



Marzo 2005

Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario

Daniel Humberto IGLESIAS

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Iglesias, Daniel H. *"Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario"* en Contribuciones a la Economía, marzo 2005. Texto completo en <http://www.eumed.net/ce/>

RELEVAMIENTO EXPLORATORIO DEL ANALISIS DEL CICLO DE VIDA DE PRODUCTO Y SU APLICACIÓN EN EL SISTEMA AGROALIMENTARIO

Daniel Humberto IGLESIAS¹

CONTENIDO

1. Introducción

2. Metodología

- 2.1. Definición y alcance de objetivos
- 2.2. Análisis de inventario (Life Cycle Inventory LCI)
- 2.3. La evaluación de impactos
- 2.4. La interpretación de resultados

3. Aplicaciones del ACV

4. Fortalezas y Debilidades del ACV

5. ACV Simplificado

6. Metodología del ACV Aplicado a los Productos Agroalimentarios

- 6.1. Límites del sistema
- 6.2. La unidad funcional
- 6.3. La asignación de cargas ambientales
- 6.4. Relevamiento de datos y calidad de los mismos

7. El ACV en la Producción Agropecuaria

- 7.1. El abastecimiento/suministro y emisiones de nutrientes para las plantas
- 7.2. Pesticidas
- 7.3. Emisiones de la maquinaria (Tractor)
- 7.4. Uso de tierras
- 7.5. Uso del agua
- 7.6. Uso animal
- 7.7. Otros aspectos a tener en cuenta

¹ Ing. Agrónomo. M.Sc. Doctor en Economía Agroalimentaria. EEA «Ing.Agr. Guillermo Covas», INTA Anguil, La Pampa, Argentina.
E-mail: dhiglesi@coseganet.com.ar

8. Atención en las Aplicaciones del ACV en lo Agroalimentario

8.1. Establecer los límites del sistema

8.1.1. El suelo en el sistema

8.1.2. Rotaciones de cultivos

8.1.3. Asignación entre subproductos

8.1.4. Omisión de Fases seleccionadas en el ciclo de vida de productos agroalimentarios

8.2. Unidad funcional

8.2.1 Funcionalidad o Servicios de un sistema de Producción de Alimentos

8.2.2. Funciones adicionales de los sistemas agroalimentarios

8.2.3. La representatividad espacial del sistema

8.2.4. La representatividad temporal del sistema

9. Disponibilidad (Accesibilidad) y Calidad de los Datos

10. El ACV en la Elaboración Industrial de Alimentos

11. Algunos Software Relevados

12. Nuevos Desarrollos Metodológicos y Lógica Institucional del ACV

13. Conclusiones y Sugerencias

14. Bibliografía Citada y Consultada

ANEXO: Ejemplos de Aplicación del ACV de Productos en Cadenas Agroalimentarias

1.- INTRODUCCIÓN

El concepto de ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) de productos, es también conocido como EVALUACION DEL CICLO DE VIDA (ECV) o más comúnmente en la bibliografía internacional como LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA), por lo que estos tres términos serán usados indistintamente en este trabajo.

Esta metodología tiene sus orígenes en la década del sesenta, cuando fue evidente que el único modo eficaz de analizar el tema de "la energía" en los sistemas industriales desde el punto de vista ambiental, era el de examinar todos los procesos seguidos por la materia prima, desde su extracción, transformación y uso, terminando con el retorno a la ecosfera en forma de residuos, pero recién en la década de los 90' se desarrolló y puso en práctica rápidamente. Entre las más valiosas contribuciones se puede mencionar el código de prácticas para LCA publicado por la SETAC² en 1993, la Guía Nórdica para LCA en 1995 (Publicada por el Nordic Council of Ministers) y se llega a 1997 con el proceso de estandarización del procedimiento y el método de LCA elaborado por ISO (International Organization for Standardization).

Cualquier producto, servicio o actividad tiene un impacto sobre el medio ambiente. La idea de la Evaluación del Ciclo de Vida (ECV) es inventariar y evaluar dichos impactos lo cual da como resultado un informe utilizado para tomar decisiones.

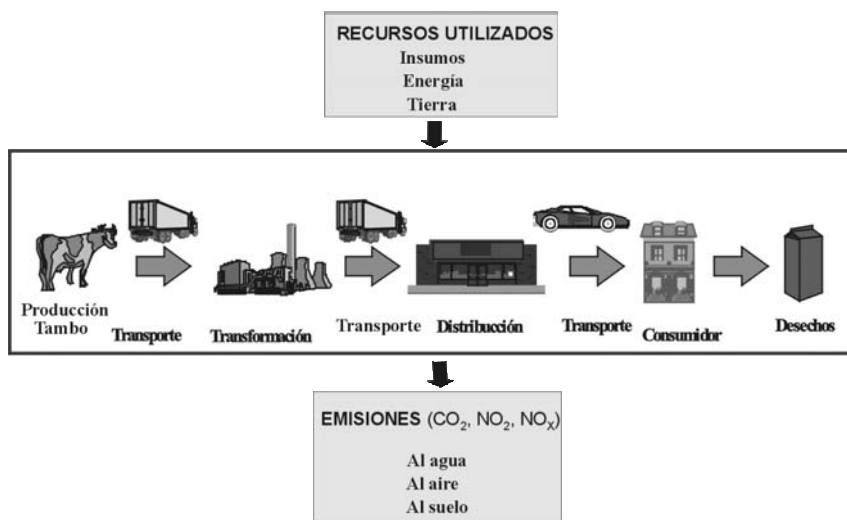
Una ventaja clara de la metodología es que permite detectar situaciones en las que un determinado sistema parece "más limpio" que otro simplemente porque transfiere las cargas ambientales a otros procesos o región geográfica, sin un mejoramiento real desde el punto de vista global (fenómeno conocido como "problem shifting").

La definición de ACV provista por la SETAC (1993) es la siguiente:

² SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

“Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final”.³

La siguiente figura ilustra el proceso:



La familia de Normas ISO 14000 contempla el ACV en su serie 14040; la ISO 14040 elabora un tipo de norma (estableciendo un procedimiento común a todos) que sirva para evaluar los impactos medioambientales a lo largo de toda la vida de un producto.

³ Guidelines for Life-Cycle Assessment: A "Code of Practice", SETAC, Brussels (1993)

FAMILIA DE NORMAS ISO 14000
Sistemas de Gestión Medioambiental
ISO 14004 - Guía general
ISO 14001 - Especificación con guía para su utilización
Auditoria medioambiental
ISO 14010 - ISO 14015
Etiquetaje medioambiental
ISO 14020 - ISO 14024
Evaluación de la actuación medioambiental
ISO 14031 - ISO 14032
EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA (ECV)
ISO 14040 - PRINCIPIOS GENERALES.
ISO 14041 - ANÁLISIS DE INVENTARIO
ISO 14042 - EVALUACIÓN DEL IMPACTO.
ISO 14043 - EVALUACIÓN DE LA MEJORA.
Términos y definiciones
ISO 14050 - Glosario.
Especificaciones de producto
ISO Guía 64 - Guía de los aspectos medioambientales

El ECV/LCA no es el único método que se puede aplicar a los temas medioambientales. El concepto de ECV es bastante nuevo; el Comité Técnico 207 sigue dedicándose a estudiar este tema.

2.- METODOLOGÍA

Se puede desarrollar un Análisis de Ciclo de Vida para un proceso, un servicio o una actividad, considerando todas las etapas que constituyen su vida útil.

El Análisis del Ciclo de Vida comprende cuatro etapas a saber:

I. Definición y alcance de los objetivos

Esta etapa del proceso/servicio/actividad se inicia definiendo los objetivos globales del estudio, donde se establecen la finalidad del estudio, el producto implicado, la audiencia a la que se dirige, el alcance o magnitud del estudio (límites del sistema), la Unidad Funcional, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica que se debe realizar.

2. Análisis del inventario (Life Cycle Inventory LCI)

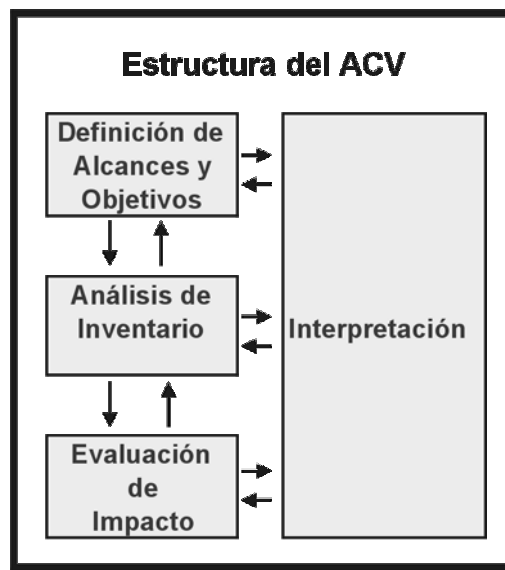
El ACV de un producto es una serie de procesos y sistemas conectados por su finalidad común de creación del producto. El análisis del inventario es una lista cuantificada de todos los flujos entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia energética de sus componentes, así como las emisiones producidas en cada uno de los procesos y sistemas.

3. La evaluación de impactos. (Life Cycle Impact Assessment- LCIA)

Según la lista del análisis de Inventario, se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, y se relacionan sus resultados con efectos ambientales observables.

4. La interpretación de resultados

Los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en un modo congruente con los objetivos definidos para el estudio,



Fuente: ISO 14040, 1997E

a fin de establecer las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

El ACV no sigue una metodología fija, no hay una única manera de realizar una evaluación de este tipo. Al contrario, tiene varias alternativas, y por lo tanto se debe estar familiarizado con los métodos científicos de investigación y con la evaluación del sentido común de las cuestiones complejas antes de realizar este tipo de estudio.

El método del ACV es de carácter dinámico, y las cuatro etapas en las que se realiza están relacionadas entre ellas, como se esquematiza en la figura siguiente; por lo que a medida que se obtienen resultados, se pueden modificar o mejorar los datos, las hipótesis, los límites del sistema o los objetivos, lo cual exige el recálculo. Este hecho, más la gran cantidad de datos históricos que se deben poseer para realizar un ACV, demuestra la necesidad de contar con un instrumento informático.

3.- APLICACIONES DEL ACV

El ACV no es la única herramienta para analizar la performance ambiental, pero el real valor de ACV es la articulación entre el criterio ambiental a través de todo el ciclo de vida y las estrategias de la empresa y planificación para alcanzar beneficios comerciales.

El ACV puede proveer a una empresa valiosa información interna en el caso de evaluar un sistema productivo sobre la eficiencia del uso de los recursos y manejo de desperdicios, etc.; aunque no es apropiado por ejemplo, si quieren analizar las implicancias sobre el cliente acerca de efectos tóxicos sobre la salud.

El ACV puede ayudar a la empresa a ganar ventajas competitivas a través del ahorro de costos, incrementar ganancias y mejorar la imagen (de la empresa o de un producto determinado).

La información basada en el ciclo de vida puede tomar varias formas, desde el tradicional inventario del ciclo de vida (ICV) hasta la información del costo del ciclo de vida (CCV) o estudios específi-

cos sobre el uso, utilización y manejo de un material particular a través de su ciclo de vida.

Por ejemplo, el ACV es una herramienta fundamental en la etapa de diseño de productos o servicios ("EcoDesign") así como en los casos de Ecoetiquetado ("Ecolabelling"). Con respecto a este último, uno de los principales problemas relacionado con su implementación es que debe ser creíble y reconocido por la sociedad. Por ello necesita un procedimiento transparente, con estricta metodología científica y homologación internacional; esto lo provee un estándar ISO de ACV. Los estándares ISO para etiquetado Tipo I y III especifican el uso de ACV como una metodología viable⁴.

Ejemplos de APLICACIONES DEL ACV

- + Mejoramiento y Desarrollo de productos/servicios (Diseño)
- + Comparación de productos
- + Identificar "Hot spots" en el ciclo de vida de un producto
- + Ecoetiquetado (Tipo I y III)
- + Indicadores de performance ambiental
- + Localización de la producción
- + Planeamiento estratégico
- + Educación y comunicación
- + Prevenir polución
- + Evaluar y reducir riesgos potenciales
- + Evaluar y mejorar programas ambientales
- + Desarrollo de políticas y regulaciones
- + Desarrollar estrategias de mercado

⁴Un estudio de USEPA (1998) sobre 53 casos (33 internacionales y 20 en USA) encontraron que 21 usaban Full ACV y 4 ACV Modificado, el resto usaba atributos simples.

4.- FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL ACV

El ACV típicamente no tiene en cuenta aspectos sociales o económicos de un producto, generalmente la información elaborada en un estudio de ACV debe ser usada como parte de un proceso de decisión más integrado (Comparación de resultados de diferentes estudios de ACV solamente pueden ser hechos cuando los supuestos y el contexto de cada estudio son iguales. ISO,1997).

De acuerdo con Baumann (1998) el ACV ha sido muy útil para comprender situaciones complejas, que reflejan los problemas del mundo real. Actualmente, algunos trabajos ya integran al ACV el análisis económico (Análisis de costos del ciclo de vida)⁵.

Los factores ambientales son muy importantes para el sector agroalimentario por muchas razones: la producción agropecuaria en el futuro dependerá cada vez más de suelo, aire y agua "limpios"; también se incrementará la demanda por información ambiental de los productos, de la distribución minorista y mayorista, y también de los consumidores finales. Aunque se han desarrollado muchos programas de ecoetiquetado (como producción orgánica o integrada) existe el problema de la falta de principios comunes entre ellos. Es deseable también incrementar la educación ambiental en las sociedades y un mayor desarrollo de la metodología de ACV en la producción agroalimentaria.

El ACV es la única herramienta de manejo ambiental que incluye todos los pasos del ciclo de vida de un producto o servicio. En consecuencia es un valioso complemento de otros métodos en la industria, tal como el concepto de producción "limpia" (Cleaner production) que enfoca su análisis en el desempeño del lugar de producción.

Cuando los estudios ambientales están limitados a una parte o fase del ciclo de vida de un producto, el mejoramiento de la fase estudiada puede conducir a cambios desfavorables en otras fases o partes de la cadena agroalimentaria (Por Ej. el esfuerzo en reducir

⁵ Norris Gregory A. (2001).Sylvatica, Harvard University.

el material de packaging en los alimentos, puede resultar en mayores desperdicios de alimentos por el consumidor).

Actualmente algunos autores abogan por el “análisis de efectos estresantes del ciclo de vida” (Life cycle stressor effects assesment, LCSEA), el cual clama por la integración del ACV con otras técnicas de análisis ambiental (SETAC, 1997). Pero solamente el ACV calcula el impacto potencial ambiental de un sistema de producción. El propósito del concepto de LCSEA es tener en cuenta el destino de las emisiones, incluida la susceptibilidad del área local a las sustancias emitidas (por Ej. la emisión ácida en un área ya sensitiva, debe ser considerada más seria que la misma emisión en un área menos sensitiva a la acidificación)⁶.

Otros profesionales del ACV abogan por métodos más simplificados, que lo hagan menos costoso en tiempo y dinero (Christiansen *et al.*, 1997) pero esto solo será alcanzado cuando haya más datos genéricos disponibles en las bases de datos, si pueden ser formulados criterios de corte relevantes para todo lo relacionado con ese tópico, etc. No obstante, existe siempre un riesgo de perder información ambiental importante cuando se simplifica.

FORTALEZAS DEL ACV	DEBILIDADES DEL ACV
Enfoque conceptual holístico, sistémico Es la articulación entre el criterio ambiental a través de todo el ciclo de vida y las estrategias de la empresa y planificación para alcanzar beneficios comerciales. Esta incorporado a las Normas ISO 14000 (Homologación y transparencia internacional) Validación de Ecolabels (I y II) ...	Enfoque holístico Límites prácticos en su aplicación: Insume mucho tiempo (Inventario), que conlleva a mayores costos y difícil interpretación de relacionar los inventarios a análisis de impactos. ...

A pesar de su utilidad conceptual algunos autores manifiestan límites prácticos de la aplicación del ACV, ya que presenta dificul-

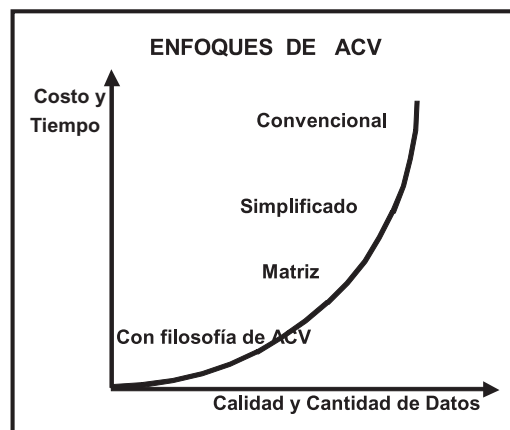
⁶ Para hacer esto factible es necesario un inventario de datos detallado acerca de la localización de la emisión liberada, como también conocer la relación causa-efecto entre la emisión y los efectos ambientales.

tades en su aplicación al realizar detallados inventarios, relacionar esos inventarios a un análisis de impacto y también trasladar los resultados a acciones apropiadas. El ACV consume mucho tiempo y dinero y es complejo.

Pero esto puede variar sustancialmente de acuerdo con el tipo de producto y es difícil estimar el costo del estudio. Lo que encarece el costo es el tiempo de realización del estudio.

La elaboración y disponibilidad de bases de datos públicas ha reducido considerablemente estos costos y tiempos, pero estas bases de datos presentan a veces problemas de consistencia y credibilidad, no están homologadas y existe variabilidad geográfica (Por Ej. en lo agroalimentario).

El uso del ACV cae a lo largo de un amplio espectro, desde el estudio completo convencional (espacial y temporal, que en la práctica muchas veces no se realiza por la falta de información o por el tremendo esfuerzo de tiempo y dinero que requiere) hasta un enfoque informal con la filosofía del ACV, con varias alternativas en el medio (Ver figura).



Los estudios situados entre los extremos se denominan "Análisis de Ciclo de Vida Simplificados ("Streamlined LCA").

5.- ACV SIMPLIFICADO

Todas las limitaciones del ACV convencional han llevado a desarrollar metodologías más “simplificadas” que preservan su enfoque con una aplicación más simple del método.

En este sentido, la SETAC North America Streamlined LCA Workgroup inició en abril de 1994 un detallado estudio sobre el tema, plasmado en su reporte final de 1999⁷.

Cuando comenzaron los estudios sobre ACV simplificado, varios investigadores eran escépticos, y decían que el ACV no podía ser simplificado, pero a través del avance de las investigaciones comenzaron a ver que los dos enfoques (convencional y simplificado) no eran dos cosas separadas sino puntos de un continuo. Como resultado, el proceso de simplificación puede verse como un importante elemento inherente al proceso de definición de alcances y objetivos del ACV (la primer etapa).

Por ejemplo, cuando el equipo de trabajo decide qué debe y qué no debe ser incluido en el estudio, ellos están aplicando simplificación. La clave está en asegurar que los pasos de la simplificación sean consistentes con los objetivos del estudio, y que la información resultante satisfaga a los futuros usuarios. Esto demuestra que el proceso de definición de alcances y objetivo del estudio es crucial para el ACV simplificado.

El ACV Simplificado es una parte inherente al proceso de definición de alcances y objetivos de un estudio. Los que diseñan un estudio no deciden si simplificar o no, o cuánto simplificar, dónde y cómo. Los profesionales, cuando comienzan un estudio de ACV, se encuentran con un número de desafíos en la vida real, que pueden incluir entre otros, tomar decisiones de omitir partes de datos, consensuar con falta de datos, decidir qué emisiones incluir en el estudio de inventario, cómo incorporar información confidencial de empresas privadas, cómo diseñar el modelo de hoja de cálculo

⁷ Streamlined Life-Cycle Assessment: A Final Report from the SETAC North America Streamlined LCA Workgroup. July 1999. SETAC and SETAC Foundation for Environmental Education.

para elaborar el inventario de datos requeridos, costos asociados, tiempos, objetivos, etc. Para enfrentar estos desafíos se necesita información, pero la información casi siempre esta disponible en fuentes dispersas y no compaginada en una manera amigable

Por lo tanto, para enfrentar estos desafíos los investigadores necesitan herramientas e información para dar un sustento científico al ACV y minimizar la incertidumbre.

Es imposible dar una receta o guía universal, aunque los estudios que incluyen decisiones explícitas de ACV simplificado poseen las siguientes características:

- Muestran diferencias relativas entre elementos de un producto o servicio junto a ciertas indicaciones de la certeza y fuentes de información.

- Los criterios y medidas deben ser ajustados con el fin de adecuarse a los objetivos y plan de acción

- Los atributos incluidos deben abarcar el ciclo de vida completo, pero no necesitan una interpretación o aplicación agregada de todo el ciclo de vida completo.

- Los atributos disponibles pueden incluir items del inventario convencional y otras mediciones más explícitas que reflejen prácticas de manejo, influencias competitivas, o características de consecuencias ambientales.

- Los criterios o mediciones deben ser compatibles con el proceso de evaluación y otros criterios de diseño de productos o procesos, tal como costos, necesidades del consumidor y requerimientos legales y normativos o regulaciones.

- La incertidumbre es un aspecto o factor importante cuando consideramos simplificación del ACV, aunque es muy difícil cuantificar exactamente todas las posibles fuentes de incertidumbre en un ACV simplificado o convencional.

Es crucial hacer conocer las decisiones tomadas de simplificación, para facilitar a los usuarios del estudio ubicar los resultados en el contexto adecuado y conocer las limitaciones y precauciones que deben tenerse en cuenta.

Un ejemplo de formato que debe ser incluido en cada estudio para evitar un mal uso de las interpretaciones del estudio es el siguiente: (Fuente: SETAC, 1999)

Características del Estudio	Mas Simplificado	➔	Menos Simplificado
Ejemplos:	ACV Muy Simplificado		ACV Completo
Fases del Ciclo de Vida	1 Fase solamente		Todas las Fases
Envergadura del Impacto/ contaminantes	Simple Impacto/ Contaminante		Todos los Impactos/ Contaminantes
Cuantificación de Datos	Cualitativos		Cuantitativos
Especificidad de los Datos	Genéricos/Promedios		Específicos del Producto/ Actuales
Calidad de los Datos	Estimados/ Alta Incertidumbre		Medidos/ Baja Incertidumbre
Otras Características:			
Transparencia	Solamente el total Final		Completamente Transparente
Especificidad Temporal	No		Si
Especificidad Espacial	No		Si
Escala	Local		Global
Disponibilidad de Datos Desagregados	Solo Datos Agregados		Todos los Datos Desagregados

Para comenzar un estudio con un esquema de ACV simplificado, el equipo de trabajo debe identificar la aplicación que tendrán los resultados del estudio, ver qué información se necesita para tomar esas decisiones y qué parte de esa información puede ser provista por este método; debe definir el alcance y objetivos del estudio y específicamente analizar qué puede ser eliminado del diseño tradicional de ACV ("Full LCA") sin interferir con los objetivos del estudio.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) **DEPURACIÓN/FILTRADO ("SCREENING"):** Consiste en la identificación de elementos que pueden ser omitidos o evaluados por otros métodos (Ej. "hot spot") o se pueden usar datos genéricos, Bases de Datos, etc.
- 2) **SIMPLIFICACIÓN:** Consiste en el desarrollo del análisis "Simplificado".
- 3) **EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD:** Asegurarse que los resultados son confiables para justificar las conclusiones.

El concepto de la Definición de Alcances y Objetivos del ACV es un proceso de localizar el lugar más apropiado en un continuo: (Fuente: SETAC, 1999)

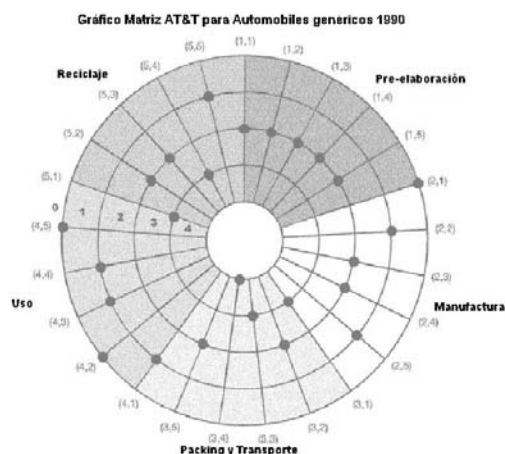
Definición de Objetivos y Alcance	Más Oportunidades para ECVS simplificado	↔	Menos Oportunidades para el ECV Simplificado
¿Para qué serán usados los resultados?	Barrido, Selección de puntos críticos, "hot spots"	Estimar diferencias relativas	Marketing, Etiquetado, Políticas Públicas
¿Hay una fase dominante en el Ciclo de vida?	Muy dominante	+ o - Dominante	No hay fase dominante
¿Quién es la audiencia del Estudio?	Interna	Interna/Externa	Externa
¿Cuál es el umbral de Incertidumbre?	Alto	Moderado	Bajo
¿Qué proporción será reciclado/uso de lo reciclado?	Reciclado/ materiales reusados	Material virgen y reusados	Material virgen
¿Cuál es el margen de definición del producto?	Producto Genérico	Tipos de Productos	Productos Específicos
¿Cuánto se sabe ya acerca del producto?	Mucho (todas las fases)	Algunas fases	Poco de todas las fases

Ejemplo de un Esquema de ACV Simplificado: Matriz de AT&T para automóviles genéricos 1990. (Graedel et al. 1995. American Chemical Society)

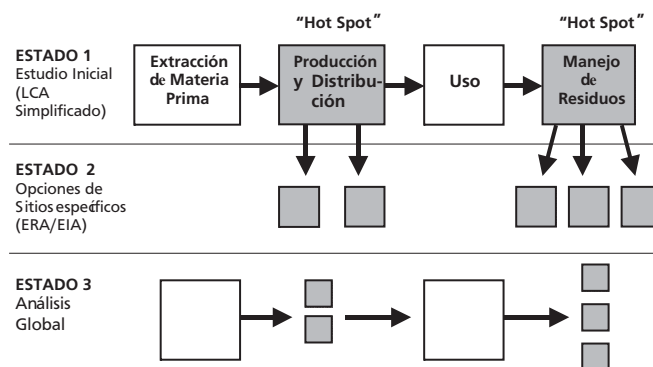
Categoría de Inventario /Fases del LCA	Elementos de importancia ambiental				
	Elección de materiales	Uso de la energía	Residuos sólidos	Residuos líquidos	Residuos gaseosos
Preelaboración	2	2	2	2	2
Producto manufacturado	0	1	2	2	1
Packaging y transporte	3	2	3	4	2
Uso del producto	1	0	1	1	0
Desperdicios/reciclaje	3	2	2	3	1

(Hay 25 celdas en la matriz (con valores de 0 a 4), se puede obtener un máximo de 100 puntos)

De esta forma se genera la siguiente gráfica que permite una visión rápida de la situación ambiental.



Integración del ACV con otros métodos: (Fuente: Cowel,Hogan y Clift, 1997)



ERA (Evaluación de Riesgo Ambiental); EIA (Evaluación de Impacto Ambiental)
Escala: empresa, cadena, región, etc.; Hot Spot: Puntos calientes o puntos críticos

6.- METODOLOGÍA DEL ACV APLICADA A LOS PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS

De acuerdo con los diferentes eslabones de la cadena agroalimentaria (Prod. Primaria, Transformación, Distribución y

Consumo) la mayoría de los problemas metodológicos no resueltos provienen de la etapa de producción primaria; esto no es sorprendente ya que el ACV fue desarrollado para la evaluación de sistemas industriales y no de sistemas agropecuarios (Agricultural Systems)⁸.

Entre los principales elementos a tener en cuenta se mencionan los siguientes:

- Límites del sistema

- La unidad funcional

- Asignación de cargas ambientales

- Relevamiento de datos y calidad de los mismos

6.1. Límites del sistema

Idealmente los límites del sistema estaban entre el sistema tecnológico y el sistema biológico o natural, pero en producción agropecuaria es muy difícil hacer esta delimitación, ya que la producción se desarrolla en el sistema biológico. Por ejemplo, se ha discutido si el suelo debe ser considerado como parte del sistema tecnológico o no. La delimitación en el tiempo y la localización del área geográfica también deben hacerse como la delimitación de la fabricación de productos elaborados y la producción de bienes de capital. En los cálculos de ACV por lo general, la producción industrial de bienes de capital (Ej. maquinarias y construcciones) son normalmente dejados de lado, por tener una vida útil demasiado larga para distribuir el desorden ambiental que producen en una gran cantidad de productos. No obstante, en cultivos agrícolas se ha demostrado que la fabricación de la maquinaria utilizada representa el 10-15% de la energía usada⁹.

⁸ Agricultural systems son aquellos que involucran actividades humanas que llevan a cabo la producción de alimentos y fibras provenientes del cultivo de plantas y cría de animales en forma controlada (Spedding, 1998, p.5). Sistemas Industriales son aquellos que involucran actividades humanas para producción de productos y servicios sin el cultivo de plantas y cría de animales, pero en la cadena agroalimentaria la mayoría de los alimentos son una combinación de procesos agropecuarios e industriales.

⁹ Weidema *et al.*, 1995; paper I)

Aunque podría ser atinado excluir fabricación y mantenimiento de la maquinaria agrícola porque los datos disponibles son bastante viejos y muy inciertos, hay que tener en cuenta que la energía usada en producción agropecuaria estaría subestimada en un 10-15%.

Los límites del sistema necesitan ser situados teniendo en cuenta el ciclo de vida del producto estudiado y los ciclos de vida de productos relacionados (tema a discutir cuando hablemos de asignación...)

El relevamiento de datos no solamente lleva mucho tiempo, sino que a veces es difícil obtener datos para un proceso particular, por lo cual es deseable excluir algunos flujos pequeños. Excluir insumos en un proceso sólo cuando la contribución de ese paso en un árbol de procesos no es significativo para el sistema bajo estudio; además para excluir un proceso se debe conocer el impacto ambiental del mismo. Por lo tanto es muy difícil hacer un corte bien razonado.

6.2. La unidad funcional

La unidad funcional está determinada por la principal función específica del sistema de producción bajo estudio; es la base para el análisis y debe ser relevante y bien definida, es una medida estricta de lo que el sistema entrega¹⁰.

En la mayoría de los trabajos de ACV de productos alimenticios, la unidad funcional ha sido definida con la masa de un producto específico, por ejemplo un kg de pan en el caso de una panadería, etc. Pero hay varios parámetros relevantes como "función" de un producto alimenticio¹¹, como el valor calórico, el contenido de ciertos nutrientes y fibras, gusto o aroma además de ser un alimento inocuo y saludable.

La definición de la unidad funcional debe ser determinada por el objetivo del estudio; por ejemplo, cuando son comparados varios productos alimenticios, es importante tener en considera-

¹⁰ Mattsson B, 1999

¹¹ Anderson, 1998; Mattsson 1999

ción el rol o función en la dieta del contenido de proteínas para carne vacuna o de pescado; o desde un punto de vista ambiental parece preferible intercambiar proteína vegetal por proteína animal, aunque la composición de aminoácidos de la proteína animal es más completa que la vegetal.

Algunos autores¹² opinan que la unidad funcional más apropiada para un estudio depende del comportamiento de los consumidores que pueden o no considerar las alternativas como equivalentes.

6.3. Asignación de cargas ambientales

La asignación de cargas ambientales es necesaria cuando el mismo proceso produce más de un producto / servicio; lo que es bastante común en la producción agropecuaria y elaboración de alimentos (procesos multifuncionales); por ejemplo, una vaca lechera produce leche y carne; las oleaginosas producen aceite y alimentos para el ganado, etc. Todo esto constituye todavía un campo de investigación interesante, pero se pueden dar guías de acuerdo con ISO, 1998:

- Tratar de evitar la asignación de cargas ambientales cuando sea posible, ya sea a través de dividir los procesos multifuncionales en subprocesos y relevarlos por separado o expandiendo el sistema investigado hasta tener la misma función en todos los sistemas que son comparados.
- Cuando la asignación no pueda ser evitada debe reflejar la relación física entre la carga ambiental y las funciones entregadas por el sistema.
- Cuando esa relación física no pueda ser usada como base para la asignación de cargas ambientales, se deben reflejar otras relaciones entre la carga ambiental y las funciones.

En la producción agropecuaria es a menudo difícil dividir el sistema de producción en subsistemas y debe expandirse el sistema,

¹² Cowell, 1998

con la consecuente tarea de relevar información adicional. Este trabajo extra solamente es justificado cuando se espera que la información obtenida sea significativa para las conclusiones del ACV (Por Ej. para una declaración ambiental de productos, la expansión del sistema no es aconsejable porque otros productos están involucrados en las cargas ambientales).

6.4. Relevamiento de datos y calidad de los mismos

Cuando se interpretan los resultados de un ACV, es importante comprender el nivel de calidad y certeza del inventario de datos. Los efectos acumulados de incertidumbre en el inventario y la evaluación de impactos, son potencialmente muy significativos en el resultado final.

7.- EL ACV EN LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

7.1. El abastecimiento/suministro y emisiones de nutrientes para las plantas

El manejo de los nutrientes en los sistemas agropecuarios afecta varias categorías de impacto en el ACV. Los recursos más importantes para la producción de fertilizantes son los combustibles fósiles y fosfato (mineral). Recientemente ha sido publicado un trabajo sobre la producción industrial de fertilizantes usados en la UE, sobre 23 productos fertilizantes compilados.

La fertilización tiene ciertos problemas de asignación en estudios de ACV, por ejemplo la fertilización nitrogenada es totalmente asignada al cultivo que fue aplicado, mientras que en nitrógeno aplicado en forma de abono orgánico, puede estar disponible para el cultivo siguiente (aunque en una menor proporción). En el caso del fósforo es bastante diferente porque puede almacenarse en el suelo y beneficiar a los cultivos siguientes.

En el caso de las emisiones de nutrientes también se crean algunas dificultades especialmente con el uso de abonos, donde no

están balanceados algunos nutrientes o en el caso de incorporación de abonos orgánicos ("abonos verdes") en rotaciones de cultivos y en rotaciones agrícola-ganaderas.

7.2. Pesticidas

En este caso el consumo de energía para la producción de pesticidas existe en algunos trabajos¹³, pero el proceso de emisión causado por la producción de pesticidas es mucho menor comparado con la cantidad de pesticidas esparcidos directamente en el ambiente. La toxicidad es un problema categórico por la falta de datos de cada producto (presión de vapor, degradación en suelo, agua y aire) y sus metabolitos referente a su toxicidad, persistencia, actividad carcinógena, etc. Todavía existen vacíos de información en este tópico y especialmente los residuos de pesticidas en los alimentos representan un mayor riesgo de toxicidad humana (más que los pesticidas que pueden llegar a través del ambiente).

7.3. Emisiones de la maquinaria (Tractor)

Las emisiones de los motores de combustión interna puede ser importante en sistemas agropecuarios intensivos por el uso de los mismos.

7.4. Uso de tierras

Como algunos productos agrícolas tienen un impacto directo a largo plazo sobre la fertilidad del suelo y la biodiversidad, se deben desarrollar marcos sostenibles de la actividad humana.

Varios autores sugieren métodos de caracterización del uso de tierras con elementos comunes (algunos han sido usados pero su agregación presenta dificultades):

¹³ Green (1987) y Ausdley *et al.* (1997)

- Área de ocupación y utilización del recurso
- Impacto en la productividad y en la calidad del suelo
- Impacto sobre la biodiversidad
- Impacto sobre el valor del paisaje

7.5. Uso del agua

Esto es importante porque de acuerdo con algunos trabajos¹⁴ estiman que la actividad agropecuaria es responsable del 87% del consumo humano anual de agua (no recuperable) en una escala global; existiendo diferencias entre productos por ejemplo trigo 900 l/kg, soja 2.000 l/kg, pollo 3.500 l/kg y carne vacuna 100.000 l/kg.

El uso de agua se puede considerar como un agotamiento de recurso y/o impacto del disturbio ambiental. Relacionados con el recurso, los aspectos a considerar son:

- El uso total del agua
- Uso de agua de superficie *versus* agua subterránea
- Eliminación de las fuentes de agua en forma temporal o permanente
- Uso de agua tomada del medioambiente *versus* uso de agua reciclada
- Uso total de agua en relación con el abastecimiento de ciertas regiones particulares.

7.6. Salud animal

Aunque el bienestar del ganado deba ser un asunto importante en toma de decisiones en ciertos ámbitos específicos, es discutible si se debe incluir como una categoría de impacto en el ACV. El debate concierne si el bienestar animal se considera un asunto ambiental o no, según la interpretación de ese término en el ACV.

¹⁴ Pimentel *et al.* (1997)

7.7. Otros aspectos a tener en cuenta

La Variación Geográfica (Clima y tiempo)

Gran influencia del comportamiento del consumidor (Aceptación y Tendencia)

La estructura de las CAA con numerosas PyMEs (Incrementa la variabilidad de los efectos ambientales y dificulta la recolección de datos)

Ciclos biológicos y Ciclos cortos de producción

8.- ATENCIÓN EN LAS APLICACIONES DEL ACV EN LO AGROALIMENTARIO

8.1. Establecer los límites del sistema

8.1.1. El suelo en el sistema

Hubo un debate acerca de si el suelo se debe considerar dentro o fuera de la frontera del sistema, para cualquier sistema bajo análisis. Audsley *et al.* (1997) y Cowell (1998) argumentaron que debe estar dentro del sistema por el período de tiempo bajo estudio. Esto implica que sólo cambios en el suelo (en cantidad y calidad) entre el principio y el fin del período de tiempo bajo análisis, son pertinentes para la consideración del ACV.

Otros han sugerido que los límites del sistema deben excluir el suelo, en otras palabras se debe considerar alrededor las raíces del cultivo; pero esta poco claro cómo este enfoque puede justificar adecuadamente el gran número de actividades agropecuarias cuyo propósito deberá mantener la cantidad y calidad del suelo.

Otra pregunta adicional surge cuando incluimos el suelo en el sistema. ¿Debe ser incluido el suelo hasta la profundidad de labranza, la zona de la raíz, o al nivel del agua subterránea?

En estos casos es apropiado realizar un enfoque pragmático de acuerdo con el tema en consideración; por ejemplo, para la compactación del suelo se debe considerar tanto la capa superfi-

cial como el subsuelo, porque la compactación en ambos niveles afecta la productividad del mismo, mientras que en el tema de erosión de suelos, sólo la capa superficial es de consideración porque es la parte erosionada.

8.1.2. Rotaciones de cultivos

Las rotaciones ganadero-agrícolas aumentan la productividad de la tierra sobre un ciclo de generalmente entre 3 a 5 años (o aun hasta 10 años en sistemas orgánicos). Esta dependencia surge a través de un vehículo como es el suelo. En particular, los nutrientes, los patógenos y las semillas de malezas dejadas en el suelo después de la cosecha de un cultivo, pueden afectar la productividad de cultivos subsiguientes.

Estas interacciones entre agricultura, ganadería y los períodos improductivos deben ser justificados en el ACV; esto puede realizarse de diferentes maneras que dependen del propósito del estudio. Por ejemplo, para estudios de políticas agrícolas de largo plazo, es apropiado analizar las rotaciones agrícolas ganaderas completas; en estos estudios, las interacciones entre agricultura, ganadería y los períodos improductivos se valoran automáticamente dentro del análisis.

En otros casos, los estudios de cultivos aislados pueden dar resultados que son más pertinentes al propósito del estudio; es más apropiado analizar una sola cosecha, cuando comparamos los impactos relativos al entorno de comprar alimentos alternativos en el supermercado, porque el consumidor escoge entre productos A y B antes que las rotaciones de cosechas X e Y.

En este caso, la influencia de cualquier interacción entre esta cosecha, otras cosechas y cualquier período improductivo en la rotación deben ser justificados en el análisis.

Los parámetros a considerar en el tema de rotaciones incluyen entre otros: el uso de cal, prácticas de control de patógenos, "abonos verdes" en la rotación, los cambios en las reservas de nutrientes en el suelo, y medidas de control de malezas.

Todos estos parámetros ejercen su influencia a través del suelo (cambios en la calidad), por lo que se deben tener en cuenta, o en caso de falta de tales datos, se debe trabajar con rangos de valores para evaluar los cambios en la calidad del suelo relacionado con el cultivo bajo análisis.

8.1.3. Asignación entre subproductos

En la actividad agrícola ganadera ocurren a menudo casos que dan más de una producción económica, denominados "Coproductos" (como el caso de las empresas mixtas pampeanas), ocasionando un problema de asignación en los estudios de ACV.

Una jerarquía de enfoques se ha desarrollado para la asignación en varios trabajos (Audsley *et al.*, (1997); Clift *et al.*, (1996); Clift *et al.*, (1998))¹⁵ que prefieren la opción de expandir el sistema. Se debe tener en cuenta que en la expansión del sistema, pueden influir los resultados del ACV en el destino de los coproductos secundarios y las actividades desplazadas o removidas.

Clift *et al.* (1995), en relación con cultivo de trigo (que produce como coproductos grano y paja), para evaluar las intervenciones ambientales asociadas con la producción de granos, usa la expansión del sistema para justificar el destino de la paja. Sin embargo, la elección del destino para la paja y las actividades desplazadas a un segundo plano del sistema pueden alterar significativamente los resultados del estudio.

Weidema *et al.* (1999) detalla un enfoque paso por paso para hacer estos tipos de elecciones en estudios de ACV prospectivos y comparativos, y destaca que el enfoque requiere verificación a través de estudios de casos.

Otro caso en Cederberg (1998 sobre leche fluida) La cuestión de la asignación está relacionada con la producción de leche y carne de la vaca de tambo, y de los materiales en los alimentos concentrados que son coproductos. La extensión del sistema se podría

¹⁵ EU Project LCANET Food. 2000

usar para resolver el primer punto en cuestión de la asignación (en otras palabras, los impactos ambientales asociados con producir un equivalente de masa de carne del ganado de carne de vaca, se puede restar del sistema de leche. Sin embargo, Cederberg (1998) no usa este enfoque debido al tiempo adicional e implicaciones financieras de modelar este aspecto. En cambio, usa la causalidad física basada en la relación entre el input de forraje, y el output de leche y carne. Para coproductos en el alimento concentrado, en cambio, usa la asignación basada en el valor económico de los coproductos.

8.1.4. Omisión de fases seleccionadas en el ciclo de vida de productos agroalimentarios

Idealmente, el ACV debe abarcar todas las fases del ciclo de vida de un producto, desde la entrega de las materias primas tomadas del ambiente (Ej. recursos energéticos) hasta las consecuencias ambientales de su uso (Ej. debido al tratamiento de residuos).

Aplicado al sector agroalimentario, este principio implica la consideración de la producción agropecuaria para generar un producto (Ej. leche); almacenaje, tratamiento y acondicionamiento del producto como alimento (Ej. manteca o queso); la distribución (Ej. refrigeración en el supermercado) y finalmente su consumo (Ej. como un ingrediente en la cocina).

La implementación de este principio teórico comúnmente plantea un problema relacionado al trabajo requerido para abordar un estudio comparado con su utilidad. Cada una de las etapas mencionadas del ACV de un producto agroalimentario abarca muchos procesos y se corre el riesgo de tener demasiado trabajo; esto es un problema real. Además, normalmente sólo uno o dos subsistemas interesan al grupo operativo o a quienes piden el estudio.

La decisión de incluir o no un subsistema en un ACV que no es del interés de la audiencia principal del estudio -pero que cuesta mucho trabajo y dinero-, debe ser objetivamente justificada.

Para resolver este problema existen dos posibilidades de simplificación que se pueden considerar:

a.- Incluir el subsistema menos interesante en el ACV, pero sólo con alguna descripción generalizada.

El objetivo aquí es respetar los principios del ACV minimizando la sobrecarga de trabajo, y tener alguna referencia del impacto de este subsistema relacionado al impacto ambiental en el ciclo de vida total; por ejemplo, si el subsistema agrícola es el principal foco de interés en el ACV, una descripción simplificada del subsistema de distribución puede ser suficiente (sistema de enfriamiento e iluminación del supermercado, por ejemplo). La precisión del ACV se corresponde con el eslabón más débil de la cadena, porque uno debe ser preciso en calcular los requerimientos de energía del subsistema agrícola si el valor del subsistema de distribución es incorrecto.

b.- Omitir el subsistema menos interesante sobre la base de considerar todos los impactos ambientales de todas las alternativas estimadas en el ACV:

Es similar al caso a. Por ejemplo, en un ACV de productos agroalimentarios convencionales y orgánicos, la refrigeración de los productos se puede omitir porque no depende de los sistemas de producción. Este supuesto es apropiado solamente si la fase de interpretación del ACV considera las diferencias relativas entre las alternativas investigadas. Aunque es usualmente necesario evaluar el impacto total de las alternativas para juzgar si las diferencias relativas son significativas entre los dos sistemas, porque se puede caer en el error de enfocar el problema en impactos ambientales que no son significativos con respecto al ciclo de vida completo del producto.

Se ha visto que los límites del sistema deben ser definidos de acuerdo con la función del producto investigado y el objetivo del estudio; siguiendo estrictamente las guías de ACV (como las ISO), en muchos casos pueden ser omitidos diferentes subsistemas. En la práctica depende si los subsistemas bajo investigación están situados al comienzo o al fin del ciclo de vida.

c.- Cuando el subsistema que nos interesa esta situado al comienzo del ciclo de vida (que en el ACV agroalimentario a menudo está enfocado en la producción agropecuaria), por ejemplo: ¿es la producción orgánica de leche mejor que la producción de leche convencional? En este caso la función del sistema bajo análisis es “producir leche”, mientras que la función de la cadena agroalimentaria de la leche es que el consumidor pueda “beber leche” puesto que el packaging es necesario para distribuir y luego poder beber leche, pero no para producir leche; por lo tanto, no es necesario para cumplimentar la función bajo análisis y puede ser omitido del ACV de producción de leche (el ACV está referido hasta la tranquera del establecimiento).

d.- Cuando el subsistema que interesa esta situado al final del ciclo de vida: el ACV del consumo de un producto agroalimentario debe abarcar todos los subsistemas necesarios hasta su producción, pero no es necesario tener el mismo nivel de detalle para el subsistema agrícola y el subsistema de consumo.

El subsistema de consumo se debe describir (según las pautas para un sistema productivo para un ACV), por ejemplo, con módulos claramente definidos, cuantificación de los flujos de materiales y hay que detallar todas las entradas y flujos elementales en los límites del sistema. Sin embargo, el subsistema agrícola puede ser descrito como un simple input al sistema bajo análisis. Esta sutil diferencia entre módulos e inputs es importante por su implicancia en la calidad de los datos. Los módulos son modelados individualmente en un estudio, mientras que se pueden usar bases de datos existentes para los inputs.

Retomando el caso del ACV de la producción de leche, es necesario modelar como 10 módulos con gran detalle. No obstante, en el ACV centrado en el consumo de leche, es suficiente usar la producción de leche como un simple input tomado de una base de datos (Por supuesto que este dato puede ser el resultado de un ACV del subsistema agrícola).

Existen pocos ejemplos de estudios que consideren todos los subsistemas del ciclo de vida de un producto agroalimentario con

el mismo nivel de detalle y exactitud. En el caso de la leche algunos se centran en el subsistema agrícola, otros en la distribución (packaging), almacenamiento, etc., pero pocos en la cadena entera. Habría que investigar más en las consecuencias de estas decisiones.

8.2. Unidad funcional

De acuerdo con los estándares de ISO sobre el ACV, la unidad funcional se define como *“el desempeño cuantificado de un sistema de producto para ser usado como una unidad de referencia en un estudio de ACV”*. En otras palabras, es la cantidad mensurable del producto final de un sistema de producción que realiza una cierta función.

Los aspectos importantes a considerar en el proceso de definir la unidad funcional incluyen (CML, 1998) :

8.2.1. Funcionalidad o servicios de un sistema de producción de alimentos

En lo agroalimentario, la definición actual de la función es a menudo la parte más difícil. Esto se debe en parte a la cantidad de funciones que cumple el sistema. Si un sistema cumple una función específica, entonces puede ser sencillo de definir la unidad funcional en términos de la función primaria. En cambio, los sistemas que cumplen múltiples funciones son más difíciles o necesitan considerar categorías adicionales de evaluación de impacto, o justificar la extensión del sistema. Se puede discutir que la función principal de un producto alimentario es la nutrición, pero esto se puede describir en términos de cantidad de calorías, de proteínas o carbohidratos; sin embargo, los alimentos tienen también valores emocionales (Ej. el placer de comer) y otros valores conectados a ellos que deben ser considerados quizás en la definición de la unidad funcional.

8.2.2. Funciones adicionales de los sistemas agroalimentarios

La producción agroalimentaria cumple también funciones relacionadas con lo estético, recreación (Ej. cinegética, turismo rural), el empleo rural y la conservación de la fauna y los ecosistemas. Según donde estas otras funciones se consideran importantes, la unidad funcional se puede definir en términos tales como de ocupación de la tierra o de la producción agropecuaria total de un país / región.

8.2.3. La representatividad espacial del sistema

A menos que la representatividad espacial este incorporada en la definición de la unidad funcional, esta se debe especificar en forma separada. Existen ejemplos de estudios a distintos niveles (incluyen estudios globales, europeos y nacionales).

A nivel del Análisis de Inventario las diferencias pueden surgir debido a los tipos de sistemas de producción (intensivo, extensivo, orgánico) y del clima en áreas diferentes (de secano, bajo riego, calefacción en caso de cultivos bajo cubierta, etc.).

En el caso de las cadenas agroalimentarias, el papel de la dependencia del sitio es muy importante debido a la variación geográfica de factores claves que tienen gran influencia en los resultados del ACV. Al modelar un análisis de ciclo de vida que implique producción agropecuaria, se deben considerar los factores geográficos.

En algunos trabajos se ha demostrado que la elección de la ubicación de la producción, puede ser más importante que la elección de prácticas alternativas en búsqueda de maximizar la performance ambiental de los sistemas de producción agropecuaria¹⁶.

Debido a que parámetros geográficos claves como calidad del suelo, clima, deposición atmosférica de nitrógeno y metales pesados y la distancia del transporte a mercados son determinados por la elección de la ubicación, esto afecta el rendimiento, el uso de cal, los requerimientos de agua, la eficiencia del uso de la energía solar,

¹⁶ Cowel, 1998; Cowel and Clift, 1998. En LCANet Food Theme Report

las emisiones totales asociadas con el transporte, y metales pesados absorbidos por los productos cosechados (deposición vía atmósfera). Aunque todos estos trabajos están referidos a Europa (Inglaterra).

8.2.4. La representatividad temporal del sistema

Como en el caso anterior, también la representatividad temporal debe referirse en forma separada, a menos que este reflejada en la definición de la unidad funcional.

También en los casos agroalimentarios este tópico es muy importante debido a rotaciones de cultivos y actividades que abarcan distintos años.

9.- DISPONIBILIDAD (ACCESIBILIDAD) Y CALIDAD DE LOS DATOS

El relevamiento de datos es en la mayoría de las evaluaciones de ciclos de vida, la actividad que consume más tiempo, y cuando los datos estén más rápidamente disponibles y tengan la calidad adecuada conllevarán a ahorros más grandes en tiempo y dinero.

En la Unión Europea, la LCA-NET elaboró un informe sobre el tema de bases de datos y software (Grisel *et al.* 1997). El informe propone un listado de temas de investigación, donde la integración de datos existentes es la prioridad, seguido por el desarrollo de nuevas bases de datos y monitoreos de calidad en el mantenimiento de las bases de datos existentes.

La necesidad de mejorar la disponibilidad de datos se debe principalmente a la necesidad de disminuir los requerimientos en tiempo y costos de los estudios. Ya que el relevamiento de datos es lo que más tiempo consume en la mayoría de las fases del ACV, la disponibilidad de datos tendrá un impacto muy importante en el tiempo de elaboración y el costo de los estudios.

La estandarización de formatos de datos y de bases de datos de la fase de Inventario del ciclo de vida (ICV), permitirá a diferentes bases de datos trabajar en red, aumentando tanto la disponibilidad como la transparencia y la certeza del ACV.

Para asegurar la calidad de datos (comprensibles, detallados y de alta calidad), es necesario acordar criterios generales de clasificación de los mismos para "Datos verificados de alta calidad" y para aplicar un procedimiento de verificación (la forma de identificar bases de datos de alta calidad).

Otros aspectos mencionados en el informe son los procesos de modelización, sistemas modelos y sistemas expertos para ACV.

La disponibilidad de datos para propósitos de inventario del ciclo de vida, varía entre las diferentes etapas en el ciclo de vida de los productos agroalimentarios:

- En insumos industriales para la actividad agropecuaria, existen pocas bases de datos con información disponible y son generalmente sobre fertilizantes. Pero los datos no son regularmente actualizados y su representatividad no se conoce con exactitud.

- Para lo agropecuario, existen grandes cantidades de datos, pero rara vez en forma directamente aplicable para el propósito de inventario del ciclo de vida.

- Para la industria de alimentos, el comercio y el consumo, pocos datos relevantes están públicamente disponibles.

La estandarización de formatos de datos y de bases de datos se ha discutido como un problema general para el futuro desarrollo de este método. Un gran número de bases de datos se establecieron localmente, pero los datos están generalmente en formatos diferentes y su calidad es a menudo baja y/o insuficientemente documentada.

Antes de discutir la disponibilidad de datos es de utilidad entender que la clase de datos requeridos puede variar para distintas aplicaciones del ACV:

- Para evaluaciones retrospectivas de ciclo de vida (generalmente aplicados en el caso de declaraciones de la empresa sobre el producto o para identificar puntos críticos), es adecuado tener

promedios estadísticamente representativos e históricos (Ej. el requerimiento promedio de energía cada 1000 litros de leche en el Norte de Europa en los años 1995-97), mientras que los estudios prospectivos requieren datos representativos de los procesos afectados por los cambios estudiados en volúmenes de producción (Ej. el requerimiento extra de energía para producir 1000 litros de leche adicionales).

- Para aplicaciones tácticas (como requerimientos hacia el proveedor, exigencias de mercado y ecoetiquetado) se puede requerir además subdividir los datos promedios de acuerdo con diferencias entre los proveedores, o diferencias en la composición del producto, la tecnología y la localización (Ej. la energía marginal requerida por 1000 litros de leche producida por tambos A, B o Z con 4% ó 4.5% de grasa de establecimientos ecológicos o convencionales en los Países Bajos o en Suecia).

- Para aplicaciones estratégicas (tales como el desarrollo de producto y legislación) es importante que los datos puedan explicar las relaciones causales entre entradas, salidas, y la composición del producto (Ej. explicando porqué los requerimientos de energía son más altos para la leche de Suecia, tambos convencionales y cuánto más del requerimiento adicional de energía se debe a diferencias en el clima, el tipo de infraestructura, las razas de animales, el contenido de grasa, la composición del alimento, etc.), para que las alternativas de mejora posibles se puedan identificar y modelar sus efectos.

Los productos agroalimentarios provienen generalmente de un gran número de unidades de producción, y por lo tanto los datos de "entradas" se consiguen más fácilmente asignando datos estadísticos existentes, mientras que para aplicaciones retrospectivas, es mejor basarse en modelos. Para aplicaciones estratégicas los modelos son relevantes, tanto para los datos de entrada como de salida.

La recolección y el manejo de datos deben estar basadas en una tipología de establecimientos agropecuarios (en relación con la composición del producto, niveles de salida, prácticas agrícolas, tipos de suelo y condiciones climáticas).

La tipología debe basarse en el conocimiento de los parámetros más importantes que determinan las diferencias en los datos de entradas y salidas.

Para ambos datos, el problema más grande es el modelado de los datos existentes sobre las cosechas y animales. Para cada tipo de establecimiento agropecuario, se debe establecer cómo se pueden modelar mejor los datos ambientales, referidos a las salidas de cosechas y animales y cómo los datos se pueden agregar en diferentes niveles y reajustarlos con la estadística regional. Puede ser necesario operar con suposiciones y/o modelos alternativos para reflejar la incertidumbre del modelado.

Sobre la base de los procedimientos actuales de relevamiento de datos a nivel de establecimiento y a nivel regional, se debe discutir qué mecanismos se necesitan para asegurar la futura disponibilidad de datos ambientales actualizados que cumplan los requisitos del ACV. También, se deben establecer los procedimientos para proporcionar aproximaciones o estimaciones de los datos perdidos y para productos agropecuarios importados del exterior.

Los datos de la industria agroalimentaria, en gran parte, están basados en datos estándares para unidades de procesos tecnológicos del alimento, tal como «evaporación», «fermentación» etc., obtenidos por organismos nacionales de investigación agroalimentaria. Estos datos pueden ser complementados posiblemente por datos de industrias alimentarias específicas o promedios suministrados por las asociaciones de la industria de alimentos; lo mismo se aplica para datos del comercio agroalimentario y la distribución de alimentos.

Los datos sobre el comportamiento del consumidor de alimentos, la tecnología doméstica y los efectos ambientales resultantes, se deben basar en una combinación de estudios del consumidor y modelado sobre la base de datos estadísticos.

La Normalización es un elemento fundamental en todos los datos mencionados anteriormente. Por ejemplo, los datos que re-

presentan la producción total de una región geográfica y/o un sector de la industria (lechería, los tambos en general o la industria de alimentos en general). Los datos normalizados se utilizan para comparar el resultado de un inventario del ciclo de vida o la evaluación del impacto con una referencia conocida, así se colocan los diferentes impactos en una perspectiva común.

Los datos normalizados se obtienen generalmente «de arriba hacia abajo» (top-down) de estadísticas nacionales / regionales, etc., más que «de abajo hacia arriba» (bottom-up) como son generalmente los datos para el análisis de inventario del ciclo de vida. No obstante, para cumplir su propósito, los datos normalizados deben estar basados en las mismas suposiciones y modelos que los datos del inventario.

A medida que se avanza en los estudios de ACV, se hace una definición más precisa de la unidad funcional y para decidir qué procesos incluir en un estudio específico, se necesitan más datos, además de los datos típicos del Inventario del ciclo de vida sobre los procesos de intercambio ambiental (Weidema, 1998).

Estos datos adicionales se pueden denominar “datos de mercado”, desde que ellos llevan información del desempeño de diferentes procesos y productos en el mercado (disponibilidad de productos en diferentes mercados, precios de diferentes tecnologías, efecto de la información en el comportamiento y decisiones de inversión, etc.). Para los procesos y productos implicados en el ciclo de vida de los alimentos, se requiere todavía un mayor conocimiento acerca de la disponibilidad actual y problemas potenciales para obtener tales datos del mercado.

Cuando los datos deseados no están disponibles, el técnico de ACV puede decidir usar (con o sin ajustes) otro conjunto de datos por defecto. Por ejemplo, datos más viejos que los deseados, de una ubicación geográfica diferente, o de una tecnología levemente diferente. Comparados con la calidad de datos deseada, estos serán obviamente de una calidad más baja.

El técnico necesita valorar la incertidumbre adicional introducida en el estudio por el uso de tales datos, y cuando se use más

de un conjunto de datos de este tipo (Ej. un conjunto de datos viejos de la región correcta, y un conjunto de datos más reciente de una región adyacente), se deben escoger los datos (y las adaptaciones posibles) que disminuyan la incertidumbre adicional.

10.- EL ACV EN LA ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE ALIMENTOS

En este punto solamente se hace mención de los parámetros más importantes que se toman en cuenta en la generalidad de los trabajos realizados:

- Energía y Agua: Uso de la energía y emisiones relacionadas a la energía
- Agentes de Limpieza
- Emisiones al Agua
- Embalaje de Alimentos
- Transporte de Alimentos

11.- ALGUNOS SOFTWARES RELEVADOS

SDES⁹⁹ (SPOLD Data Exchange Software)

La Sociedad para la Promoción del Desarrollo de LCA ha desarrollado un formato general de intercambio de datos con la cooperación de un gran número de suministradores de datos de LCI (SPOLD 1997).

SDES es un software Windows compatible para crear, ver, editar, importar y exportar datos. Esta base esta sujeta a la estandarización de ISO TC207

SPINE

Un grupo sueco de investigación ha propuesto una estructura relacional de la base de datos para bases de datos de LCI bajo el nombre de SPINE (Steen *et al.*, 1995; Carlson & Pålsson, 1998). Esta base esta sujeta a la estandarización de ISO TC207.

CMLCA 3.0

Es la sigla de "Chain Management by Life Cycle Assessment", es un software que intenta dar soporte informático a los procedimientos del LCA. El programa fue creado por el Centro de Ciencias Ambientales (CML) de la Universidad de Leiden¹⁷ (Países Bajos) con propósitos educativos y está adaptada a la serie ISO 14040.

MIET^{2.0}

Es la sigla de «Missing Inventory Estimation Tool», cuya versión 2.0 fue creada en el 2001 por Sangwon Suh de la Universidad de Leiden. Es una planilla electrónica de Microsoft Excel que permite estimar el Inventario de ciclo de vida de flujos faltantes. Esta basado en una tabla de insumo-producto y datos ambientales actualizados de diferentes organismos de USA.

IMPACT ASSESSMENT SPREADSHEET V.2.5

Es una planilla electrónica en ExcelTM creada por CML de la Universidad de Leiden, en 2002; presenta factores de caracterización para enfoque de problemas orientados, con un enfoque de daños del Eco-Indicator99.

Los factores de normalización han sido calculados solamente para problemas orientados con el enfoque de LCA.

AGRO-ECO-INDEX

Es una planilla electrónica elaborada en ExcelTM para la evaluación ambiental de Empresas Agropecuarias. Se basa en el análisis de 12 indicadores de sustentabilidad de los sistemas agropecuarios representativos del área pampeana.

Esta herramienta informática¹⁸ fue creada en el 2002, en el marco del Programa de Gestión Ambiental del INTA, Argentina.

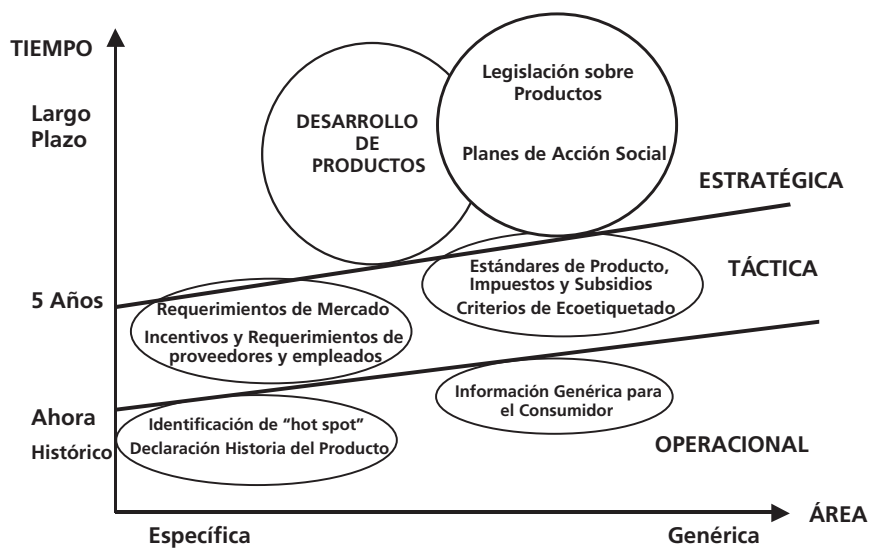
¹⁷ Creado por Reinout Heijungs

¹⁸ Creada por los Ingenieros E. F. Viglizzo, J. Bernardos, S. Cabo y Federico Frank. INTA, Argentina.

12.- NUEVOS DESARROLLOS METODOLÓGICOS Y LÓGICA INSTITUCIONAL DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

De acuerdo con Weidema (1998), la elección de la metodología del ACV depende fundamentalmente de los objetivos del estudio y el área de aplicación. Una mejor definición del área de aplicación y especialmente una clara distinción de aplicaciones retrospectivas y prospectivas, permitirá una descripción menos ambigua de la metodología a aplicar en los diferentes casos. Las alternativas metodológicas son determinadas fundamentalmente por los productos y los grupos de interés afectados, y los aspectos temporales y espaciales de los sistemas estudiados.

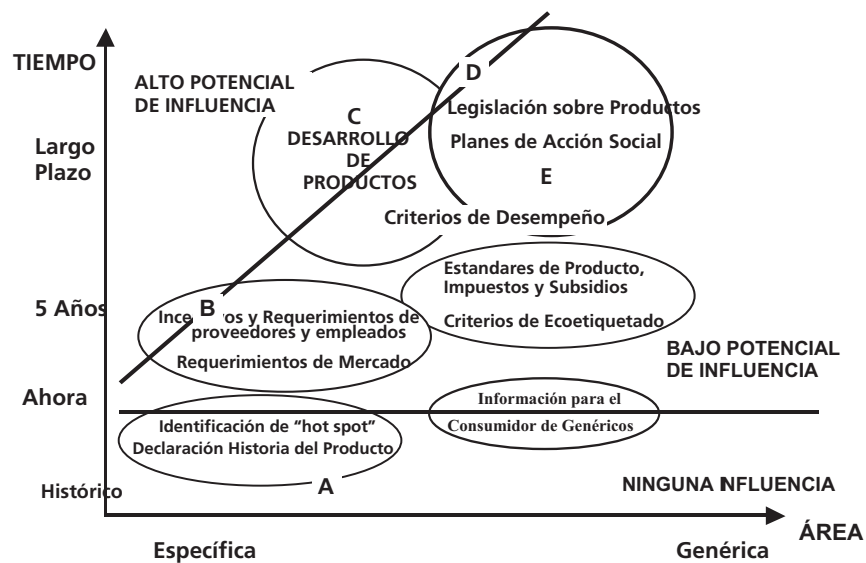
Sobre esta base se pueden distinguir claramente 6 áreas de aplicación por cuestiones estratégicas, tácticas u operativas (ver siguiente figura).



Topología de aplicaciones en relación con parámetros determinantes (Weidema, 1998)

Las diferencias más importantes son entre las ECV retrospectivas del tipo contable (generalmente aplicadas en los casos de identificación de “puntos calientes” y en las declaraciones del producto) y las evaluaciones prospectivas, ACV comparativos que estudian los futuros cambios posibles entre sistemas de producción alternativos generalmente aplicados al desarrollo de productos y elaboración de políticas públicas (Tillman, 1998).

También se pueden relacionar las áreas de aplicación con la influencia de los tomadores de decisiones (ver figura siguiente), encontrando campos de alta, baja y ninguna influencia potencial. La influencia potencial del tomador de decisiones en los diferentes procesos del sistema de producto se incrementa hacia el sector izquierdo y arriba del esquema, es decir, cuando el horizonte de decisión se hace a más largo plazo y cuando la decisión está relacionada a productos y áreas geográficas más específicas.



La Influencia del Tomador de Decisión en relación con el área de aplicación (Weidema, 1998)

Para estudios retrospectivos (área A), no hay alternativa de influir (todos los procesos son hacia atrás). Para estudios tácticos a mediano plazo, una alta influencia en procesos específicos a través del ciclo de vida está limitado a estudios donde el sistema de producto esta muy bien definido y donde el tomador de decisiones ya tiene actualmente, una alta influencia en los otros actores del ciclo de la vida (ilustrado por área B en la figura).

Los aspectos tácticos también pueden formar parte de las consideraciones en el desarrollo de productos, y cuando más a largo plazo es el desarrollo, más ambicioso se puede estar con respecto a la influencia (área C).

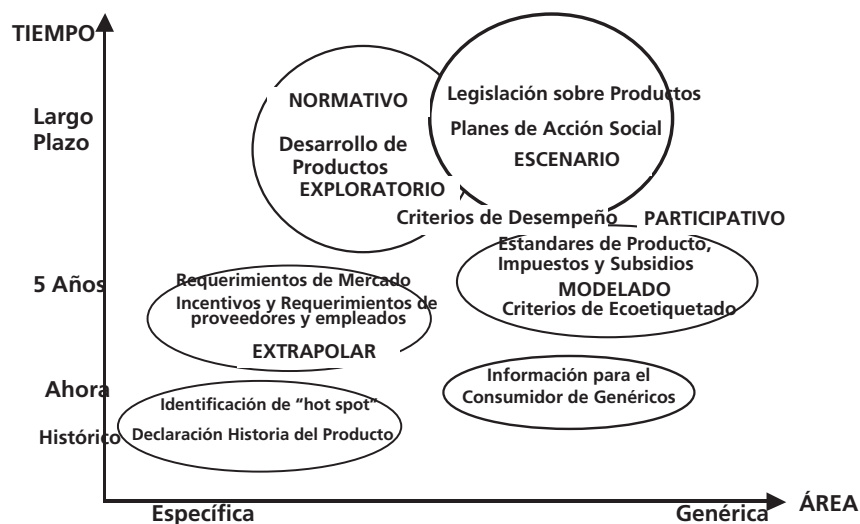
Aun a nivel de sociedad, es posible influir en elecciones específicas a través del ciclo de la vida, cuando los productos son relativamente bien definidos y los grupos presentan sus intereses bien marcados (inclusive productores y usuarios), y cuando el horizonte de tiempo es suficientemente largo para permitir desarrollar las regulaciones e infraestructura técnica necesarias (área D).

Para el resto de las aplicaciones (área E en la figura), los productos son o demasiados genéricos o implican muchos intereses de los grupos para permitir que un tomador de decisión influya en elecciones específicas a través del ciclo de la vida (Ej. la mayor parte de los sistemas de producto son procesos hacia atrás).

Para estudios prospectivos (Proyecciones a futuro) los datos que se van a aplicar deben reflejar el horizonte de tiempo (Ver siguiente figura).

Para el corto y mediano plazo (1-5 años) los pronósticos para procesos simples se pueden basar en la simple extrapolación de tendencias y datos históricos (Futures Group, 1994).

Para predicciones a largo plazo (5-25 años) y para pronósticos de procesos y sistemas (los cuales son menos específicos y de gran importancia para el resultado del ACV; por ejemplo, el sistema general de residuos de una sociedad), llega a ser cada vez más necesario el uso de métodos de modelado, como el análisis de tendencias de impacto, el cual ajusta las extrapolaciones con el impac-



Relevancia de los distintos métodos para futuras predicciones en relación a las áreas de aplicación del ACV. (Weidema, 1998)

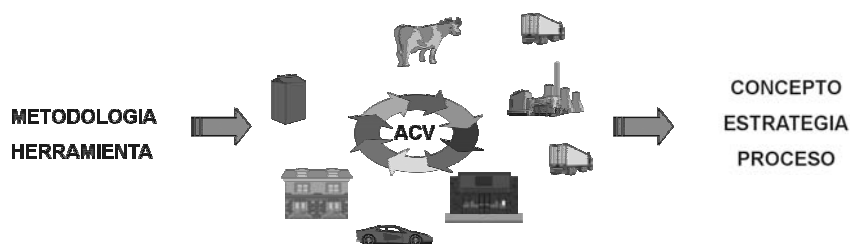
to esperado de mecanismos análogos a aquellos determinados por acontecimientos pasados (Gordon, 1994).

Para estudios genéricos hay que tener en cuenta la influencia de muchos agentes comprometidos en la cadena agroalimentaria (Ej., en ecoetiquetado), y es pertinente usar métodos participativos que incorporan los puntos de vista y opiniones de expertos y de los tomadores de riesgo. Los métodos de escenarios, incorporando varios pronósticos paralelos, son muy relevantes para proyecciones en estudios de sistemas a largo plazo, estudios estratégicos para decisiones de desarrollo de producto y a nivel de sociedad.

El proceso de desarrollo de productos puede beneficiarse también de la creatividad sistemática de los métodos exploratorios que combinan las técnicas analíticas que dividen un tema, o el desarrollo en subtemas o consecuencias cada vez más pequeñas. Las técnicas imaginativas apuntaron a llenar todos los espacios en la estructura analítica planteada.

Para aplicaciones estratégicas a largo plazo, que implican productos definidos de las empresas donde el tomador de decisiones tiene un alto grado de control sobre el futuro y diferentes tomadores de riesgos implicados, puede ser pertinente aplicar pronósticos normativos, los cuales investigan cómo queremos ser en el futuro y cómo obtener esa meta (Coates, 1994).

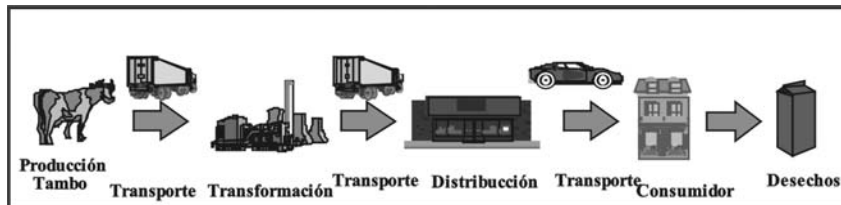
El ACV tiene un rol cada vez más importante en las políticas y gestión ambiental de los países desarrollados. La teoría de la organización y diversos estudios sociales de ciencia y tecnología consideran cada vez más al ACV no sólo como una herramienta instrumental o metodológica, sino como una lógica institucional emergente que influencia la forma en que son conceptualizados los problemas ambientales y la responsabilidad sobre ellos ("Life Cycle Thinking")¹⁹.



Cuando los ingenieros, diseñadores o gestores ambientales focalizan desórdenes ambientales de productos, es evidente que deben considerar alguna clase de enfoque de ACV; no dirigiendo su atención solamente a la composición del producto o al eslabón de la cadena en que ellos están involucrados, sino al completo ciclo de vida físico del producto, desde la materia prima hasta el final de su vida.

¹⁹ Heiskanen, 2002.

Ej.:CADENA AGROALIMENTARIA DE LA LECHE FLUÍDA



13.- CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

El Análisis de Ciclo de Vida cobra cada vez mayor importancia en los países desarrollados en la gestión ambiental de productos, actividades o servicios.

Una ventaja clara de la metodología es que permite detectar situaciones en las que un determinado sistema parece «más limpio» que otro simplemente porque transfiere las cargas ambientales a otros procesos o región geográfica, sin un mejoramiento real desde el punto de vista global

El ACV permite la articulación entre el criterio ambiental a través de todo el ciclo de vida de un producto, las estrategias de la empresa y la planificación para alcanzar beneficios comerciales.

La información basada en el ciclo de vida puede tomar varias formas, desde el tradicional inventario del ciclo de vida hasta la información del costo del ciclo de vida o estudios específicos sobre el uso, utilización y manejo de un material específico a través de su ciclo de vida.

El ACV está incorporado a la familia de Normas ISO 14000 (Serie 14040), que provee de homologación y transparencia internacional, muy importante como en el caso del ecoetiquetado.

A pesar de su utilidad conceptual, el ACV presenta algunas limitantes prácticas al realizar detallados inventarios que conllevan a mayores costos en tiempo y dinero. Sin embargo, todas estas limitaciones del ACV convencional han llevado a desarrollar

metodologías más “simplificadas” que preservan su enfoque con una aplicación más simple del método.

El ACV Simplificado es una parte inherente al proceso de definición de alcances y objetivos de un estudio de ACV. La clave está en asegurarse que los pasos de la simplificación son consistentes con los objetivos del estudio y que la información resultante satisfaga a los futuros usuarios.

Los profesionales, cuando comienzan un estudio de ACV se encuentran con un número de desafíos en la vida real. Para enfrentar estos desafíos se necesita información, pero esta casi siempre está disponible en fuentes dispersas y no compaginada en una manera amigable. Por lo tanto se necesitan herramientas e información para dar un sustento científico al ACV y minimizar la incertidumbre.

En el sector agroalimentario su aplicación es relativamente nueva, y la mayoría de los problemas metodológicos no resueltos en la cadena agroalimentaria provienen de la etapa de producción primaria. Esto no es sorprendente ya que el ACV fue desarrollado para la evaluación de sistemas industriales y no de sistemas agropecuarios / agroalimentarios.

Cuando aplicamos el ACV en el campo agroalimentario los principales elementos a tener en cuenta son:

- El establecimiento de los Límites del Sistema: el suelo en el sistema, rotaciones de cultivos, asignación entre subproductos, omisión de fases seleccionadas en la cadena agroalimentaria.
- Determinar la unidad funcional
- La asignación de cargas ambientales en procesos multifuncionales (como el agropecuario)
- Problemas en el relevamiento de datos, disponibilidad y calidad de los mismos.
- Es muy importante la representatividad temporal y espacial del sistema.

Actualmente en los países desarrollados, el ACV se ha transformado más que en una metodología de uso común en diversas áreas de aplicación, en cuestiones estratégicas, tácticas y operacionales de un país, región, gobierno, empresa, etc.

El ACV tiene un rol cada vez más importante en las políticas y gestión ambiental de estos países. La teoría de la organización y diversos estudios sociales de ciencia y tecnología entienden que el ACV no es solo una herramienta instrumental o metodológica, sino una lógica institucional emergente que influencia la forma en que son conceptualizados los problemas ambientales y la responsabilidad sobre ellos.

Cada vez más se comprende que las mejoras ambientales conducidas en productos comerciables requieren de la cooperación de muchos actores en la cadena del producto: productores primarios, fabricantes y proveedores de servicios, comercio, distribuidores, organizaciones de compradores, y el consumidor final.

La información ambiental necesita ser incorporada en el flujo de información cotidiana entre actores económicos; estos también tienen que acordar y consensuar qué constituye una mejora ambiental.

Los manejos de temas ambientales en un contexto interorganizacional deben realizarse en términos de cadenas agroalimentarias.

Para que el ACV provea beneficios reales para el proceso de toma de decisiones, necesita proveer información sobre un amplio rango de factores ambientales relevantes, tan amplio como sea posible, comprensible y en un formato amigable, es por ello que el método más apropiado de hacerlo es el uso de "Ecoindicadores".

Esto se fundamenta porque es inevitable que la mayoría de las decisiones que afectan el ambiente deben ser tomadas por gente con muy poca experiencia ambiental. Al mismo tiempo es imperativo que el ambiente sea tenido en cuenta por esta gente poco experta, no solamente en los niveles más altos de decisiones de gobierno y empresas, sino también en las tareas cotidianas de los diseñadores, ingenieros, planificadores y quienes elaboran políticas.

La información ambiental cae a menudo en la categoría de demasiado compleja, y generalmente cuando la información es compleja, conflictiva o pobremente representada, es ignorada en favor de indicadores mucho más simples, como por ejemplo, el costo.

El desarrollo de un ecoindicador depende del desarrollo de modelos y de datos desde el impacto ambiental más básico hasta el más complejo. Aunque se ha trabajado bastante en esta área, (especialmente en los países desarrollados) todavía se encuentra en un estado inicial, especialmente en nuestro país, donde además de la necesidad de desarrollar ecoindicadores adaptados a nuestras realidades, se debe comenzar en paralelo con el desarrollo de modelos de impacto ambiental.

También es necesario profundizar la investigación sobre los siguientes tópicos, entre otros:

- El ACV como herramienta de toma de decisiones para los diferentes actores de la cadena agroalimentaria
- Estudios sobre el comportamiento del consumidor (Efectos sobre el impacto ambiental total)
- Desarrollo de bases de datos regionales y de estandarización electrónica de bases de datos
- Mejor definición de la unidad funcional y límites del sistema
- Profundizar el desarrollo de metodologías de ACV Simplificado
- Desarrollo de software adecuados a las diferentes situaciones.
- Datos del transporte
- Desarrollo de ecoindicadores adaptados a las realidades locales

El análisis de ciclo de vida de productos agroalimentarios constituye ya sea como metodología, concepto o estrategia, un elemento muy importante en la gestión ambiental y competitividad en los mercados internacionales, aunque es necesario incrementar su comprensión y capacitación a todos los niveles y desarrollar una seria investigación local sobre el tema.

14.- BIBLIOGRAFÍA CITADA Y CONSULTADA

ABARCA, RODOLFO y SEPÚLVEDA, SERGIO. 2001. EcoEtiquetado: Un Instrumento para Diferenciar Productos e Incentivar la Competitividad. Coronado, Costa Rica, IICA: Cuaderno Técnico N°17. Serie Comercio y Ambiente

ALDERETTE, J.M. y GARCIA, W. 2000. Cuidado del Ambiente: Preservar es Buen Negocio. Dirección de Industria Alimentaria. SAGPyA

ANDERSSON, KARIN (2000). LCA of Food Products and Production Systems. The International Journal of Life Cycle Assessment N°4 239-248.

BLIX, LISA y MATTSON, BERIT. 1998. Environmental Impact of Land Use in Agriculture: Case Studies of Rape Seed, Soybean and Oil Palm. SIK. Goteborg, The Swedish Institute for Food and Biotechnology

CEDERBERG, CHRISTEL. 2002. Life Cycle Assessment of Milk Production - A Comparison of Conventional and Organic Farming. Gothenburg, SIK

CIEN (2001). "Ecoeficiencia". Centro de Información para la Ecoeficiencia en los Negocios. Monterrey, México.

CLEMENTS, RICHARD. 1997. Complete Guide to ISO 14000. Barcelona., Romanyà-Valls, S.A., Capellades (Barcelona).

COATES, RICHARD. 1997. ISO 14000 y el Etiquetado Ambiental de Consumo. Sta. Rosa, California, Latin American Alliance.

CORDERO, SALAS y SEPULVEDA, SERGIO 2002. Sistemas de Gestión Medio Ambiental: Las Normas ISO 14000. Cuaderno Técnico N° 21. ISBN 92-9039-5303.

COWELL, S.J.; HOGAN, SONYA y CLIFT, ROLAND. 1997. LCANET Theme Report: Positioning and Application of LCA. AML, Lieden University, LCANET European Network for Strategic LCA Research and Development

COWELL, S.J.; CEDERBERG, CHRISTEL; AUDSLEY, E.; GAILLARD, G. and et al. 2000. Methodology Working Group LCANET-Food. Theme Report. EU Project LCANET-FOOD Working Group

DALHAMMAR, CARL. 2000. Implementation and Certification of Environmental Management Systems in -small Enterprises. Lund, Sweden, Thesis M.S. IIIEE. Lund University

EUROPEAN COMMISSION 2000. White Paper on Food Safety and "Farm to Table" legislative action programme. European Union. Brusel.

ESPINOZA, N., GATICA, J. y SMYLE, J. 1999. El Pago de Servicios Ambientales y el Desarrollo Sostenible en el Medio Rural. Costa Rica, Serie de Publicaciones RUTA. IICA

EYRE ASSOCIATES. 1997. Assessment of the benefits of plant protection products. United Kingdom, European Commission. Directorate General XI/E/2

FAVA, JAMES A. 1997. LCA: Concept, Methodology, or Strategy? Journal of Industrial Ecology

FUNDACIÓN ENTORNO. 2001. Conclusiones del Estudio: Hábitos de Consumo y Medioambiente en España. Madrid, España, Fundación Entorno. Madrid

GRANT, TIM. 2002. The Development and Use of Single Point Indicators. 2nd National Conference of LCA, Melbourne. Australia

HEIJUNGS, REINOUT y KLEIJN, RENÉ. 2000. Numerical approaches towards life cycle interpretation: five examples. Leiden, The Netherlands, Centre of Environmental Science (CML), Leiden University

HEIJUNGS, REINOUT. 2001. CMLCA. Centre of Environmental Science, Leiden University. The Netherlands

HEISKANEN, EVA et al. 1998. Environmental Improvement in Product Chains. Copenhagen, DK, Nordic council of Minister, Copenhagen

-----, **2002.** The Institutional Logic of Life cycle Assessment.

-----, **1999.** Etiquetado Ambiental en el Manejo de Cadenas de Productos. OECD: Env/Epoc/PPC (99) 4/ Final 93.

HES, DOMINIQUE. 2000. Introduction to Ecolabelling Standards, Issues, Experiences and the Use of LCA. 2nd National Conference of LCA, Melbourne

HOLLOWAY, G. J. 2000. The simple econometrics of impact assessment: Theory with an application to milk-market participation in the Ethiopian highlands. Livestock Policy Analysis Program, International Livestock Research Institute, Addis Abeba, Ethiopia.

ICF CONSULTING. 2001. Efectos Ambientales y Estrategias de Mitigación en los Corredores de Comercio y Transporte de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. TLCAN

JOHANSSON, JESSICA. 1999. Organic Farming: Possibilities to increase organic cereals production in Skane. A comparative study of Sweden and Denmark. Lund, Sweden, Thesis M.S. IIIEE, Lund University

LEWIS, HELEN. 1996. Data Quality for Life Cycle Assessment. National Conference of LCA, Melbourne, 1996

MATTSON, BERIT. 1999. Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of Agricultural Food Production. Acta Universitatis Agrixulturae Sueciae

MERETE, HOGAAS EIDE. 2002. Life Cycle Assessment (LCA) of Industrial Milk Production. Goteborg, Sweden, Chalmers University of Technology

NORRIS, GREGORY A. 2001. Integrating Economic Analysis into LCA. Sylvatica, Harvard University, North Berwick, ME. USA

OLSSON, P. 2000. LCAnet Food: Final Document. Goteborg, Sweden, SIK

PESSO, CARLO et al. 1998. Conclusions and Paper Presented at The International Conference: Green Goods Vs. "Eco-labelling for a Sustainable Future". OECD, Paris. France, OECD. Working Party on Pollution Prevention and Control

PIMENTEL et al. 1997. Water Resources: Agriculture, the Environment and Society. An assessment of the status of water resources. BioScience 47:2.

ROBLES, TERESA y LUNA, RAFAEL. 1999. Elaboración de Indicadores para Proyectos Ambientales. Guatemala, PROARCA/CAPAS/AID

ROSSELOT, KIRSTEN and ALLEN, DAVID T. 1999. Life-Cycle Concepts, Product Stewardship and Green Engineering. Chapter 13. Draft

SEOANEZ, M. 1995. Auditorias Medioambientales y Gestión Medioambiental de la Empresa (Eco auditoria y Ecogestión Empresarial). Madrid, España, Ediciones Mundi Prensa. Madrid

SETAC. 1993. Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice. Society of Environmental Toxicology and Chemistry

SEURING, STEFAN. 2001. Classifying Corporate Mefa Applications: Development and Empirical Test of a Conceptual Model. Eco Management and Auditing, 8 25-35.

STADIG, MAGNUS. 2001. Life Cycle Assessment of Apple Production. Case studies for Sweden, New Zealand and France. Goteborg, Sweden, SIK. Swedish Institute for Food and Biotechnology

SUH, SANGWON 2002. MIET 2.0. Users Guide. An Inventory Estimation Tool for Missing Flows Using Input-Output Techniques. Centre of Environmental Science. Leiden University. The Netherlands

SUTTON, PHILIP. 2000. An Overview of Environmental priorities for LCA in the Australian context. Fairfield, Australian, Green Innovations Inc.

TODD J.A., CURRAN, M.A., et al. 1999. Streamlined Life-Cycle Assessment: A Final Report from the SETAC North America Streamlines LCA Workgroup. SETAC and SETAC Foundation for Environmental Education

UN DPCSD. 1997. Eco-Labeling. United Nation. Dept. for Policy Coordination and Sustainable Development

VIGLIZZO, ERNESTO F. 1999. Tendencia y Demandas Tecnológicas en ecorregiones predominantes del Cono Sur. Montevideo, Uruguay, PROCISUR-BID. Serie Resúmenes Ejecutivos N°10

----- **2001.** Primera Experiencia de Evaluación de Gestión Ambiental en cuatro empresas rurales. Sta. Rosa, La Pampa. Argentina, Programa de Gestión Ambiental del INTA. Proyecto de Ecocertificación de Empresas Rurales. Informe N°1.

----- **2001.** Aproximación Metodológica al Análisis de la Gestión Ambiental de Empresas Rurales mediante Indicadores de Sustentabilidad. Sta. Rosa, La Pampa. Argentina, Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria del INTA.

WEIDEMA BO P. 1997. Guidelines for Critical Review of Product Life Cycle Assessment . Kobenhavn K., Denmark

----- **1998.** New Development in the methodology for life cycle assessment. 3rd International Conference on Ecobalance, Tsukuba

----- **1998.** Life Cycle Data for Agro-Industry. Proceedings of the 1998. 12, 3-4 Brussels Conference, International Conference for Life Cycle Assessment in Agriculture, Agro-Industry and Forestry

----- **2000.** LCA Developments for Promoting Sustainability. 2nd National Conference of LCA, Melbourne

----- **2000.** Methodological Progress to meet the needs of users. 4th International conference on Eco Balance, Tsukuba

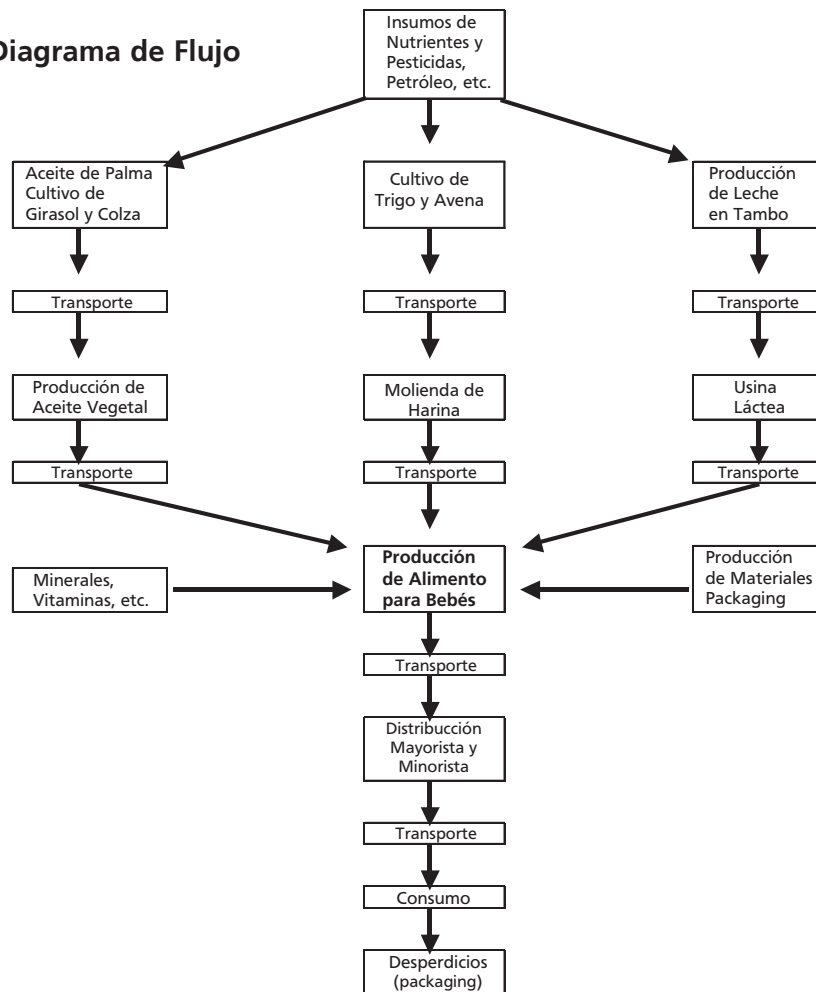
----- **and MEEUSEN M.J.G. 2000.** Agricultural Data for Life Cycle Assessment. LCA NET Food "European Network for Life Cycle Assessment Research and Development within the food chain"

2.-0 LCA CONSULTANTS. 2002. SPOLD Data Exchange Software. 2.-0 LCA Consultants

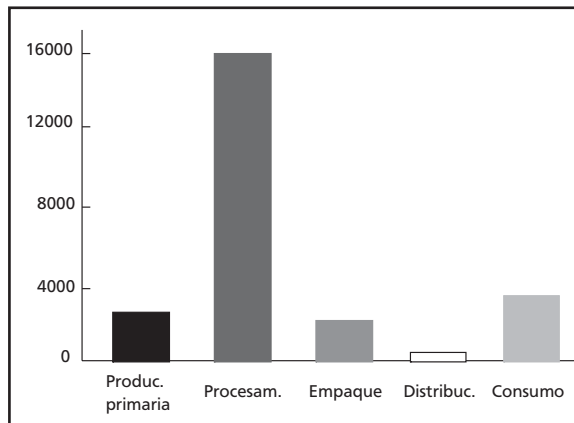
15.- ANEXO: EJEMPLOS DE APLICACIÓN DEL ACV EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

A.- Evaluación del Ciclo de Vida de la producción de Cereales para Bebé: A través de cuatro indicadores de sustentabilidad. Fuente: Mattsson & Stadig (1999).

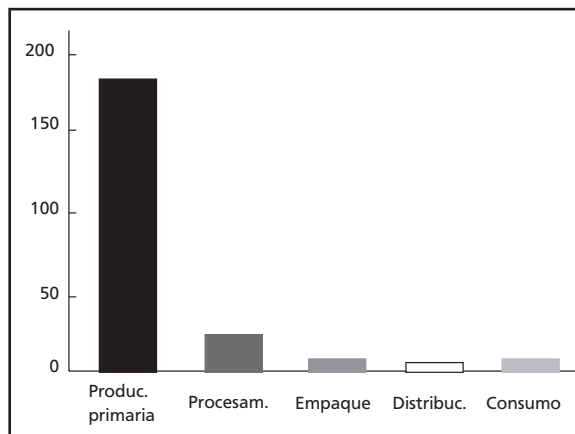
Diagrama de Flujo



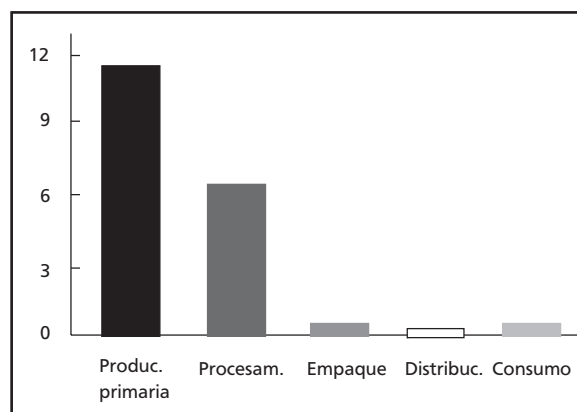
Consumo de energía fósil
(MJ / tonelada producto)



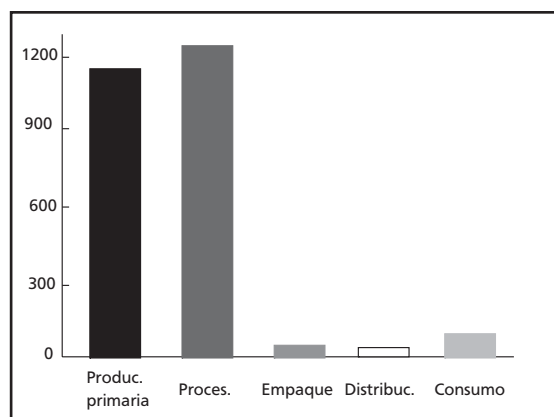
Riesgo de eutroficación
(kgO₂ / tonelada producto)



Riesgo de acidificación
(kg de equivalente SO₂ / tonelada producto)

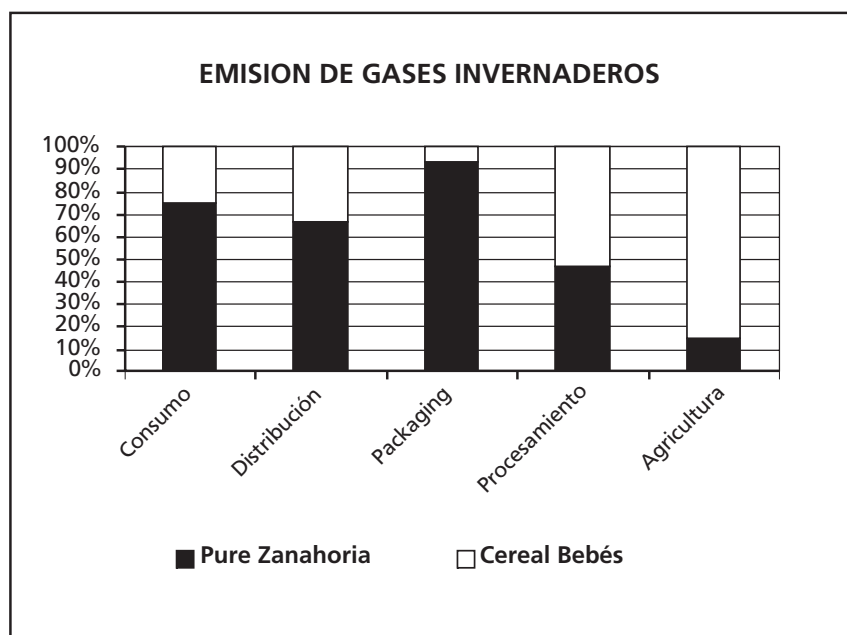


Emisión de gases invernadero
(kg de equivalente CO₂ / ton. producto)



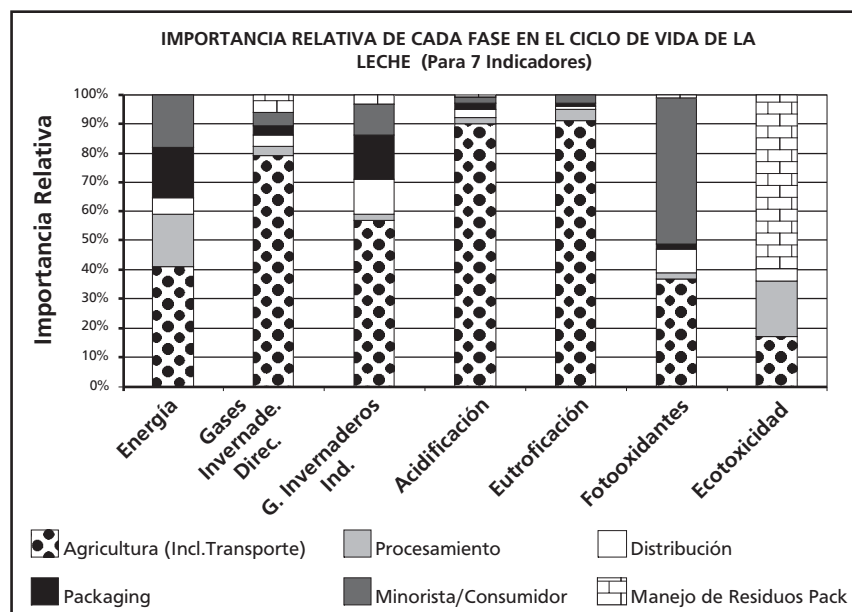
B.- Ejemplo de Evaluación de la Importancia Relativa de las diferentes fases del ciclo de vida de dos cadenas agroalimentarias: Puré de Zanahoria y Cereales para Bebé. Para la emisión de Gases Invernaderos. Fuente: Mattsson Berit, 1999.

(Nota: Se puede observar que la fase de procesamiento constituye la mayor contribución en ambas cadenas y que la gran contribución de la fase agropecuaria en el caso de Cereales para Bebé se explica por la emisión de CH₄ en la producción de leche)

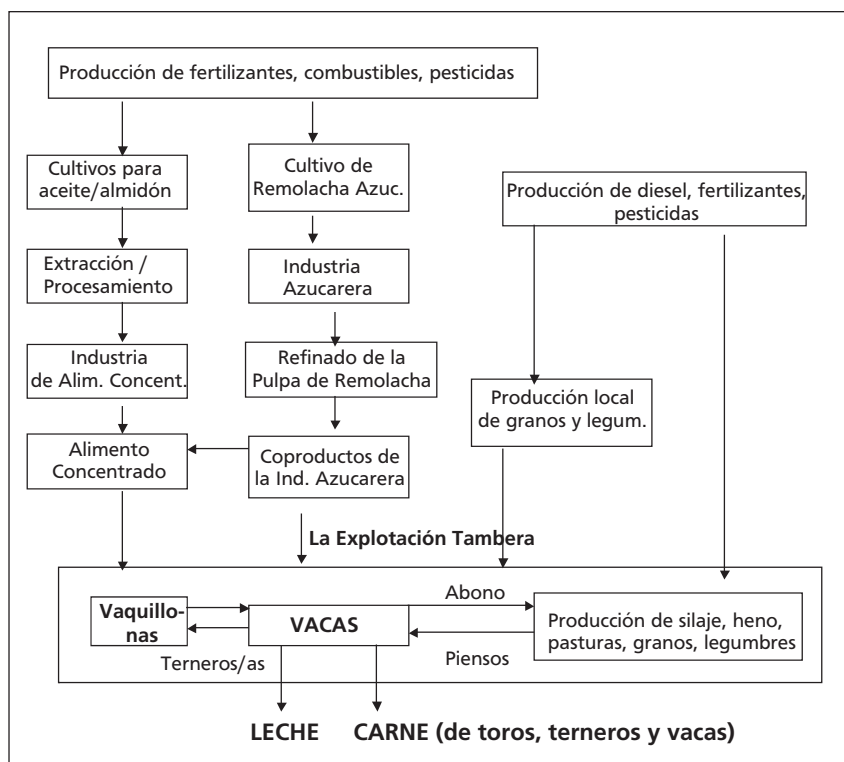


C.- Evaluación del Ciclo de Vida en la Cadena Agroalimentaria de la Leche Bovina:

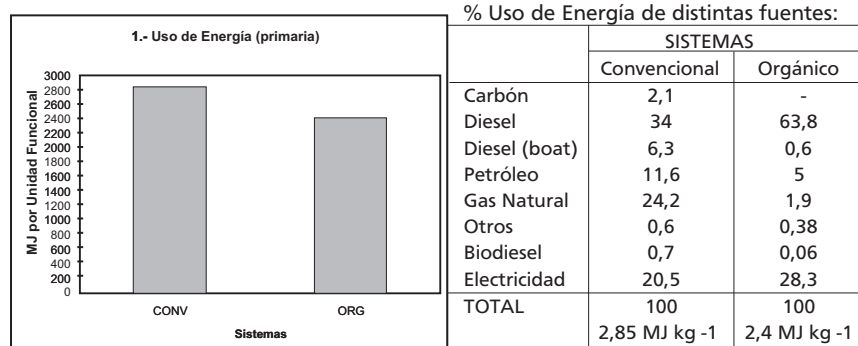
Ejemplo de Evaluación de la Importancia Relativa de cada Fase del ciclo de Vida de la Leche Bovina para siete indicadores. Fuente: Hogaas Eide Merete, 2002



D.- Ejemplo de Evaluación de Producción de Leche Orgánica vs. Convencional. Fuente: Cederberg Christel, 1998.



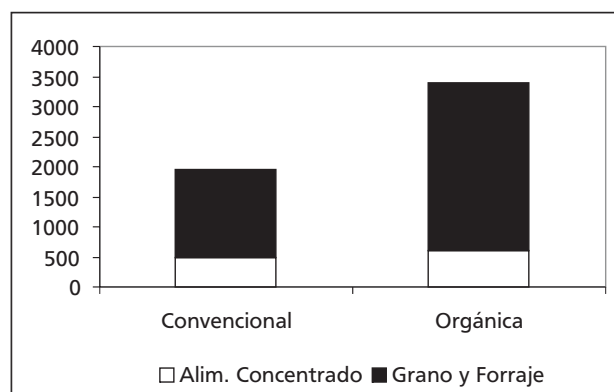
1.- Uso de Energía (primaria) en el sistema



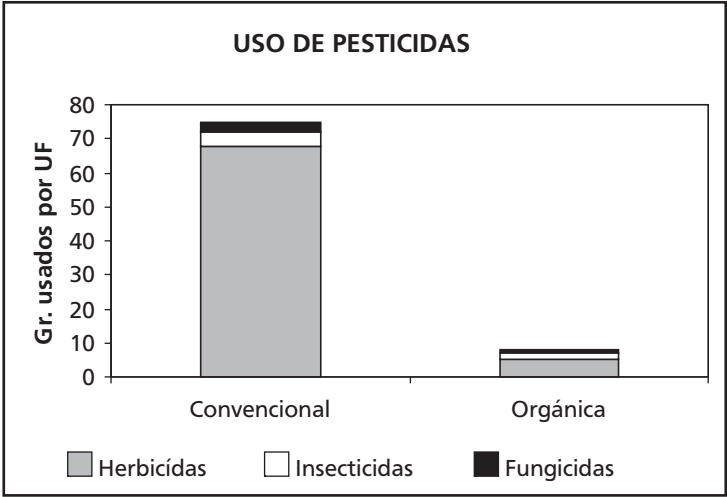
2.- Uso de Materiales

	SISTEMAS DE PRODUCCION		
	Convencional	Orgánico	% Diferencia
Carbón	3,5	1,1	-69
Petróleo	38,3	43,1	12
Gas Natural	16,8	2,3	-86
Uranio Natural ¹	0,00183	0,00217	19
Energía Hidráulica ²	0,268	0,319	19
Fósforo	1,92	0,82	-57
Potasio	1,86	0,31	-83
Piedra Caliza	35,8	84,6	136

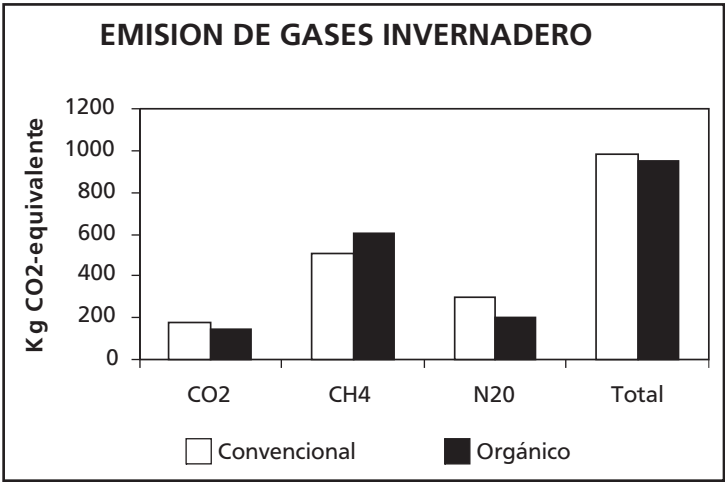
3.- Uso de la Tierra



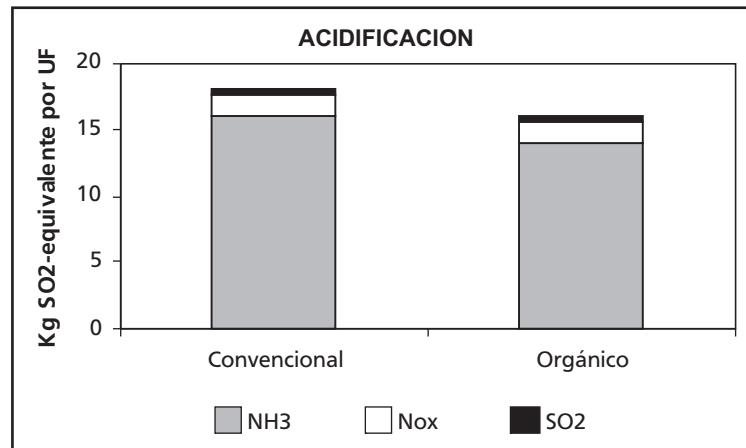
4.- Uso de Pesticidas



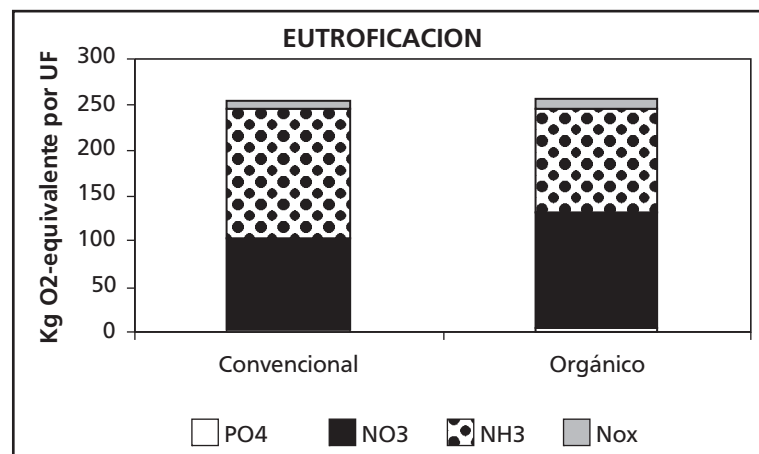
5.- Emisión de Gases Invernadero



6.- Acidificación



7.- Eutroficación



8.- Formación de Fotooxidantes

Compuestos que contribuyen a la formación de Fotooxidantes (Kg/UF)

Compuesto	Convencional	Orgánico	Dif. %
NOx	1.828	2.117	16
CO	0,336	0,478	42
HC	0,237	0,332	40
Hexano	0,0045	0,0011	-75
Metano	24,38	28,623	17

E.- EVALUACION AMBIENTAL DE EMPRESAS RURALES

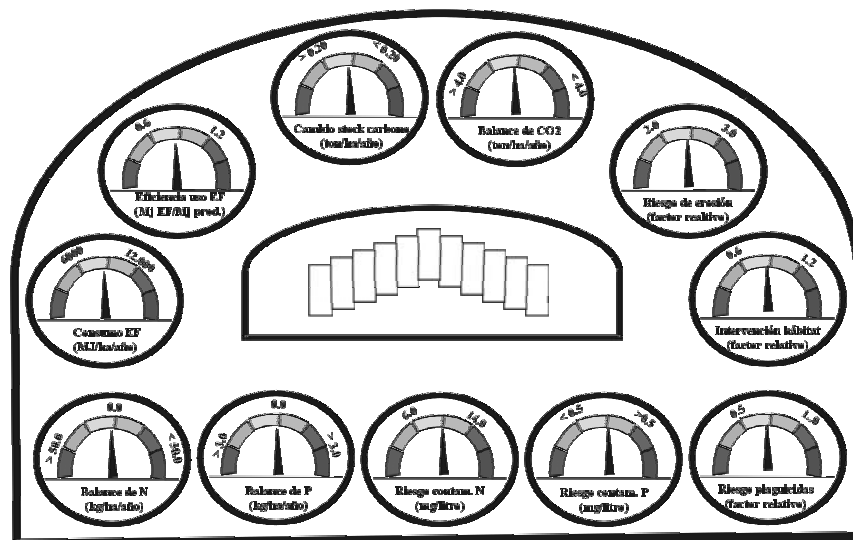
Fuente: Viglizzo, E.F. 2001

INDICADORES COMUNES

- Uso de la tierra
- Consumo de energía fósil
- Eficiencia de uso de la energía fósil
- Balance de nitrógeno
- Balance de fósforo
- Riesgo de contaminación por nitrógeno
- Riesgo de contaminación por fósforo
- Riesgo de erosión de suelos
- Riesgo de contaminación por plaguicidas
- Intervención del hábitat
- Cambios en el stock de carbono en suelos
- Emisión de gases invernadero

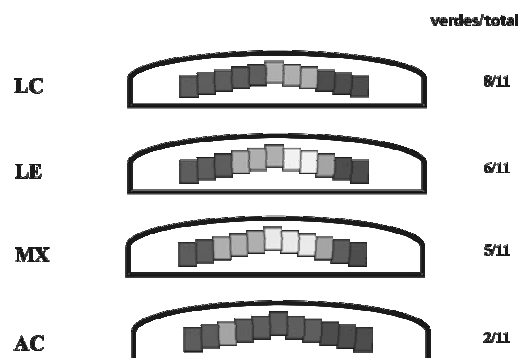
CARACTERISTICAS

- Enfoque parcial
- Demanda información predial
- Analiza el eslabón primario de la cadena
- Pocos actores en el proceso productivo
- Simplicidad en la colección de datos
- Seguimiento sencillo
- Costo moderado
- Unidad de referencia: 1 hectárea de tierra



PANEL DE CONTROL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL DE UN ESTABLECIMIENTO RURAL A TRAVÉS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD

De esta forma se genera un esquema gráfico que da una visión rápida de la situación ambiental de las empresas agropecuarias. Ref.: LC: Empresa Láctea con planteo más intensivo y LE menos intensivo; MX empresa mixta agrícola-ganadera y AC con agricultura continua.



COMPORTAMIENTO AMBIENTAL DE 4 ESTABLECIMIENTOS AGROPECUARIOS DURANTE LA DÉCADA DE 1990 DE ACUERDO AL NÚMERO DE INDICADORES EN VERDE, AMARILLO O ROJO