta aplicación $1,34 \text{ g/cm}^3$. (Leporello Verpackung, 2008)

Producir resinas poliméricas, ciertamente es más eficiente que quemar estos recursos para producir energía (Leporello Verpackung, 2008). La afirmación se hace, al entender que el ciclo de vida de los materiales plásticos es mucho mayor, que sí esta materia prima se utilizara para ser quemada de inmediato. De todos modos, las cifras indican que los recursos usados para producir resinas plásticas han venido decreciendo

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

con los años, en parte esto se explica, porque para producir una bolsa de plástico hoy en día se utiliza 70% menos material que en los años 80. Esto es real, por la mejora en las propiedades mecánicas de los materiales que hace posible conseguir las mismas resistencias con menores espesores.

Por su origen, es claro que las resinas plásticas son energía. Y si bien hoy, la principal promoción para defender el uso del plástico es reciclar, no se puede ignorar que para aquellas aplicaciones en donde esto no es posible, el esfuerzo deberá estar orientado a desarrollar procesos térmicos eficientes para aprovecharlos como una fuente sobresaliente de energía. Todo menos, dejar que terminen en los rellenos sanitarios municipales, en donde literalmente “se estaría botando el dinero”.

Estas tres primeras conclusiones, buscan ambientar hechos totalmente verdaderos acerca de las resinas plásticas. Todas ellas son fundamentales en el desarrollo de la vida del hombre. Y gracias a sus propiedades cada una tiene fortalezas indiscutibles en aplicaciones específicas. El PVC por ejemplo, puede ser la segunda resina de consumo mundial con una cifra de Reciclabilidad de hasta el 72% y presente en diversas aplicaciones (la tubería que lleva el agua potable y transporta los desechos del alcantarillado está hecha de PVC). No existen materiales ideales. Las resinas utilizadas en los empaques no lo son. Conocer de cerca su origen y sus posibilidades, debe servir para fortalecer los puntos que todavía no alcanzan el beneficio esperado.

1. SOBRE LAS RESINAS CONVENCIONALES

Las más importantes son el Polipropileno, el Polietileno, el Poliéster, la Poliamida y el PVC. Este grupo puede llegar a representar el 90% del consumo de materiales termoplásticos. (Aco-plásticos, Guías Ambientales, 2004)

El Polipropileno. Es un polímero termoplástico semicristalino, que se produce polimerizando el gas propileno o propeno en presencia de un catalizador. Debido a sus propiedades, el polipropileno se puede usar en una amplia variedad de aplicaciones, entre las que se destacan embalajes, industria textil, alfombras, partes de plásticos, envases rígidos, altavoces, elementos de construcción entre otras.

Polietileno. Consiste sólo de una cadena de átomos de carbono a los cuáles están enlazados átomos de hidrógeno. El grado de polimerización y la cantidad de ramificaciones determinan algunas de las características del polímero. Por su bajo costo y propiedades, el polietileno tiene infinidad de aplicaciones. Por su alta resistencia química, se usa para la producción de envases rígidos en donde se pueden tener productos de distinta naturaleza. Limpiadores, jabones líquidos, alimentos, fertilizantes, etc.

Poliéster. Es el resultado de la reacción del Ácido Tereftálico y el Etilenglicol. Ambos de origen en el petróleo. Es una de las resinas más versátiles del mercado del empaque flexible. Es procesable por soplado, inyección, extrusión. Apto para producir frascos, botellas, películas, láminas, planchas y piezas. Ofrece alta resistencia química y estabilidad dimensional, alta rigidez, alta claridad, y elevada temperatura de fusión. Esto hace que el poliéster sea la película que puede ser producida en espesores muy bajos, si se desea para alguna aplicación. Se producen hasta de 1,5 micras para aplicaciones de capacitores (Sargeant, 2006)

Dentro de las aplicaciones se destacan: envases, películas biorientadas, fibras textiles, tejidos con algodón, fibras para alfombras, etc.

Poliamida. Es un polímero de sobresalientes propiedades mecánicas y térmicas. Se usa en procesos de envasado a altas temperaturas (Esterilización). Resiste también las bajas temperaturas y por esto, se usa frecuentemente en el mercado de las carnes procesadas o congeladas, alimentos listos para consumir, raciones

militares. Tiene alta transparencia y brillo y es excelente barrera a los gases.

La poliamida también se conoce con el nombre de Nylon y la presencia del grupo amida le imparte una alta polaridad que a su vez es responsable de muchas de sus propiedades y finalmente de sus aplicaciones.

PVC. Se puede decir que el PVC está íntimamente relacionado con la sal común y el petróleo. Las propiedades más importantes del PVC son: Larga vida útil: lo que lo hace deseable para productos de larga duración como tuberías de desagüe, tuberías de agua potable, recubrimientos para cables y pisos. Buena resistencia a la intemperie: Su enorme capacidad de resistir las condiciones ambientales, lo hacen ideal para uso en marcos para ventanas, tuberías externas, paneles, etc. Baja densidad. Es muy ligero. Dada esta propiedad, el PVC es muy utilizado en la industria automotriz, en donde reemplaza partes pesadas reduciendo el consumo de energía. Para las aplicaciones de empaques flexibles, ofrece alternativas de menor peso, lo que reduce los costos de transporte.

El PVC es el segundo plástico más vendido en el mundo; es altamente versátil y usado en toda clase de aplicaciones, esto en parte, es debido a su durabilidad, facilidad de procesamiento y naturaleza segura. Puede ser usado para la producción de juguetes, persianas, aislantes, cables, pisos, papeles de colgadura, partes para automóviles, tuberías, computadoras, guantes de cirugía etc. (Ostenmayer, 2006).

Su importancia desde siempre

En general, en los países industrializados de occidente, cerca del 50% de los productos se empaquen en plástico. Más del 33% de la producción mundial de plástico se utiliza para este propósito. Esto representa alrededor de 100 millones de toneladas de plástico destinadas a empaque (European Bioplastics Fact Sheet, 2011). El creciente mercado está dominado por resinas convencionales como el Polietileno, Po-

lipropileno y Poliéster. Todas estas sólidas cifras, por otro lado, vienen con el reconocimiento de los también crecientes problemas de usar tanto plástico con un hecho que no se puede cambiar: la imposibilidad de poder cerrar el ciclo de su vida. Su existencia es llanamente Lineal.

Las resinas convencionales pueden llevar desarrollos entre 50 y más años, lo que las hace materiales muy eficientes y de excelentes propiedades. Hoy no sería posible vivir sin ellas. De hecho, pensando ambientalmente, dado que el 50% de los empaques va a la industria de alimentos, dejar de usarlas generaría un incremento de gases efecto invernadero GEI, por efecto de la descomposición de los mismos². (Pilz et als, 2005)

El desarrollo de las resinas convencionales tiene dentro de sus cuentas de logros, embarcaciones, aviones y automóviles menos pesados que consumen menos combustible. Empaques para la leche larga vida (Polietileno), empaques livianos para raciones militares que substituyeron la hojalata (PA y CPP), empaque para fluidos como sangre y plasma gracias a las resistencias del PVC, empaques para carnes frías y pescados que se traen de otras naciones por las propiedades del poliamida en el empaque.

Enumerar todas las aplicaciones que facilitan la vida del hombre sería imposible. Sin embargo, en países como Colombia (aunque nadie discuta todas estas ventajas) el problema es, qué hacer con el empaque una vez ha cumplido su vida útil. Ciertamente, estas resinas tienen un comportamiento propio de su química una vez se descartan. Son inertes, de otra manera, no se explicaría como interactúan con tan diversos productos sin llegar a afectarlos, y la naturaleza no los puede procesar fácilmente.

2 En este punto vale la pena mencionar el estudio de PILZ et als hecho en el 2005 que concluyó que dejar de usar plásticos en la EU-27 demandaría 57% más energía (3300 millones de GJ/año) y generaría 61% más GHG (110 millones de Toneladas de CO₂-eq/año). (Ver The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Este es un hecho reconocido, hasta donde las evidencias de la ciencia lo muestran.

2. SOBRE LAS NUEVAS RESINAS

El estudio se enfocó en las tres principales películas. El ácido poliláctico, conocido como PLA. El polihidroxi alcanoato, conocido como PHA y la tecnología de oxofragmentación, conocida también como la tecnología de TDPA.

Hablar sobre las nuevas resinas es hablar sobre Bioplásticos. Son materiales plásticos especiales en donde se cumplen algunos de los siguientes criterios:

- Deben ser al menos parcialmente derivados o provenientes de fuentes renovables.
- Son biodegradables. Es decir, se deben degradar en agua, dióxido de carbono y biomasa, por la acción natural de los microorganismos.

En una frase, los Bioplásticos son de origen vegetal (plant-based) o son biodegradables o pueden ser ambas cosas. Estos criterios no están presentes en los plásticos convencionales.

Las nuevas alternativas de polímeros vienen de una fuente diferente (PLA y PHA). Esa es su principal diferencia, lo que los clasifica como materiales diferentes. También tienen dentro de su cuenta, ejemplos exitosos de aplicaciones aunque sean de historia reciente. Una vez utilizados se podría pensar que no afectan el ambiente. Pero sin la tecnología adecuada, estos materiales son estables como cualquier resina en el ambiente de un relleno sanitario. Es una gran conclusión, para un material que ha sido vendido con una connotación diferente. Y de hecho si lo es. Pero ante la ausencia de instalaciones de compostaje industrial, el material dispuesto como cualquier otro, tendrá el mismo comportamiento. Es decir será totalmente estable.

La discusión, de comparar el mejor desempeño en el escenario de la disposición en relleno sanitario para ambas opciones, no tiene ni mejor ni peor opción. Sencillamente, reconociendo la diferencia de su origen, ante el final de su vida en condiciones iguales, no se deben esperar diferencias apreciables.

En términos de las definiciones claramente establecidas en las normas de Biodegradabilidad y Compostabilidad como la EN 13432 y la ASTM 6400, no existe en Colombia, un lugar que reúna las condiciones técnicas necesarias para poder disponer de los materiales biodegradables y que en efecto, se puedan conseguir las transformaciones biológicas necesarias para que dentro del marco de tiempo definido se obtengan los productos propios del proceso de biodegradación, es decir, dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O), y humus. En este sentido, no agrega valor (para las condiciones de disposición final) usar un material de éste origen (ácido láctico de la dextrosa y la fermentación de fuentes de carbono) con las características especiales ya estudiadas, para que al final de su ciclo de vida no exista la posibilidad de reciclar, o de llevar a una planta de compostaje.

En términos de propiedades, la biodegradabilidad y la compostabilidad son, sin lugar a dudas, sorprendentes. Generan aceptación, es novedoso saber que algo que siempre se asoció con el petróleo ahora se conecte con el maíz (por ejemplo). Esta enorme potencialidad ubicó a los plásticos, a las nuevas resinas, en el camino, por primera vez reconocido, de cerrar el Ciclo de Vida. Es decir, a comportarse como la propia naturaleza lo hace. Y no sólo eso. Como producto de este proceso en forma anaerobia, se presentó también en el escenario de producir biogás (CH_4) lo que en términos energéticos es altamente deseable.

La importancia de estos materiales ha alcanzado inclusive el terreno de los políticos y legisladores de varios países. Porque lo ven como una realidad cercana a tener disponible materiales de plástico, (con todas sus reconocidas

bondades) con la posibilidad de estructurar un marco legal coherente como respuesta a la necesidad inaplazable para el planeta.

Como en cualquier tecnología, sus detractores han buscado asociar la producción de Bioplásticos con el destino de materias primas, que deben ser para alimentos, y no para la producción de productos plásticos. Sin embargo, este hecho merece una revisión más profunda. A manera de introducción, para el alcance del presente estudio, por lo menos se puede decir: primero, que la tecnología de producción permite utilizar varias fuentes de azúcar (no sólo el maíz) como por ejemplo la caña, la tapioca e inclusive fuentes celulósicas. Caso conocido el de la planta de Cargill en Estados Unidos que aprovecha la sobre producción de alrededor del 10% que tiene el maíz. Pero solo el 0,02% de esta fuente, es utilizada en la producción de biopolímeros. De 25 Kg. de maíz, se obtienen, 0,72 Kg. de aceite, 7,3 Kg. de Gluten (alimento para animales) y 14,5 Kg. de almidón y de aquí 10 Kg. de PLA. (Ortega, 2011)

3. SOBRE LOS MATERIALES OXOBIODEGRADABLES

En la mitad de las dos resinas, aparecieron los TDPA³ como una opción que acelera el entre 100 y 1000 veces el proceso de oxidación natural de todos los materiales en la tierra, favoreciendo así la posterior biodegradación. Pero muchas de sus ventajas han ido cayendo con el paso del tiempo ante la falta de sustento para varias inconsistencias que inevitablemente han surgido con su uso. Por ejemplo no se conoce con precisión la escala de tiempo necesaria para la completa biodegradación. Siendo entonces posible generar contaminantes al medio ambiente (suelo y marino) según algunos estudios serios (Thomas, Clarke, McLauchlin y Patrick, 2010, pp 12-16). Su uso ha limitado la posibilidad de reciclado dado que para algunas aplicaciones la degradación inicial no es deseable.

3 Tecnología de oxofragmentación.

Es un hecho reconocido científicamente que la opción oxobiodegradable ciertamente presenta una fragmentación inicial catalizada por la temperatura y la luz solar. Pero este rompimiento de cadenas poliméricas no necesariamente significa la desaparición del plástico de la naturaleza. Su presencia ha sido asociada a la concentración de contaminantes del suelo. Esto le resta fundamento a su uso. Por esta razón en Colombia, por ejemplo comenzaron con gran impulso, y hoy, grandes cadenas de supermercados (por ejemplo), que inicialmente incluyeron esta tecnología junto con la imagen de ser ambientalmente acertadas, optaron por retirarla, ante la falta de aclaraciones frente a este tipo de inquietudes.

No es correcto utilizar declaraciones de cumplimiento de normativas para respaldar un comportamiento en el medio ambiente cuando la realidad es que normas como la ASTM 6954 y la BS 8472 solamente definen condiciones específicas de ensayo a nivel de laboratorio que no pueden ser extrapoladas a la realidad de relleno sanitario por ejemplo. El uso de la palabra oxobiodegradable también podría ser cuestionado en el sentido de no tener completamente definidas las condiciones en que este proceso se cumple. Aunque existe una norma específica para determinar la biodegradación y compostabilidad de un material, la ASTM 6400 o la EN 13432, los materiales oxobiodegradables no la cumplen y por lo tanto sería impreciso hacer declaraciones en este sentido en un empaque.

4. SOBRE LA SOSTENIBILIDAD

En términos de sostenibilidad ambiental, se desarrollaron primero los conceptos de soporte, entendidos en dos etapas claramente diferenciables. La primera, en el significado real de la demanda de recursos, calculados a través de métricas claras que son componentes de una herramienta conocida como el Análisis de Ciclo de Vida, hasta la frontera de la obtención que es la resina. La segunda, como elemento adicional y no menos importante, el estudio y análisis de las

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

opciones de fin de ciclo de vida, criterio definitivo en el complejo proceso de establecer la sostenibilidad ambiental de las opciones estudiadas.

La industria del empaque (como cualquier otra) tiene el reto de demostrar y comunicar que está conectada con los conceptos de sostenibilidad y que, a pesar de llevar años siendo asociada con la demanda de recursos para su transformación y de ser un generador de contaminación a través de los residuos sólidos, tiene posibilidades, alternativas técnicas y una mejor manera de introducir también los aspectos de la sostenibilidad, lo social, lo económico y lo ambiental a su propio desarrollo y dinámica sectorial.

De hecho, la industria del empaque ha sido duramente criticada por no transmitir el mensaje de sostenibilidad. En su lugar, ha mantenido una posición silenciosa, dejando que detractores hayan colocado, por encima de sus bondades, todos los aspectos negativos, que en últimas, cualquier industria podría tener. (Harrington, 2010)

Hoy es claro, que la sostenibilidad de un empaque llegará a ser un atributo tan o más importante que su precio de negociación, su desempeño o el servicio que presta. De manera que, el concepto que define si un empaque es o no sostenible, tendrá que ser introducido al consenso general de clientes y consumidores y será la base de la legislación y de las expectativas que se tienen de una aplicación de empaque particular. Y será un verdadero reto hacer comprender, el hecho de que más del 70% de los actores de esta industria coinciden en la necesidad y en la ventaja que significa ofrecer una alternativa de empaque sostenible, pero que sin embargo, los mismos consumidores no estén dispuestos a pagar por ello. (Harrington, 2010)

El concepto de sostenibilidad en los empaques flexibles. Un buen comienzo para definir en esencia qué es un empaque flexible sostenible parte de conceptos que han sido bien estudiados a través de diferentes fuentes. Una muy importante, es la que ha adelantado la Sustaina-

ble Packaging Coalition (SPC) que lo presenta desde varias ópticas y teniendo como base:

- Entender que a través del empaque se pueden hacer contribuciones valiosas al tema de la sostenibilidad desde lo social, lo económico y lo ambiental.
- Proteger el producto, minimizar el desperdicio y mantener buenas conductas de negociación podrían ser buenos ejemplos.
- Brindar al consumidor información que le facilite la toma de decisiones frente a un producto.
- Llevar productos íntegros al alcance del consumidor como papel fundamental de los empaques.
- Sólo se consigue el máximo desempeño, cuando el empaque y el producto son diseñados juntos desde su nacimiento.
- No existe, por definición, un empaque bueno y uno malo. Todos los materiales tienen propiedades que pueden resultar en ventaja o desventaja, dependiendo del contexto en el que se usen.
- En otras palabras, como principio, cualquier película de empaque podría contribuir de manera efectiva a la sostenibilidad si:
 - Las materias primas vinieran de fuentes renovables.
 - Se fabricara utilizando tecnologías de producción más limpias.
 - Se pudiera recuperar eficientemente después de su uso.
 - Las materias primas, la conversión y el reciclado utilizaran energía renovable.

Cumpliendo:

- Las expectativas del cliente.
- Los beneficios, seguridad y salud para todos los individuos y comunidad durante todo el ciclo de vida del empaque.
- Cumplir los requisitos de mercado en cuanto a desempeño y costo.

Entender que significa, cual es el alcance y cómo se relaciona la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida con los empaques flexibles, fue el siguiente paso para avanzar en el estudio.

Los resultados de la investigación para la monografía dejan en claro, que la sostenibilidad de una resina particular de empaque no puede ser tomada, como se ha querido vender, únicamente en términos de las opciones que existen al final de su ciclo de vida y mucho menos del origen de las mismas. Se pueden, claramente establecer diferencias técnicas importantes en los dos sentidos al comparar las resinas convencionales con las de la nueva tecnología, como se desprende del análisis que se hizo de cada una. Pero sería un error basar la sostenibilidad en estas premisas. Si se remite a los números el PLA y PHA son alternativas que presentan menores impactos en muchas variables, pero esto no los hace necesariamente mejores.

Una metodología válida para establecer comparaciones objetivas es utilizar el modelo de Análisis de Ciclo de Vida (LCA). Esta herramienta matemática calcula en términos equivalentes los impactos que generan los materiales a lo largo de toda su vida. Lo más importante de adoptar una metodología como la que se propone en el LCA, es que lleva la discusión a términos de Indicadores que están completamente definidos y que cubren todos los aspectos que conceptualmente debe tener la Sostenibilidad. Es decir, si se quisiera ser preciso, la única manera de determinar si una opción es más sustentable que otra, sería teniendo la información completa de indicadores tanto Ambientales, Sociales y Económicos. En este caso particular, en tres indicadores

importantes como son el consumo de agua, el consumo de energía y la generación de gases de efecto invernadero, el PLA, sin duda, es la mejor opción. Adicionalmente a que también presenta mayores opciones de aprovechamiento al final de su ciclo de vida, tales como el compostaje y el reciclado químico (hidrólisis para conseguir de nuevo ácido láctico).

Sin embargo, es aquí donde la ecuación debe ser completa. El PLA, siendo una resina termoplástica de extraordinarias propiedades (como se estudió) no cubre todavía todas las demandas que los consumidores y los productos exigen. Es un buen comienzo, el avance que ha tenido la resina es innegable y será cuestión de tiempo para llegar a cumplir todas las expectativas técnicas de otras resinas de mejor desempeño. Por ejemplo, siendo una resina sellable, todavía no alcanza las características de un polietileno regular. Por su baja temperatura de transición vítrea, no puede ser utilizada para aplicaciones en caliente o temperatura moderadamente alta. Siendo una resina que cumple con la norma EN 13432 no tiene manera de ser compostada en las condiciones de disposición final que se tienen en Colombia. Y bien importante, todavía no alcanza los costos para competir abiertamente con otras resinas, porque los consumidores son los primeros en penalizar su consumo al preferir opciones menos costosas (debido a su nivel de ingresos).

Para el caso del PHA la situación es diferente. Esta resina todavía no tiene la misma penetración al mercado que opciones como el PLA. Y se conoce que todavía no alcanza costos competitivos. Pero también está llamada por el acelerado desarrollo que ha tenido, a ser una opción de muy buenas prestaciones y de aplicaciones que todavía no se le descubren.

El PHA y el PLA son opciones realmente diferentes. Vienen de recursos renovables (maíz, caña de azúcar, entre otros). ¿Eso las hace más sostenibles? Posiblemente **sí**, en un escenario en donde en algún momento no habrá petróleo o las tensiones internacionales propias de este

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

negocio (explotación petrolífera) lleguen a disparar tanto los precios que sencillamente producir plásticos deje de ser competitivo. Siendo resinas con procesos tan nuevos, todavía tienen mucho por optimizar. Aun así, ya demuestran con los cálculos de los indicadores, que tienen con que competir. De hecho, la demanda en el 2010 en sólo Estados Unidos alcanzó 150 mil toneladas de PLA y 60 mil toneladas para el PHA, lo que habla bien de la aceptación que han tenido estas dos resinas.

Al paso que va el planeta, opciones como el PHA y el PLA se harán obligatorias. Es decir, cuando una resina como el PLA, tiene indicadores de consumo de energía de 40MJ/Kg contra 138 MJ/Kg de la Poliamida. 50 Kg.H₂O/Kg contra 663 Kg.H₂O/Kg de la Poliamida. Y 1,3 Kg CO₂-eq/Kg de generación de GHG contra 9,1 Kg CO₂-eq/Kg de la Poliamida (Boustead, 2005). Los consumidores que tengan la oportunidad de empezar a entender los impactos que esto tiene sobre la salud del planeta van a empezar a pagarlo. Esta realidad, todavía no es la de Colombia, todavía no afecta las conciencias. Eso sin mencionar, que una de sus características más extraordinarias, su capacidad de biodegradarse, no podría por ahora, ser aprovechada con el sistema de disposición de basuras que actualmente se tiene.

5. SOBRE EL RECICLAJE

El reciclaje es una excelente opción para cualquier resina. Sin embargo, tiene más importancia para las resinas convencionales que son las que se están utilizando en el mercado actual del empaque flexible. El uso de estos materiales genera residuos sólidos. Esta es una realidad, y no hay soluciones fáciles a la vista. Lo que queda es educación. Tomada en varios sentidos. Primero, enseñar a todas las personas (desde pequeñas) la importancia de separar los residuos, muchos de los procesos de reciclaje se echan a perder por el simple hecho de no tener una adecuada separación de materiales. Segundo, la importancia de consumir racionalmente siem-

pre lo necesario evitando los excesos. Tercero reutilizar y aprovechar todo lo que sea susceptible. Cuarto, apoyar todos los esfuerzos que se realizan a lo largo de la cadena de suministro. Para destacar por ejemplo los proyectos que adelanta CEMPRE.

6. RECOMENDACIONES

La fuente de los resultados reportados en los indicadores LCA y sus métricas, están sustentados en el promedio del estudio de muchas plantas, por tanto, pueden ser considerados precisos y confiables. Con esta base, se considera que tienen un valor académico importante y sirven perfectamente para el ejercicio de comparar, que tiene como objeto, el presente trabajo. Sin embargo, es recomendable que se explore con mayor profundidad el significado y alcance de utilizar una herramienta de software para determinar los indicadores propios del proceso de una región o país, o adaptados a las condiciones reales de producción. Existen versiones educativas que se pueden descargar de Internet de manera gratuita, para familiarizarse con su operación. GaBi4 ha sido recientemente adquirida por el Instituto Colombiano del Plástico y del Caucho en Medellín (ICPC), por lo que próximamente se podrá disponer como fuente de información adaptada a la realidad del país.

Un trabajo interesante que se desprende de los resultados de la monografía puede estar orientado a revisar la metodología para el cálculo de los indicadores sociales y económicos de las resinas más utilizadas en el mercado colombiano. Esta información no está disponible actualmente.

Como trabajo de investigación, sería recomendable estudiar las condiciones de biodegradación de los materiales que tienen esta propiedad para establecer un procedimiento de medición que permita calcular valores para el medio colombiano. En la actualidad cualquier iniciativa para medir biodegradabilidad se tiene que realizar en laboratorios externos, general-

mente de los Estados Unidos. Establecer una metodología local con los laboratorios de cualquier universidad sería una oportunidad para validar más alternativas técnicas que los convertidores pueden ofrecer.

Existe una opción de bioplástico que está tomando mucha fuerza en el mercado colombiano (y también en el internacional) que fue lanzada en la feria K de Dusseldorf Alemania (2010) y recientemente también presentada en Colombia en el marco del Segundo Seminario Internacional de Envase Sostenible (2011) que tiene que ver con la producción de poliolefinas de origen vegetal. En este caso particular con polietileno, cuyo monómero (Etileno) proviene de la deshidratación del Etanol, que a su vez, se extrae de la caña de azúcar. Así la resina se considera un Biopolímero, porque tiene su origen en un recurso vegetal renovable, pero debe ser claro que como resina tiene exactamente las mismas propiedades del polietileno que se sintetiza del gas derivado del petróleo. Es decir, que a pesar de provenir de una planta no tiene como opción de fin de ciclo vida la Biodegradación. La opción se menciona porque sin duda, debe ser objeto de mayores y más profundos estudios, de manera que se pueda determinar su sostenibilidad ambiental a largo plazo y que lugar llegará a ocupar dentro de las opciones de bioplásticos y en especial, en comparación con aquellas que si tienen la posibilidad de biodegradarse.

Cabe mencionar aquí, que la empresa productora de resina que lleva el liderazgo en este tema es BRASKEM de Brasil (en Rio Grande do Sul), una de las mayores productoras mundiales (la segunda en América y la número 8 a nivel mundial). Se conoce que su planta productora de Etanol proveniente de la caña está operando con toda su capacidad, produciendo 200 mil toneladas/año de polietileno verde y 30 mil toneladas/año de Polipropileno verde. Dow Chemical también está dando pasos en esta dirección y ha hecho anuncios sobre la muy próxima posibilidad de ofrecer al mercado resinas de Polietileno y Polipropileno cuya molécula precursora provenga del etanol producido a través de la fermentación de azúcares de origen vegetal (Belolli, 2011).

El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible presentó en el año 2004 un documento sobre las Guías Ambientales para el manejo, aprovechamiento y disposición post consumo de materiales plásticos, así como sus procesos básicos de transformación. Puede ser considerado una excelente base para abordar el tema de investigación de estas actividades desde el punto de vista de Indicadores de Ciclo de Vida. La información incluye el estudio profundo de impactos ambientales asociados a todas las actividades propias de la recolección, clasificación, recuperación de los plásticos una vez son usados. El estudio por sí solo, podría ser considerado un excelente complemento de profundización hacia la determinación de lo sostenibles que pueden ser los plásticos convencionales en Colombia.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACOPLASTICOS. Sector Plástico. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post consumo. Guías Ambientales. MAVDT. Viceministerio de Ambiente. Dirección de Desarrollo

Sectorial Sostenible. Bogotá Colombia, Julio de 2004.

ASTM 6954-04. Standard Guide for Exposing and Testing Plastics that Degrade in the Environment by a Combination of Oxidation and Biodegradation. Developed by Subcommittee: D20.96. Book of Standards Volume: 08.03. 2004.

BELLOLI, Rodrigo. I'm Green. Green Polyethylene in Braskem. Conferencia del Segundo Seminario de Envase Sostenible. Bogotá, Junio de 2011.

BIO-bases plastics convince with high climate protection potential and low use of fossil resources. Nova Institute

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

GmbH. For Ecology and Innovation. March 2012. Disponible en: <www.nova-institut.eu>

BONHOMME, Cuer A *et al.* Environmental Biodegradation of Polyethylene. Centre National d'Evaluation de Photoprotection, Université Blaise Pascal, France. January 2003.

BOUSTEAD, Ian. Plastics Europe. Ecoprofiles of the European Plastics Industry. Low Density Polyethylene. March 2005.

British Standard on Oxo Biodegradation of Plastics. Background Information on the recently published standard BS 8472. Fact Sheet. June, 2011. Disponible en: <www.european-bioplastics.org>

CHIELLINI, Emo; Corti Andrea y Swift Graham. Biodegradation of Thermally Oxidized, fragmented low density Polyethylene. Department of Chemistry and Industrial Chemistry. University of Pisa. September 2002.

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. Cumbre de la Tierra. Disponible en: Agenda Local 21. <<http://www.oarsoaldea.net/agenda21/es/node/8>>

EL EMPAQUE, Información, Tecnología y Soluciones para la industria del empaque y el embalaje. Análisis del Ciclo de Vida de los Bioplásticos. Junio, 2009.

Disponible en: <http://www.elempaque.com/ee/secciones/EE/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc_70390_HTML.html?idDocumento=70390>

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION. LDPE, PP, PVC, PA, PET. Document of European Plastics Manufacturers. November 2008. Disponible en: <www.plasticseurope.org>

FLOREZ Laura. Bioplásticos en envases y sus tendencias futuras. En: Seminario en línea. Universidad de Aachen Alemania. Organizado por Revista Tecnología del Plástico. Bogotá, Octubre 2011.

FUNDAMENTALS OF PLASTICS PACKAGING SHORT COURSE. Institute of Packaging Professionals. Chicago Illinois. November 1994. Chapter 1 Polymer Chemistry for the non-chemist.

GONZALEZ Cristian Fabián. Polipropileno. Industrias Petroquímicas. Trabajo de investigación sobre el Polipropileno como producto petroquímico. Facultad de Ciencias aplicadas a la Industria. Agosto de 2010. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.

HARRINGTON, Rory. Sustainable Packaging. Threats and Opportunities. January 2010. Disponible en: <www.foodproductiondaily.com>

HENTON, David *et al.* Polylactic Acid Technologies.

Cap.16. Página 528. Disponible en: <http://jimluntllc.com/pdfs/polylactic_acid_technology.pdf>

HOOF, Bart van; Monroy Néstor y Saer Alex. Producción más Limpia. Paradigma de Gestión Ambiental. Universidad de los Andes. Facultad de Administración Editorial Alfa-Omega. Bogota. 2008

INDUSTRIAL COMPOSTING. Fact Sheet, November 2009. Disponible de: European Bioplastics. <www.european-bioplastics.org>

JIUN, Yee Chee *et al.* Bacterially Produced Polyhydroxyalkanoate (PHA): Converting Renewable Resources into Bioplastics. School of Biological Science, University Sains, Malaysia.

KAEB, Harald. Bioplastics in Packaging. Bioplastics Magazine. Vol. 6 Ed. March-April 2011. Pp.46. Berlin, Germany.

LANDFILLING, Fact Sheet of European Bioplastics. June 2011. Disponible en: <www.european-bioplastics.org>

LEPORELLO, Verpackung. Plastics Europe. Envases y Embalajes: la mayor protección utilizando cada vez menos materiales. 2008.

MATO, Yuki *et al.* Plastic Resin Pellets as a Transport Medium for Toxic Chemicals in the Marine Environment. Faculty of Agriculture, Tokyo

University. En: Environmental Science & Technology, 2001, 35 pp. 318.

MAZUERA, Gonzalo. Tercer Seminario Internacional sobre películas coextruidas, laminadas y biorientadas: Aplicaciones y Mercados. Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho. ICIPC. Bogotá, Marzo 1995.

MENDEZ VILAS, A. Ed. En Current Research. Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. Formatex Research Center. Disponible en: <www.formatex.org/microbiology2/>

NEIRA, Simijaca Juan Alonso. Sembrando Sostenibilidad. Éxitos, fracasos y frustraciones. Grupo Imprenta y Publicaciones UPTC. Primera Edición. 2010

ORTEGA, Salvador. NatureWorks. Ingeo Resins. Segundo Congreso Internacional de Empaque Sostenible. Bogotá Junio 2011.

ORTIZ, Miryam. Estudio Prospectivo de los empaques plásticos flexibles y semi-rígidos en Colombia. Escenarios y Estrategias al horizonte del año 2013. Bogotá, 2003.

OSTERMAYER Axel; Giegrich Jürgen. Ecoprofiles of the European Plastics Industry. Polyvinyl Chloride. July 2006.

OXO- Positions Paper. Oxo biodegradable Plastics Fact Sheet. Julio 2009. European Bioplastics. Disponible en: <www.european-bioplastics.org>

PACKAGING SUSTAINABILITY INDICATOR AND METRICS FRAMEWORKS. A global Project by the consumer goods forum. April 2010. Disponible en: <http://center.sustainability.duke.edu/sites/default/files/documents/packaging_indicators.pdf>

QUINTERO, Kelly. Editora Revista El Empaque. Reciclaje e inclusión social, apuesta del sector privado en Colombia. Revista El Empaque, Marzo 2012. Disponible en: <www.el-empaque.com>

PERFORMANCE EVALUATION OF ENVIRONMENTALLY DEGRADABLE PLASTIC PACKAGING AND DISPOSABLE FOOD. Service Ware-Final Report. California State University. Chico Research Foundation. June 2007. Pp.18. Disponible en :< <http://www.calrecycle.ca.gov/publications/Plastics/43208001.pdf>>

PILZ, Harald; Brandt Bernd. The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emission in Europe. Summary Report. June, 2010. Denkstatt.

PRIMER y Segundo Congreso Internacional del Envase Sostenible. (Bogotá Mayo 2010 y Junio 2011.) Memorias

16 presentaciones de autores varios.

PROPILCO. Polipropileno del Caribe. Generalidades de Propilco y del Polipropileno. Boletín Técnico.

RECICLAPLASTICO. La Biodegradabilidad Cuestionada. Reflexiones No. 18. Disponible en: <www.reciclaplastico.org>

RESTREPO, Renato. Los empaques flexibles y semir-rígidos en la industria cárnica. Alico S.A. Disponible en: <<http://www.scribd.com/doc/15554848/Cap-4-Los-Empaques-Flexibles-y-Semirrigidos-Para-La-Industr>>

SARGEANT, Steve. Toray Plastics. Comparando películas para empaques. Consideraciones para elegir entre BOPET, OPA y BOPP. Packaging Año 15 No. 86. Noviembre 2006.

SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY. DG. Environment News Alert. Plastic Waste: Redesign and Biodegradability. Issue No. 1 June, 2011. Disponible en: <<http://www.textoscientificos.com/polimeros/polipropileno>>

SUSTAINABLE PACKAGING COALITION. Definition of Sustainable Packaging. A Green-Blue Project. Version 2. August 2011. Disponible en: <www.sustainablepackaging.org>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

THOMAS, Noreen *et al.* Assessing the Environmental Impact of Oxo-degradable Plastics across their Life Cycle. Loughborough University. A research report completed for the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra). January, 2010. Disponible en: <www.defra.gov.uk>

VERGUESE, Karli. Integración Temprana de Decisiones Ambientales en su Diseño. El Modelo PIQET.

Design Centre of RMIT University (Australia). Presentación Segundo Seminario de Empaque Sostenible. Bogotá, Colombia. Junio 2011.

VITOUSEK, Peter *et al.* Human Domination of Earth's Ecosystems. Science published by American Association for the Advancement of Science, New Series. Vol. 277. No. 5325 (July, 1997). Pp. 494-499. Disponible en: <<http://www.jstor.org/stable/2892536>>

WACKERNAGEL, Mathis; Rees William. Nuestra Huella Ecológica. Reduciendo el impacto humano sobre la tierra. Editorial Lom. 2001. Pp.47

WHAT ARE BIOPLASTICS? En European Bioplastics Fact Sheet: What are Bioplastics? Terms, material types and technologies- an introduction. Disponible en: <www.european-bioplastics.org>