

# LCA (LIFE CYCLE ANALYSIS): UNA HERRAMIENTA DE LA INDUSTRIA PARA CONCILIAR LA CRISIS AMBIENTAL Y EL DESARROLLO EMPRESARIAL

**Néstor Monroy**

Profesor Asociado

**Bart van Hoof**

Asistente Graduado

**Juan Carlos Espinosa**

Ingeniero Industrial

La crisis ambiental ha sido analizada bajo diferentes perspectivas y desde diversos enfoques durante los últimos años: en un principio se estudió desde un punto de vista puramente ambientalista y recientemente se ha conectado su importancia con en el desarrollo económico y social. Asimismo, las empresas le dieron primero soluciones reactivas, de cumplimiento o de *fin de tubo* y ahora buscan ventajas competitivas a través de estrategias de ecoeficiencia y producción limpia. Para ello, sus herramientas tuvieron que evolucionar de una apreciación parcial a una valoración holística y cuantitativa que les permitiera tomar decisiones acordes con los nuevos mercados de competencia global, en los cuales el factor de calidad ambiental cada vez adquiere mayor influencia y tiende a exigir la compatibilidad entre la protección del medio ambiente y los factores de costos y funcionalidad.

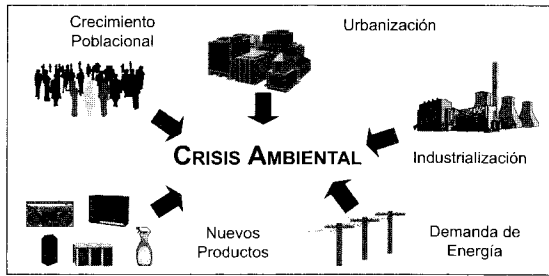
Una de las herramientas más completas de valoración ambiental es el Análisis de Ciclo de Vida (LCA) o *análisis desde la cuna hasta la tumba*, de la cual se están haciendo los primeros ensayos

de aplicación en nuestro país<sup>1</sup> utilizando para ello un software con datos europeos que se está confrontando contra los valores para los procesos en Colombia. Este trabajo muestra los resultados de un proyecto de grado en el cual se implementó un LCA en el sector de agroquímicos, el cual será presentado en un simposio internacional a realizarse en Mayo del presente año.

## La Crisis Ambiental y la Búsqueda de la Sostenibilidad

La vida en nuestro planeta se encuentra amenazada: la crisis ambiental está afectando la biosfera y la humanidad de forma tan alarmante que pronto sus efectos se pueden tornar irreversibles [Capra y Pauli, 1995]. En los dos últimos siglos, cinco fenómenos han contribuido a desatar esta problemática [Heinke, 1989]: *el crecimiento poblacional, la industrialización, la urbanización, el creciente uso de energía y la masiva y permanente introducción de nuevos productos* (ver Figura 1).

<sup>1</sup> La UPB está realizando algunos proyectos piloto y la Universidad de los Andes está adelantando un análisis general en el sector de empaques de papel.



**Figura 1.**

*Causas de la Crisis Ambiental*

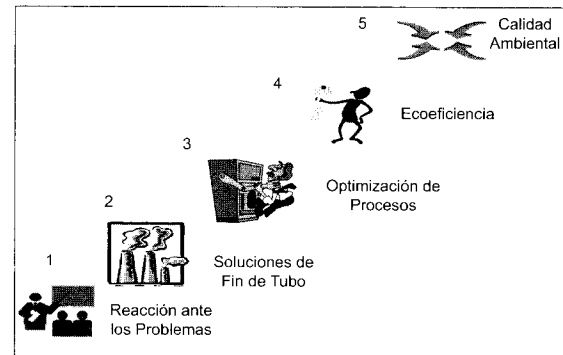
Todos estos fenómenos están claramente ligados al desarrollo del mundo occidental y a la actividad empresarial. Sin embargo, no son las únicas causas identificables del deterioro ambiental ni los únicos elementos a tener en cuenta para estudiarlo. Goodland se enfoca en sus síntomas y señala cinco pruebas que evidencian que el ser humano ha traspasado la capacidad de asimilación del entorno natural: el calentamiento global, la apropiación humana de la biomasa, la destrucción de la capa de ozono, la degradación de la tierra y la pérdida de la biodiversidad [Goodland, 1994].

Esta problemática y las crisis económicas, sociales y políticas de nuestro tiempo no se pueden entender aisladamente. Tienen características *sistémicas*, es decir están interconectadas y son independientes [Capra y Pauli, 1995]. Por lo tanto, una mentalidad *holística* es fundamental no sólo para abordarla sino para buscarle soluciones efectivas.

El estudio de los sistemas nos enseña que deben ser sostenibles para perdurar en el tiempo. Nuestro Planeta, como organismo vivo, cuenta con diversos mecanismos que le aseguran dicha perdurabilidad, independientes de la voluntad humana. Por lo tanto, es el hombre quien debe buscar que sus actividades sean sostenibles. Como respuesta a este desafío, la WCED planteó un nexo indisoluble entre la búsqueda del desarrollo económico y social y la protección del medio ambiente a través del concepto de *desarrollo sostenible* [WCED, 1990]. Dentro de este marco, la actividad empresarial no está exenta de la búsqueda de la sostenibilidad, más aún si se tiene en cuenta su claro efecto sobre los elementos de la crisis ambiental anteriormente mencionados. Por esta razón es importante que las empresas tomen conciencia de su responsabilidad ambiental y desarrollen herramientas para cuantificar, analizar y mejorar sus productos y procesos.

## La Gestión Ambiental en la Industria

A través de los últimos años las empresas han ido tomando conciencia de su responsabilidad ambiental, lo cual ha generado una evolución en la posición que adoptan frente a esta problemática, como se muestra en la Figura 2 [Fiksel, 1996]:



**Figura 2.**

*Niveles de Desarrollo de la Gestión Ambiental*

### 1. Reacción ante los problemas

Enfoque reactivo ante los problemas medioambientales. Únicamente se actúa cuando se impone una sanción.

### 2. Control de la Contaminación

Se busca cumplir la reglamentación medioambiental mediante el control de las fuentes de contaminación, para lo cual se implementan soluciones de fin de tubo.

### 3. Optimización

Se aplican técnicas de optimización de procesos para mitigar el impacto ambiental de la industria y reducir los desperdicios.

### 4. Co-eficiencia

Mayor visión del futuro, se reconoce que es más rentable prevenir la contaminación que combatirla. Analiza todo el sistema del producto e integra la eficiencia ambiental con la eficiencia económica.

### 5 Integración de la Calidad Ambiental

La calidad ambiental se adopta como una de las dimensiones de la calidad total y se reconoce como una ventaja competitiva.

El objetivo de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es lograr el desarrollo sostenible como respuesta a la crisis ambiental. Para estimular su surgimiento y evolución existen programas y convenios internacionales como el de Cambio Climático, la Agenda 21 y el Factor X, y diversas iniciativas en el ámbito nacional como el programa de Producción Limpia del Ministerio del Medio Ambiente, Cecodes, Responsabilidad Integral, Flor Verde y otros programas gremiales. A través del intercambio de experiencias, ellos buscan promover estrategias como la ecoeficiencia y la producción limpia, y se distinguen por su carácter voluntario.

Sistemas como el ISO 14001 y el Ecodiseño favorecen la implementación de estos programas y filosofías en las empresas al proporcionar una estructura sistémica para planear, desarrollar, implementar, mantener, controlar y mejorar la política ambiental de la empresa en un proceso de mejoramiento continuo. Ellos operan con metodologías y herramientas concretas de diagnóstico, análisis y mejoramiento. Algunos de estos programas, métodos y herramientas aplicables en Colombia se aprecian en la Figura 3.

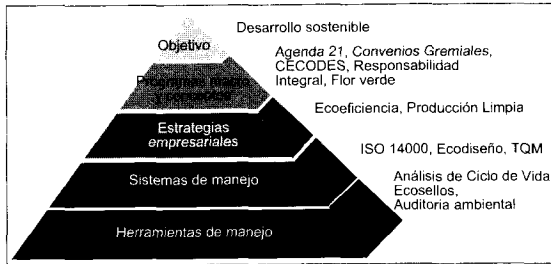


Figura 3. La Pirámide de la Gestión Ambiental [WBCSD, 1998]

## EL CONCEPTO DE CICLO DE VIDA

Como ya se mencionó, la industria debe trabajar en procura del desarrollo sostenible como respuesta a la crisis ambiental, y teniendo en cuenta el carácter sistémico de dicha problemática, un SGA eficiente debe basarse en un enfoque holístico. Dicho enfoque se traduce en el concepto de *Ciclo de Vida*, que analiza, documenta y cuantifica las cargas ambientales de la vida completa del producto y su servicio asociado [Detzel, 1997].

Utilizando este concepto *de la cuna hasta la tumba*, el análisis no se concentra en los productos, procesos productivos o patrones de consumo de manera aislada sino que estudia el *sistema* del producto, el cual se amplía a todos los procesos y actividades que conforman su ciclo de vida (ver Figura 4), y su efecto sobre los elementos de la crisis ambiental.

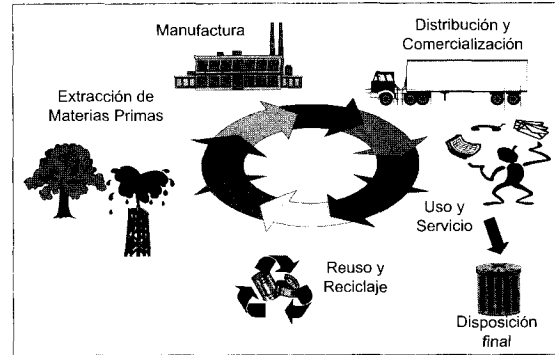


Figura 4. Etapas del Ciclo de Vida de un Producto [Keoleian, 1993]

Al determinar las cargas ambientales más significativas de todo el ciclo de vida del producto, este enfoque permite hallar sus etapas más impactantes para concentrar en ellas las acciones de mejoramiento, a través de alguna de las estrategias mostradas en la Figura 5.



Figura 5. Rueda de las Estrategias de la Gestión Ambiental [Brezet y Van Hemel, 1997]

<sup>2</sup> Un ejemplo del desarrollo de nuevos conceptos es el caso de Xerox, que pasó de vender fotocopiadoras a vender servicios de fotocopiado, lo que implica un rediseño de sus productos para favorecer las estructuras desarmables y reusables.

La implementación de estas estrategias es un proceso innovativo que puede necesitar el desarrollo de nuevas tecnologías, técnica y económicamente viables. Además, como se aprecia en la Figura 5, ésta es una tarea multidisciplinaria que requiere de un conocimiento y una visión global de todas las áreas de la empresa, sus proveedores y sus clientes, y que por lo tanto conlleva aspectos técnicos, económicos, sociales, comerciales, ambientales y culturales.

Con el fin de priorizar acciones de mejoramiento ambiental, no basta tener un enfoque holístico y un carácter multidisciplinario, es importante también establecer una relación entre los impactos asociados a un producto y los problemas ambientales. Una de las herramientas que combina estos tres elementos es el Análisis de Ciclo de Vida (LCA), cuyo propósito es *evaluar el impacto ambiental de un producto o función con el fin de priorizar acciones estratégicas de mejoramiento*, para lo cual utiliza una metodología que cuantifica las cargas ambientales de un producto a lo largo de todo su ciclo de vida y las evalúa determinando su impacto sobre una serie de problemas ambientales.

A continuación se presenta un caso real de aplicación de esta herramienta, fundamental en la priorización ambiental, económica y funcional para el desarrollo y elaboración de un producto, en el contexto de la industria colombiana.

## CASO DE APLICACIÓN DEL LCA

Esta herramienta fue aplicada por una compañía colombiana productora de agroquímicos para conocer el impacto ambiental de uno de sus productos, con el fin de mejorar su perfil ambiental. Los resultados se utilizarán al interior de la compañía como base para futuros LCAs y se compartirán con algunos clientes prioritarios para que reduzcan el impacto ambiental del uso del producto. Además, muchos de ellos podrán ser aplicados en otros sectores tanto agrícolas como industriales.

La justificación del proyecto está relacionada con la problemática ambiental del sector agrícola:

actualmente éste tiene la presión de generar más y mejores cosechas para la creciente población mundial, en un área de terrenos cultivables que progresivamente se está reduciendo, lo que genera una imperiosa necesidad de aumentar la eficiencia de los cultivos. Sin embargo, entre más tecnificado y controlado sea un cultivo, más problemas fitosanitarios tendrá [Kraus Schmidt, 1995], haciéndose necesario el consumo intensivo de plaguicidas, práctica que genera un sinnúmero de impactos ambientales. Debido a esto y a raíz de la creciente preocupación por la problemática ambiental surgió el concepto de *Agricultura Sostenible*. La consecución de este ideal se encuentra plasmado en la visión de la compañía y fue la motivación fundamental para llevar a cabo el estudio.

## Metodología

Su ejecución se llevó a cabo en cinco fases: determinación del objeto de estudio, construcción del diagrama de procesos y recolección de los datos, definición de los límites del sistema, caracterización del inventario de los impactos, y evaluación. Estas se muestran de manera esquemática en la Figura 6.

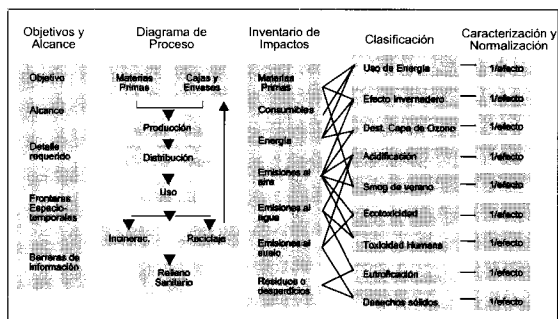


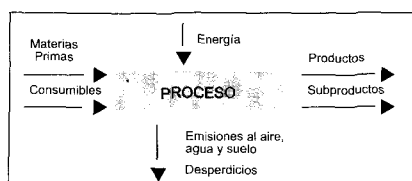
Figura 6. Esquema Secuencial del LCA

La empresa escogió como objeto del análisis un insecticida que se utiliza para el control de ácaros en los cultivos de clavel. El producto es conformado también por su envase plástico y las cajas en las que se empaquetan 12 unidades de 1 litro y se analizó su uso únicamente en la Sabana de Bogotá<sup>3</sup> con base en formulaciones de 1998.

<sup>3</sup> La Sabana de Bogotá concentra más del 90% de la producción nacional de flores para la exportación.

## Inventario de Impactos

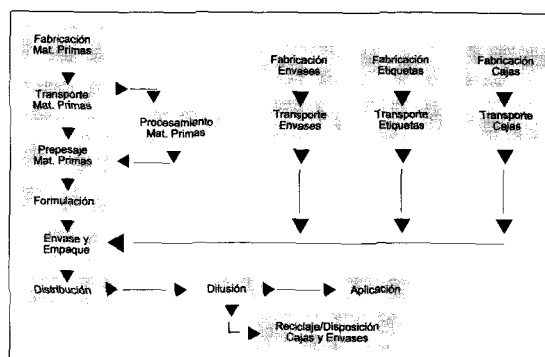
Para la construcción del inventario de impactos se utilizó la metodología del ecobalance que se muestra en la Figura 7, en la que se cuantifican las entradas y salidas con relevancia ambiental para cada proceso (materias primas, consumibles, energía, productos, subproductos, desperdicios y emisiones al aire, agua y suelo). Algunos de estos datos fueron calculados manualmente y para el resto se utilizó el Sima Pro, un software especial para LCAs, que tiene una extensa y detallada base de datos con los impactos ambientales de diversos materiales y procesos estándar.



**Figura 7.**  
Ecobalance

Todas las materias primas son fabricadas por proveedores externos excepto el ingrediente activo, lo que impidió conseguir información acerca de sus componentes o procesos productivos. Son traídas desde diversas partes del mundo, aunque casi todas son colocadas por los proveedores directamente en la planta. El proceso productivo requiere únicamente agua y ACPM para el precalentamiento de una materia prima y energía eléctrica para el uso de montacargas y la mezcla y envase del producto. Estos datos fueron tomados por el personal de la planta, lo que hace que su nivel de detalle y confiabilidad no sea muy alto.

Las emisiones y el gasto de combustible del proceso de distribución fueron estimados por el Sima Pro a partir de la cantidad de toneladas-kilómetro transportada hasta las fincas. Finalmente, para obtener los datos de la etapa de uso se realizaron visitas periódicas a un cultivo piloto escogido por la empresa y a algunas otras fincas floricultoras de la Sabana. Se utilizaron datos promedio de la muestra de fincas visitadas, aunque ésta no fue lo suficientemente representativa para tener un alto grado de confiabilidad. La Figura 8 muestra un diagrama de procesos simplificado para el ciclo de vida del producto.



**Figura 8.**

Diagrama de Procesos del Ciclo de Vida del Producto

A partir de los datos recogidos en el inventario de impactos ambientales, se establecieron límites para el sistema en estudio, dejando por fuera los siguientes elementos o procesos:

- La extracción y producción de materias primas
- El transporte de las materias primas que los proveedores colocan en planta
- Los bienes de capital de la planta de producción (maquinaria, instalaciones)
- Los procesos administrativos, de mercadeo y de ventas de la empresa
- Los consumibles de los vehículos de transporte (aceite, llantas, etc.)
- El equipo de protección personal de los fumigadores

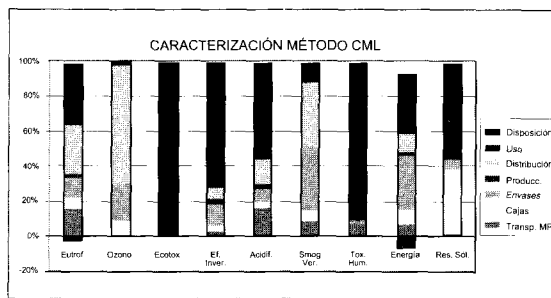
Una vez determinado el sistema de estudio, se procedió a clasificar los datos del inventario de impactos. Para ello se utilizó una metodología denominada CML, incluida en el Sima Pro, que relaciona dichos impactos con los siguientes problemas ambientales: eutroficación, destrucción de la capa de ozono, ecotoxicidad, efecto invernadero, acidificación, smog de verano, toxicidad humana, uso de energía y generación de residuos sólidos.

Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de caracterización, que consiste en convertir todas las contribuciones a cada problema ambiental a una unidad estándar de medida (por ejemplo, la

unidad asociada al efecto invernadero es 1 kg. de CO<sub>2</sub>). Para ello se utilizó nuevamente la metodología CML, que tiene una lista de sustancias impactantes para cada problema ambiental con su equivalencia en términos de la unidad estándar de medida.

## Resultados

La Gráfica 1 muestra los resultados de este proceso, en el cual se aprecia la contribución porcentual de cada una de las etapas del ciclo de vida del producto (transporte de materias primas, producción, distribución, uso, disposición y ciclo de vida de cajas y envases) a los problemas ambientales.

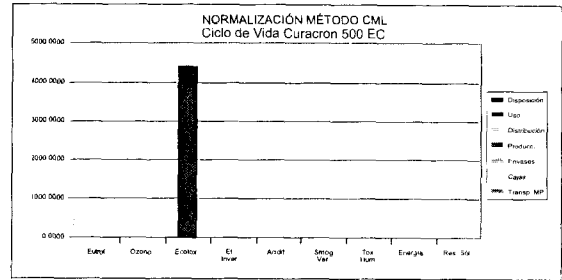


**Gráfica 1.**

*Resultados del Proceso de Caracterización*

En términos relativos, la gráfica muestra que las etapas más impactantes son las de uso y distribución y el ciclo de vida de los envases, principalmente por los desperdicios de ingrediente activo en la aplicación del producto, por las emisiones del transporte del producto desde la planta de producción hasta las fincas y por el material de los envases (mezcla de PEAD y Poliamida).

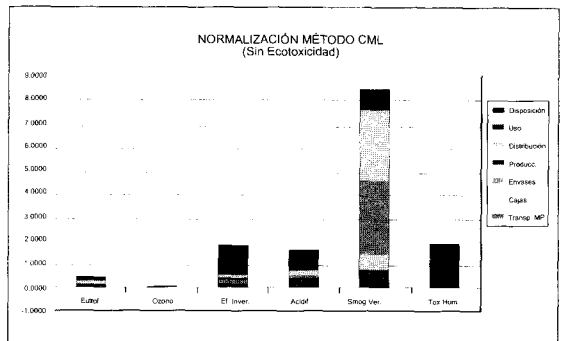
Sin embargo, estos resultados no muestran cuáles son las contribuciones más significativas para poder de esa manera priorizar acciones de mejoramiento. El proceso de normalización, en el cual se compara el impacto del ciclo de vida del producto a cada problema ambiental con la contribución mundial a cada uno de ellos, genera un valor relativo que permite determinar los focos de prioridad ambiental, tal como lo resalta la Gráfica 2.



**Gráfica 2.**

*Resultados del Proceso de Normalización*

La gráfica muestra claramente que la contribución de la etapa de uso a la ecotoxicidad es el impacto ambiental más significativo del ciclo de vida del producto. Por lo tanto, este es el foco de prioridad ambiental sobre el cual se propusieron las alternativas de mejoramiento. Sin embargo, la Gráfica 3 nos muestra los efectos sobre otros problemas ambientales que siendo de menor impacto a nivel global, es posible que a nivel local deban ser estudiados.



**Gráfica 3.**

*Resultados de la Normalización sin el efecto sobre la Ecotoxicidad*

La aclaración más importante del estudio es que éste no fue un análisis acerca de todo el ciclo de vida de un producto sino prácticamente un estudio post-producción debido a la falta de información sobre las etapas previas al proceso productivo. Teniendo en cuenta dicha salvedad, la etapa más contaminante del ciclo de vida del producto es su etapa de uso, específicamente debido a la ecotoxicidad generada por los desperdicios y emisiones de producto que no son absorbidos por las plantas.

Con base en este resultado, se propusieron las siguientes alternativas de mejoramiento no sólo con el fin de reducir el impacto ambiental del producto sino de mejorar la eficiencia en su uso y aplicación:

- Utilizar equipos de fumigación con boquillas de diferente salida dependiendo de la altura de la planta para evitar o disminuir la cantidad de producto que llega al suelo.
- Implantar un dispositivo en el equipo de fumigación que permita al operario cortar el flujo mientras no está fumigando o mientras camina por los corredores del invernadero. Vale la pena resaltar que los floricultores ya están ensayando equipos para hacer más eficiente esta labor.
- No enfocarse únicamente en disminuir la pérdida de producto sino en mitigar su efecto nocivo sobre el medio ambiente. Para esto se puede modificar su formulación con el fin de que el ingrediente activo se desintegre poco tiempo después de la aplicación.
- Cada cliente tiene una manera distinta de utilizar el producto y por ende generará diferentes impactos ambientales, lo que hace necesario un estudio de la etapa de uso con una muestra significativa de consumidores para obtener datos confiables. Sin embargo, un análisis estadístico de datos de esta etapa podrá dejar por fuera casos atípicos, que son los que generalmente implican un mayor riesgo ambiental pues por lo general se relacionan con usos indebidos del producto que afectan la salud. De esta manera, es posible que no se detecten este tipo de problemas prioritarios y se estén enfocando las soluciones únicamente en las actividades normales.

## CONCLUSIÓN

Con respecto a la metodología y ejecución del LCA, se concluyó lo siguiente:

- Se debe establecer un compromiso a muy alto nivel en la empresa con el fin de armar un equipo de apoyo multidisciplinario conformado por personas de diferentes áreas, que sepa exactamente cuál es el propósito del estudio, sus objetivos, su metodología y la información que requiere. Así, el investigador podrá contar con una amplia visión y podrá conseguir más fácilmente todos los datos que considere convenientes.
- La compañía, así como las fincas floricultoras, contaba con gran cantidad de información acerca de los costos asociados a cada proceso. Sin embargo, no tenía datos sobre su impacto ambiental. Si bien es cierto existe hoy una mayor voluntad para el desarrollo de una gestión ambiental, es necesario construir una base de información ambiental como punto de partida para implementar cualquier acción de mejoramiento.
- A pesar de que se requiere un software para el procesamiento de la información, ninguno tendrá una base de datos que contenga todos los materiales y procesos que se están estudiando, por ello será necesario hacer estimaciones y establecer equivalencias con procesos estándar que generalmente no se acomodan a la situación particular analizada.
- Como se evidenció en la introducción de este artículo, la industria juega un papel importante en la crisis ambiental, al estar relacionada con múltiples de sus causas. Sin embargo, por esta misma razón puede ser fundamental en la búsqueda de soluciones que conduzcan hacia la sostenibilidad.
- La Gestión Ambiental, como respuesta de la industria a esta crisis, es un proceso de mejoramiento continuo que pretende involucrar las variables ambientales en el manejo de las empresas con el fin de hacer de la protección del medio ambiente una ventaja competitiva encaminada hacia el desarrollo sostenible. Un SGA eficiente debe brindar a las empresas elementos de juicio en materia ambiental, que junto con factores económicos, financieros, comerciales, técnicos, sociales y culturales, les permitan tomar decisiones que mejoren su nivel de competitividad.
- El (LCA) es una de las herramientas más importantes a la hora de analizar productos y funciones y priorizar acciones de mejoramiento ambiental pues cuenta con un enfoque holístico e interdisciplinario. Este caso no sólo afirma la necesidad de utilizar estos enfoques sino que muestra la aplicabilidad de esta he-

ramienta en nuestro país. Es importante llevar a cabo más proyectos de este tipo en el ámbito empresarial y académico para promover la Gestión Ambiental en la industria colombiana y elevar su nivel de desarrollo.<sup>4</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

BREZET, H. y VAN HEMEL, C. (1997) *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. United Nations Publications.

CAPRA, Fritjof. *The Web of Life: A New Synthesis of Mind and Matter*. Harper Collins Publishers.

CAPRA, Fritjof y PAULI, Gunter (1995) «The Challenge» En: CAPRA, Fritjof y PAULI, Gunter. *Steering Business Towards Sustainability*. United Nations University Press, Tokyo.

DETZEL, Andreas (1997) «Bases del Análisis de Ciclo de Vida (Life Cycle Analysis, LCA)» En: *Memorias de la Semana Internacional de la Competitividad Ambiental*. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá, Noviembre 18-22.

FIKSEL, Joseph (1996) «Corporate Environmental Responsibility» En: FIKSEL, Joseph (Editor). *Design for Environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes*. Mc Graw Hill.

GOODLAND, Robert (1994) «El Argumento según el cual el mundo ha llegado a sus límites» En: GOODLAND, Robert, *et. al.* (Editores) *Desarrollo económico sostenible: avances sobre el informe brundtland*. Tercer Mundo Editores en coedición con Ediciones Uniandes, Santafé de Bogotá.

HEINKE, Gary W. (1989) «Population and Economic Growth» En: HENRY, J. Glynn y HEINKE, Gary W. *Environmental Science and Engineering*. Prentice Hall. New Jersey.

KEOLEIAN, G.A. (1993) *Life Cycle Design Framework and Demonstration Projects, Profiles of AT&T and Allied Signal*. EPA, Washington.

KRAUS SCHMIDT, Helmuth (1995) «La Floricultura Sostenible y el uso de Plaguicidas» En: *Asocolflores*. No. 44. Santafé de Bogotá, Septiembre.

NACIONES UNIDAS. Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED) (1990) *Our Common Future*. 12ª. Reimpresión. Oxford University Press. Oxford, Inglaterra.

UNEP (1996) *Life Cycle Assessment: What Is It and How to Do It*. United Nations Publications, París.

---

<sup>4</sup> En el simposio internacional a llevar a cabo en Mayo del presente año se analizarán las experiencias en el uso del LCA en Colombia.