

## Alternativas de empaque para galletas de mantequilla: evaluación comparativa del ciclo de vida

A. HARRAR DE DIENES<sup>1</sup> Y T. GÓMEZ NAVARRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Metropolitana

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Valencia, España

<sup>1</sup>adienes@unimet.edu.ve

<sup>2</sup>tgomez@dpi.upv.es

Recibido 15/01/07 ■ Aprobado 10/04/08

### Resumen

En este estudio se presenta una comparación del impacto ambiental de diferentes presentaciones de una línea de galletería con la finalidad de optimizar la combinación de las ventas por presentación y racionalizar el uso de los diferentes materiales de empaque a través de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Se calcularon los impactos ambientales correspondientes con la base de datos publicada por PRé Consultants B.V. (Goekkoop y Spriensma, 2001) para los materiales, sus procesos de elaboración, las condiciones de desecho post-uso y los impactos del transporte de las materias primas, todo en concordancia con la norma ISO 14040 (UNI 1998) utilizando el programa Ecoindicador 99 en su versión jerárquica tipo A. Los resultados fueron comparados con las tendencias de ventas de los últimos 10 años, los costos de producción y los precios de

<sup>1</sup>Ingeniero Químico, USB, 1975. Msc en Ciencia de los Alimentos, USB, 1978. Cursante en la actualidad de un Doctorado en Ingeniería de Proyectos en la Universidad Politécnica de Valencia (España). Directora de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Metropolitana desde 1992 hasta 2003. Directora encargada de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Metropolitana entre 2000 y 2003. Docente e investigador en la Universidad Metropolitana desde 1979. Miembro activo de RIARE (Red Iberoamericana de Alimentos para Regímenes Especiales), Colegio de Ingenieros, e I.F.T. (Institute of Food Technologists). Autora de unas 30 publicaciones en revistas y congresos nacionales e internacionales en el área de alimentos con bajas calorías, deshidratación de frutas y Técnicas de Toma de Decisión Multicriterio.

<sup>2</sup>Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia. Doctor Ingeniero Industrial. Grupo de Investigación: Grupo de Estudios en Desarrollo, Cooperación Internacional y Ética Aplicada. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Miembro de la *Design Society*, la *Internacional Project Management Association* y la *Asociación Española de Ingeniería de Proyectos*, asociaciones en las que desarrolla actividades de promoción de la integración del respeto por el medio ambiente en las actividades de ingeniería de diseño, dirección y desarrollo de proyectos.

venta al público, lográndose hacer recomendaciones prácticas con respecto a los sistemas de empaque más ecoeficientes para la empresa. Los resultados del estudio muestran que la utilización de bolsas de polipropileno biorientado (PPBO) en presentación de 1.000 gramos almacenadas en cestas plásticas reutilizables constituyen la alternativa más económica y con los menores índices de impacto ambiental. El mayor impacto ambiental en el ciclo de vida radica en la etapa de producción (materiales y proceso), siendo los desechos y el transporte marginales, por lo que se recomienda concentrar futuros análisis en la optimización de los procesos de fabricación y la búsqueda de materiales de empaques alternos con menor impacto ecológico.

**Palabras clave:** análisis de ciclo de vida, empaque de alimentos, impacto ambiental.

### **Abstract**

In this study a comparison of the environmental impact of different types of packaging for a range of cookie products was performed to assess the optimal sales split and rationalize packaging materials consumption through Life Cycle Methodology (ACV). Environmental impact was assessed for the different packaging components, manufacturing processes, post use conditions and impact on materials transport with the use of a data base published by PRé Consultants B.V., [1] in agreement with ISO 14040 (UNI 1998) in the Ecoindicator 99 software, hierarchical type A version. Results were confronted with 10 year sale statistics, production costs and sales prices providing the business with practical recommendations in terms of the most environmentally efficient packaging systems and materials. Results of the survey show that the use of Polypropylene (PPBO) 1000g. bags and recyclable plastic baskets as outside containers yield the most cost effective alternative with the best environmental impact indices for both the consumer and the business. The main component in the life cycle is the production stage (materials and process), while the impact of waste and transport are negligible, therefore future research should be geared to optimize manufacturing processes and the search for alternate packaging materials with lower environmental impact.

**Key words:** Life cycle analysis, food packaging, environmental impact.

### **Introducción**

La Ecoeficiencia es uno de los objetivos que se debe lograr para implantar la ecología industrial, en 1999, Marcus Lehni, citado por (Capuz y Gómez, 2004, p. 46) dijo: «se dice que una empresa consigue la Ecoeficiencia cuando oferta productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas incrementando su calidad de vida, mientras a lo largo de su ciclo de vida reducen progresivamente el impacto medio ambiental y la intensidad del uso de recursos, al menos, hasta el nivel de la capacidad de carga del planeta». El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología usada actualmente para evaluar la carga medio ambiental de un producto, proceso o actividad en todo su ciclo de vida (Capuz y Gómez, 2004). Consiste en un procedimiento utilizado para cuantificar las entradas y las salidas relacionadas con un producto o un sistema activo. Se puede utilizar para evaluar el rendimiento ambiental de productos industriales o de consumo masivo desde el origen de su producción hasta el fin de su uso. El ACV es un proceso para «evaluar la carga ambiental relacionada a productos, procesos o actividades», para «identificar el impacto potencial sobre el medio ambiente que proviene de los consumos de materia o energía», para «identificar y evaluar posibles mejoras en el producto» (Ekval, 2005).

La perspectiva «desde la cuna hasta la tumba» que el ACV abarca, permite juzgar y mejorar el rendimiento ambiental durante todo el ciclo de vida, así como determinar mejorías implícitas en niveles específicos. El ACV también puede usarse en una perspectiva limitada («de proceso a proceso») que puede ser de particular interés si la empresa quiere analizar en detalle una parte limitada del ciclo de vida que está bajo su propio control (SETAC, 1993). Este proceso no es estático, por el contrario utiliza una operación de retroalimentación que afina los objetivos iniciales para garantizar una mayor calidad en el resultado final (Fullana y Puig, 1997).

El método del Ecoindicador 99 está basado en el estado actual del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), el cual toma en cuenta tres áreas de impacto ambiental fundamentales como son: el uso y conversión de la tierra, la extracción y agotamiento de las materias primas que se usen en los procesos industriales, y las emisiones industriales, que resultan en todo el ciclo de vida de un producto.

Para determinar un valor ecoindicador se requieren tres pasos:

1. El inventario de todas las intervenciones en el medio ambiente en todos los procesos que participen en el ciclo de vida de un producto. Este paso forma la base para el análisis del ciclo de vida ACV. El resultado es una lista con emisiones, uso de tierra y materias primas utilizadas.
2. El cálculo del daño que estas intervenciones causan al ecosistema, a las existencias de materias primas y a la salud humana.
3. La ponderación del daño a la salud humana, ecosistemas y existencia.

La selección de los empaques para productos alimenticios está íntimamente relacionada con la percepción de calidad de los consumidores así como con su adecuada conservación. Una imagen apetitosa, un enfoque de mercadeo adecuado y una identificación de la categoría del producto son, entre otros, algunos de los rasgos más importantes. Sin embargo, las consideraciones ambientales, y en específico las relacionadas a su disposición, han tomado una mayor importancia en el desarrollo de los nuevos empaques a nivel internacional (Anderson et al., 1998). En algunos países de Europa, los materiales de empaque representan 35% en peso y 50% en volumen de toda la basura municipal y esta proporción está en alza. Esta situación representa una oportunidad novedosa para desarrollar y mercadear productos que tengan una imagen ambiental amistosa escogiendo sistemas de empaque que cumplan con los requisitos industriales, de mercadeo y ambientales apropiados (Jolliet et al., 1994).

En este estudio se propone aplicar el método del Análisis del Ciclo de Vida y el uso del Ecoindicador 99 a una industria de elaboración de productos de pastelería empacados, para la cual se desea conocer el impacto ambiental de los componentes de empaque de acuerdo a los parámetros establecidos por este eco-indicador. Los resultados permitirán recomendar estrategias de comercialización, no sólo acordes con los intereses financieros, sino cónsona con la imagen ambiental de la empresa y sus productos.

### **Alternativas de empaque para galletas**

Las diferentes presentaciones que ofrece la empresa están diseñadas para ofrecer una relación precio-valor accesible al consumidor. Los parámetros de calidad a considerar a la hora de establecer la función de cada una de estas presentaciones son: protección de la galleta, protección mecánica y

consideraciones estéticas. Las consideraciones de calidad en cuanto a la protección del producto exigen que este sea resistente a la humedad y al oxígeno a través de su empaquetamiento, bien sea en un material flexible impermeable o en láminas de acero estañado (envases de hojalata). En todos los casos, éste deberá tener una vida útil de un mínimo de 3 meses y hasta un año. El objetivo es evitar la absorción de humedad por la galleta y protegerla del aire para evitar la oxidación de las grasas y consecuente deterioro del sabor. En cuanto a la protección mecánica, se pretende tener unos empaques que sean apilables adecuadamente en las estanterías de los expendios de alimentos, evitando que la galleta se fracture. Con respecto a las consideraciones estéticas, el empaque externo debe permitir una representación gráfica densa y muy atractiva que genere una imagen de producto de calidad. A continuación se describen los 5 subsistemas básicos que utiliza la empresa para presentar sus productos:

Subsistema 1: bolsa de 500 gramos de polipropileno impreso, 24 bolsas en cesta retornable de polietileno.

Subsistema 2: bolsa de polipropileno impreso de 1.000 gramos, 12 bolsas en cesta retornable de polietileno.

Subsistema 3: estuche cartulina de 100 gramos, 24 estuches en caja corrugada.

Subsistema 4: estuche cartulina de 227 gramos, 12 estuches en caja corrugada.

Subsistema 5: lata circular de 475 gramos, 12 latas en caja corrugada.

Las presentaciones 1 y 2 representan las alternativas más económicas a pesar de que adolecen de poca protección mecánica al producto y por ende su distribución es más limitada ya que el producto es extremadamente frágil. La estructura de costos directos de producción para las cinco alternativas en términos de relación entre el costo de materia prima, material de empaque, precios y gastos directos de elaboración se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
**Costos de producción y precios para cada una de las presentaciones de galletas**

| Subsistema | Costos de producción (%) |         |             | Precio (Bs/kg) |
|------------|--------------------------|---------|-------------|----------------|
|            | Materia Prima            | Empaque | Elaboración |                |
| 1          | 75                       | 10      | 15          | 10             |
| 2          | 80                       | 10      | 10          | 9              |
| 3          | 25                       | 50      | 25          | 14             |
| 4          | 30                       | 45      | 25          | 12             |
| 5          | 45                       | 40      | 15          | 15             |

Fuente: Productora 441.

Como se aprecia, existe una correlación directa entre el costo y el precio del producto en términos del valor entregado al consumidor, ya que éste siempre prefiere la mejor relación producto/empaque, es decir, maximizar el componente comestible y minimizar el componente de desecho, sin afectar su percepción de calidad. De hecho, la empresa ha registrado un crecimiento significativo en la proporción de sus ventas de las opciones 1 y 2 en los últimos 10 años, como se puede observar en la Tabla 2.

**Tabla 2**  
**Proporción de ventas por presentación (% en unidades)**

| Presentación | 1995 | 2005 |
|--------------|------|------|
| 1            | 0    | 20   |
| 2            | 10   | 30   |
| 3            | 40   | 15   |
| 4            | 30   | 15   |
| 5            | 20   | 20   |

Fuente: Productora 441.

La presentación 5, es decir, el envase de hojalata, también ha tenido un crecimiento importante a pesar del elevado costo del componente empaque. Esto obedece a una situación peculiar del mercado venezolano que solía importar este tipo de producto y con los años la presentación local se logró imponer, siendo éste muy apreciado especialmente como regalo y en las temporadas festivas.

## **Metodología**

### ***Definición del estudio***

Para la aplicación del ACV en este estudio se incluyeron cuatro etapas de acuerdo a lo definido en la norma ISO 14040 que incluye las tres etapas del ecoindicador y una etapa adicional de interpretación de resultados.

Se consideró una variedad de empaques de una industria de pastelería ubicada en Caracas, Venezuela, las cuales vienen presentadas en diversas alternativas en bolsas de celofán transparente (PPBO), estuches de cartulina, o en envases de hojalata según lo anteriormente indicado.

### ***Entradas y salidas del sistema. Inventario del ciclo de vida***

El sistema está compuesto por cinco presentaciones de producto ya descritas, que se procesan en dos líneas de empaque independientes. Ya

hicimos la salvedad de que no se incluirá en el alcance del estudio el proceso de elaboración de las galletas y, por lo tanto, el sistema está acotado por el proceso de elaboración de los empaques en los proveedores y las subsiguientes etapas del ciclo de vida que ocurren fuera de la planta, como son la distribución, el uso y la deposición. Cada una de las presentaciones, a su vez, está compuesta de una serie de materiales de empaque y estos, a su vez, por componentes sobre los cuales discutiremos su proceso de elaboración y todos los elementos de inventario que intervienen en el análisis de su propio ciclo de vida. Igualmente realizaremos un inventario del proceso de empaque en nuestra planta.

Para los fines de la determinación de los pesos utilizados en los valores de entrada para cada uno de los componentes de empaque, se normalizaron las presentaciones en base a la unidad de venta al mayor, es decir, la menor unidad en la cual intervienen todos los elementos de empaque; los que utiliza el consumidor así como los que se usan, reciclan o desechan en el sistema de almacenaje y distribución. El cálculo de estos valores aparece en la Tabla 3. Este enfoque nos permite incluir a todos los actores y no solamente al consumidor usuario. Además, permite a la empresa realizar un análisis integral de todos sus componentes de empaque y su ciclo de vida correspondiente con fines de optimizar los costos, la productividad, y los índices de ecoeficiencia e incorporarlos a la estrategia de mercadeo (imagen, calidad, precio, etc.).

**Tabla 3.**  
**Distribución de pesos. Bolsas de 500 y 1.000 g**  
**Estuche de cartulina de 100 y 227 g**  
**Lata 475 g**

|                             | Bolsa 500 |       | Bolsa 1000 g |       | Est. 100 g |       | Est. 227 g |       | Lata 475 g |        |
|-----------------------------|-----------|-------|--------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|--------|
|                             | Bolsa     | Cesta | Bolsa        | Cesta | Est.       | Caja  | Est.       | Caja  | Lata       | Caja   |
| Uni/cesta - caja            |           | 24    |              | 12    |            | 24    | 1          | 12    | 12         | 1      |
| Peso (g)                    | 15        | 360   | 20           | 240   |            |       |            |       |            |        |
| Cesta Peso (g)              |           | 1000  |              | 1000  |            |       |            |       |            |        |
| Bandeja termoform. Peso (g) |           |       |              |       | 15         | 24120 | 25         | 12120 |            |        |
| Est. cartulina Peso (g)     |           |       |              |       | 125        | 24600 | 140        | 12360 |            |        |
| Envoltorio Peso(g)          |           |       |              |       | 5          | 120   | 10         | 120   |            |        |
| Caja Peso (g)               |           |       |              |       |            | 1250  |            | 1250  |            |        |
| Blonda peso (g)             |           |       |              |       |            |       |            |       | 25         | 24120  |
| Capacillos Peso (g)         |           |       |              |       |            |       |            |       | 202        | 240480 |
| Cuerpo Peso (g)             |           |       |              |       |            |       |            |       | 1135       | 121620 |
| Tapa Peso (g)               |           |       |              |       |            |       |            |       | 180        | 12960  |
| Teipe Peso (g)              |           |       |              |       |            |       |            |       | 11         | 121    |

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 4 podemos apreciar el inventario para las presentaciones en bolsas de 500 gramos y 1.000 gramos que están constituidas por una bolsa de polipropileno biorientado con solapa de sellado autoadhesiva y una cesta de polietileno de alta densidad retornable.

**Tabla 4**  
**Inventarios de entradas y salidas de las presentaciones en bolsa**  
**de PPBO 500 y 1.000 g**

| <b>Componentes</b><br>· <b>Procedencia</b><br><b>materia Prima/</b><br><b>Procedencia</b><br><b>Fabricantes</b> |          | <b>Bolsa polipropileno</b><br><b>500 g</b> | <b>Bolsa polipropileno</b><br><b>1000 g</b> |
|---|----------|--|---|
| Polipropileno 25 µm   | Peso (g) | 360  | 240   |
|   | Material | PP   | PP  |
|   | Proceso  | Laminación                                 | Laminación                                  |
|   | Desecho  | Resid. Municipales                         | Resid. Municipales                          |
| Cesta plástica  | Peso (g) | 1000                                       | 1000  |
|   | Material | HDPE                                       | HPDE  |
|   | Proceso  |  |   |
|   | Desecho  |  |   |
| Procedencia<br>Materia Prima  |          | Ciudad Bolívar -<br>Maracaibo              | Ciudad Bolívar/<br>Maracaibo                |
| Transporte mp   |          | Camión 28t                                 | Camión 28t                                  |
| Procedencia<br>Fabricante   |          | Maracaibo - Caracas                        | Maracaibo – Caracas                         |
| Transporte fábrica  |          | Camión 16t                                 | Camión 16t                                  |

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se presentan los valores de entrada para las presentaciones en estuches de 11 y 227 gramos, las cuales están compuestas básicamente de un nido de PVC, envoltorio de polipropileno biorientado termosellado, estuche de cartulina, cinta autoadhesiva para el sellado de los estuches y la caja corrugada y los elementos constituyentes de la presentación en envase de hojalata de 475 gramos constituida por capacillos de papel antigrasa, blondas de papel antigrasa, cuerpo y tapa de la lata, cinta autoadhesiva para el sellado de la lata y la caja corrugada. Para la determinación de los valores de entrada y salida de cada uno de los componentes del sistema, se utilizaron fuentes propias de la empresa de pastelería, algunos datos de los suplidores de los materiales de empaque, y para los datos generales de consumo energético y variables post-uso la base de datos del Ecoindicador 99 publicados por PRé Consultants en 2001.

**Tabla 5**  
**Inventarios de entradas y salidas de la presentación de 100 y 227 g en estuche de cartón y en lata de 475 g**

| <b>Componentes/<br/>Procedencia<br/>materia Prima/<br/>Procedencia<br/>Fabricantes</b> |          | <b>Estuche<br/>Cartulina<br/>100g</b> | <b>Estuche<br/>Cartulina<br/>227 g</b> | <b>Lata</b> |
|--|----------|---------------------------------------|--|-------------|
| Estuche  | Peso (g) | 600                                   | 480                                    |             |
|  | Material | Cartón                                | Cartón                                 |             |
|  | Proceso  | Corte                                 | Corte                                  |             |
|  | Desecho  | Doméstico                             | Doméstico                              |             |
| Bandeja<br>Termoformada  | Peso (g) | 120                                   | 120                                    |             |
|  | Material | PVC                                   | PVC                                    |             |
|  | Proceso  | Calandrar                             | Calandrar                              |             |
|  | Desecho  | Doméstico                             | Doméstico                              |             |

|                                     |          |                  |                  |            |
|-------------------------------------|----------|------------------|------------------|------------|
| Envoltorio<br>Polipropileno<br>25µm | Peso (g) | 120              | 120              |            |
|                                     | Material | PP               | PP               |            |
|                                     | Proceso  | Moldear al vacío | Moldear al vacío |            |
|                                     | Desecho  | Doméstico        | Doméstico        |            |
| Blonda                              | Peso (g) |                  |                  | 120        |
|                                     | Material |                  |                  | Papel      |
|                                     | Proceso  |                  |                  | Cortar     |
|                                     | Desecho  |                  |                  | Doméstico  |
| Capacillos                          | Peso (g) |                  |                  | 480        |
|                                     | Material |                  |                  | Papel      |
|                                     | Proceso  |                  |                  | Cortar     |
|                                     | Desecho  |                  |                  | Doméstico  |
| Cuerpo                              | Peso (g) |                  |                  | 1620       |
|                                     | Material |                  |                  | Acero      |
|                                     | Proceso  |                  |                  | Presionar  |
|                                     | Desecho  |                  |                  | Retornable |

|                           |          |                        |                        |                            |
|---------------------------|----------|------------------------|------------------------|----------------------------|
| Tapa                      | Peso (g) |                        |                        | 960                        |
|                           | Material |                        |                        | Acero                      |
|                           | Proceso  |                        |                        | Doblar                     |
|                           | Desecho  |                        |                        | Retornable                 |
| Cinta adhesiva            | Peso (g) |                        |                        | 12                         |
|                           | Material |                        |                        | PP                         |
|                           | Proceso  |                        |                        | Laminación                 |
|                           | Desecho  |                        |                        | Doméstico                  |
| Caja corrugada            | Peso (g) | 250                    | 250                    | 350                        |
|                           | Material | Cartón                 | Cartón                 | Cartón                     |
|                           | Proceso  | Cortar                 | Cortar                 | Cortar                     |
|                           | Desecho  | Retornable             | Retornable             | Retornable                 |
| Procedencia materia prima |          | N.Y. (USA) – Maracaibo | N.Y. (USA) – Maracaibo | Ciudad Bolívar – Maracaibo |
| Transporte materia prima  |          | Buque de carga         | Buque de carga         | 40T                        |
| Procedencia fabricante    |          | Maracaibo – Caracas    | Maracaibo – Caracas    | Maracaibo – Caracas        |
| Transporte fabricante     |          | Camión 28T             | Camión 28T             | Camión 28T                 |

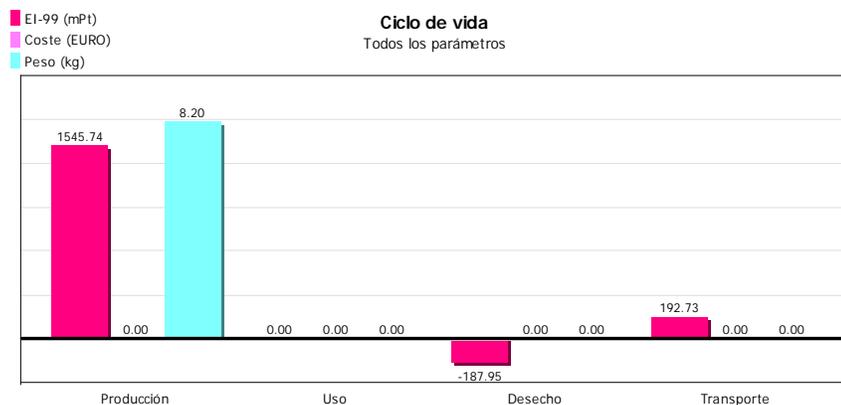
Fuente: Elaboración propia.

## Resultados

### **Evaluación del impacto ambiental**

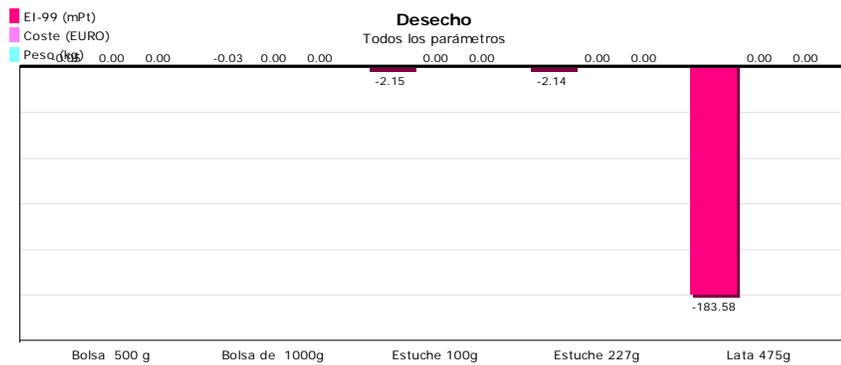
La etapa de evaluación se calculó mediante el Ecoindicador 99 H/A y la base de datos ya señalada (PRé Consultants). Esta base de datos recoge un resumen del impacto global considerando las cuatro etapas del ciclo de vida: producción (incluyendo la etapa de extracción, elaboración y transporte de la materia prima, en este caso papel, lámina de latón, granza de Polipropileno, etc.), uso, desecho y transporte. Para fines de este estudio se consideró despreciable la contribución al impacto ambiental que se deriva del uso de los empaques. El programa analiza las intervenciones en el medio ambiente según los impactos, los cuales están clasificados en las siguientes categorías: calentamiento global, reducción de la capa de ozono, acidificación, eutrofización, y otros. El índice EI-99 expresado en unidades mPt refleja un valor que normaliza los datos respecto a ciertos valores de referencia, para un área geográfica determinada y un momento determinado. En la Figura 1 se aprecia el ciclo de vida de todos los subsistemas en unidades de mPt y se determinaron los parámetros del proceso de Desecho, que se observa en la Figura 2 y de Transporte en la Figura 3 para el sistema global. En las Figuras 4 y 5 se presenta el impacto global en unidades de mPt, para cada subsistema.

**Figura 1. Ciclo de vida de todos los subsistemas con respecto al Eco-indicador 99 H/A (mPt)**



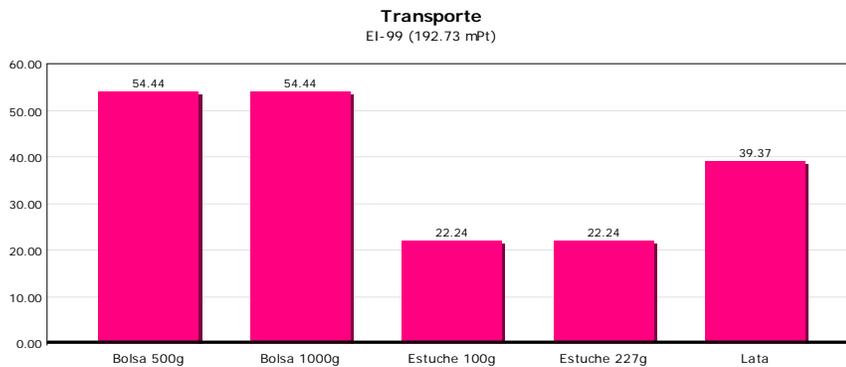
Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

**Figura 2. Comparación del impacto del desecho con respecto al Eco-Indicador 99 H/A (mPt) para todos los subsistemas.**



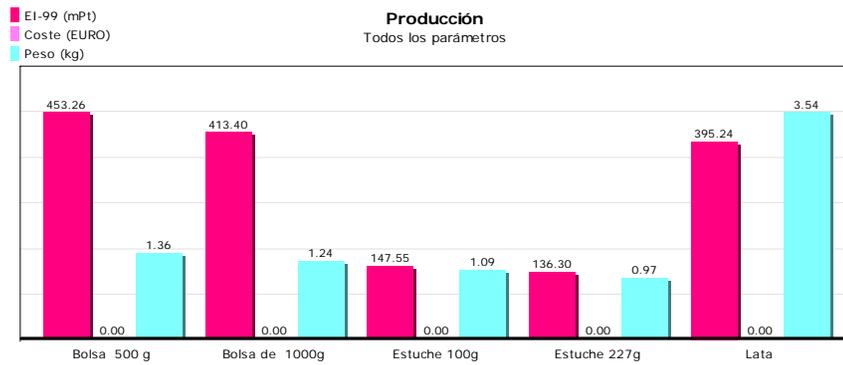
Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

**Figura 3. Comparación del impacto del transporte con respecto al Eco-Indicador 99 H/A(mPt) para todos los subsistemas.**



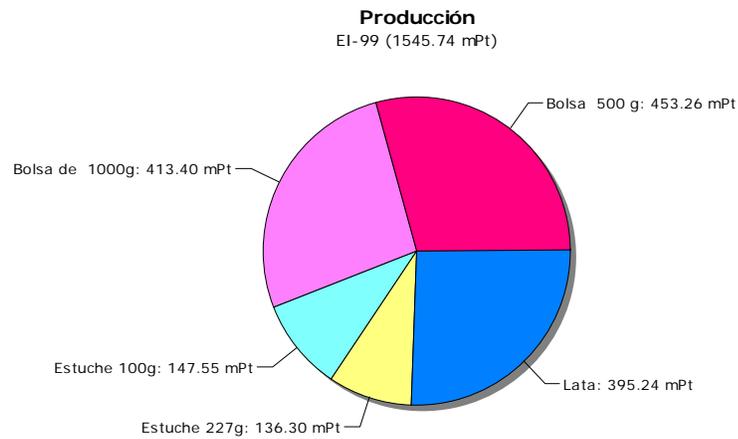
Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

**Figura 4. Comparación para cada subsistema del impacto global y el peso con respecto al Eco-Indicador 99 H/A (mPt) para la etapa Materia Prima/Producción.**



Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

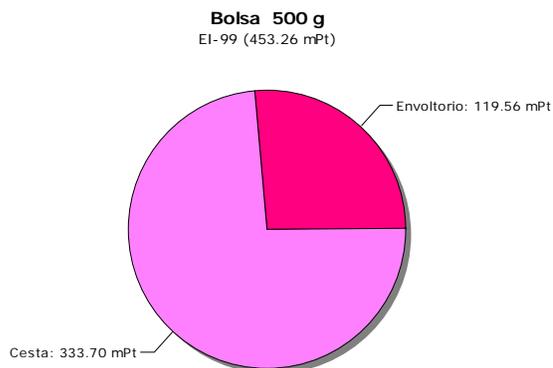
**Figura 5. Comparación del Impacto global con respecto al Eco-Indicador 99 H/A (mPt) para todos los subsistemas.**



Fuente: Eco-Indicador 99H/A

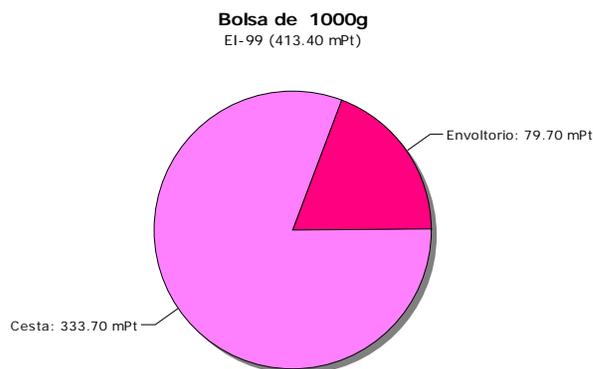
En las Figuras 6, 7, 8, 9 y 10 se representan los impactos globales de cada una de las presentaciones o subsistemas en forma individual, y desglosadas por cada uno de los elementos de empaque que las constituyen. Es de hacer notar que estos valores de EI-99 incluyen los parciales para producción, uso, desecho y transporte, por lo tanto, se refleja en ellos en adición a los costes de producción aquellos que tienen que ver con el desecho y el transporte de los insumos.

**Figura 6. Comparación del impacto global con respecto al indicador E-99 H/A (mPt) de cada componente del empaque para el subsistema Bolsa de 500 g**



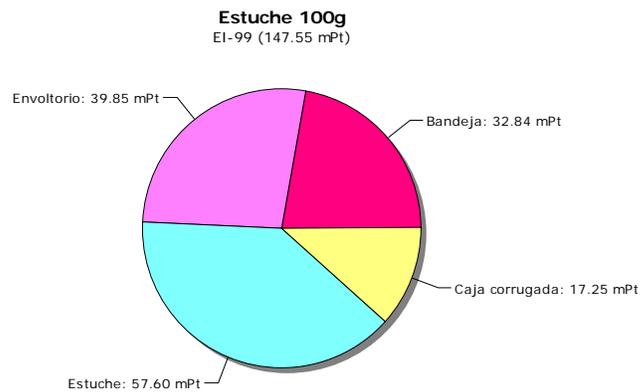
Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

**Figura 7. Comparación del impacto global con respecto al indicador E-99 H/A (mPt) de cada componente del empaque para el subsistema Bolsa de 1.000g**



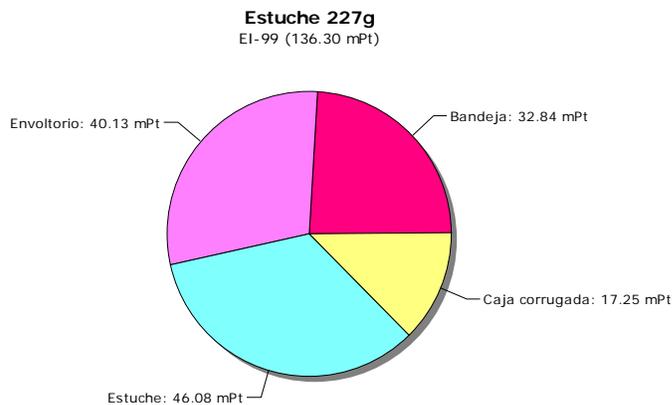
Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

**Figura 8. Comparación del impacto global con respecto al indicador E-99 H/A (mPt) de cada componente del empaque para el subsistema Estuche de 100 g**



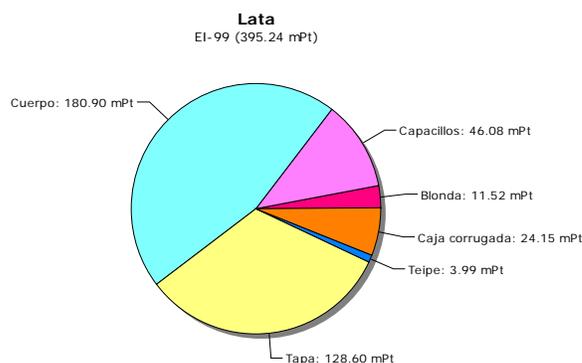
Fuente: Eco-Indicador 99H/A

**Figura 9. Comparación del impacto global con respecto al indicador E-99 H/A (mPt) de cada componente del empaque para el subsistema Estuche de 227g**



Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

**Figura 10. Comparación del impacto global con respecto al indicador E-99 H/A (mPt) de cada componente del empaque para el subsistema Lata de 475 g**



Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

## Interpretación de los resultados

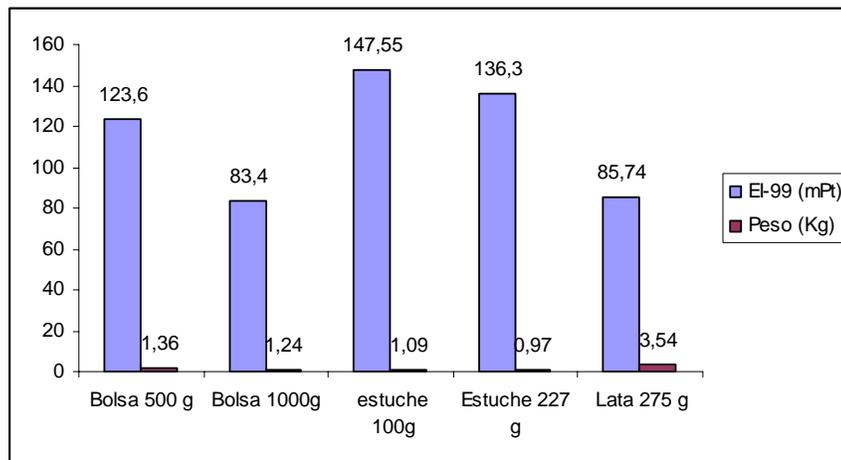
### **Impacto en Producción (Materiales y Procesos)**

La estructura del impacto en la producción (materiales y procesos) que se presenta en la Figura 4 para cada uno de los subsistemas (productos) muestra una baja correlación entre el valor del impacto y el peso de los materiales. Las presentaciones en bolsa de celofán más cesta plástica presentan el mayor impacto (453,26 y 413,40mPt respectivamente) con un peso de 1,26 y 1,24 kg respectivamente, a pesar de que la presentación en lata tiene un impacto menor 395,24 mPt pero un peso de material mucho mayor (3,54 kg).

Sin embargo, debemos hacer notar que en la presentación de las bolsas plásticas de 500 y 1.000 gramos que son servidas dentro de las cestas plásticas, estas últimas pueden ser reutilizadas unas 1.500 veces (300 días/año x 5 años) de modo que la cifra de impacto para las cestas que es de 330,00 mPt no representa el verdadero impacto ecológico de este componente. Si la excluimos, asumiendo que dicho componente tiene una vida útil indefinida, obtendremos para estos dos subsistemas un valor de 123,26 y 83,40 mPt respectivamente, que son significativamente menores que todas las otras presentaciones.

También debemos hacer referencia a la presentación en lata de 475 gramos, ya que este envase es conservado por una gran cantidad de consumidores luego de su uso, ya bien sea para volver a rellenarlo con otra tanda de galletas (adquiridas esta vez en bolsa de celofán más económicas) o bien utilizarla para otros menesteres del hogar (envase para guardar objetos). Esto hace que la lata también tenga una vida útil indefinida desde el punto de vista ecológico. Si descontamos el impacto de la lata en el caso de este subsistema obtendríamos un valor de 85,74 mPt para esta presentación que la convierte en el empaque más ecoeficiente. El gráfico corregido se vería según se muestra en la Figura 11.

**Figura 11. Comparación para cada subsistema del impacto global corregido y el peso con respecto al Eco-Indicador 99 H/A (mPt).**



Fuente: Eco-Indicador 99 H/A

En la Tabla 6 se presenta un ratio entre el costo del producto al consumidor para los diferentes subsistemas y su impacto ambiental calculado como se muestra en la Figura 11.

**Tabla 6**  
**Índice de ecoeficiencia para todos los subsistemas**

| <b>Subsistema</b> | <b>Precio Bs/kg</b> | <b>E-99(mPt)</b> | <b>Ratio [(Bs/kg)/E-99(mPt)]</b> |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------------|
| 1                 | 10                  | 123.6            | 0.080                            |
| 2                 | 9                   | 83.4             | 0.108                            |
| 3                 | 14                  | 147.5            | 0.095                            |
| 4                 | 12                  | 136.3            | 0.088                            |
| 5                 | 15                  | 85.47            | 0.175                            |

Fuente: Elaboración propia

Si definimos el ratio entre el costo e impacto ambiental como índice de ecoeficiencia, podemos concluir que la presentación en Bolsa de 1.000 gramos es la más ecoeficiente, y también la más económica para el consumidor como se observa en la Tabla 6 (9 Bs/Kg). También es la presentación con la mejor relación precio/valor, ya que en ese mismo cuadro se puede apreciar que la materia prima, es decir la galleta propiamente, representa 80% del costo de producción, beneficiando al consumidor, disminuyendo el peso relativo entre el material de empaque y el alimento y mejorando los costes para la empresa.

El análisis detallado del impacto de cada uno de los subsistemas (presentaciones), desglosadas en cada uno de sus componentes como se observa en las Figuras 8, 9, 10, 11 y 12, reafirma lo anteriormente mencionado de que las dos primeras presentaciones presentan el menor impacto al descontar el efecto de la cesta retornable (119,56 y 79,70 mPt, respectivamente). Para las presentaciones en estuche, se observan 4 elementos de empaque a saber, bandeja de PVC, envoltorio de Polipropileno, estuche de cartulina y caja corrugada todas con pesos relativos parecidos. No así en el caso de la presentación en lata que posee 6 elementos de empaque a saber: capacillos, blondas, cuerpo, tapa, cinta adhesiva y caja corrugada. El impacto global descontando el cuerpo y la tapa se reduce a 85,74 mPt.

### **Ciclo de Vida (Producción, Transporte y Desecho)**

La descomposición del impacto en las diversas etapas del ciclo de vida nos permite apreciar la importancia relativa de cada una de ellas. Como se aprecia en la Figura 1 dentro del proceso de producción de los materiales de empaque se encuentra la mayor complejidad y el mayor componente del ciclo

(1545,74 mPt) con referencia a la etapa de los desechos donde se recupera – 187,95 mPt y la etapa de transporte con 192,73 mPt. El alto índice del componente de producción refleja el impacto de 8,2 kg de materiales utilizados en la elaboración de una unidad de comercialización (caja o bulto) de cada uno de los productos que la compañía elabora.

Como ya hemos comentado anteriormente, si disminuimos los impactos correspondientes a las cestas plásticas y a los envases de hojalata que son de uso «ilimitado» reducimos el impacto a 302,20 mPt, lo cual ubicaría al rubro de transporte en segundo lugar en impacto, y por ende un componente a ser evaluado.

En la Figura 10 se muestran los impactos en el transporte desglosados por cada una de las presentaciones, en las cuales las bolsas de 500 y 1.000 gramos representan los componentes más importantes debido al peso de las cestas plásticas. Nuevamente si consideramos que estas cestas tienen una vida útil de aproximadamente 1.500 ciclos de venta podemos deducir que el impacto en el transporte es menor.

La cifra correspondiente a los desechos de -187,95 mPt refleja la actividad de reciclaje típica de los países europeos, que como ya hemos comentado no es realista para Venezuela por lo que no haremos comentarios adicionales al respecto.

### **Conclusiones y comentarios finales**

Este estudio confirma que la metodología de ACV es de aplicación práctica e inmediata para el proceso de optimización de los componentes del empaque de una línea de productos de consumo masivo desde el punto de vista ecológico, basado en el indicador utilizado. Una de las conclusiones más inmediatas que se derivan de los resultados, indica que se debe promover el uso de materiales de embalaje retornables o reciclables como el plástico, cartón y metal. Más aún, en vista de que las cifras de impacto calculadas por el Ecoindicador 99 son válidas sólo para Europa, donde existen gran cantidad de programas de reciclaje y de manejo ambiental, podemos asumir con bastante certeza que en países como Venezuela este impacto es muchísimo mayor. Sabemos por ejemplo que países como Italia (IDEMAT, Base de datos de la Facultad de Ingeniería Industrial de Delft, Holanda) 70% de la basura es utilizada para relleno y sólo 18% es incinerada. Estimados para Venezuela

indican que cerca de 50% es incinerada incrementando considerablemente la carga ambiental (efecto invernadero, acidez, metales pesados, calor, etc.).

Debido a que las presentaciones en empaques retornables (cestas plásticas) son las que representan la mejor relación precio/valor para el consumidor y al mismo tiempo son las que poseen los mejores índices de ecoeficiencia, se le presenta como una excelente alternativa a la empresa por coincidir los intereses de abaratar el producto con la disminución del impacto ambiental. En esta línea de pensamiento cabe también la búsqueda de películas de polipropileno biorientado de menor espesor pero mayor impermeabilidad al oxígeno y a la humedad, es decir, empaques más ecoeficientes, pero de mejor calidad. En sintonía con esto cabe pensar en el desarrollo de envases de hojalata de menor espesor, mas con una estructura con mayor resistencia mecánica para asegurar la protección mecánica del producto. Debido al alcance de este proyecto no entraremos a discutir las modificaciones que pudieran desarrollar los proveedores de los empaques en esta misma dirección.

Por último, debemos hacer notar que los resultados reflejados en este trabajo están basados en la experiencia europea que alimenta la base de datos. No poseemos ninguna correlación que nos permita proyectar estos valores para un país latinoamericano.

### Referencias bibliográficas

- ANDERSON, K., OHLSSON, T., and OLDSSON Pär. (1998). «Screening life cycle assesment (LCA) of tomato ketchup: a case study». *Journal of Cleaner Production*. Vol 6 (3-4), 277-288.
- CAPUZ, S. y GÓMEZ, T. (2004). *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. México: Editorial Alfa Omega.
- DE MONTE, M., PADUANO, R., POZZETTO, D. (2003). «Alternative coffee parking and analysis from a life cycle point of view». *Journal of Food Engineering*, Vol 66 (4), 405-411
- EKVAL, T. (2005). «SETAC Summaries». *Journal of Cleaner Production*. Vol 13 (13-14), 1.351-1.358.
- FULLANA, P., Puig, R. (1997). *Análisis del Ciclo de Vida*. Barcelona: Rubes Editorial, S.L.
- JOLLIET, O., COTTING, K., DREXLER, C., FRAGO, S. (1994). «Life-cycle analysis of biodegradable Packing materials compared with polystyrene chips: the case of popcorn». *Agriculture, Ecosystems & Enviroment*, Vol 49 (3), 253-266.
- PRé Consultants B.V. (Goedkoop, M., Spriensma, R.) (2001). The Ecoindicator 99. A damage.
- Oriented method for Life Cycle Impact Assesment. Recuperado de <http://www.pre.nl> en enero de 2006.
- SETAC. 1993. A Conceptual framework for life cycle impact assesment. Pensacola, USA: SETAC (Society or Environmental Toxicology and Chemistry).