

**Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a la
Producción de Picadillo de *Clarias gariepinus* en la Empresa
Pesquera Industrial de Cienfuegos, Cuba**



Tesis

Presentada en opción al grado de Maestro en Ciencias en
Producciones más Limpias

Autora: Dra. MV y Z Ninieska Castro Graña

Tutores: Dra. Dunia García Lorenzo

2014

Tesis

Universidad de Cienfuegos

Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a la Producción de Picadillo de *Clarias gariepinus* en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, Cuba

En opción al grado de Maestro en Ciencias en

Producciones más Limpias

Autora: Dra. MV y Z Ninieska Castro Graña

Tutores: Dra. Dunia García Lorenzo

MsC. Ing. Berlan Rodríguez Pérez

Cienfuegos, Cuba

2014

DEDICATORIA

Le dedico este resultado a mi familia, en especial a mi hijo Hector Luis, y a mi madre, Angela Rita, a quienes quiero con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ Agradezco en primer lugar al Coordinador de la Maestría en Producciones Más Limpias de la Universidad de Cienfuegos, por confiar en mí.

- ✓ Especiales afectos a mis tutores: Berlan y Dunia: Quienes me guiaron en cada etapa de mi investigación.

- ✓ A todos mis compañeros de trabajo, por su ayuda y apoyo incondicional, en especial a Adriana y a Sacha, a Marcial, Yudith, Larry, Elisa, Silvio, Chachi, y mis colegas de la oficina.

- ✓ A mi familia, que me alentó y me apoyó para lograr este resultado.

A Todos:

Muchas Gracias

Resumen

El presente trabajo titulado: Aplicación del Análisis del Ciclo de Vida a la producción de picadillo de *Clarias gariepinus* en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, pretende mediante la aplicación de la mencionada herramienta de Producción más Limpia la identificación de los impactos ambientales asociados a la referida producción, al tiempo que permite valorar la implementación de alternativas de mejora siguiendo la metodología propuesta en la serie de Normas ISO 14040.

Los resultados del estudio arrojaron que los principales problemas ambientales se concentran en el Calentamiento Global, el uso de Combustibles Fósiles y la Emisión de Carcinógenos al aire, propiciados por el sobre consumo de energía eléctrica.

Como alternativas de mejora se proponen la sustitución de los compresores del frigorífico y del aislamiento de las tuberías de amoniaco, la colocación de cortinas de lama en las puertas de las cámaras, la reparación capital de los túneles de congelación y la adquisición y colocación de 190 lámparas estancas de 80 W en la Industria; medir de manera priorizada el consumo de energía eléctrica en INDUSUR y FRICOM; utilizar los camiones que mejor índice de consumo tengan para el traslado de producciones; re motorizar los tractores empleados en la alimentación animal en las estaciones de cultivo, para hacer más eficiente su índice de consumo. Se demuestra la factibilidad técnica económica y ambiental de las tres propuestas más representativas para el consumo de energía eléctrica, con una relación costo beneficio favorable, y un ahorro total de 215 395,2 CUC.

Abstract

The present study titled: Application of Life Cycle Analysis for the production of *Clarias gariepinus* hash in Cienfuegos Industrial Fisheries Company aims by applying the aforementioned Cleaner Production tool to identify the environmental impacts associated with the aforementioned production, while allowing the implementation of alternative assess improvement following the methodology proposed in the ISO 14040 series of standards .

The study results showed that the major environmental problems are concentrated in Global Warming, Fossil Fuel use and emission of carcinogens into the air, brought about by the consumption of electricity.

As improvement alternatives replacing refrigerator compressors and pipe insulation ammonia, placing lama curtains on the doors of the chambers, capital repair of freezing tunnels, and the acquisition and installation of 190 proposed watertight 80 W lamps Industry; place meter counters prioritized manner in INDUSUR and FRICOM; used trucks have better consumption rate for the transfer of production; re motorized the tractors used in animal nutrition in growing seasons, to make your rate of consumption more efficient. Economic and environmental technical feasibility of the three most representative proposals for electricity consumption is demonstrated with a favorable cost- benefit ratio, and a total saving of 215 395.2 CUC.

Contenido

Introducción	9
Capítulo I. Revisión Bibliográfica	14
1.1 Producción más Limpia: Conceptualización y Herramientas.	14
1.2 El Análisis de Ciclo de Vida y sus aplicaciones	20
1.2.1 El ACV como herramienta de gestión ambiental.....	24
1.2.2 Normas que establecen las fases del Análisis de Ciclo de Vida	25
1.2.3 El ACV y el mejoramiento de los productos (Ecodiseño).....	32
1.2.4 Beneficios del ACV.....	34
1.2.5 Soporte Informático para la aplicación del ACV	37
1.3 Cultivos dulceacuícolas en Cuba	39
1.3.1 El Cultivo del Pez Gato (<i>Clarias gariepinus</i>)	40
1.4 Conclusiones Parciales	44
Capítulo II. Materiales y Métodos.....	45
2.1 Caracterización de la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, EPICIEN.	45
2.2 Fundamentos de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a la Producción de Picadillo de <i>C. gariepinus</i> en EPICIEN.	49
2.3 Desarrollo del ACV	51
2.3.1 Definición del objetivo y alcance	51
2.3.2. Análisis del inventario del Ciclo de Vida	56
2.3.3 Evaluación del impacto del Ciclo de Vida (EICV).....	59
2.3.4 Interpretación del Ciclo de Vida o Análisis de mejoras	66

2.4 Conclusiones Parciales	67
Capítulo III. Aplicación del ACV a la producción de Picadillo de C. gariepinus en EPICIEN.	68
3.1 Definición de los Objetivos y el Alcance	68
3.2 Análisis del Inventario del Ciclo de Vida	71
3.2.1 Recolectar los datos.....	71
3.2.2 Construcción de los Diagramas de Proceso	81
3.3 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida	83
3.4 Interpretación del Ciclo de Vida o Análisis de Mejoras	87
3.5 Conclusiones Parciales	93
Conclusiones Generales	94
Recomendaciones	95
Referencias Bibliográficas	96
Anexos.....	106

Introducción

En la actualidad, legar a las futuras generaciones un medio ambiente apto para la continuidad de la civilización se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la humanidad. La apertura comercial y la globalización de las economías han generado requisitos adicionales a los ya existentes para la competitividad internacional, por lo que bajo la concepción del desarrollo sostenible, nuevos productos son expuestos al mercado y las probabilidades de aceptación son cada vez mayores para aquellos mejor certificados. El peligro que el desarrollo tecnológico y la satisfacción de las necesidades de la creciente población mundial representan, para un entorno natural expuesto además a variaciones climáticas crecientes, ha hecho que la “sustentabilidad ambiental” se convierta en un elemento de diferenciación en el éxito comercial de los productos que alcanzan el mercado internacional (Díaz, 2000).

Teniendo en cuenta los desafíos del Desarrollo Sustentable, un número cada vez mayor de organizaciones laboran conjuntamente implementando planes que permitan redireccionar políticas y obtener resultados concretos. Una de las premisas de estos planes es el llamado a: *“mejorar los productos y servicios a la vez que se reducen los impactos en salud y medio ambiente, usando donde sea apropiado, modelos científicos como el análisis de ciclo de vida”* (Suppen y Hoof 2005). En los últimos años, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), han buscado unificar las metodologías utilizadas en las áreas de inventario de ciclo de vida de los productos, la evaluación de impacto de ciclo de vida y la administración (*Life Cycle Management*), todo esto en la llamada Iniciativa de Ciclo de Vida (*Life Cycle Initiative*). Esta iniciativa toma como base los estándares de las normas ISO 14040 y busca establecer enfoques de mejores prácticas para una economía de ciclo de vida.

Los estudios basados en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) posibilitan realizar un examen integral de la situación y la consiguiente propuesta de mejores prácticas en el manejo de los productos, procesos y actividades, así como la determinación de los

principales indicadores de impacto. La metodología ACV, o Life Cycle Assessment (LCA), analiza las entradas de materia y energía a un sistema y las salidas del mismo a la naturaleza en forma de productos, co-productos, emisiones y residuos. Por tanto, es un método para analizar y evaluar los efectos y cargas ambientales que genera un producto, proceso o actividad durante todo su ciclo de vida, es decir, desde su origen hasta su consumo, o como es definido por muchos, “de la cuna a la tumba” (Hospido, 2005).

El ACV es una herramienta de gestión ambiental que permite determinar el impacto que sobre el medio ambiente tiene la producción de diferentes artículos, materiales y servicios a partir de un enfoque holístico, es decir, considerando todos los componentes involucrados desde la extracción de las materias primas hasta la disposición de los productos. A través de una evaluación de ACV se pueden inducir cambios de actitud en relación con las formas de producir y propiciar procesos más eco-eficientes (de menor impacto ambiental), lo cual se traduce en la mejora competitiva del sector productivo y colabora con el avance hacia el desarrollo sostenible.

En Cuba, desde 1998 el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) ha venido realizando esfuerzos para promover, introducir e implementar estrategias de producción acordes con las normas internacionales en los sectores prioritarios de la economía, enfocando sus productos a la eco-eficiencia y el desarrollo sostenible. La Industria Alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, ya que integra líneas productivas muy diversas cada una de las cuáles genera múltiples y muy diferentes residuos. El sector pesquero, dentro de la Industria Alimentaria, ha aplicado la herramienta ACV fundamentalmente en productos provenientes de la plataforma (Cruz-Núñez, 2010; Jiménez, 2012), pero se evidencian pocos estudios aplicados a los cultivos de especies y en especial de peces dulceacuícolas.

En la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos (EPICIEN), desde el año 2008 se retomó de forma autorizada el cultivo de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) como

iniciativa para aumentar la producción y brindar nuevas y mejores opciones a la población. A pesar de que a nivel nacional las producciones se han perfeccionado y aumentado desde sus inicios, se está aún ante un proceso productivo en consolidación.

Entre las producciones de valor agregado que se elaboran en la industria de EPICIEN, se destaca el Picadillo de *Clarias gariepinus* (*C. gariepinus*), el cual se destina al consumo social, específicamente para los Círculos Infantiles del territorio (sustituyendo importaciones); o como materia prima de otras producciones conformadas que igualmente se elaboran en dicha industria (Croqueta, hamburguesa, albóndiga, entre otras), que abastecen y se comercializan en moneda nacional en la Red minorista de Pescaderías Especializadas de la ciudad de Cienfuegos.

Por tanto la **situación problemática** se presenta ya que en la Empresa existe un aumento significativo de las producciones de Clarias del cultivo intensivo, así como un deterioro de la infraestructura para el proceso industrial y el mantenimiento congelado de las producciones terminadas, lo que propicia altos consumos de energía eléctrica.

Uno de los principales surtidos de esta producción lo constituye el picadillo de *C. gariepinus* como anteriormente se cita lo que representa alrededor de un 56% de la producción anual y por ende un por ciento representativo en los altos consumos eléctricos referidos, lo que lo definen como producto base para la aplicación de soluciones.

Estas causas se resumen como sigue:

- Consumos elevados de energía eléctrica por el deterioro de la infraestructura.
- Reducción de la Capacidad Industrial por el aumento del volumen de captura.

Problema de Investigación:

Desconocimiento de los impactos ambientales ocasionados en el ciclo de vida del proceso productivo del Clarias.

Hipótesis

La aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a la producción de Picadillo de *C. gariepinus*, permite determinar el impacto ambiental generado por este proceso productivo y, sobre esa base, proponer medidas de mejoras.

El contraste de esta hipótesis dependerá de alcanzar los siguientes objetivos:

Objetivo General

Aplicar, basado en las normas ISO 14040: 2006 e ISO 14044:2006, el Análisis de Ciclo de Vida a la producción de Picadillo de *C. gariepinus* en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, con el fin de proponer alternativas de mejoras técnicas económicas y ambientales a la entidad.

Objetivos Específicos

- ✓ Identificar el impacto ambiental que ocasiona el proceso de producción de picadillo de *C. gariepinus* en EPICIEN.
- ✓ Realizar el análisis de mejora, proponiendo un plan de medidas que permita reducir los impactos ambientales e incrementar el desempeño económico de la organización.
- ✓ Analizar la factibilidad técnica económica y ambiental de las mejoras más representativas.

Aporte del estudio

Desde el punto de vista práctico el estudio del tema permitirá profundizar en la determinación de los impactos ambientales ocasionados, mediante la confección del inventario de entradas y salidas del proceso estudiado; y como resultado del estudio se le facilitaría a la alta dirección de EPICIEN información útil para la posterior toma de decisiones en función de la importancia de las acciones propuestas mejorando con ello su eficiencia económica. Su valor práctico radica en el beneficio demostrado de

poder realizar estudios de Análisis de Ciclo de Vida en función de identificar y reducir los impactos ambientales que ocasionan los procesos productivos contribuyendo a la vez al desarrollo sostenible de dicha Organización.

El trabajo consta de tres Capítulos:

Capítulo I. Revisión Bibliográfica.

Se realiza un estudio documental de las Producciones más Limpias, presentando al Análisis de Ciclo de Vida como una de sus herramientas, así como su aplicación en el sector alimentario y específicamente dentro de la pesca; se aborda además sobre el cultivo de la especie *C. gariepinus*, objeto de estudio en la presente investigación.

Capítulo II. Materiales y Métodos.

En el Capítulo se realiza la caracterización de la empresa objeto de estudio, se fundamenta el problema científico definido; así como la metodología propuesta para la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida en la referida empresa.

Capítulo III. Análisis de los Resultados.

Se procede a aplicar la metodología descrita anteriormente, en consecuencia con el producto y entidad objeto de estudio donde se identifican los impactos y se plantean las mejoras, analizando la factibilidad de las que más influyen en la reducción de ellos.

Capítulo I. Revisión Bibliográfica

1.1 Producción más Limpia: Conceptualización y Herramientas.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Producción más Limpia (P+L) es *“la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente”*.

Este concepto puede ser aplicado a diferentes procesos industriales, a productos en sí mismos y a varios servicios ofrecidos a la sociedad. (UNEP, 2006).

- En procesos productivos, la P+L involucra la conservación de materias primas, agua y energía con la disposición de materiales tóxicos y peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos en la fuente, el proceso.
- En productos, la producción más limpia ayuda a reducir el impacto ambiental, en la salud y en la seguridad de los productos durante todo su ciclo de vida.
- En los servicios, la P+L incorpora las consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

Esta metodología permite al sector productivo ser más rentable y competitivo a través del ahorro generado por el uso eficiente de materias primas y por la reducción de la contaminación en la fuente de sus procesos, productos o servicios; con lo que además se evitan sanciones económicas por parte de las autoridades ambientales, y se promueven nuevos beneficios al ofrecer al mercado productos fabricados bajo tecnologías limpias. (CNP+LH, 2008).

Según el CNP+L, Chile, (2008), en los pasados 30 años, las naciones industrializadas respondieron a la contaminación y a la degradación ambiental por cuatro vías características:

- Primero, ignorando el problema
- Luego, diluyendo o dispersando la contaminación, de modo que los efectos aparentes eran menos perjudiciales
- Después, tratando de controlar la contaminación y los residuos, lo que se ha denominado el enfoque “al final de la línea de proceso” (“end-of-pipe”)
- Recientemente, mediante una producción limpia, previniendo la contaminación y la generación de residuos en su origen.

Esta secuencia de “ignorar-diluir-controlar-prevenir” responde a los nuevos tiempos, ya que protege el ambiente, los consumidores y los trabajadores, a la vez que mejora la eficiencia, la rentabilidad y la competitividad del sector productivo.

Con la implementación de P+L se busca pasar de un proceso ineficiente de **control** de la contaminación “al final del tubo”, a un proceso eficiente de **prevención** de la contaminación desde su punto de origen, a través de la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía a lo largo del proceso industrial. Se previene la contaminación al sustituir las materias primas que contengan una alta carga contaminante, y al crear los soportes administrativos que permitan manejar integralmente los residuos. El proceso de reducción de la contaminación se realiza en 4 niveles de acción (Figura 1.1), dentro de los cuales se encuentran los niveles preventivos (la reducción y el reciclaje/reutilización) y los de control (tratamiento y disposición final). (ONUDI, 1999).

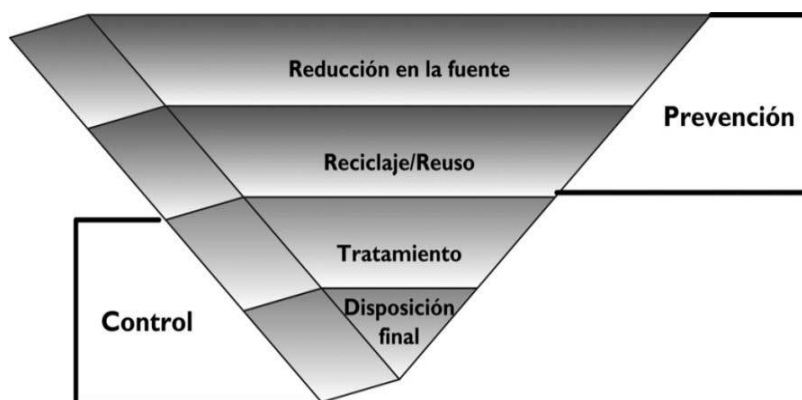


Figura 1.1 Esquema de los niveles de reducción de la contaminación.

Fuente: ONUDI, 1999

Las opciones de Producción Limpia, además de ser eficientes desde el punto de vista ambiental, normalmente son de menor costo y/o tienen reducidos períodos de pago de la inversión. Por tal motivo son denominadas opciones costo-eficientes. (Kirós, 2003).

Según Hoof y Herrera, (2007), la P+L todavía se considera como la estrategia emergente para afrontar los retos ambientales nacionales e internacionales en la industria. Los desarrollos relacionados con la globalización y la integración de la variable ambiental como un elemento central de la competitividad, hacen evidente la importancia del enfoque preventivo para asegurar un manejo responsable de las empresas ante los crecientes y variados requerimientos; además concluyen dichos autores que la Política de P+L en un país debe evolucionar, desde un enfoque para la optimización y mejoramiento de procesos empresariales existentes hacia una estrategia de desarrollo empresarial que promueva la innovación tecnológica y la sostenibilidad de los negocios.

Para diseñar e implementar de un " Programa de Producción más Limpia ", es necesario poner en práctica una metodología de cuatro fases o etapas, las cuales se muestran en el Anexo 1.

1. Planeamiento y Organización

Es donde se establece el compromiso de la empresa, indispensable para su implementación exitosa. También se da a conocer la iniciativa al personal y se definen los grupos de trabajo y sus responsabilidades. En esta fase además se definen claramente las metas del programa de P+L dentro de la Empresa, se identifican los obstáculos y soluciones para su implementación y se capacita al personal involucrado, ya sean mandos intermedio u operarios.

2. Evaluación en Planta

La fase de evaluación del proceso en planta es crucial en la implementación de la P+L, ya que al efectuar el reconocimiento de las distintas etapas del proceso

productivo se identifican Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). De este análisis se derivan las principales recomendaciones de mejora. Con la evaluación en planta se determina también la situación general de la empresa, los puntos críticos en el manejo de la energía, del agua y materia prima así como sus efectos financieros y ambientales.

Las actividades a realizar en esta etapa son:

- Reunir los datos generales de la empresa y del proceso de producción (volumen de materiales, residuos y emisiones en el flujo).
- Definir el diagrama de flujo del proceso: entradas y salidas.
- Llevar registros y mediciones de materias primas, consumos de agua y energía.
- Organizar el equipo evaluador.
- Generar opciones.

3. Estudio de Factibilidad

En esta fase se elaboran los análisis económicos, tecnológicos y ambientales de las oportunidades de mejora encontradas, para identificar las que sean factibles. Las actividades a realizar en esta etapa son:

- Evaluación técnica, económica y ambiental: considerando como estos elementos afectan a la producción, la calidad, el ambiente, los costos de inversión y beneficios.
- Definición de recomendaciones.
- Selección de las medidas a tomar.

4. Implementación y Seguimiento

Esta es la fase de ejecución en la que se concretan las recomendaciones establecidas mediante la asignación de recursos económicos, tecnológicos y humanos. Para la implementación se requiere:

- Establecer la fuente y el monto de los fondos destinados al proyecto

- Ejecutar las medidas recomendadas: asignación de recursos y determinación de los responsables de llevar a cabo estas medidas.
- Monitorear y evaluar las medidas implementadas, mediante el uso de indicadores que permitan medir el desempeño, de auditorías internas y de reportes de seguimiento.

Como ya se ha establecido, la implementación de P+L es la simple aplicación de una serie de pasos ordenados que conducen a una mejora continua. No obstante, debe recalcar que la metodología de implementación funciona como un círculo cerrado, ya que el proceso no termina con el desarrollo de las recomendaciones establecidas, sino que continua con una etapa de seguimiento de las mismas, para posteriormente identificar e implementar nuevas acciones.

Después de identificar, en el proceso de evaluación de la empresa, las fuentes de residuos, de emisiones y de desperdicio de materias primas y energía, se inicia la búsqueda de medidas correctivas. (CNP+LH, 2009). Los elementos básicos a considerar se presentan a continuación:

- Cambios en las materias primas: mediante un cambio en las materias primas se puede reducir la generación y formación de residuos o compuestos residuales peligrosos, originados por la presencia de impurezas en las materias primas inadecuadamente seleccionadas. Al sustituir un compuesto peligroso o contaminante por otro más inocuo, se elimina la necesidad de aplicar un tratamiento al “final del tubo”.
- Cambios en las tecnologías: se refiere a las modificaciones que pueden realizarse en el proceso o en los equipos, con la finalidad de reducir la generación de residuos y emisiones, así como al uso eficiente de materias primas y energía.
- Generar buenas prácticas operativas: consiste en una optimización de los procedimientos operativos y administrativos para reducir o eliminar, residuos, emisiones, uso ineficiente de insumos y tiempos de operación.

- Reutilización y reciclaje en planta: estas dos actividades pueden dar lugar a una recuperación de materias útiles, y a la localización de nuevos factores que promuevan el uso adecuado de materias primas, reduciendo así los gastos innecesarios.

De la evaluación del estado de la empresa y de las opciones generales de P+L que se apliquen, se pueden obtener los siguientes resultados:

- Localización de los principales puntos de entrada: consumo de agua, energía, materia prima e insumos
- Identificación de las principales fuentes de residuos y las cantidades generadas
- Identificación de procesos que generan una cantidad considerable de residuos
- Establecimiento de puntos críticos
- Identificación de fortalezas desde el enfoque de procesos, y desde un análisis económico y ambiental
- Establecimiento de un programa de reuniones para seguimiento de la implementación
- Publicación, a nivel interno y externo, de los avances y resultados obtenidos (CONAM, 2003) (ONUDI, 1999).

El Anexo 2 muestra el esquema de como los nuevos conceptos y enfoques de Producción más Limpia han avanzado sobre diferentes ejes, desde esquemas de optimización de procesos y productos existentes hacia procesos más complejos de innovación de sistemas productivos y negocios enteros. La misma figura evidencia como la misma estrategia de P+L amplía su alcance desde un reto interno en las instalaciones físicas de la empresa hacia un enfoque donde las soluciones son complejas e interrelacionadas con actores y elementos de su entorno.

Considerar el ciclo de vida significa entender que los problemas y soluciones no sólo están al interior de la empresa, sino en la relación con su entorno; de esa manera las soluciones propuestas son integrales. Estas soluciones toman en cuenta nuevos conceptos de la Producción más Limpia en varias dimensiones con distintas complejidades que ilustran el avance conceptual de la Producción más Limpia en la

última década, existiendo una clara tendencia hacia nuevos enfoques de mayor complejidad que integran variables ambientales, económicas y sociales. Las soluciones en torno a la problemática ambiental ya no sólo son retos de ingeniería sino también retos empresariales que involucran todas sus funciones. Así mismo, en el ámbito gubernamental, van desde asuntos relacionados con las autoridades ambientales, hasta los aspectos de desarrollo y comercio.

Avances a nivel mundial muestran cómo la P+L como una estrategia preventiva enfocada hacia la optimización de un sub-sistema ha evolucionado hacia una estrategia integral de producción, consumo, comercio, y desarrollo. El énfasis de los nuevos desarrollos profundiza el principio de la prevención hacia conceptos sistémicos del ciclo de vida. El aporte de esta nueva concepción de ciclo de vida se muestra en la perspectiva de optimizar el sistema productivo desde las materias primas, procesos de producción, transporte, uso y disposición final. Al contrario de la concepción inicial de la P+L, que en su inicio sólo buscaba la identificación de alternativas preventivas en una parte de sus eslabones. (Hoof y Herrera, 2007).

1.2 El Análisis de Ciclo de Vida y sus aplicaciones

Existen diferentes esquemas para apoyar a las empresas en su camino hacia la sustentabilidad. El Anexo 3 resume las bases sobre las que debe realizarse un diagnóstico de sustentabilidad. En dicho resumen se hace evidente que la estrategia de analizar el ciclo de vida de los productos no es una práctica del mañana sino una necesidad actual (Hart, 1997).

Otros enfoques de sustentabilidad empresarial indican que los nuevos modelos de mercado requieren reflejar el valor de los recursos naturales, de nuevos consumidores responsables y del diálogo y asociación entre las partes interesadas (Holliday *et al.*, 2002; Holliday, 2010).

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de un producto aparece en 1997 dentro de las normas Europeas ISO 14000, como herramienta para determinar el impacto ambiental de los procesos productivos. A nivel mundial, tanto en la industria alimentaria como en

la automotriz, la minera y la energética, hace varios años que se realizan investigaciones en este sentido, todas ellas encaminadas a que la producción en el siglo XXI contemple la protección al medio ambiente (Cancino *et al.*, 2009). En la industria minera por ejemplo, los ACV son de muy reciente aplicación y su puesta en práctica ha contribuido a determinar categorías de impacto apropiadas, ha dado lugar a la generación de productos más funcionales, y ha potenciado el desarrollo de todo el proceso productivo en general (Awuah-Offei y Adekpedjou, 2010). Según Rieradevall (2009), el ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno.

El ejercicio de un ACV requiere de la aplicación sistemática de los métodos existentes así como de nuevos métodos (Cowell *et al.*, 1997). Mediante la acción concertada “Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture”, se investigó cómo el ACV puede ser aplicado a la producción agraria, estableciendo las primeras pautas para su aplicación en agricultura e identificando las dificultades metodológicas que requieren una investigación más profunda (Audsley, 1997). Dentro del propio sector agroindustrial, investigadores holandeses (Wegener Sleeswijk *et al.*, 1996) continuaron desarrollando esta metodología y realizaron un suplemento a la normativa “LCA Guide” (Heijungs *et al.*, 1992) con el fin de ofrecer una metodología uniforme para analizar los impactos ambientales de los productos agrarios. Con el paso del tiempo, el criterio de los expertos continuó unificándose en función de revisar y mejorar la estructura computacional del ACV, integrando a su vez alternativas medioambientales a la obtención de productos (Heijungs y Suh, 2002). Otra acción concertada en el ámbito europeo: “An Environmental Study-LCA network on Foods”, dió lugar a la constitución del grupo LCAnet-Food dedicado al estudio y promoción del ACV como metodología para el análisis de la producción de alimentos. Entre los objetivos fundamentales se encontró la constitución de una red para la utilización del ACV en la cadena alimentaria y la formación de una base de datos (Olsson, 1999). Posteriormente, Jungblutht (2000) lleva a cabo una investigación en la que se propone ayudar al consumidor suizo a

considerar los aspectos ambientales en la decisión del producto a comprar. Según este estudio, centrado en cárnicos y hortalizas, el transporte transoceánico y la calefacción de invernaderos son los factores que implican una mayor carga ambiental. Por el contrario, el empaquetado, método de conservación y consumo son de importancia menor comparados con productos agrarios.

En el ámbito internacional, entre los temas más abordados en relación con los ACV, han predominado aquellos vinculados a los sectores más extensivos: agricultura orgánica versus convencional (Geier *et al.*, 1998), y productos elaborados como leche (Cederberg *et al.*, 1998; Hospido *et al.*, 2003), pan (Braschkat *et al.*, 2003) y margarina. En los aspectos metodológicos destacan los trabajos sobre distribución de las cargas ambientales en el caso de co-productos y propuestas de indicadores a utilizar, principalmente aquellos que tienen en cuenta el uso del suelo (Jungblucht *et al.*, 2003; Peters *et al.*, 2003).

Con el mayor aporte proveniente de los países desarrollados, la metodología de ACV se mantiene en continuo perfeccionamiento superándose desde el punto de vista computacional y sobre los modelos de integración. Muy difundido ha sido su empleo en la industria petrolera, en la que la adopción de una perspectiva sistémica, integradora y holística ha contribuido a redireccionar las políticas en función de lograr procesos y productos sostenibles que puedan ser regularmente evaluados y rediseñados en este sentido a partir de la aplicación de diversos avances científico-tecnológicos. La adopción de modelos de evaluación sistémicos y dinámicos, y el establecimiento de indicadores que han permitido el seguimiento de los procesos productivos, ha posibilitado en esta industria la toma de decisiones más adecuadas sobre la base de criterios multidimensionales. Esto, derivado de la aplicación de ACV, ha mejorado significativamente el desempeño industrial (Halog y Manik, 2011).

Sólo en la segunda mitad de la primera década del siglo XXI, toman auge los trabajos encaminados a la aplicación de los ACV en acuicultura y pesca. Varios estudios se han encaminado al análisis y mejora de procesos productivos tanto industriales como manufacturados (Hospido *et al.*, 2006). Un estudio de ACV aplicado al proceso

productivo de la trucha arco iris, principal cultivo desarrollado en Finlandia, permitió determinar que las emisiones a la atmósfera producto de la transportación y el procesamiento de las materias primas, y las elevadas concentraciones de fósforo y nitrógeno vertidas al agua, son las principales cargas ambientales que genera este proceso productivo. Mediante la aplicación del ACV fue posible entonces generar las medidas para disminuir estas cargas y obtener un producto más amigable con el medioambiente y a la vez más eficiente (Grönroos *et al.*, 2006).

En otras regiones, Sonesson y Nilsson (2007), aplicaron el ACV para el análisis de la producción de filetes de bacalao congelado y de derivados de la langosta del norte (*Nephrops norvegicus*), e igualmente se realizó la evaluación de Ciclo de Vida de las pesquerías de Salmón y la acuicultura del pacífico noroeste, en Suiza (Kruse *et al.* 2007). Más adelante, Ayer y Tyedmers (2008), aplicaron el ACV para identificar los principales impactos y explorar nuevas alternativas en el proceso tecnológico de la salmonicultura, en Canadá. En la opinión de varios investigadores, el ACV es la metodología que hace posible aumentar la sustentabilidad de las producciones al proveer información imprescindible para una adecuada toma de decisiones, con base en un análisis de inventario que hace un balance ambiental de los procesos y que crea indicadores para monitorear las decisiones tomadas. La metodología del ACV permite construir un mapa de todo el proceso productivo y de esta manera hace posible la aplicación de nuevas tecnologías que, si fuese necesario, reformularían el proceso y contribuirían a una explotación cada vez más responsable de los recursos naturales (Machado y Cavenaghi, 2009).

En Cuba, los estudios de ACV son igualmente recientes (Díaz-Peña, 2009; Monzón, 2008; Moya, 2010) y admiten aún importantes contribuciones sobre todo en cuanto a diversificar los sectores en que se aplican. En el caso de la pesca y la acuicultura, los ACV han sido aplicados fundamentalmente a procesos productivos de especies cuyo desarrollo y captura tienen lugar en hábitats marinos de plataforma (Cruz-Núñez, 2009), siendo nulas las experiencias en cultivos dulceacuícolas.

1.2.1 El ACV como herramienta de gestión ambiental

La gestión ambiental, es el conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana (Ley No. 81 del Medio Ambiente, 1997). Según Soler (1997), es el conjunto de acciones encaminadas al uso, conservación o aprovechamiento ordenado de los recursos naturales y del medio ambiente en general. El concepto de gestión lleva implícito el objetivo de eficiencia, por lo que la gestión ambiental implica aprovechar los recursos de modo racional y rentable aplicando criterios de materia y energía. Se debe tender a una filosofía de ahorro y aprovechamiento sostenible.

La metodología creada en el ACV permite la integración de los efectos en diferentes áreas, a la vez que los cuantifica y hace posible su comparación, constituyendo así una herramienta de gestión ambiental (Cancino *et al.*, 2009). El ACV es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales asociados a cada una de las etapas del ciclo de un producto. Un análisis de este tipo se desarrolla en principio para el estudio de procesos industriales, pero se le ha empleado también para mejorar la política ambiental de una empresa. Así mismo, resulta un instrumento eficaz en el desarrollo de los criterios necesarios para el eco-etiquetaje (Milà, 2003), que aumenta al éxito mercantil de las producciones.

Según Suppen y Hoof (2005), cualquier método de evaluación ambiental, económico o social, debe tener un enfoque sistémico y tomar en cuenta el ciclo de vida completo del proceso a evaluar (extracción de materiales, producción, uso, reciclaje y disposición final). Tener en cuenta una visión integradora (iniciativa de ciclo de vida) es un prerrequisito para cualquier evaluación sólida de sustentabilidad, ya que permite evitar

que las diferentes partes o etapas del sistema analizado transfieran impactos negativos entre sí o a la sociedad, la economía, o el medio ambiente. Sin embargo, tener esta perspectiva de ciclo de vida no es suficiente, ya que es preciso conocer la magnitud de los riesgos, daños y oportunidades de prevención o mejoras, y para ello son necesarias las herramientas que posibilitan análisis cuantitativos.

Los métodos basados en el ACV han mostrado un gran potencial para realizar evaluaciones consistentes de sustentabilidad, pues a pesar de que tradicionalmente el ACV se ha enfocado a los impactos por contaminación (ACV ambiental), se pueden ahora evaluar impactos socio-económicos, con un análisis de ciclo de vida económico (White *et al.*, 1995; Norris, 2001) y con el análisis de ciclo de vida social (O'Brien *et al.*, 1996; Norris *et al.*, 2004). No obstante, puede considerarse una metodología dinámica aún en desarrollo pues hasta hoy se continúan explorando nuevas variantes para incorporar consideraciones económicas y sociales a los aspectos ambientales contenidos en un ACV (Chacón, 2008).

1.2.2 Normas que establecen las fases del Análisis de Ciclo de Vida

La complejidad del Análisis de Ciclo de Vida requiere un protocolo al cual deberá ajustarse todo estudio de ACV. Dicho protocolo se haya establecido en la normativa elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés). En 1994, se estableció dentro de ISO el comité técnico TC 207 relacionado con la normalización de herramientas ambientales, en ese entonces los estudios de ACV quedaron estructurados por un conjunto de cuatro normativas y tres informes técnicos. Las normativas son:

- ISO 14040 (1997): especifica el marco general, principios y necesidades básicas para realizar un estudio de ACV, no describiéndose la técnica del ACV en detalle.
- ISO 14041 (1998): en esta normativa se especifican las necesidades y procedimientos para elaborar la definición de los objetivos y alcance del estudio y para realizar, interpretar y elaborar el informe del análisis del inventario del ciclo de vida, ICV (*LCI*).

- ISO 14042 (2000): en ella se describe y se establece una guía de la estructura general de la fase de análisis del impacto, AICV (*LCIA*). Se especifican los requerimientos para llevar a cabo un AICV y se relaciona con otras fases del ACV.
- ISO 14043 (2000): esta normativa proporciona las recomendaciones para realizar la fase de interpretación de un ACV o los estudios de un ICV, en ella no se especifican metodologías determinadas para llevar a cabo esta fase.

Los documentos técnicos de consulta para la ejecución de un ACV son:

- ISO/TR 14047 (2002): proporciona un ejemplo de cómo aplicar la norma ISO 14042.
- ISO/CD TR 14048 (2002): este documento proporciona información en relación con los datos utilizados en un estudio de ACV.
- ISO/TR 14049 (2001): este informe técnico proporciona ejemplos para realizar un Inventario de Ciclo de Vida (ICV) de acuerdo con ISO 14041. Estos ejemplos deberán entenderse como no exclusivos y que reflejan parcialmente un ICV.

En diciembre del año 2006, es elaborada por el Comité Técnico 207 de ISO, dos nuevas normativas que consolidan de manera integral la metodología para los estudios de Análisis de Ciclo de Vida, ellas son:

- ISO 14040:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.
- ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices.

Ambas normas anulan y sustituyen a las propuestas inicialmente por la Organización Internacional de Normalización (ISO), y serán la base para la realización de la presente investigación.

La metodología abordada considera una serie de fases de trabajo interrelacionadas que siguen una secuencia definida, aunque en ocasiones es posible realizar un estudio obviando algunas de las fases.

Tal y como ilustra la figura 1.2, estas fases no son simplemente secuenciales. El ACV es una técnica iterativa que permite ir incrementando el nivel de detalle de los análisis aún durante su aplicación. Los resultados de una fase pueden emplearse para redefinir las hipótesis y objetivos de las fases previas, resultando por tanto que el ACV es una metodología que se retroalimenta y puede rediseñarse mientras se ejecuta (Romero-Rodríguez, 2003).

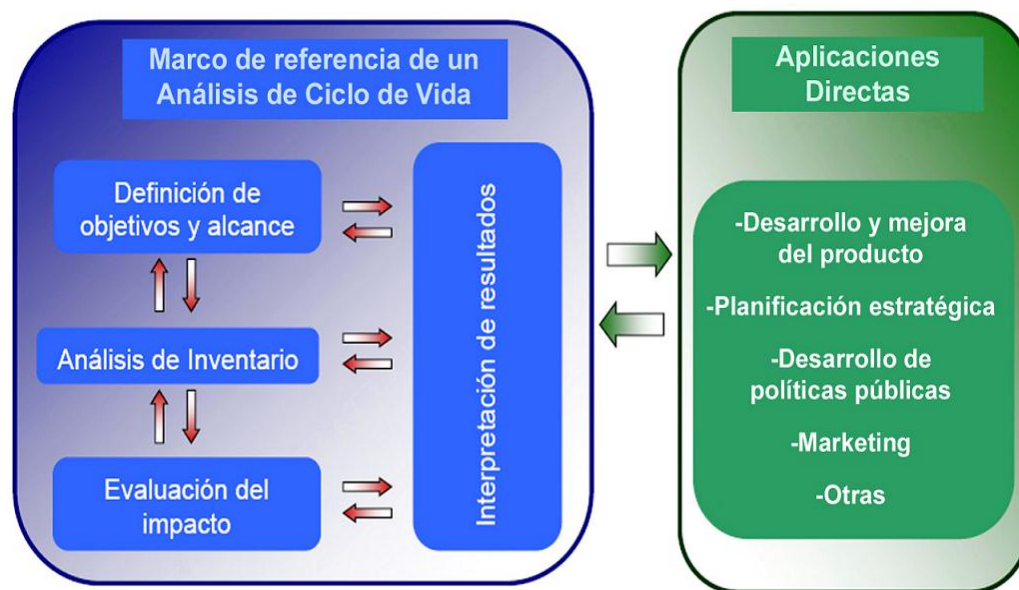


Figura 1.2. Fases para la aplicación de la metodología ACV.

Fuente: Modificado de ISO 14040: 2006.

Según Suppen y Hoof (2005), el proceso se inicia bajo requisitos que pueden ser readaptados a medida que se disponga de mayor información, actualmente las cuatro fases se aplican de la siguiente manera:

1. Marco metodológico, que incluye la definición de objetivo y alcances, función, unidad funcional y fronteras o límites del sistema.
2. Análisis de inventario (inventario del ciclo de vida - ICV). En esta parte se

desarrolla un diagrama de flujo (árbol de procesos), además se identifican y cuantifican las entradas y salidas de cada etapa del ciclo de vida.

3. Evaluación de impacto de ciclo de vida (EICV). Consiste en la determinación de las relaciones existentes entre las salidas y el medio ambiente a partir de la interpretación de la información generada en el análisis del ICV, clasificando los efectos al medio ambiente en diferentes categorías de impacto ambiental y modelando indicadores para cada categoría.
4. Interpretación/Evaluación de mejoras. Se busca, a partir de las consecuencias ocasionadas por las entradas y salidas, establecer prioridades para la búsqueda de mejoras en el sistema.

En la primera de estas etapas, el producto o servicio a analizar es comparado con una norma estándar para determinar, basado en las diferencias encontradas, la necesidad de realizar el estudio, y sus objetivos. La dimensión (alcance) queda establecida al definir y explicar las metodologías seleccionadas, los supuestos y las limitaciones más importantes a las que se ceñirá la investigación (Domínguez, 2008). Para la definición de los límites del sistema, se tienen en cuenta dos conceptos básicos: el sistema producto y el proceso unitario.

Según ISO 14040:2006, un sistema producto se subdivide en un conjunto de procesos unitarios los cuales se vinculan entre sí mediante flujos de productos intermedios y/o de residuos para tratamiento, con otros sistemas de producto, mediante flujos de producto, y con el medio ambiente mediante flujos elementales, los cuales realizan una o más funciones. (Figura 1.3). Otro aspecto importante es la definición de la “unidad funcional”, la cual es una medida de la función del sistema y de las entradas y salidas que se le asocian. De la adecuada definición de la unidad funcional, depende que puedan realizarse comparaciones entre dos sistemas diferentes. La unidad funcional ha de ser precisa y suficientemente comparable (Goest, 2006), sin embargo, su definición puede formar parte de un proceso complejo que ha requerido de numerosos estudios al respecto.

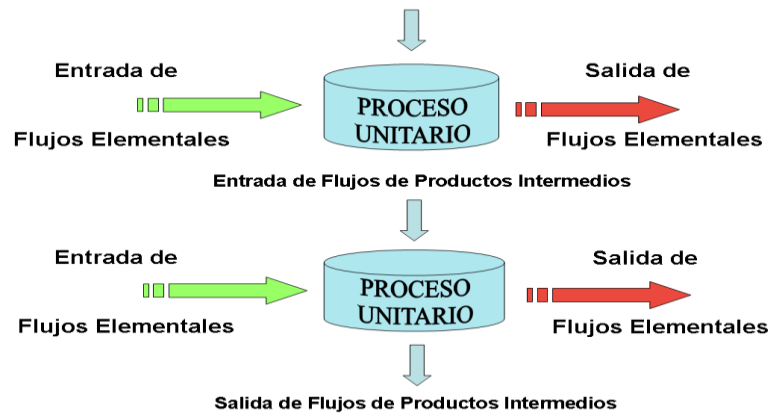


Figura 1.3. Diagrama que ilustra la relación entre los procesos unitarios dentro de un sistema producto.

Fuente: Adaptado de ISO14040:2006.

Según Armada (2006), los productos tienen propiedades que pueden ayudar a definir la unidad funcional, las mismas son:

- Propiedades obligatorias que debe tener el producto para que sea considerado como una alternativa de mercado.
- Propiedades de posicionamiento que se necesitan para tener una preferencia por parte del consumidor, un empaque puede ser de más fácil manejo que otro.
- Otras propiedades que no son de mercado, pero importantes para el consumidor, por ejemplo si un empaque se puede apilar fácilmente o es reciclable.

El análisis del inventario de ciclo de vida, ya la segunda etapa, comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las principales entradas y salidas del sistema, teniendo como punto de referencia la unidad funcional. Según Benoît-Norris (2013), esta es la etapa de más trabajo y rigor en un ACV, y es por tanto, determinante. Un estudio adecuado de ACV, en la actualidad, debe ser secuencial y basarse en un análisis de inventario que integre todas las etapas (hasta el mercado y el consumo del producto final) cuantificando, mediante modelos económicos, las consecuencias del uso de la tierra y la implementación de sistemas de cultivo (Kløverpris *et al.*, 2007). Los flujos elementales pueden incluir el uso de los recursos y

las emisiones al aire, y los vertidos al agua y al suelo asociados con el sistema (ISO14040, 2006). Los datos a coleccionar para cada proceso unitario pueden clasificarse de la siguiente manera (Aranda, 2010):

- Entradas de energí, entradas de materia prima, y otras entradas físicas.
- Productos, co-productos y desechos.
- Emisiones al aire, descargas al agua y al suelo.
- Otros aspectos ambientales.

La siguiente etapa está destinada a evaluar la significación de los impactos ambientales, con base en los resultados del análisis de inventario. Este proceso supone asociar los datos del inventario con impactos específicos, y supone los siguientes pasos (Acevedo, 2002):

- Selección y definición de las categorías de impacto: Identificar categorías adecuadas de impacto ambiental (Por ejemplo, cambio climático, acidificación, toxicidad terrestre).
- Clasificación: Asignar los resultados del Inventario a las categorías de impacto (Por ejemplo, clasificar las emisiones de dióxido de carbono a cambio climático).
- Caracterización: Modelar los impactos del Inventario dentro de las categorías de impacto usando factores de conversión con base científica (Por ejemplo; modelar el impacto potencial del dióxido de carbono y el metano en el cambio climático).
- Normalización: Expresar los impactos potenciales en formas que puedan ser comparadas (Por ejemplo, comparar el impacto del cambio climático del dióxido de carbono y metano para las dos opciones).
- Agrupación: Ordenar o clasificar los indicadores (Por ejemplo, ordenar los indicadores por ubicación: local, regional y global).
- Ponderación: Enfatizar los impactos ambientales potenciales más importantes.

- Evaluación y reporte de resultados.

La interpretación de los resultados, última etapa, consiste en la combinación de los resultados del análisis de inventario con la evaluación de impactos; puede conceptualizarse como conclusiones y recomendaciones, y constituir un argumento importante en la toma de decisiones y en el planteamiento de mejoras. Esta etapa permite determinar en qué fase del ciclo de vida del producto se generan las principales cargas ambientales y qué puntos del sistema evaluado pueden o deben ser mejorados. Si se trata de una comparación entre productos, con base en esta interpretación podrá determinarse cuál de ellos presenta un mejor desempeño ambiental (Gallego 2008). La interpretación puede ir asociada al empleo de herramientas para la prevención de la contaminación industrial y otros impactos ambientales así como la minimización de residuos y el rediseño de productos (que incluye la reutilización de éstos), (Ayer y Tyedmers, 2008).

El inconveniente de la etapa de análisis del ICV, es que muchos de los datos utilizados son imprecisos porque provienen de estimaciones y consideraciones asumidas por el realizador del ACV. Desafortunadamente, existen aún varias imprecisiones e incertidumbres en la modelación de los daños y la estimación de los indicadores. Por suerte, los investigadores comprometidos con esta tarea no hacen caso omiso de ello y continuamente se labora en la generación de factores de caracterización y corrección para la determinación, modelación y minimización de estas incertidumbres (De Schryver *et al.*, 2010).

Posteriormente, en la etapa de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) se determina la importancia relativa de cada elemento del inventario y se agregan las intervenciones en un conjunto de indicadores a los que llamamos categorías de impacto, pero las comparaciones y la toma de decisiones a partir de estos resultados no es fácil. Dentro de la EICV existe el paso de la valoración, que consiste en asignar una importancia relativa a cada una de las categorías de impacto para después sumaras y obtener un único índice ambiental global, lo cual facilita las comparaciones entre sistemas de productos o servicios y el proceso de toma de decisiones, sin

embargo, es un paso muy controvertido porque implica la consideración de elementos ideológicos y juicios de valor (Guereca, 2006).

En la estructura metodológica del ACV existen dos partes fundamentales o fases activas: el inventario y la evaluación de impacto (el modelo de asignación). De ambas, es en la última donde se relacionan los impactos con los problemas ambientales, con el fin de obtener un eco-indicador. Con esta metodología de asignación se relaciona primero el impacto con un factor de contribución al problema ambiental definido en la metodología, luego se prioriza entre los problemas ambientales. Para llegar de las categorías (problemas ambientales) a un indicador (enfoque de daños) se aplica una evaluación, por paneles de expertos, para determinar la importancia de las categorías supuestas. En este punto se centran las críticas a los diferentes modelos por ser de carácter subjetivo. En términos generales, la asignación de datos para diferentes categorías se realiza siguiendo diferentes modelos reconocidos. No obstante se mantienen las investigaciones al respecto para brindar un modelo que este acorde con los estándares de los países latinoamericanos, como es el caso del Eco-Speed (Rodríguez 2011).

1.2.3 El ACV y el mejoramiento de los productos (Ecodiseño)

Desde el punto de vista ambiental el objetivo del ecodiseño es el desarrollo de productos sostenibles. Para la subsistencia de la propia humanidad es necesario, y no tan sólo conveniente, se produzca un profundo cambio cultural y tecnológico. El ecodiseño es un importante paso en esta dirección pues es sus principios se recogen las siguientes perspectivas: 1. Actuación en origen. El ecodiseño plantea el problema de la sostenibilidad en el origen de la actividad (cuando se concibe y diseña) y no simplemente como mitigación de sus efectos (tratamiento de residuos, fin de vida); 2. Internalización de costes. El ecodiseño internaliza (aunque de forma muy tímida) el conjunto de recursos utilizados (materiales, energía, agua, aire), independientemente de si están o no monetarizados; 3. Ciclo de vida. El ecodiseño evalúa de forma global los costes e impactos a lo largo de toda la vida de los productos y servicios (no tan solo de su fabricación o ejecución); 4. Regulación por la administración. Finalmente, el

ecodiseño requiere la intervención de la administración (normas, directivas, reglamentos), como representante de los intereses del conjunto de la sociedad, para regular (incluso de forma coercitiva) las actividades productivas humanas en este nuevo contexto de recursos cada vez más limitados (Riba-Romeva, 2006).

El ACV ha sido una metodología aplicada al diseño o rediseño de productos, incluso se ha consolidado como un método para el desarrollo de nuevos productos. El Ecodiseño como estrategia ofrece la posibilidad de identificar, desarrollar e implementar mejoramientos competitivos en los productos, teniendo en cuenta las prioridades ambientales y el fortalecimiento de las oportunidades en la empresa. La aplicabilidad de ecodiseño está relacionada con los diferentes tipos de innovación industrial, que según Norris *et al.* (2004) pueden definirse como:

- Diseño de nuevos productos
- Mejoramiento de calidad de productos existentes
- Reducción de los costos
- Abrir nuevos mercados con productos existentes
- Nuevos conceptos fundamentales
- Mejoramiento de procesos de producción

Las diferentes estrategias para mejorar un producto están directamente relacionadas con las prioridades del impacto ambiental del ciclo de vida, de manera que las actividades de mejoramiento del desempeño ambiental de una industria están enfocadas a las principales causas de impacto. La figura 1.4 muestra las diferentes estrategias de ecodiseño en su relación con el ciclo de vida del producto.

Para la selección de las estrategias adecuadas en el desarrollo de alternativas, se comparan las posibilidades y oportunidades de una DAFO (Metodología para analizar la competitividad de una empresa definiendo las Debilidades & Fortalezas de la empresa y las oportunidades & amenazas del entorno) específico con las prioridades

ambientales encontradas en el análisis del perfil ambiental. En la identificación de alternativas es importante la aplicabilidad de las mismas. “Sólo alternativas que se realicen en verdad cuentan” (Suppen y Hoof, 2005).

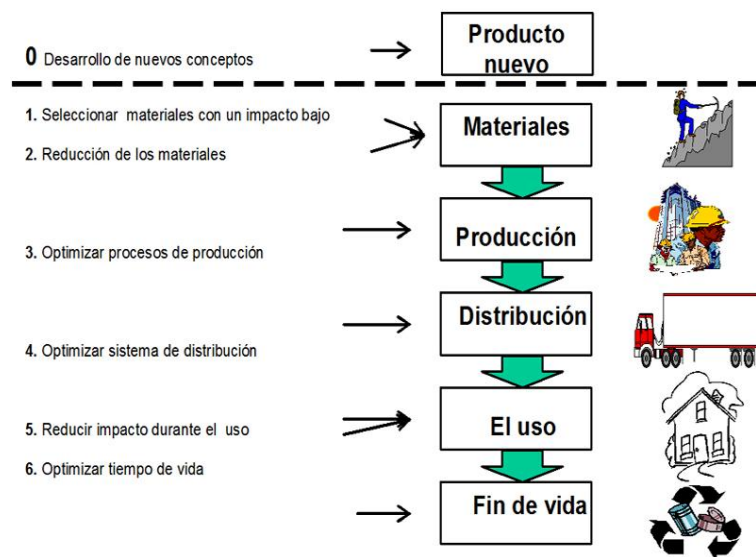


Figura 1.4. Las estrategias de la Producción más limpia en relación con el ciclo de vida del producto.

Fuente: Suppen y Hoof, 2005.

1.2.4 Beneficios del ACV

La importancia del ACV surge de dos conceptos básicos: (Suppen y Hoof, 2005).

Cuantificar un indicador agregado (como una unidad de medida ambiental) basado en los diferentes problemas ambientales y determinado por sus distintas variables (impactos). Esta cuantificación se realiza relacionando los impactos con los problemas ambientales. Para la interpretación de estos impactos (por ejemplo cantidades de energía, uso de materiales, emisiones) es importante establecer el efecto que tienen estos sobre los problemas.

Establecer prioridades ambientales como base para la planificación del mejoramiento del desempeño ambiental. Basado en su enfoque sistémico, el ACV analiza todos los impactos durante todo el ciclo de vida de un producto, identificando las prioridades

con base en las cuales se definen las estrategias preventivas del mejoramiento del desempeño ambiental.

A su vez 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") (Heiskanen, 1998).

El ACV es una herramienta de gestión ambiental que posibilita mejorar el desempeño ambiental de los productos. En el concepto de desempeño ambiental se encuadran temas tales como el diseño, los procesos de fabricación, los medios de transporte, el tipo de energía necesaria en las distintas etapas de su ciclo de vida, las recomendaciones para su uso y la forma y el momento para su disposición final, si es que antes no se le recicla o rehúsa. En cuanto a los aspectos financieros, el ACV puede ser una ayuda útil para bajar los costos en la medida que el nuevo diseño y los nuevos procesos de fabricación, transporte y distribución, entre otros, promuevan una mayor eficiencia en la asignación y el empleo de materias primas, insumos y energía (Trama y Troiano, 2002).

El ACV permite una comparación total de todos los impactos ambientales del sistema de diferentes alternativas de productos que entregan una función o desempeño equivalente, de aquí se derivan las siguientes oportunidades del uso del ACV (Suppen y Hoof, 2005):

- Los consumidores pueden seleccionar productos que son más "verdes" (productos que son menos dañinos al ambiente).
- Los diseñadores pueden diseñar productos o servicios de menor impacto ambiental.

La metodología del ACV, además de permitir un seguimiento sobre cada uno de los

pasos del proceso, determina cuáles son los impactos más significativos, los cuantifica y les asigna un “ecopuntaje” para facilitar así una comparación de desempeño ambiental entre procesos similares (Hospido y Tyedmers, 2005). De igual modo, provee ventajas comparativas y competitivas al proporcionar todos los elementos de análisis a las empresas que más tarde deseen certificar sus productos bajo esquemas de sellos ambientales o etiquetas ecológicas (Ecoetiquetado).

En los casos más avanzados, las ecoetiquetas incluyen información cuantitativa en base a una variable elegida, relevante en relación a un determinado impacto ambiental (por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero en relación al cambio climático) o a una actividad con incidencia en el medio ambiente (uso de recursos renovables, empleo de sustancias tóxicas). Se posibilita así la realización de análisis comparativos entre los diferentes productos y el consumidor tiene mayores y mejores opciones de seleccionar un producto ecológicamente eficiente. Así, las ecoetiquetas pueden informar incluso acerca de la huella ecológica (HE) o la huella del carbono (HC) que generan los procesos productivos en análisis, conceptos que más recientemente se han modificado a huella ecológica corporativa (HEC) y huella corporativa del carbono (HCC). La disponibilidad de este tipo de información permitirá que aquellos consumidores preocupados por la salud del medio ambiente, cuenten con una herramienta que proporcione información cuantitativa en base a la cual tomar sus decisiones de compra (Carballo-Penela *et al.*, 2009).

Según Carballo-Penela (2010), la inclusión de información cuantitativa, relativa a alguna variable indicativa del impacto ambiental de bienes y servicios, incrementa la utilidad de la ecoetiqueta, pues permite establecer diferencias entre los bienes etiquetados. De este modo, el consumidor dispone de un elemento adicional para elegir entre bienes sustitutivos, además de obtener una visión global de la contribución al deterioro del medio ambiente de cada uno de los bienes que consume. En el marco de la situación medioambiental actual, el ecoetiquetado de productos y los sistemas de clasificación a la par desarrollados han cobrado tal auge y significación, que incluso el movimiento de especies entre países, o de una región a otra dentro de un mismo

territorio, se hacen a bien acompañados de las certificaciones verdes o ecoetiquetas correspondientes. En la mayoría de las ocasiones, las oficinas y entidades regulatorias no permiten tales movimientos si faltan dichas etiquetas (Ramachandran, 2010). De esta manera, el ACV no es sólo un instrumento para proteger el medio ambiente y conservar los recursos naturales, sino un instrumento empresarial para reducir costos y mejorar posiciones en el mercado (Baldwin *et al.*, 2010).

Como ventajas de la Aplicación del ACV en Cuba se pueden citar las siguientes: mayor organización del proceso productivo, la determinación y cuantificación de impactos ambientales generados por el mismo, la elaboración de un plan de medidas para mitigar dichos impactos, la disminución de los gastos del proceso, aumento de las probabilidades de triunfo mercantil de un producto mejor certificado y obtenido por vías más sanas y amigables con el entorno natural; y contribuir a la estrategia medioambiental del país al aplicar una herramienta de gestión ambiental que permite la obtención responsable del producto facilitando el desarrollo sostenible. (Castro, 2012).

1.2.5 Soporte Informático para la aplicación del ACV

En el ámbito del Diseño para el Medio ambiente (DFE, Design for Environment), existe una amplia variedad de aplicaciones informáticas que se utilizan en el LCA. Según Rodríguez (2004), estas aplicaciones poseen distintas necesidades de hardware y software, y trabajan sobre una base de datos compleja que incluye resultados de centros de investigación, agencias estatales y/o asociaciones industriales (BUWAL, Bundesamtes fuer Umwelt, Wald und Landschaft, Swiss Agency for the Environment, Forest and Landscape, (APME2, Association of Plastics Manufacturers in Europe, etc.). Dada la diversidad del origen y metodología adoptada, es importante tener en cuenta la cantidad, calidad y precisión de la información utilizada.

Los pasos operativos para que se lleve a cabo el análisis de ciclo de vida de un sistema o producto, incluyen el manejo de gran cantidad de datos de los inventarios, seguidos de diversas operaciones de cálculos que se aplican a los factores de caracterización, índices de categoría, y otros. La calidad de los inventarios y la

flexibilidad de las bases de datos que utiliza cada herramienta informática en particular, marcan la diferencia entre éstas y determinan la calidad de los resultados finales del ACV. Por tal motivo, en la selección de estas herramientas deben considerarse dos aspectos importantes (Cardim de Carvalho Filho, 2001):

1. Inventarios que incorpora (específicamente en el ámbito en el que se quieren llevar a cabo los ACVs)
2. Calidad en la gestión de datos, incluyendo en este concepto:
 - la facilidad en la introducción de los datos de entrada para los diferentes ACVs que se planteen;
 - la flexibilidad en el uso, actualización, sustitución, adición, etc. de datos de inventarios y, en especial, la posibilidad de añadir inventarios nuevos;
 - la fiabilidad en los cálculos realizados y en el seguimiento de los mismos, siendo en este punto de vital importancia la posibilidad y facilidad de conocer el origen de cualquier resultado (trazabilidad);
 - la realización de todas las fases de cálculo de un ACV;
 - el tipo de salida de resultados (tablas / gráficas) y su flexibilidad.

Según el criterio de varios autores (Menke, 1996; Caluwe, 1997; Rodríguez, 2004), son numerosas las herramientas informáticas tradicionalmente utilizadas para ejecutar un ACV (Anexo 5). Desde hace ya algunos años, se crean y mejoran dichas herramientas y ya para el primer quinquenio del presente siglo, en IMPACT 2002+ se ponen en práctica nuevos conceptos y métodos especialmente dirigidos a la integración de varios tipos de inventarios y a la evaluación del impacto de la toxicidad y la ecotoxicidad en los seres humanos (Olivier *et al.*, 2003). Sin embargo, el relativamente reciente surgimiento de nuevos programas (OpenLCA) y modelos (Eco-Speed) para acometer la aplicación de un ACV, ha contribuido a mejorar considerablemente la eficiencia y eficacia de tales análisis. Un nuevo concepto, que se genera en las altas esferas del conocimiento y que implica la integración de experiencias y el uso libre de programas y datos, ha comenzado a aplicarse en la

ciencia y particularmente en aquellas esferas vinculadas a la aplicación de análisis de ciclo de vida de productos (Ciroth, 2009).

A pesar de su relativamente reciente creación, OpenLCA ha estado continuamente bajo revisión y perfeccionamiento. Las mejoras han estado encaminadas principalmente a la definición de los puntos de entradas y al aumento de la precisión de los algoritmos de cálculo y los métodos de estimación. Se modernizan además otras prestaciones como la modelación gráfica del sistema producto y la ilustración de los resultados de los análisis, la parametrización y el cálculo de incertidumbres. De este modo, se obtiene una herramienta cada vez más eficiente en el logro de la sustentabilidad y el desarrollo de productos y servicios que impacten menos el entorno natural (Srocka *et al.*, 2009).

1.3 Cultivos dulceacuícolas en Cuba

De manera general y según el criterio expresado por expertos de la FAO (2011), el cultivo extensivo en Cuba se desarrolla en el agua dulce y tiene como objetivo obtener una producción de pescado a bajo costo a partir de la explotación de los embalses en condiciones naturales, con la participación de las comunidades. Este sistema de cultivo es el más simple, se basa en la siembra a bajas densidades y su productividad es relativamente baja.

El cultivo intensivo tiene como objetivo en una escala comercial desarrollar los sistemas de alta productividad y eficiencia económica, con especies de alto valor mercantil y junto a la evaluación de alternativas de cultivos en estanques y en menor escala en canales de corriente rápida (raceways). Requiere de mayores densidades de siembra pero aporta los mayores rendimientos. Según Díaz-Forte (2013), la acuicultura o cultivo de peces de agua dulce, crece en el mundo y se consolida como una tendencia de futuro, ya que las pesquerías orgánicas no soportan la intensidad de la carga que la humanidad está imponiendo.

Debido a la poca diversidad de la ictiofauna cubana de agua dulce, y en especial de aquellas especies cuyo potencial reproductivo soporte una tecnología de cultivo, la

acuicultura en Cuba ha estado sustentada en la introducción de especies exóticas (Villegas *et al.*, 2007). La necesidad de satisfacer la creciente demanda de alimentos y de mejorar las ofertas, ha condicionado la asunción de los riesgos ambientales que implica el trabajo con tales especies, y de este modo, *C. gariepinus* se ha convertido en un renglón importante dentro de la acuicultura cubana y actualmente se desarrolla en sistemas tanto intensivos (en estanques) como extensivos (en presas, micropresas y embalses).

1.3.1 El Cultivo del Pez Gato (Clarias gariepinus)

Con el objetivo de aumentar la producción acuícola y ofrecer una opción proteica de más calidad a la población, a finales del siglo pasado se tomó la decisión de introducir y cultivar especies del género Pez Gato en aguas interiores de Cuba. Fue un reto para la acuicultura cubana la introducción de una especie a un nuevo ambiente al que debe adaptarse, introducir una tecnología exótica y modificarla en la práctica a nuestra realidad aun existiendo incertidumbre con el manejo para esta especie y su híbrido, por los resultados en la producción a escala internacional (Villegas, 2003).

La producción mundial de Clarias está alrededor de las 260 000 toneladas (t), con una fuerte tendencia al crecimiento sobre todo en países como Nigeria, Malasia, Hungría, Tailandia e Indonesia. En Cuba, la introducción de *Clarias gariepinus* se realizó desde Malasia y Tailandia en los años 1999 y 2000 respectivamente. (Díaz, 2013). Desde entonces las producciones aumentan significativamente cada año y ya para el año 2009 se produjeron 6 031 t (Pineda, 2009; Fernández, 2010). En el Anexo 4 se muestra su clasificación taxonómica.

Al igual que otros representantes del género, esta es una especie oportunista, de crecimiento rápido, omnívora y muy resistente a enfermedades y condiciones adversas. En condiciones ideales puede alcanzar tallas cercanas a 1,5 m y un peso de más de 60 kg (Fernández, 2010). En la fase de cebo, una hectárea sembrada con estos animales requiere diariamente de unas 12 t de alimento, la mitad del cual puede obtenerse a partir de desechos industriales de otras producciones animales. En estas condiciones, la especie en cuestión es capaz de incrementar su peso cerca de 130 g

diariamente (MIP, 1996; MINAL, 2012). El alimento suministrado a las especies en cultivo, y específicamente a *C. gariepinus*, debe ser seleccionado cuidadosamente pues puede influir no sólo en su crecimiento y supervivencia sino también en los niveles de canibalismo dentro de los estanques y en la composición del cuerpo de estos peces (Marimuthu et al., 2011).

Según la opinión de expertos en evaluación sensorial, el sabor de la carne obtenida a partir de *C. gariepinus* es capaz de garantizar su aceptación por parte de los consumidores. El filete se caracteriza por presentar carne libre de espinas intramusculares y el rendimiento aumenta con la talla del pez (35,9-37,6 %). Las tallas menores de 300 g se destinan a la producción de picadillo con rendimiento de 36 %. Los ejemplares de 300-500 g (filete menor de 90 g) se hacen ruedas o tronchos congelados o ahumados (Fernández, 2010). Su valor nutricional se considera elevado (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Composición bromatológica (por cada 100g) del Filete de *C. gariepinus*.

Fuente: Adaptado de Fernández, 2010.

Composición	Valores
Grasa	2,5 g
Proteína	18 g
Hierro	0,3 g
Vitaminas	A y B

La especie *C. gariepinus*, posee cuerpo alargado y cilíndrico, sin escamas y con abundante mucosidad (Viveen et al., 1985). Prefiere aguas lentas y se encuentra de forma natural en lagos, ríos, arroyos, pantanos y llanuras inundadas, muchas de las cuales están sujetas a sequías temporales. Es estos períodos de sequía, sobrevive debido a la presencia de un órgano respiratorio supra-branquial o accesorio, compuesto de una cámara de aire pareada en forma de pera, que contiene dos estructuras arborescentes localizadas en los cuartos arcos branquiales. Dichas estructuras se sostienen a los arcos mediante procesos cartilaginosos y están cubiertas por un tejido altamente vascularizado que puede absorber oxígeno directamente de la atmósfera (Moussa, 1956).

Debido a que la cámara de aire se comunica directamente con la faringe y la cámara branquial, este órgano respiratorio le permite al pez poder sobrevivir fuera del agua incluso por semanas (FAO, 1996), lo que garantiza su adaptabilidad a condiciones adversas. Además, las aletas caudales y pectorales son resistentes y pueden realizar movimientos ondulatorios que posibilitan la locomoción del pez ya fuera del agua. Estos aspectos, sumado a la tolerancia de esta especie a la variación de diversos factores ambientales como la temperatura (7-38 °C), oxígeno disuelto (0,7- 3,0 mg/l) y salinidad (sobrevive 96 horas desde 0,8 hasta 10,8 g/l), contribuyen al éxito del cultivo (Fernández, 2010). En cuanto a su tasa de crecimiento, algunos autores plantean que, mientras se garantice una adecuada (elevada) calidad del agua en el estanque y la alimentación correspondiente, los ejemplares ya en la fase de Alevinaje II (menos de 10g) pueden ser sembrados en una densidad de hasta 40 ejemplares por m³ y en estas circunstancias crecer hasta más de 0,1g diario cada ejemplar (Edward *et al.*, 2010).

En el cultivo de *C. gariepinus* particularmente en Cuba, Llanes y Toledo (2006) demostraron que los ensilados de pescados podían sustituir totalmente a la harina de pescado (producto comercial a base de tilapia al 20%), siendo esta una alternativa para la producción de alimentos acuícola en países en vías de desarrollo. Un trabajo similar realizado dos años más tarde, demostró que otros ensilados de pescado, como los realizados a partir de machuelos con aditivos de miel de caña y yogurt comercial, podían igualmente sustituir a las harinas comerciales sin que se detectaran diferencias significativas en cuanto a la tasa de crecimiento, la composición proximal de los músculos torácicos, y deformaciones morfológicas (Llanes *et al.*, 2008). Estudios aún más recientes han demostrado que el empleo de éstos y otros ensilados significan un ahorro de cientos de dólares (USD) por tonelada de alevines (Llanes *et al.*, 2009). De igual modo se ha puesto de manifiesto que para un crecimiento eficiente del cultivo, en la preparación de los ensilados no debe faltar la proteína de origen animal (Llanes *et al.*, 2011).

Aunque los resultados en el cultivo extensivo han sido alentadores, también ha sido una realidad que la presencia de la mencionada especie en embalses y presas provoca una alteración desfavorable en el equilibrio ecológico de tales ecosistemas (Batista-Valdés,

2013). Actualmente son varias las investigaciones que demuestran las potencialidades de *C. gariepinus* especie para los cultivos intensivos (Llanes y Toledo, 2006; Llanes et al., 2011; Llanes y Toledo, 2012; Perdomo, 2013). A pesar de que usualmente los cultivos intensivos tienen mayores costos pues requieren de niveles de proteína relativamente altos (González-Salas et al., 2014), la resistencia de *C. gariepinus* a condiciones adversas, y los ensilados proteicos desarrollados para sustituir eficientemente las costosas harinas suministradas como alimento tradicional, han hecho que el cultivo intensivo resulte beneficioso a la economía, a la ecología y a la sociedad cubana.

Consecuentemente, el cultivo intensivo de pez gato africano (*C. gariepinus*) se promueve a nivel nacional y se desarrollan a la par numerosas investigaciones encaminadas a la conservación del buen estado de salud de los animales y a la no dispersión de enfermedades al medio natural (Martínez et al., 2011; Pérez y Pérez, 2012). Prácticamente en todas las provincias de la nación tiene lugar el cultivo de esta especie, pero Mayabeque, Villa Clara, Sancti Spiritus, Granma y Guantánamo, se encuentran entre las más destacadas. En el territorio Cienfueguero, el cultivo intensivo de *C. gariepinus* se desarrolla con particular interés y los importantes resultados obtenidos hasta la fecha obedecen fundamentalmente a la aplicación de métodos alternativos sobre todo en la preparación de los estanques (Molina-Gómez, 2013). Colateralmente, es interés del gobierno provincial el desarrollo de investigaciones que contribuyan a rentabilizar el proceso productivo y a minimizar los impactos ambientales del mismo.

Por cuanto el cultivo intensivo de *C. gariepinus* es el renglón fundamental de la acuicultura en EPICIEN, y dentro de este el picadillo es el surtido más representativo; se considera de suma importancia la realización de estudios de ACV en este proceso, en aras de determinar los impactos ambientales y proponer medidas para su reducción.

1.4 Conclusiones Parciales

- El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de P+L, es una de las más importantes a la hora de analizar productos y procesos, y de priorizar acciones de mejoramiento ambiental pues cuenta con un enfoque holístico e interdisciplinario, además no sólo afirma la necesidad de utilizar estos enfoques, sino que muestra la aplicabilidad de esta herramienta en nuestro país.
- La aplicación de los estudios de ACV en el caso de la pesca y la acuicultura han sido fundamentalmente a procesos productivos de especies cuyo desarrollo y captura tienen lugar en hábitats marinos de plataforma siendo nulas las experiencias en cultivos dulceacuícolas.
- El cultivo intensivo de *C. gariepinus* centra cada vez más la atención de las Empresas dedicadas a la acuicultura, debido a las características de la especie y sus resultados productivos; siendo de gran importancia la realización de estudios de ACV en dicho proceso, tanto para la evaluación de su desempeño ambiental, como para mitigar los impactos que este ocasiona al medio ambiente.

Capítulo II. Materiales y Métodos

2.1 Caracterización de la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos, EPICIEN.

La Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos (EPICIEN), es un Organismo de la Administración Central del Estado (OACE), que surgió tras un proceso de reordenamiento de las actividades pesqueras en el territorio las cuales datan desde el año 1976; en la actualidad está subordinado al Grupo Empresarial de la Industria Alimentaria (GEIA), y ambos al Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), y cuenta con la implantación del Perfeccionamiento Empresarial desde el año 2003.

EPICIEN se localiza en la Zona Industrial número 2, al noroeste de la ciudad de Cienfuegos, cuenta con 9 Unidades Empresariales de Base (UEB) y 6 Áreas de Regulación y Control, su estructura organizativa se muestra en el Anexo 6.

Misión

Satisfacer las exigencias del mercado interno y externo, a través del cultivo, captura, procesamiento y comercialización de productos pesqueros de calidad y alto nivel nutricional; de manera eficiente y eficaz con la participación de sus directivos y trabajadores competentes y comprometidos.

Objeto Social:

La entidad tiene aprobadas 29 actividades como objeto social, dentro de las cuales las más significativas son:

1. Capturar, cultivar, industrializar y comercializar de forma mayorista especies de la plataforma y acuícolas en pesos cubanos y pesos convertibles y productos procedentes de la pesca comercial privada en pesos cubanos, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior, dicha venta se efectúa luego de cumplirse los planes de entrega para el consumo social.
2. Capturar, cultivar, industrializar y comercializar de forma minorista a través de las pescaderías especiales, especies de la plataforma y acuícolas y productos

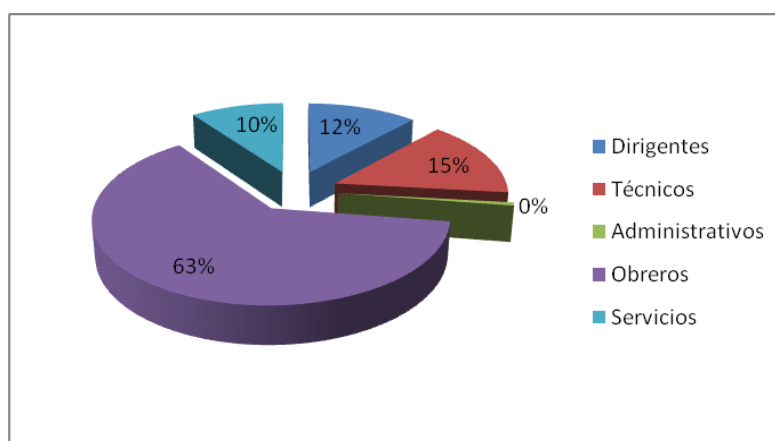
procedentes de la pesca Comercial privada en pesos cubanos según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior, dicha venta se efectúa luego de cumplirse los planes de entrega para el consumo social.

3. Comercializar de forma Mayorista productos pesqueros y otros con destino a la población según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior en pesos cubanos.
4. Producir y Comercializar de forma mayorista productos conformados a partir de productos pesqueros con destino a la pescadería del territorio y minorista con destino a la venta en las Pescaderías Especializadas en pesos cubanos.

La Empresa cuenta con un Capital Humano de 949 trabajadores distribuidos por categoría ocupacional en la tabla 2.1, donde se aprecia que el 63 % son obreros vinculados a la producción.

Tabla 2.1. Cantidad de Trabajadores de EPICIEN por Categoría Ocupacional.

Fuente: Elaboración Propia.



2.1.1 Breve descripción de los procesos operacionales claves de la Empresa

La Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos cuenta con un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad e Inocuidad, según la NC-ISO 9001:2008 Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos; y la NC 136:2007 Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control. (Hazard analysis at critical control point HACCP), el cual está certificado por la Oficina Nacional de Normalización, contando con un Mapa de

Procesos donde se identifican cinco procesos operacionales claves (Ver Anexo 7), de los cuales son objeto de esta investigación el *Proceso Acuícola*, el *Industrial* y el de *Gestión Comercial* que incluye el almacenamiento congelado de la producción de Picadillo de *C. gariepinus*.

a) Procesos Acuícolas

Los procesos acuícolas comienzan con la reproducción artificial de los peces dulce acuícolas, el cultivo de los mismos se realiza en estanques, presas y piscinas de acuerdo al tipo de cultivo a utilizar.

- El **cultivo intensivo** que incluye los procesos de reproducción, alevinaje, preceba y cebs; los cuales se realizan en estanques y piscinas, con características apropiadas (suministro de agua independiente, esclusas, buen drenaje y pesquero). Los alevines se siembran en diferentes pesos pasando por alevinaje-1, alevinaje-2, pre-ceba y cebs además de la base natural, en el caso de los estanques requieren alimento artificial a través del suministro de pienso y alimentos resultantes del proceso industrial (Cabeza, Espina, piel, vísceras) los rendimientos a obtener son de 25.0 t/ha. Más del 50% de las 9 UEB trabajan vinculadas a la producción de *C. gariepinus*, considerándose ésta como especie única en el cultivo intensivo de la acuicultura en el territorio.
- El **cultivo extensivo** se realiza en grandes embalses aunque se puede utilizar micro-presas, la base alimentaria depende de la productividad propia del embalse y de acuerdo al nivel de alimento se clasifican en oligotróficos, mesotróficos y eutróficos calculándose las densidades a sembrar a partir de esta clasificación, sembrándose alevines de 6-10g; garantizando posteriormente una administración pesquera de embalse adecuada, obteniéndose rendimientos de 0.05 a 1.0 t/ha.

b) Proceso de Camarón en Alta Mar

A partir de la captura del camarón entero marino mediante las 10 embarcaciones que constituyen la flota camaronera se procede a su entrega y procesamiento en la

Barcaza “40 Aniversario” la cual se encarga del procesamiento industrial del camarón entero marino (Clasificación por talla , envase, congelación , embalado, marcación y almacenamiento en mantenimiento congelado). Destinada esta producción a la Exportación a través de CARIBEX SA.

c) Procesos de Especies Marinas de Escama (CAPTURA)

Las capturas de especies marinas de escama viene dada de acuerdo a los tipos de embarcaciones que realizan la misma teniendo en cuenta el tipo de arte de pesca a utilizar. En la flota escamera se utilizan entre los artes: el chinchorro bolapié o boliche, los palangres y las nasas.

d) Proceso Industrial de Pescado y Conformado

Tiene lugar en la UEB INDUSUR, donde en el Salón Proceso se trabajan todas las capturas de Especies Marinas de Escama y de la Acuicultura. El objetivo del mismo es añadir un mayor valor agregado a las producciones finales para abastecer tanto a la red mayorista como a la red minorista mediante las pescaderías y/o puntos de venta, entre los surtidos elaborados de encuentran: Filete, Minuta, Picadillo de Pescado congelado, Ruedas de Pescado, Pescado entero congelado,. Además existe, dentro de la referida UEB, otra instalación industrial en la cual se elabora productos conformados como Croquetas Criollas, Albóndigas, hamburguesa, Picadillo Condimentados, entre otros, utilizando como materia prima el picadillo producido inicialmente en el Salón Proceso.

e) Proceso Gestión Comercial

Es el encargado de ejecutar la distribución normada a la población así como las dietas medicas, de los productos pesqueros en el territorio; a su vez realiza las ventas de forma mayoristas a los organismos y minoristas a través de la red de pescaderías especializadas y/o Puntos de Ventas distribuidos estos en la provincia, y a su vez garantiza el almacenamiento y el mantenimiento congelado de las producciones terminadas de EPICIEN.

2.2 Fundamentos de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a la Producción de Picadillo de C. gariepinus en EPICIEN.

Como parte de la caracterización de la entidad y en función de la búsqueda de soluciones alternativas a sus procesos se efectúa en el año 2010 una Evaluación Preliminar de P+L en la industria donde se definen los consumos de materiales y energía y desde entonces se identificó la problemática de un alto consumo de energía eléctrica, el cual fue de 794 MW/ año para el producto estudiado.

Como salida de la misma se identifica un Listado de malas prácticas en el proceso industrial, entre las cuales figuran:

- Mangueras de limpieza muy deterioradas propiciando las pérdidas directas del agua debido a los salideros.
- Permanencia durante toda la jornada laboral en el procesamiento del pescado, las llaves de agua abierta, las cuales al cerrarse continúan con el salidero.
- Consumo inadecuado de Energía Eléctrica, permaneciendo encendidas las lámparas en horarios extras al proceso.
- Existe condensación dentro del salón, lo cual aumenta el consumo de energía eléctrica para la congelación.

Como consecuencia de ello se definió como Plan de mejoras entonces:

- Adquisición de mangueras adecuadas para las labores de limpieza, así como de la pistola reguladora, lo cual ayuda en la eficiencia de la limpieza y regula el consumo del agua.
- Eliminar los salideros en la estructura hidráulica de la industria y realizar estudios para incluir tecnología semi-automática en el sistema de las llaves de agua de los puestos de trabajo.
- Capacitar y concientizar a los trabajadores en la necesidad de ahorrar agua y energía eléctrica por consumo innecesario; además de recibir información oportuna de los consumos y la eficiencia del ahorro que se vaya logrando.

- Adquirir y colocar un extractor de aire en el salón para evitar la condensación excesiva debido al trabajo con hielo.

En correspondencia con todo lo anterior se deriva la necesidad de estudios de mayor especificidad para la toma de decisiones a tiempo entre ellas, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que luego de experimentos para su aplicación definen su vital importancia para EPICIEN, ya que permite evaluar los impactos ambientales, desde la reproducción artificial de la especie y su cultivo hasta la obtención de la producción terminada, realizando un inventario durante su ciclo de vida para cuantificar los efectos que su actividad produce sobre los ecosistemas que la rodean. Además de evaluar proceso por proceso los problemas ambientales que puedan generar las entradas y/o salidas de los mismos.

A partir del conocimiento de los impactos ocasionados por este proceso productivo, se propondrán mejoras para mitigar dichos efectos, y se crearán las bases para repetir el estudio en otros productos o procesos productivos de la Entidad, lo cual permitirá no sólo la reducción de los impactos que hasta hoy no se tenían identificados, sino también la incorporación de la herramienta para evaluar el desempeño ambiental en la Organización.

Las UEB dedicadas al cultivo de la especie, son grandes consumidoras de agua, imprescindible en la actividad, sin embargo, no cuentan con sistema para el tratamiento de sus residuales líquidos, vertiendo directamente a los cuerpos receptores una carga contaminante de aproximadamente 2508,1 t/año (según DQO), así como una cantidad considerable de sólidos totales. A su vez se hace un uso considerable del suelo, ya que cada vez que se realiza la preparación de cada estanque hay que dragar los suelos, lo cual puede influir en su erosión.

En cuanto al proceso industrial podemos afirmar que el consumo de la energía eléctrica anual asciende a 160 MW. La generación de aguas residuales de aproximadamente 1 265 467,6 litros con una Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Fosfato correspondiente a 113,89 kg, 1012,37 kg, 0,89 kg respectivamente; en un año, industria que cuenta con un

funcionamiento deficiente del sistema de tratamiento de residuales líquidos, debido a los años en explotación, el mantenimiento deficiente y por consiguiente el deterioro paulatino.

El mantenimiento congelado se realiza en un frigorífico cuyo consumo de Energía eléctrica anual es de 2210 MW, tecnología que utiliza el amoníaco como gas refrigerante con un consumo aproximado de 12 t/ año. Cabe destacar que toda su infraestructura se encuentra deteriorada debido al poco financiamiento destinado a su mantenimiento y a los años de explotación.

En el epígrafe siguiente se expone la metodología que será aplicada en la empresa objeto de estudio.

2.3 Desarrollo del ACV

La complejidad del ACV requiere de un protocolo que se haya establecido en la normativa elaborada por la International Standards Organization (ISO). La aplicación de este análisis se realizó según las cuatro etapas básicas definidas en la norma NC-ISO 14040:2006.

Etapas I: Definición del objetivo y alcance.

Etapas II: Análisis del inventario del Ciclo de Vida (ICV).

Etapas III: Evaluación del impacto del ciclo de Vida (EICV).

Etapas IV: Interpretación del Ciclo de Vida.

Cada una de estas fases se aplicó según el esquema general representado en la figura 2.1.

2.3.1 Definición del objetivo y alcance

En esta primera etapa deben definirse claramente el objetivo y alcance del estudio de ACV, de modo que sean consistentes con la aplicación que se persigue; para lo cual deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos en el orden que se plantean.



Figura 2.1. Etapas seguidas para la aplicación de la Metodología ACV.

Fuente: Elaboración Propia.

a) Definir el objetivo del estudio

El objetivo de un estudio de ACV debe indicar la aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto, es decir, a quién se van a comunicar los resultados del estudio.

b) Definir el alcance del estudio

En la definición del alcance de un estudio de ACV se debe considerar y describir claramente: la unidad funcional, el sistema producto a estudiar, los límites del sistema producto, los procedimientos de asignación; los tipos de impacto y la metodología de evaluación de impacto, así como la consiguiente interpretación a utilizar; los requisitos iniciales de calidad de los datos.

El alcance debe estar suficientemente bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y detalle del estudio sean compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo del mismo.

b.1) Definir función y unidad funcional

La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas. La unidad funcional debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio. Una unidad funcional es una medida del desempeño de las salidas funcionales de un sistema producto. El propósito principal de una unidad funcional es proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizadas todas las entradas y salidas.

Esta referencia es necesaria para asegurar la comparabilidad de los resultados del ACV, la cual es especialmente crítica cuando se analizan distintos sistemas para asegurar que tales comparaciones se hagan sobre una base común.

La unidad funcional se define a partir de las funciones que cumple el producto. Para una definición correcta, se siguen los siguientes pasos:

- 1) Identificación de las funciones del producto.
- 2) Selección de una función.
- 3) Determinación de la unidad funcional.
- 4) Identificación del desarrollo del producto.

5) Determinación del flujo de referencia.

Para definir la unidad funcional se deben tomar en cuenta aspectos como, la eficiencia del producto, la durabilidad del producto, y el estándar de calidad de desempeño.

El carácter descriptivo de las respuestas a estas cuestiones representa un importante paso documental. En el informe se definen compromisos y responsabilidades para garantizar el empleo ético de los resultados, como también los niveles de accesibilidad de estos resultados.

b.2) Definir los límites del sistema.

Los límites del sistema determinan el alcance de la investigación y los procesos unitarios que deben ser incluidos dentro del ACV. En esta etapa deben quedar definidos los límites geográficos, temporales y las etapas que serán excluidas del análisis.

Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y limitaciones económicas y el destinatario previsto.

La selección de las entradas y salidas, el nivel de agregación dentro de una categoría de datos y la modelación del sistema deben ser consistentes con el objetivo del estudio. El sistema debe modelarse de modo que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales. Los criterios usados para establecer los límites del sistema deben identificarse y justificarse en la fase de alcance del estudio.

A fin de reflejar la naturaleza iterativa del ACV, las decisiones referidas a los datos a incluir deben estar basadas en un análisis de sensibilidad, con el objetivo de determinar su importancia. Los límites iniciales del sistema producto deben ser revisados conforme a los criterios de corte establecidos en la definición del alcance. El análisis de sensibilidad puede conllevar a:

- la exclusión de etapas del ciclo de vida o de procesos unitarios cuando su insignificancia puede ser justificada por el análisis de sensibilidad;
- la exclusión de entradas y de salidas sin importancia para los resultados del estudio;
- la inclusión de nuevos procesos unitarios, entradas y salidas que se demuestren ser significativos en el análisis de sensibilidad.

Los resultados de este proceso de afinamiento y del análisis de sensibilidad deben ser documentados. Este análisis sirve para limitar posteriores manipulaciones de aquellos datos de las entradas y salidas que son determinados como significativos para el objetivo del estudio de ACV. Los criterios y las suposiciones sobre los cuales ellos son establecidos deben ser descritos claramente. El efecto potencial de los criterios seleccionados sobre el resultado del estudio debe ser también evaluado y descrito en el informe final.

b.3) Requisitos de calidad de los datos

Las descripciones de la calidad de los datos son importantes para comprender la fiabilidad de los resultados del estudio y para interpretar apropiadamente el resultado del estudio. Los requisitos de calidad de los datos deben ser especificados a fin de respetar el objetivo y alcance del estudio. Se recomienda que la calidad de los datos sea caracterizada por aspectos cuantitativos y cualitativos, así como por métodos utilizados para captar e integrar esos datos.

Es necesario tener en cuenta descriptores que definan la naturaleza de los datos, tales como datos compilados en sitios específicos con relación a los datos de fuentes publicadas, y si es conveniente medir, calcular o evaluar los datos. Se recomienda que los datos de sitios específicos o los promedios representativos sean utilizados para los procesos unitarios que constituyen la mayor parte de los flujos de masa y de energía en los sistemas. Es conveniente igualmente utilizar datos de sitios específicos para los procesos unitarios que son considerados por tener emisiones vinculadas al

medio ambiente.

En el estudio, los siguientes requisitos adicionales de calidad de los datos deben ser considerados con un nivel de detalle que depende de la definición del objetivo y alcance:

- precisión: medición de la variabilidad de los valores de los datos para cada categoría de datos expresados (por ejemplo, varianza);
- representatividad: evaluación cualitativa del grado en el cual el conjunto de datos refleja la población real de interés (por ejemplo, cobertura geográfica, período de tiempo y cobertura tecnológica);
- consistencia: evaluación cualitativa de cómo la uniformidad de la metodología de estudio es aplicada a los diversos componentes del análisis;
- reproducibilidad: evaluación cualitativa de la medida en la cual las informaciones sobre la metodología y los valores de los datos permiten a un realizador independiente reproducir los resultados reportados en el estudio;

Cuando un estudio es utilizado para apoyar una aserción comparativa pública, todos los requisitos relativos a la calidad de los datos antes mencionados deben ser incluidos en el estudio.

2.3.2. Análisis del inventario del Ciclo de Vida

El análisis del inventario comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema producto. Esas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema. Las interpretaciones pueden sacarse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV.

El proceso de realización de un análisis del inventario es iterativo. Cuando se

obtienen los datos y se conoce mejor el sistema pueden identificarse nuevos requisitos o limitaciones relativos a los datos que hacen preciso un cambio en el procedimiento de obtención de los datos para que se pueda seguir cumpliendo el objetivo del estudio.

c) Recolectar los datos.

La compilación de los datos exige un conocimiento completo de cada proceso unitario. Para evitar los conteos dobles o los olvidos, la descripción de cada proceso unitario debe ser registrada. Esto implica una descripción cuantitativa y cualitativa de las entradas y de las salidas necesarias para determinar el inicio o el fin del proceso unitario, así como la función del proceso unitario. Cuando el proceso unitario tiene entradas múltiples (por ejemplo, entradas múltiples de efluentes hacia una instalación de tratamiento de agua) o salidas múltiples, los datos que conciernen a los procedimientos de asignación deben ser documentadas y comunicadas. Las entradas y salidas de energía deben ser cuantificadas en unidades de energía. En su caso, la masa o el volumen de combustible deben igualmente ser cuantificados en la medida de lo posible.

Para los datos compilados de documentos publicados que son significativos para las conclusiones del estudio, es necesario hacer referencia a los documentos publicados que dan precisiones sobre el procedimiento de compilación de los datos.

d) Construir los diagramas de procesos

Partiendo del principio que los procesos fluyen siempre a otros procesos o al entorno ambiental, trazar un diagrama de flujo inicial del proceso, permite que de forma gráfica se aprecien los flujos del sistema con todas sus entradas y salidas más relevantes, reuniéndose, de este modo, los datos necesarios.

Se recomienda describir inicialmente cada proceso unitario para definir:

- dónde comienza el proceso unitario, en términos de recepción de las materias primas o de los productos intermedios;

- la naturaleza de las transformaciones y operaciones que ocurren como parte del proceso unitario; y
- dónde termina el proceso unitario, en términos del destino de los productos intermedios y finales.

Es conveniente decidir cuáles entradas y salidas de datos son trazadas a otros sistemas producto, incluyendo las decisiones acerca de las asignaciones. Se recomienda describir el sistema con suficiente detalle y claridad para permitir a otro realizador reproducir el inventario.

Las principales categorías de entradas y de salidas cuantificadas para cada proceso unitario dentro de los límites del sistema son:

- entradas de energía, entradas de materias primas, entradas auxiliares, otras entradas físicas;
- productos;
- emisiones al aire, emisiones al agua, emisiones al suelo, otros aspectos ambientales.

Es conveniente considerar estas categorías de datos cuando se decide aquellas que serán utilizadas en el estudio. Es conveniente detallar más ampliamente las categorías de datos individuales para satisfacer el objetivo del estudio.

Las emisiones al aire, al agua o al suelo representan a menudo descargas desde fuentes puntuales o difusas, después de pasar a través de dispositivos de control de emisiones. Esta categoría debe comprender, cuando son significativas, las emisiones fugitivas. Pueden ser utilizados parámetros indicadores, por ejemplo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

e) Procesar los datos

Cuando se concluye la compilación de los datos, son necesarios procedimientos de

cálculo con el fin de producir los resultados del inventario del modelo definido para cada proceso unitario y para la unidad funcional del sistema producto a modelar.

Si no se conocen todos los datos del proceso se recomienda realizar balances de masa en cada etapa del proceso hasta contar con toda la información necesaria para el posterior desarrollo de la investigación.

2.3.3 Evaluación del impacto del Ciclo de Vida (EICV)

Este tercer elemento del ACV, tiene por objetivo valorar los resultados del análisis del inventario del producto o servicio en cuestión, cuantificando los posibles impactos medioambientales. Consta de una fase técnica, considerada obligatoria por la metodología y, otra opcional (de carácter político). Los resultados tienen un valor informativo añadido para la toma de decisiones. Según se recomienda en la ISO14040:2006, en esta etapa se seleccionaron y definieron las categorías de impacto siguiendo el modelo representado en la figura 2.2.

Todos estos elementos se describen de forma sintética a continuación, a la vez que se muestran algunos modelos utilizados para el cálculo de los indicadores de categoría de impacto.

Las categorías de impacto son los efectos que causan, sobre el medio ambiente, los aspectos medioambientales del sistema o producto en estudio. Se agrupan según parámetros asociados a los flujos de entrada y salida del sistema. Estas categorías, a su vez, tendrán distintos ámbitos de actuación: global, regional o local. Organizado jerárquicamente por el ámbito de acción, a continuación se describen algunas de esas categorías de impacto relacionadas con las salidas de los sistemas. Toda vez que el consumo de energías constituye entradas al sistema, sus evaluaciones ocurrirán en el ámbito de sus subsistemas de producción. Asimismo, se indican algunas de las principales sustancias que desencadenan el mecanismo de actuación de las diferentes categorías de impactos señaladas:

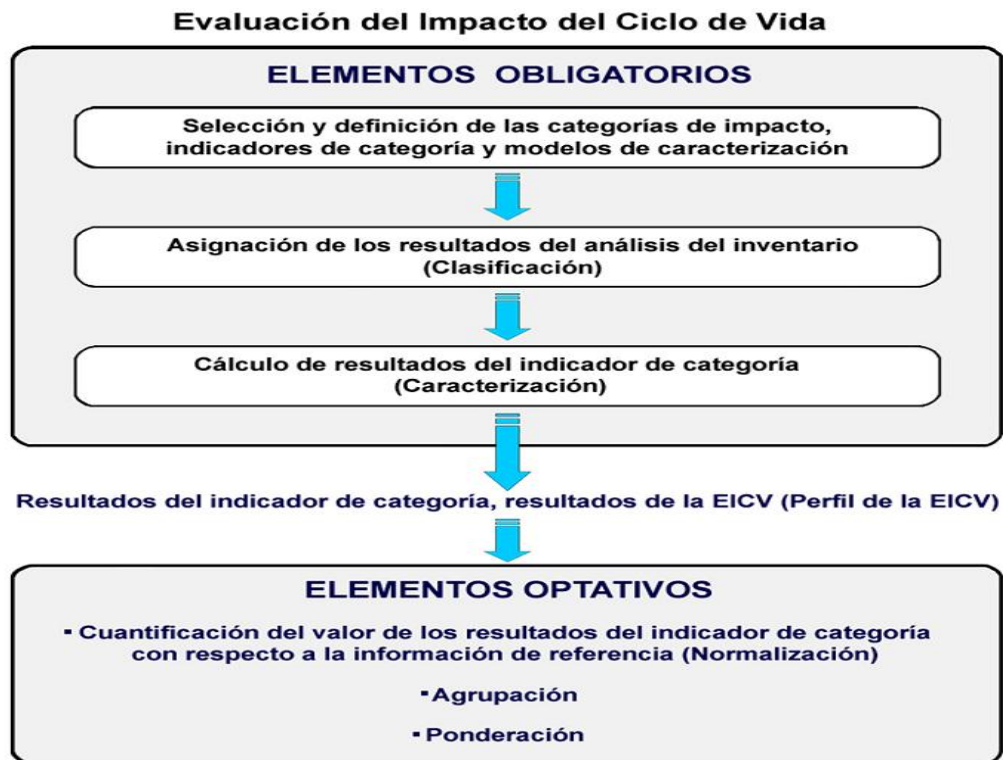


Figura 2.2. Elementos que componen la valoración del impacto del ACV.

Fuente: NC-ISO 14040: 2006.

✓ Efecto global

Uno de los mayores problemas que se pueden presentar es el calentamiento global, el cual trae consecuencias diversas, entre otras, aumento de la temperatura en los polos terrestres con deshielo de los glaciares; aumento del nivel de los océanos con pérdida de territorio de algunos países insulares; propagación de enfermedades tropicales a otros países de clima templado; etc.

✓ Efecto regional

Entre las categorías de efecto regional, se encuentran: la Acidificación y la Eutrofización, cuyos impactos medioambientales son originados, principalmente, por las emisiones del SO₂ y NO_x. Acidificación: pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera.

Eutrofización: se produce cuando los nutrientes (materia orgánica y mineral) se acumulan en los ecosistemas acuáticos. Este aumento de nutrientes en el agua incrementa el crecimiento de plantas que, debido a su respiración, reducen drásticamente los niveles de oxígeno. Los sedimentos provenientes de las aguas residuales domésticas e industriales favorecen la eutrofización.

✓ Efecto local

Como ejemplo de las categorías de impactos de efecto local se presenta el mecanismo de impacto desencadenado a través del polvo. Este tipo de contaminante de la atmósfera conduce a una categoría conocida como contaminación del aire por partículas. Los efectos debidos a las emisiones de partículas sólidas (polvo) al aire resultan perjudiciales para la salud humana y otros seres vivos. Entre las molestias registradas está las silicosis que según informes médicos se produce en el individuo que aspira aire de atmósferas cargadas de partículas que contienen sílice (SiO_2). En los especímenes vegetales estas partículas se depositan sobre las hojas obstruyendo el sistema de respiración de las plantas. En el caso del presente estudio, un ejemplo de este efecto podría verse en los efectos nocivos que podría tener la cal utilizada para la preparación de los estanques de cultivo.

En la clasificación, los resultados del inventario se asignan respectivamente a cada una de las categorías de impacto previamente seleccionadas. El procedimiento consiste en identificar y correlacionar todas las cargas ambientales a una o más categorías de impactos potenciales, es un procedimiento de rutina que se asigna a la totalidad de las cargas ambientales del sistema analizado. Esta evaluación puede incluir el proceso iterativo de revisión del objetivo y alcance del estudio del ACV para determinar cuándo los objetivos del estudio se han cumplido y, en el caso de no alcanzarlos, para modificar el objetivo y alcance del estudio. Esta fase puede incluir, entre otros, elementos como:

- Asignación de los datos del inventario a categorías de impacto (clasificación).
- Modelación de los datos del inventario dentro de categorías de impacto

(caracterización).

- Posible agregación de los resultados en casos concretos y sólo cuando proceda (valoración).

El último paso a seguir se conoce como Caracterización, el cual se lleva a cabo mediante la aplicación de los factores de caracterización a fin de establecer el perfil medioambiental del sistema estudiado. Según la metodología, después de clasificada o asignada todas las cargas ambientales del sistema a determinadas categorías de impacto, seleccionadas según los objetivos del estudio, será necesario realizar la cuantificación de la referida categoría. Así, asignados (fase de clasificación del ACV) las sustancias contaminantes a un determinado modelo de categoría de impacto, todas las sustancias que contribuyen a esta categoría serán reducidas a una única sustancia de referencia y que servirá de base de agregación de todos los resultados en esta categoría de impacto.

En consecuencia, el resultado de la caracterización es la expresión de contribución a determinada categoría de impacto que, basándose en la cantidad de emisiones de sustancias equivalentes para cada categoría de impacto, miden la magnitud del impacto a través del producto entre la carga ambiental y el factor de caracterización correspondiente en aquella categoría de impacto que se desea o fue escogida para evaluar.

La fase de interpretación de un estudio de ACV o de un estudio de ICV, comprende varios elementos, según se ilustra en la figura 2.3, ellos son:

- Identificación de los asuntos significativos basado en los resultados de las fases de ICV y la EICV de un ACV;
- Una evaluación que considera las verificaciones de los análisis de integridad, sensibilidad y coherencia;
- Conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

proceso que genera más de una salida.

Debido a que el ACV es una metodología que tiene sus orígenes en países desarrollados, algunas características pueden conllevar a la subestimación o a la sobrestimación de los indicadores de impacto determinados cuando la metodología se aplica en países subdesarrollados. Algunas de estas características son:

- Los factores de caracterización para las categorías de toxicidad son calculados utilizando datos específicos de la atmósfera, geografía y población del sitio evaluado.
- Diferencias en la normalización de los valores, pues cada país o región debe utilizar sus propios valores de referencia.
- La importancia de los indicadores y/o valores utilizados, no tienen necesariamente la misma significación para cada región o país.

La metodología que será utilizada para medir categorías de daño y de impacto es el Método **Eco-Speed** presentado por MSc. Ing. Berlan Rodríguez Pérez, profesor de la Universidad de Cienfuegos, Cuba e investigador de la Red Latinoamericana de Análisis de Ciclo de Vida.

Este método utiliza funciones de velocidad de agotamiento en la mayoría de sus categorías de impacto, de ahí el nombre de Eco-velocidad. Otra de las características distintivas del método resulta la aplicación de técnicas de estimación para el completamiento de las categorías de impacto, incluyendo en ellas la mayor cantidad posible de sustancias identificadas por otros métodos como que afectan el mecanismo ambiental medido por la misma.

Eco-Speed cuenta con 5 categorías de daño, las que son afectadas por 12 categorías de impacto, la forma en que se relacionan se representa en el Anexo 8. En general el basamento del método es utilizar funciones de agotamiento, donde los resultados sean adimensionales, utilizando una relación fraccionaria, donde el numerador representa el elemento a analizar y el denominador representa la cantidad disponible

de ese elemento, de esta forma se considerarán entonces los impactos potenciales de cada elemento analizado, como se presentan a continuación para cada una de las categorías de daño y de impacto. (Rodríguez 2013).

OpenLCA puede utilizar diversas bases de datos (NREL, NEEDS, LCA food, ELCD, GEMIS) en función de las cuáles, según los objetivos del estudio, quedan definidos los modelos para estimar los parámetros y calcular los distintos indicadores de impacto (ecoindicadores). Esta flexibilidad permitió que esta investigación se llevara a cabo mediante la selección y uso del modelo Eco-Speed, definido específicamente según las particularidades de los países latinoamericanos y cuyo empleo permite evitar, en la medida de lo posible, las características mencionadas en el párrafo anterior.

Con el modelo Eco-Speed, las categorías de toxicidad son calculadas según las especificidades de algunas regiones de América Central y el Caribe, así como de algunos países de América del Sur y Latinoamérica en general (del río Bravo a la Patagonia). Además, considerando la importancia de los reservorios de agua para los países de estas regiones, este modelo incorpora una nueva categoría relacionada con “la calidad del agua y su consumo”. Por otra parte, la sensibilidad de los factores de caracterización de la toxicidad es aumentada mediante el empleo de estimaciones que se basan en algoritmos inteligentes (Bayesian Neural Networks classifiers-BNNC). Además, la categoría “uso y transformación de tierras” definida en Eco-Speed, se focaliza en un nuevo concepto que tiene en cuenta el uso y la transformación de las tierras con fines productivos.

Además de los objetivos específicos del estudio, que responden a las expectativas y necesidades de una empresa que tiene entre sus objetivos aumentar la producción de la manera más sustentable posible, la selección de las herramientas empleadas se basó en el grado de detalle de los datos colectados durante los inventarios, y en las características de los ecoindicadores que emplea el modelo elegido. La capacidad y flexibilidad de estos ecoindicadores para estimar los impactos permitiría, si fuese necesario, la implementación de parámetros adicionales, definidos por el usuario. Adicionalmente, OpenLCA y Eco-Speed han tenido un incrementado uso en el sector

alimentario y específicamente en otras investigaciones desarrolladas en EPICIEN. Esto hace que los resultados obtenidos sean comparables, lo que conlleva a una mejor comprensión de la información y a la propuesta de mejoras más eficientes y mejor avaladas.

2.3.4 Interpretación del Ciclo de Vida o Análisis de mejoras

El ACV finaliza con el análisis de todos los datos finales con respecto a sus significados, incertidumbres y sensibilidad sobre los resultados parciales. La interpretación es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados del análisis del inventario con la evaluación del impacto. En esta última fase los resultados son reunidos, estructurados y analizados para que el conjunto de informaciones posibilite generar un informe con las conclusiones y recomendaciones, que dan respuesta a los objetivos de este estudio y que hacen posible una factible toma de decisiones. El reporte de investigación se elabora de forma tal que queden claramente definidos los siguientes aspectos:

- Principales emisiones y desechos producidos durante el proceso productivo.
- Posibles problemas ambientales potenciales.
- Soluciones dadas para la minimización o tratamiento de estos residuos y desechos.
- Verificación de la disminución del impacto.
- Análisis de la factibilidad técnica y económica de la propuesta de mejora, si es posible.

2.4 Conclusiones Parciales

- En este Capítulo se realiza una descripción general de la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos y de sus procesos operacionales claves, a partir de la que se ejecuta una evaluación preliminar en P+L que define con claridad las malas prácticas, visualizándose la importancia del estudio de la herramienta Análisis de Ciclo de Vida y los problemas ambientales generados.
- El fundamento de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida basada en las normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 se detalla para su aplicación en una serie de pasos, algunos flexibles, que permiten adecuar el estudio en función de los objetivos de la investigación.
- El método para la evaluación de impacto ambiental que utiliza la herramienta de ACV, se desarrolla en esta ocasión con una variante novedosa (Eco-Speed), que entre otras ventajas, las categorías de toxicidad son calculadas según las especificidades de algunas regiones de América Central y el Caribe.

Capítulo III. Aplicación del ACV a la producción de Picadillo de C. gariepinus en EPICIEN.

En este capítulo se desarrolla la metodología descrita para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida del Picadillo de *C. gariepinus*, se proponen variantes de mejora y se analiza el costo beneficio de las más representativas.

3.1 Definición de los Objetivos y el Alcance

3.1.1 Objetivo del Estudio

La aplicación de la metodología de ACV a la producción de Picadillo de *C. gariepinus*, se hace necesaria a partir del auge en el cultivo de la especie, el poco conocimiento existente en cuanto a los impactos ambientales que ocasiona dicho proceso durante todo su ciclo de vida y por ende las acciones para su reducción.

Los objetivos del estudio son:

1. Evaluar y cuantificar los impactos medioambientales de la producción de *C. gariepinus* a lo largo de todo su ciclo de vida.
2. Proponer variantes de mejora para reducir dichos impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida.

3.1.2 Alcance del estudio

El alcance del estudio abarca los siguientes aspectos:

- Funciones del sistema estudiado

El uso final del producto estará encaminado en primer lugar a abastecer el consumo social, específicamente a los Círculos Infantiles del territorio, lo que contribuye a la sustitución de importaciones, y en segundo lugar a diversificar las producciones de la Empresa, mediante la elaboración de productos conformados a partir del picadillo, (Croqueta, hamburguesa, albóndiga, entre otros), los cuales contribuirán a la

alimentación de la población a través de su comercialización en moneda nacional en la red minorista de Pescaderías Especializadas, distribuidas en la ciudad de Cienfuegos.

- **Unidad Funcional**

La unidad funcional del presente estudio, está referida a 1 tonelada de Picadillo de *C. gariepinus*.

- **Definición de los Límites del Sistema en estudio**

Los límites del sistema se definen según la información que se tiene y los objetivos que se pretenden alcanzar definidos anteriormente, a continuación se definen los límites del sistema estudiado.

Límites Geográficos

El Análisis de Ciclo de Vida realizado se limita al proceso de producción de Picadillo de *C. gariepinus* en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos; abarcando a cuatro UEBs; ALGUAR, situada en Arriete municipio de Palmira, a 46 kilómetros de ésta se encuentra la UEB GALINDO, perteneciente al municipio de Abreus, y las UEBs INDUSUR y FRICOM, ambas ubicadas dentro del combinado pesquero localizado en la zona Industrial No. 2 en la ciudad de Cienfuegos, y se localizan a 48 kilómetros de la UEB GALINDO.

Límites Temporales

El estudio se centró en los meses de Enero a Diciembre del año 2012.

- **Etapas excluidas del análisis**

Para este estudio, debido a la limitación de la información necesaria, quedan excluidas las cargas ambientales relativas a la fabricación y el mantenimiento de:

- Los equipos, insumos e infraestructuras necesarias para el cultivo de *C. gariepinus*.

- los vehículos de transporte,
- las instalaciones de cultivo y procesamiento de la nombrada especie,

También se excluye la producción de fertilizantes y las implicaciones de distribución y consumo del producto final.

- El suelo como parte del sistema productivo

Se ha considerado la categoría de uso del suelo como parte del sistema productivo en los procesos de cultivo de *C. gariepinus*.

- Calidad de los datos

Los datos han sido recogidos en las instalaciones productivas específicas vinculadas a los procesos en estudio. Se han seleccionado los procesos cuya contribución a los flujos de masa y energía se espera sea importante y cuyas emisiones se espera sean relevantes para el medio ambiente.

Para ello se obtuvieron los datos de los resultados productivos de las UEB ALGUAR, GALINDO, INDUSUR y FRICOM. Con el adecuado asesoramiento de especialistas, se elaboraron diagramas de flujo y se calificaron y cuantificaron los datos. En algunos casos fue necesario ponderar debido al insuficiente equipamiento para determinar los consumos y/o emisiones de sustancias en cada proceso unitario. Los datos de consumo de electricidad y agua fueron en su mayoría recolectados de la Empresa Eléctrica y la Empresa de Acueductos y Alcantarillados respectivamente, mediante la facturación mensual. En las etapas de cultivo de *C. gariepinus* los datos se obtuvieron a partir de los expedientes de los estanques, los cuales muestran el historial de cada uno de estos durante su explotación. Los datos relativos al ensayo de los residuales líquidos resultantes de los procesos estudiados, se brindaron en los informes de la Empresa Nacional de Servicios Técnicos (ENAST), UEB Cienfuegos, entidad contratada por EPICIEN, para prestar dicho servicio.

3.2 Análisis del Inventario del Ciclo de Vida

3.2.1 Recolectar los datos

3.2.1.1 Descripción del flujo productivo de *C. gariepinus*.

Este estudio se realizó integrando procesos que tienen lugar indistintamente en cuatro de estas UEB:

- ALGUAR: reproducción y alevinaje I;
- GALINDO: alevinaje II, preceba y ceba;
- INDUSUR: procesamiento industrial;
- FRICOM: almacenamiento congelado.

En la estación ALGUAR se realiza la reproducción y el alevinaje I. La unidad para su desempeño cuenta con una sala techada con 30 piscinas de 2 m³, seis estanques de 0,5 ha y diez piscinas de hormigón de 200 m². En el caso de la UEB GALINDO, se utiliza un estanque de 0,88 ha para el desarrollo del alevinaje II y la preceba. La ceba tiene lugar en 15 estanques (13,44 ha en total).

La UEB INDUSUR es la encargada de brindarle un mayor valor agregado a los productos de *C. gariepinus*, a través de su procesamiento y terminación para la venta, y la UEB FRICOM garantiza su almacenamiento congelado y comercialización.

Según las características de cada una de las etapas del proceso productivo, éstas generan distintos niveles y tipos de impacto que serán caracterizados y cuantificados en la presente investigación. Esta es la razón por la cual seguidamente se describen, en términos generales, las diferentes etapas del cultivo.

a) Reproducción

Esta etapa da inicio al proceso productivo. Los reproductores se encuentran en estanques de tierra de 0.5 Ha, a una densidad de 10 ejemplares/m² con edad y peso

promedio de 8 meses y 700 gramos respectivamente, a seguir se trasladan a piscinas de hormigón de 200 m²; donde se conforma el banco de reproductores con

- 4 grupos de hembras, cada uno de ellos con 300 peces en 4 subdivisiones en dos piscinas, y
- 2 grupos de machos en otras 2 subdivisiones de 300 peces cada uno, en una piscina.

Una vez vaciadas las piscinas, se seleccionan los individuos (tanto hembras como machos) maduros y son trasladados a la sala de incubación, donde se pesan para la dosificación de la hormona cuya función es facilitar el desove en las hembras y en los machos aumentar la turgencia de las gónadas permitiendo una mejor extracción de la esperma. En la actualidad como hormona se utiliza el Ovaprim, el cual se administra en una sola dosis de 6:00 a 7:00 pm, a razón de 0,15 ml/kg de peso para las hembras y la mitad de la dosis para los machos.

La sala de incubación cuenta con 30 piscinas de cemento, de ellas serán utilizadas 20 para la incubación, cada una con sus bastidores. Las piscinas restantes se utilizarán para la recepción, limpieza y conteo de los alevines que ya pesen entre 0,5-1 g, obtenidos del alevinaje I. Los bastidores son estructuras rectangulares conformadas con acero y forrados con malla plástica de 1 mm² de luz. El desove de las hembras se realiza de forma manual, 12 horas después de la aplicación de la hormona, presionando suavemente el abdomen del animal desde las aletas pectorales hasta la papila genital. Esta operación se realiza en varias hembras hasta obtener 1 Kg de huevos, y a continuación se sacrifican 2 machos para extraer el esperma de los testículos, los cuales se fragmentan y se exprimen con la ayuda de la malla plástica.

Los huevos y la esperma se mezclan cuidadosamente y se añade solución salina al 0,85 %, para ayudar con la viabilidad y vitalidad de los gametos masculinos. Se dejan reposar por un tiempo de 1 minuto para que se realice la fecundación y pasado este tiempo se lavan los huevos. Por decantación se eliminan los restos de sangre y suciedades que puedan quedar y se procede a esparcirlos en el bastidor o en la

incubadora. De la misma manera se ejecuta una y otra vez hasta haber desovado el número de hembras totales. Pasadas 24 horas ocurre el nacimiento de las larvas y se retiran los bastidores. Por espacio de 72 horas permanecen en las piscinas, tiempo en el que se lleva a cabo la resorción del saco vitelino. A partir de este momento las mismas se encuentran listas para ser sembradas. El flujo tecnológico para la reproducción se muestra en el Anexo 9.

b) Alevinaje I (0,5-1 g)

Para esta fase del alevinaje se destinan seis estanques de tierra (de 0,5 ha cada uno) cuya preparación inicial es importante para el mantenimiento adecuado de las larvas.

Los pasos del proceso preparatorio se mencionan a continuación orden cronológico:

1. Limpieza mecánica; chapea de la maleza, limpieza del fondo.
2. Aplicación de cal viva: 1 t/ha, hidrato de cal: 2 t/ha.
3. Roturación del estanque; 10 - 15 cm de profundidad.
4. Introducción de los abonos orgánicos: 2 t/ha de gallinaza, residuos de cosechas (arroz, frijol, etc.)
5. Montaje de la esclusa.
6. Llenado del estanque: hasta el 50 % del volumen.
7. Introducción de los abonos inorgánicos: urea 87 kg/ha, nitrato de amonio 120 kg/ha, superfosfato simple 50 kg/ha y superfosfato triple 22 kg/ha.
8. Aplicación de miel final: 120 litros/ha.

Estos pasos se cumplen en un plazo de hasta 7 días y posteriormente se procede a realizar la siembra de las larvas a razón de 200-250/m². La alimentación se realiza aplicando 5 Kg de pienso de inicio (60 % de Harina de Pescado) por cada millón de larvas. A partir de los 3 días se introduce en la alimentación hueva o picadillo de

pescado; con proporción 1:1, con respecto al pienso. En estas condiciones el cultivo se extiende por 15 días.

c) Traslado y siembra de alevines de 1g

Consiste en trasladar en camiones a los alevines de 1g hasta las UEB encargadas de su cultivo, GALINDO y ACUICUMAN. Para ello se realiza el pesaje de la biomasa y se colocan los alevines en cajas transportadoras con una densidad de 60 Kg/m³ de agua, lo que equivale a 150 Kilogramos de biomasa por cada caja, se le incorpora oxígeno durante el traslado, procurando realizar este antes de las 10.00 AM, o después de las 4.00 PM, para evitar el stress en los animales. Una vez arribado a su destino se realiza la siembra de los animales en estanques para comenzar el Alevinaje II.

d) Alevinaje II (1-10 g)

Se desarrolla en jaulas flotantes de 4 y 9 m³ respectivamente. Estas jaulas están colocadas en el interior de estanques de tierra (de 0,88 ha cada uno) cuya preparación inicial es similar a la descrita en la etapa anterior. La alimentación empleada es a base de pienso de inicio más subproducto industrial de origen animal (huevo de pescado, picadillo no apto para el consumo humano, cabezas, vísceras, piel y espinas). El factor de conversión (indicador que muestra las toneladas de pienso para obtener 1 tonelada de carne) es de 1,8. Para entrar en esta etapa, que dura entre 45 y 60 días, los ejemplares son correctamente seleccionados con pocas variaciones de tallas para evitar la práctica del canibalismo. Tanto la talla como el peso son luego chequeados frecuentemente (una vez por semana) para garantizar la uniformidad.

e) Preceba (10-50 g)

A esta fase, que dura entre 50 y 60 días, los alevines también entran después de un proceso de selección que garantiza la similitud en cuanto a peso y talla, parámetros que se chequean luego cada 14 días. El cultivo se desarrolla en jaulas con las mismas dimensiones que las empleadas en la fase de alevinaje II, recambiando diariamente entre el 5 y el 10 % del agua total de cada estanque. Este recambio es importante pues ya en esta fase al cultivo se le añaden cantidades considerables de materia

orgánica, lo cual facilita el desarrollo de algas y el deterioro de la calidad del agua. El pienso ya no incluye harina de pescado pero sí aditivos de origen animal (peces fuera talla, cabezas, vísceras, piel y espinas). El factor de conversión para esta etapa es de 1,8 toneladas de pienso / 1 tonelada de carne.

f) Ceba (50-800 g)

Los animales se siembran en estanques de tierra con una preparación inicial similar a la descrita para la etapa de alevinaje I. Teniendo en cuenta el resultado de experiencias previas en cuanto a indicadores como tasa diaria de crecimiento y rendimiento por ha, se ha determinado que *C. gariepinus* es una especie que asimila altas densidades de siembra, pero la más recomendada (la vigente) es de 3 a 4 peces por m². La alimentación es a base de piensos tropicales sin harina de pescado y con una mayor proporción de subproductos industriales. Se incluyen en la dieta además, circunstancialmente, harinas premezcladas o afrecho de trigo. El alimento se suministrará en forma de bolas, en puntos preestablecidos preferiblemente cercanos a la esclusa de salida del agua, para eliminar con facilidad los residuos de alimento y evitar la contaminación del agua.

Es una etapa caracterizada por el alto consumo de agua, donde el recambio diario de la misma es del 10 % del agua total del estanque debido a los volúmenes de materia orgánica que se le añaden al cultivo para mejorar su eficiencia alimentaria y el factor de conversión. Cada 15 días se procede al muestreo de peso y talla de los peces, con el objetivo de realizar un análisis técnico donde se valora el desarrollo del cultivo y a partir de esto, aplicar ajustes de la dieta y determinar el comportamiento de los principales indicadores de eficiencia.

g) Cosecha y Traslado

Una vez que los animales alcanzan la talla comercial (800 g) son cosechados, y para ello el nivel del estanque se disminuye entre un 30-50 % facilitando la concentración y captura de los animales. Los peces capturados se colocan en un vehículo con hielo (proporción 3:1) y se trasladan a la Industria para su procesamiento.

h) Procesamiento Industrial

La captura fresca procedente de la UEB acuícola, es recepcionada en la industria y puede, pasar directo al proceso o almacenarse refrigerada. Para esto último se intercalan las capas de hielo y pescado para garantizar los 2 °C en el centro térmico del pescado utilizando la proporción 1:1.

A partir de la diversidad de tallas en la materia prima que recibe la Industria, se clasifican individualmente y se deciden los surtidos a realizar, tal y como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Clasificación de la materia prima para la elaboración de surtidos.

Fuente: Elaboración Propia.

Peso (Gramos)	Surtidos de Clarias
< 500	Filete
300-500	Rueda
< 300	Picadillo

El pescado, una vez definido su destino es llevado a proceso donde se pesa, se coloca en cajas con hielo para el mantenimiento de la cadena de frío y se lleva a los puestos donde se procesará con un flujo de agua potable corriente en función de obtener los surtidos antes mencionados.

Filetes: Se descabeza cada espécimen dando un corte por detrás de las branquias. A continuación se obtienen los filetes separando los mismos mediante cortes paralelos a la espina dorsal, lo más próximo a ésta posible, evitando que queden espinas, se procede a separar la piel del filete, mediante un corte entre ésta y la masa, siempre lo más próximo posible a la piel, procurando no queden restos en la masa.

Ruedas: Se descabeza cada espécimen dando un corte por detrás de las branquias, se eviscera mediante un corte longitudinal desde la abertura anal hasta las branquias sin dañar los músculos, se retiran las vísceras manualmente y se aplicarán cortes para obtener secciones de pescado con un espesor entre 1.5 y 2.5 cm.

Picadillo: El pescado será descabezado y eviscerado; posteriormente los tronchos obtenidos van a una estera hasta la máquina separadora de piel y espinas con tambor, de la cual resultará el surtido descrito.

Envase y Congelación

Cada uno de estos surtidos mantiene una cadena de frío durante todo el proceso, agregándose hielo para así garantizar los 2°C en el centro térmico hasta ser envasado. En todos los casos los envases llevan una etiqueta informativa con los requisitos establecidos en la NC 108:2012. Norma General para el etiquetado de los alimentos preenvasados.

Filete: Se presentan dos tipos de envases, teniendo en cuenta su destino:

- Porciones de 1 Kg. de peso, envasadas en bolsas de Polietileno (19 x 43 cm), las cuales son destinadas a la venta minorista en Pescaderías.
- Porciones de 2 Kg. de peso, envasados en cajas parafinadas e interfoliados con hojas de polietileno.

Rueda: Son envasadas a razón de 1 Kg. de peso en bolsas de Polietileno (19 x 43 cm).

Picadillo: El uso fundamental de este surtido es como materia prima para otros surtidos que se realizan en la Industria, como son: croqueta, chorizo, mortadela, hamburguesa y albóndiga, para ello el envase se realiza en bolsas de polietileno de 61 x 90 cm, a razón de 15 Kg. por envase. Existen pequeñas cantidades que se venden en pescaderías y en este caso su envase es en las bolsas de 19 x 43 cm conteniendo 1 Kg.

En todos los casos los envases se colocan en bandejas, éstas en carros bandejeros y van al túnel de congelación, donde permanecerán hasta alcanzar -18 °C en el centro térmico del producto (16 horas aproximadamente). El sistema de congelación forma

parte de un sistema de refrigeración a base de amoníaco, el cual trabaja con 8 toneladas de dicha sustancia en un sistema cerrado.

Etiquetado, embalado y marcación.

Los envases que contienen los surtidos congelados pasan a ser empacados en cajas de cartón acorde a su capacidad. Cada caja será marcada con 2 etiquetas en las cuales se refleja:

- ✓ Nombre y Dirección de la Entidad productora.
- ✓ Nombre del Producto.
- ✓ Fecha de Vencimiento.
- ✓ Peso Neto del Embalaje.
- ✓ Tallas presentes.
- ✓ Teléfonos de Protección al Consumidor.

i) Proceso Almacenamiento Congelado

Los embalajes son colocados en parles y son trasladados hasta el almacén de mantenimiento congelado, perteneciente a la UEB FRICOM. Este almacenamiento deberá garantizar el mantenimiento de temperaturas no mayores de -18 °C en el centro térmico del producto. La UEB posee un sistema de mantenimiento congelado con amoníaco como gas refrigerante, y cuenta con 7 cámaras de mantenimiento congelado con una capacidad aproximada de 500 toneladas cada una.

Como resultado del proceso en estudio, y los aspectos desarrollados en la definición del objetivo y el alcance de la presente investigación, se muestra en la Tabla 3.2, el inventario realizado para el proceso de *C. gariepinus*, tomando como base la unidad funcional de 1 tonelada de Picadillo.

Tabla 3.2. Inventario del Ciclo de Vida de *C. gariepinus*. Unidad Funcional: 1 tonelada de Picadillo.

Fuente: Elaboración Propia.

Proceso Unitario: REPRODUCCIÓN. UEB ALGUAR					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Agua	l	8,64E+00	Agua Residual	l	8,38E+00
Nitrato de Amonio	t	6,14E-09	DBO5 t	t	1,93E-07
Superfosfato Triple	t	1,93E-09	DQO t	t	2,87E-07
Alimento Animal	t	8,80E-08	ST t	t	1,86E-06
Pienso	t	1,35E-07	Desechos sólidos de los Bastidores	t	2,03E-10
Energía Eléctrica	Kw	2,86E-04	Machos Sacrific.	t	1,63E-06
Diesel	t	8,72E-06	Larvas	U	1,33E+06
Gallinaza	t	1,32E-06	CO2	Kg	3,35014E-05
			SO2	Kg	4,36216E-07
			NO2	Kg	2,09384E-06
Proceso Unitario: ALEVINAJE I. UEB ALGUAR					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Hidrato de Cal	t	7,34E-07	Agua Residual	l	5,69E+02
Superfosfato triple	t	2,07E-07	DBO5	t	9,47E-05
Nitrato de Amonio	t	1,23E-06	DQO	t	2,95E-04
Gallinaza	t	4,28E-05	ST	t	1,26E-05
Alimento Animal	t	4,28E-06	alevines 1	U	2,80E+06
Agua	l	5,86E+02	CO2	Kg	0,001326807
Pienso	t	3,74E-06	SO2	Kg	1,72761E-05
Diesel	t	3,46E-04	NO2	Kg	8,29254E-05
Uso del Suelo	ha	0,0724			
Proceso Unitario: Traslado de Alevines 1g					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Diesel	l	2,96E-05	CO2	Kg	1,14E-04
Agua	l	1,30E-02	SO2	Kg	1,48E-06
Alevines 1	U	3,36E+05	NO2	Kg	7,10E-06
			Alevines 1	U	3,36E+05
Proceso Unitario: ALEVINAJE II Y PRECEBA. UEB GALINDO					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Diesel	t	1,08E-03	Agua Residual	l	7,16E+02
Hidrato de Cal	t	1,50E-07	DBO5	t	4,55E-04
Superfosfato triple	t	2,06E-08	DQO	t	9,10E-04
Nitrato de Amonio	t	1,12E-07	ST	t	4,71E-03
Sub-producto Industrial	t	2,80E-05	Alev 50 g	u	5,60E+04
Agua	l	7,54E+02	CO2	Kg	0,0041553
Pienso	t	2,22E-04	SO2	Kg	5,41055E-05
			NO2	Kg	0,000259706

Tabla 3.2. Inventario del Ciclo de Vida de *C. gariepinus*. Unidad Funcional: 1 tonelada de Picadillo. (Continuación)

Fuente: Elaboración Propia.

Proceso Unitario: CEBA. UEB GALINDO					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Diesel toneladas	t	1,09E-02	Agua Residual	l	7,21E+03
Hidrato de Cal	t	4,17E-05	DBO5	t	1,38E-01
Superfosfato triple	t	1,70E-06	DQO	t	2,13E-01
Nitrato de Amonio	t	6,60E-06	ST	t	1,36E+00
Alimento Animal	t	1,06E-03	Anim 600g	U	4,67E+03
Agua	l	7,59E+03	CO2	Kg	0,041830029
Pienso	t	1,73E-03	SO2	Kg	0,000544662
Uso del Suelo	ha	0,0974	NO2	Kg	0,002614377
Proceso Unitario: Cosecha y Traslado. UEB GALINDO					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Diesel	t	2,87E-03	CO2	Kg	1,11E-02
Hielo	t	7,23E-01	SO2	Kg	1,45E-04
			NO2	Kg	6,96E-04
Proceso Unitario: PROCESO INDUSTRIAL. UEB INDUSUR					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Agua	l	2,26E+04	Agua Residual	l	9,06E+01
Hielo	t	3,54E-01	DBO5	t	2,03E-03
Energía Eléctrica	Kw	1,32E+02	DQO	t	1,80E-02
Bolsa (19x43) de 1 Kg. (Pic. para la Venta)	t	2,34E-03	PO4	t	2,81E-07
Bolsa 61x90 de 15Kg (Pic. Prod. propias)	t	2,75E-03	Sub Prod. Pescado	t	1,82E+00
Caja Libre abordó (Pic. Venta)	t	1,00E-02	Picadillo pesc	t	1,00E+00
Caja (15 Kg.)	t	2,57E-02			
Etiquetas	Kg	8,84E-04			
Proceso Unitario: ALMACENAMIENTO CONGELADO. UEB FRICOM					
ENTRADAS	UM	CANTIDAD	SALIDAS	UM	CANTIDAD
Energía Eléctrica	Kw	1,58E+02	Aceite residual	t	1,43E-06
Amoníaco	t	8,59E-04	Compresores	t	1,00E+00
Aceite de Compresores	t	6,77E-05			

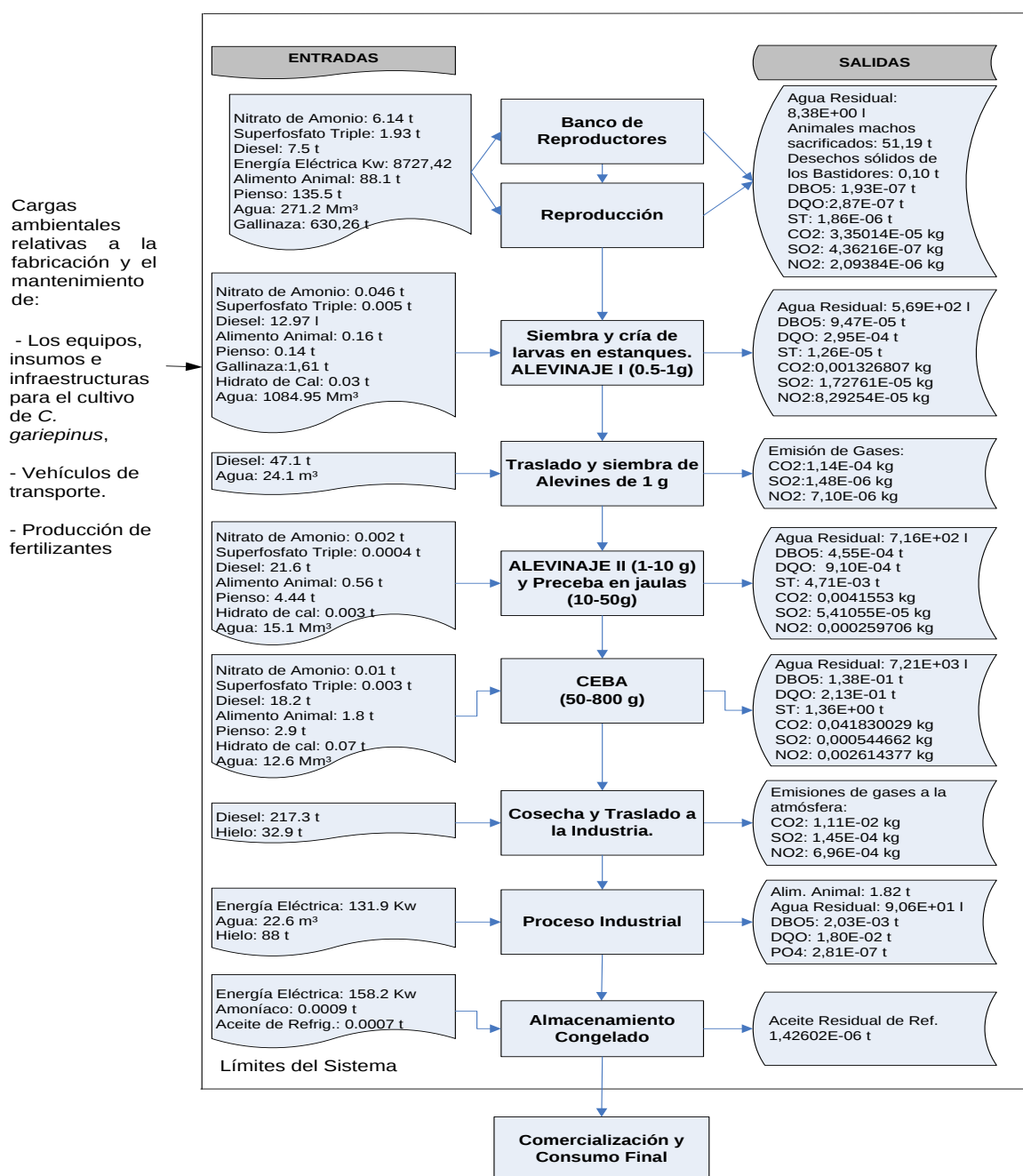
3.2.2 Construcción de los Diagramas de Proceso

Para el presente estudio, y a partir de la descripción del ciclo de vida del proceso, se elaboraron los diagramas de proceso, donde en el Anexo 10 se muestra el flujo del Proceso productivo en estudio y en el Anexo 11 se representa el ciclo de vida de dicho proceso.

En la figura 3.1, se recogen todas las materias primas, el uso de la energía, combustibles, agua y las salidas o emisiones de cada uno de los procesos que intervienen en el ciclo de vida estudiado, procesos que están enfocados en la obtención de 1 tonelada de Picadillo de *C. gariepinus*, además se aprecian los límites del sistema según se describió en la etapa de definición del alcance del estudio.

Figura 3.1. Diagrama cuantificado del proceso productivo de *C. gariepinus*.

Fuente: Elaboración Propia.



3.2.3 Procesar los datos

Con toda la información necesaria para el estudio y el cumplimiento de los objetivos trazados, se procede a incluir los datos del inventario realizado en el software OpenLCA, el cual ofrecerá mediante el Eco-Speed la información necesaria para evaluar el impacto ambiental de la producción de Picadillo de *C. gariepinus* en EPICIEN, y sobre esa base proponer acciones de mejora ambiental en dicho proceso productivo.

3.3 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida

En la tabla 3.3 se muestran los datos de normalización para cada categoría de impacto, obtenido del procesamiento de las entradas y salidas de cada fase del proceso estudiado, agregadas a la base de datos del software OpenLCA, utilizando como método para la determinación de los impactos ambientales el Eco-Speed, las categorías se ordenan de mayor a menor teniendo en cuenta el nivel de incidencia en el estudio realizado.

Tabla 3.3. Valores resultantes de la ponderación de las categorías de impacto.

Fuente: Elaboración Propia.

Categoría de Impacto	Unidad	Producción de Picadillo Sistema
Total	Pt	8,18E-13
Calentamiento Global	Pt	4,43E-13
Combustibles Fósiles	Pt	1,38E-13
Carcinógenos (Aire)	Pt	8,16E-14
Carcinógenos (Agua)	Pt	4,85E-14
No Carcinógenos (Aire)	Pt	4,40E-14
Oxidantes Fotoquímicos	Pt	2,94E-14
Acidificación	Pt	1,84E-14
Uso de Minerales	Pt	6,07E-15
Uso del Agua	Pt	3,70E-15
Eutrofización	Pt	1,42E-15
No Carcinógenos (Agua)	Pt	1,20E-15
Agotamiento del Ozono	Pt	1,13E-15
No Carcinógenos (Suelo)	Pt	9,77E-16
Eco toxicidad del suelo	Pt	3,10E-16

Categoría de Impacto	Unidad	Producción de Picadillo Sistema
Carcinógenos (Suelo)	Pt	1,35E-16
Eco toxicidad (Aire)	Pt	9,37E-17
Uso y Transformación del Suelo	Pt	1,09E-17
Eco Toxicidad (Agua)	Pt	7,77E-20

Para evaluar el impacto derivado del Análisis de Ciclo de Vida de la producción de *C. gariepinus*, se describe en el gráfico 3.1 la relevancia ambiental de las categorías de impacto, siendo las más representativas:

- Calentamiento Global o efecto invernadero. (54 %)
- Uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad, el transporte de materiales, y el empleo de equipos en el procesamiento industrial. (17%)
- Emisión de carcinógenos al aire. (10 %)

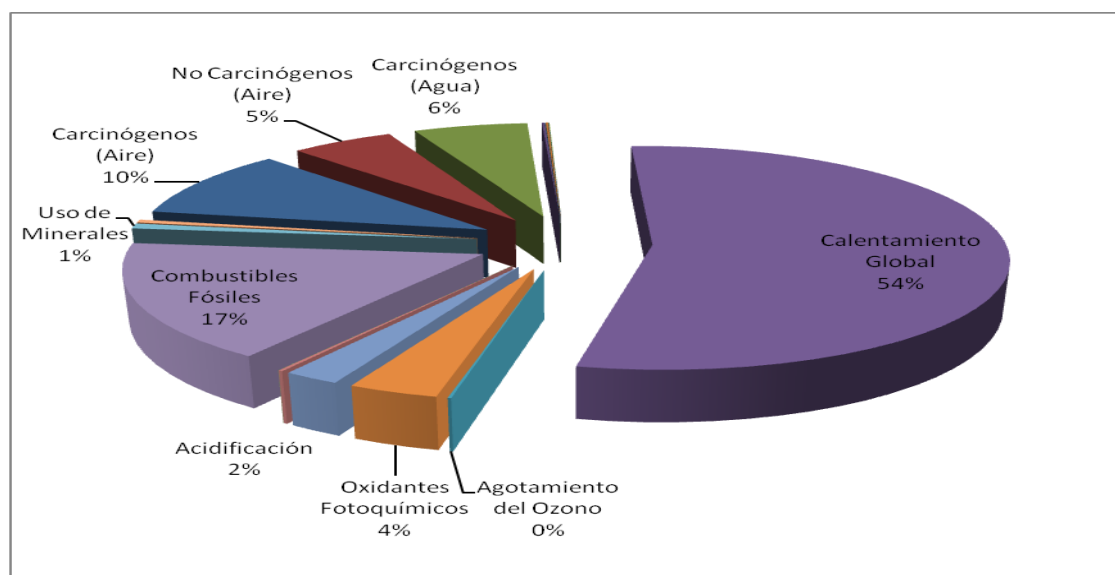


Gráfico 3.1. Representación de las Categorías de Impacto de la producción de *C. gariepinus*.

Fuente: Elaboración Propia

Es válido mencionar que la categoría de impacto “calentamiento global” es una a la cual contribuyen varios de los procesos productivos de la provincia, pues ha sido señalada entre las más significativas en numerosos estudios. Entre éstos se puede citar la producción de alcohol (Díaz-Peña, 2009), la producción de glucosa y otros

derivados de maíz (Monzón-González, 2008), la producción de picadillo de pescado (Jiménez-Egües, 2012), y la producción de harina de trigo (Moya-Gessa, 2010). Esta última autora también señala al “uso de combustibles fósiles para la generación de electricidad”, como una de las categorías que mayor impacto determinan.

Existen además otras categorías menos relevantes como son la emisión de carcinógenos al agua, la emisión de no carcinógenos al aire, los oxidantes fotoquímicos, la acidificación, el uso de minerales, el uso del agua, la eutrofización el agotamiento del ozono, la emisión de no carcinógenos al suelo, la eco-toxicidad del suelo, la emisión de carcinógenos al suelo, la eco toxicidad del aire, el uso y transformación del suelo y la eco-toxicidad del agua.

En el gráfico 3.2, se muestra la contribución a cada categoría de impacto según las entradas al sistema estudiado, donde sin dudas es el consumo de energía eléctrica el más impactante, y dentro de éste su contribución en primer lugar al calentamiento global, y en segundo a la escasez de combustibles fósiles.

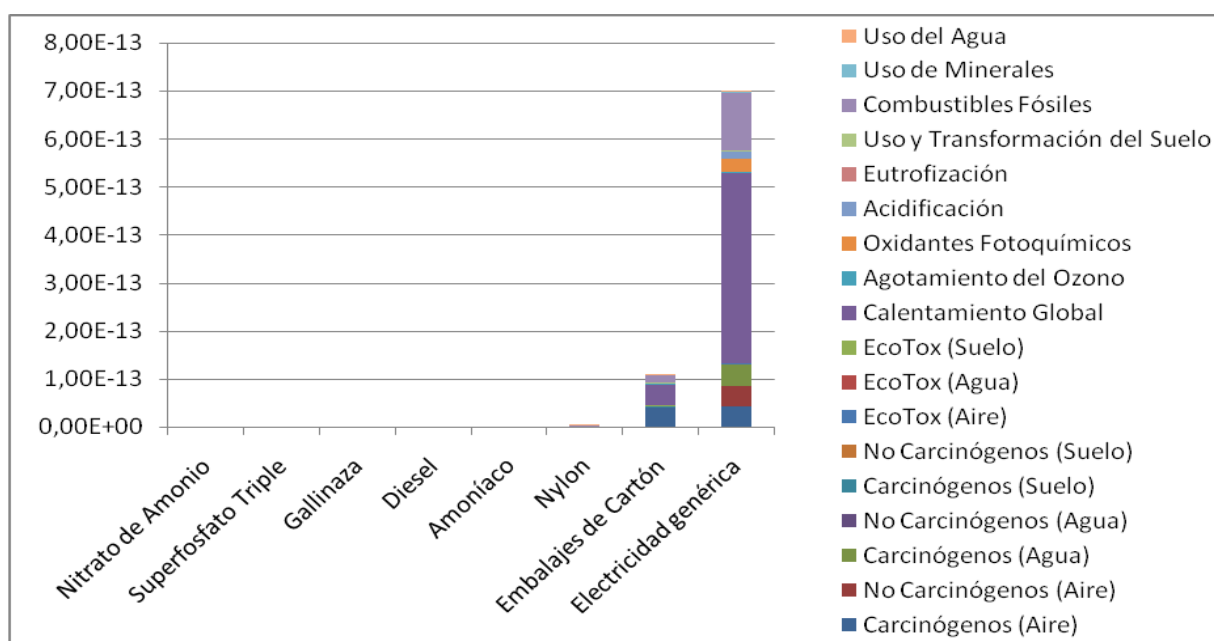


Gráfico 3.2. Aportes por entradas del sistema estudiado a las categorías de impacto.

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo 12 se muestra el árbol de contribución de los elementos que entran al

sistema, así como el nivel de significación, donde hay un predominio del uso de la energía eléctrica con relación al resto de las entradas.

Dentro de la categoría Calentamiento Global, se aprecia en la tabla 3.4 el porcentaje que representa el uso de la energía eléctrica con un 89,5 %, y los embalajes de cartón, con 10.4 %, los cuales son los más representativos con relación al resto de las entradas.

Tabla 3.4. Incidencia de los procesos en la Categoría: Calentamiento Global.

Fuente: Elaboración Propia.

No.	Procesos	Unidad	Producción de Picadillo Sistema
1.	Electricidad Genérica	%	89,54
2.	Embalajes de Cartón	%	10,42
3.	Procesos Remanentes	%	0,028
Total		%	100

Los resultados obtenidos coinciden con los estudios a nivel mundial de ACV en el sector pesquero, donde el consumo de electricidad es sin dudas un elemento considerable donde se debe accionar para reducir los impactos que esto ocasiona. (Hall, 2011).

También es conveniente conocer el daño que producen estas categorías, principalmente los daños referidos al uso de recursos, al cambio climático y a la salud humana; de tal manera que pueda definirse cual categoría de daño está siendo más afectada con la producción de *C. gariepinus*. En la tabla 3.5 están enumeradas las principales categorías de impacto, relacionadas con las categorías de daño utilizadas en el análisis de ciclo de vida de la producción de *C. gariepinus*, según el método utilizado (Eco-Speed). Además se identifica el ámbito de acción para cada categoría de impacto y daño definida.

Tabla 3.5. Categorías de Impacto, de daños y su ámbito de acción.

Fuente: Elaboración propia.

No.	Categoría de Impacto	Categoría de Daño	Ámbito de Acción
1.	Aumento de la Temperatura	Recursos	Global
2.	Escasez de Combustibles Fósiles	Atmósfera	Regional
3.	Carcinógenos al aire (Enf. Cáncer)	Humano	Local
4.	Carcinógenos al agua (Enf. Cáncer)	Humano	Local
5.	Smog Fotoquímico	Humano	Local

3.4 Interpretación del Ciclo de Vida o Análisis de Mejoras

Tanto en el Calentamiento Global como en el consumo de Combustibles Fósiles, el problema está dado por el consumo de energía eléctrica, donde se incluye la energía empleada en la generación de diesel necesario para la producción hasta la empleada por los propios equipos que intervienen en su procesamiento; es por ello que es preciso establecer alternativas de mejora que mitiguen el impacto ambiental ocasionado.

3.4.1 Propuestas de mejora:

1. Sustitución de 3 compresores en el Frigorífico.
2. Sustitución del aislamiento de las tuberías de amoníaco del sistema de refrigeración.
3. Adquisición y colocación de 7 cortinas de lama en las 7 Cámaras de Almacenamiento en mantenimiento Congelado.
4. Reparación capital de los túneles de congelación en la industria:
 - Sustitución de 4 puertas
 - Sustitución de 8 motores eléctricos
5. Adquisición y colocación de 190 lámparas estancas de 80 W en la industria.
6. Medir de manera priorizada el consumo de energía eléctrica de la UEB INDUSUR, y FRICOM, al ser estas las más consumidoras.
7. Utilizar los camiones que mejor índice de consumo tengan para el traslado de producciones entre las Unidades Empresariales de Base, o mejorar la eficiencia de los que se explotan.
8. Re motorizar los tractores empleados en la alimentación animal en las estaciones de cultivo, para hacer más eficiente su índice de consumo.

3.4.2 Análisis de factibilidad técnico económica de las alternativas de mejora.

Para el análisis de la factibilidad técnico económica se tomaron 3 alternativas de mejora: la sustitución de compresores, la sustitución del aislamiento de las tuberías de amoniaco, y la adquisición y colocación de 7 cortinas de lama en las 7 Cámaras de almacenamiento en mantenimiento congelado, por estar dentro de las más representativas para el ahorro de energía eléctrica.

Sustitución de compresores

Los equipos industriales de refrigeración se caracterizan porque consumen grandes cantidades de energía eléctrica durante su operación. La demanda eléctrica elevada puede ser resultado de un uso ineficiente de los equipos o de bajos factores de carga, lo que implica cargos elevados en la cuenta de energía.

Sin embargo, esta demanda eléctrica necesaria para la operación de sistemas de refrigeración puede reducirse mediante dispositivos y medidas ahorradoras. La estimación del ahorro de energía asociado a la introducción de accesorios para mejorar los equipos y sus condiciones de operación, exige un análisis técnico exhaustivo, además de una evaluación económica que ponga de manifiesto cuáles son los recursos necesarios para lograr el ahorro de energía propuesto.

Se propone sustituir los compresores existentes a partir de la adquisición de compresores de tornillos, los cuales se han difundido con gran rapidez sustituyendo los reciprocantes. El desarrollo de este tipo de compresor ha permitido introducir tecnologías de avanzada abaratando sus costos de adquisición y explotación. El compresor de tornillo permite modular su capacidad ajustándose a la demanda real, por lo que puede trabajar entre el 10 y el 100%, lo cual se logra generalmente mediante una válvula deslizante que reduce el volumen de succión, y por debajo del 50 % de carga su eficiencia se reduce marcadamente, lo cual influye en el ahorro de energía eléctrica, constituyendo una de sus principales ventajas. (Álvarez Guerra, 2005; Lapidó *et al.* 2003). Otras ventajas de este compresor son las siguientes: mayor eficiencia volumétrica, por no existir espacio muerto no hay caída de presión, las

fases de succión y descargas separadas, por lo que no hay transferencia de calor entre succión y descarga, el flujo de refrigerante es continuo y por tanto produce pocas vibraciones, por lo que el costo de la construcción de las bases disminuye, menores costos de mantenimientos (cambios de aceite, filtros y rodamientos).

La propuesta de sustitución está dada en que en la actualidad se utiliza un sistema de dos etapas y se propone, utilizando compresores de tornillo, un sistema de una sola etapa.

Un análisis comparativo de la factibilidad de sustitución de los compresores de tornillos se muestra en la tabla 3.6, como se puede observar en la misma, el cambio de compresores de tornillo, que constituye una tecnología más avanzada, produce un ahorro en la potencia instalada de 99,00 kW, lo que significaría suponiendo 20 horas de trabajo diarias durante los 12 meses del año un total de 712800,00 kW, o sea, 712,8 MW ahorrados al año. Para determinar el importe que se ahorraría, se tomó el precio promedio del kiloWatt durante el año 2012, que fue de 0,216 CUC/kW; por lo que el ahorro que esto representa es de 153 964,8 CUC.

Tabla 3.6. Comparación técnica de la tecnología propuesta con la actual.

Fuente: Elaboración propia.

COMPRESORES INSTALADOS			PROPUESTA DE COMPRESORES			AHORRO kW
Cantidad	Capacidad total, kW	Potencia total, kW	Cantidad	Capacidad total, kW	Potencia total, kW	Potencia instalada
2	129,6	162				
1	488,1	162				
Total						
3	747.3	324	1	872.1	225	99

Sustitución del aislamiento de las tuberías de amoníaco del sistema de refrigeración, e Inversión en las cortinas de lama de PVC.

El sistema de refrigeración que utiliza el amoníaco como gas refrigerante, incluye redes de tuberías cuyo aislamiento es vital para que su funcionamiento sea eficiente, de igual manera contar con cortinas de lama de PVC, en la puerta de cada cámara dota al sistema de una mejor eficiencia técnica energética. En la tabla 3.7 se muestra el importe total para ambas inversiones.

Tabla 3.7. Costo de la sustitución del aislamiento de las tuberías de amoníaco del Sistema de Refrigeración y de las Cortinas de lama de PVC.

Fuente: Elaboración Propia.

Elementos	Cantidad	Precio por m.		Importe	
		MN	CUC	MN	CUC
Aislamiento de las tuberías de Amoníaco.					
200 mm (Diámetro)	210 m	3,1124	20,73031	653,604	4353,3651
150 mm (Diámetro)	110m	3,1124	20,73031	342,364	2280,3341
48-32mm (Diámetro)	180 m	1,1953	7,96041	215,154	1432,8738
25-32mm (Diámetro)	50 m	0,8954	5,21779	44,77	260,8895
Cortinas Lama basculante. Lama de PVC 2000 x 3600 mm	7	-	918,94	-	6432,58
Pegamento	10	1,8532	17,47	18,532	174,7
Cinta Armaflex	20	1,1543	6,1328	23,086	122,656
Cinta de aluminio	70	6,48	38,47	453,6	2692,9
TOTAL				1751,11	17750,299

La sustitución del aislamiento térmico de las tuberías de refrigeración, y la colocación de las cortinas de lama en las puertas de las cámaras, representarían una

disminución del consumo eléctrico de alrededor de 12-15% (Alvarez Guerra, 2005) del total de la energía consumida. Si el consumo de electricidad de la subestación 1 durante el 2012 fue de 2370,4 MW, el ahorro, considerando el 12 % serían 284,4 MW, lo que significan con un precio promedio de 0,216 CUC/kW, 61 440,7 CUC que se dejarían de pagar por este concepto.

En resumen, el ahorro que representan las 3 evaluaciones realizadas suman 997,2 MW, lo cual se traduce en 215 395,2 CUC dejados de pagar, que servirían para financiar estas sustituciones, es decir, ahorro como beneficio para la sustitución de financiamiento. Además es importante valorar la relación Costo/Beneficio, tal y como se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Análisis de la relación Costo-Beneficio.

Fuente: Elaboración Propia.

Elementos a Evaluar	Compresor de Tornillo	Aislamiento de Tuberías y Cortinas.
Costo de cada Inversión en Moneda Total =	125,000	+ 19501,4
Costo Total =	144,501	
Costo-Beneficio =	Imp. Ahorrado/ Costo Total Inv.	215395,2/144501,4
Costo-Beneficio =	1,491	

Como se observa la razón costo-beneficio implica 0,491 como margen de beneficio sobre el costo invertido o lo que es lo mismo un valor económico en beneficios a obtener por las alternativas que se proponen de 49 centavos por cada peso invertido.

Desde el punto de vista ambiental, estas mejoras repercuten favorablemente en el impacto que el proceso productivo estudiado le ocasiona al ambiente. En el gráfico 3.3 se muestra una comparación de la mejora con respecto a la situación actual que presenta la producción de *C. gariepinus* en cuanto a las categorías de impacto que

más se ven afectadas dando una disminución de un 23 % para el calentamiento global, que representa una disminución de la huella de carbono del picadillo en 65 kg, un 22 % para el uso de combustibles fósiles lo que equivale a 20 Kg menos de petróleo equivalente por tonelada de picadillo, y un 24 % en la emisión de carcinógenos al aire, lo que significa 0,18 kg kilogramos menos de benceno equivalente.

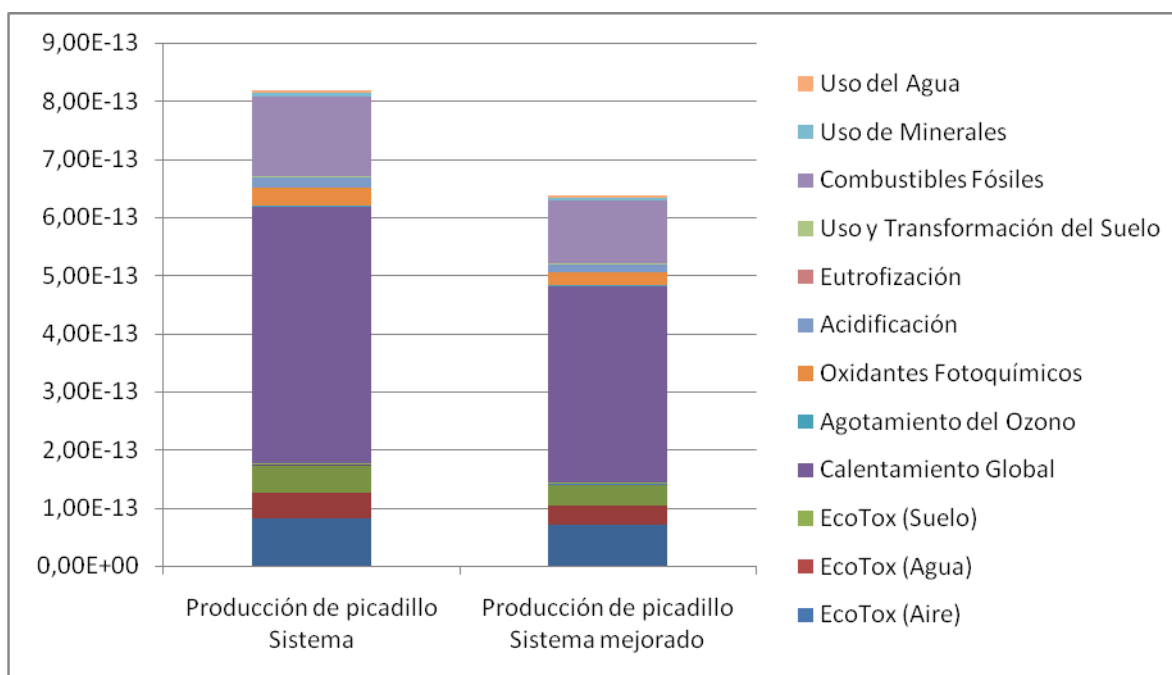


Gráfico 3.3. Comparación del sistema mejorado con el actual.

Fuente: Elaboración Propia.

Con vista a reducir los impactos ambientales e incrementar el desempeño económico de EPICIEN, se propone en el Anexo 13 un Plan de Medidas en función de las alternativas de mejora propuestas.

3.5 Conclusiones Parciales

- Mediante la descripción cuali y cuantitativa de cada una de las fases del ciclo de vida de la producción de *C. gariepinus*, se elaboraron los diagramas del proceso, definiéndose el sistema a estudiar y sus límites, y con esta guía conformar el inventario para la producción de 1 tonelada de picadillo de *C. gariepinus* congelado.
- Se evalúa el impacto provocado concluyendo que el Calentamiento Global, el Uso de Combustibles Fósiles, así como la emisión de Carcinógenos al aire son las categorías en las que más incide el sistema estudiado, y causados esencialmente por el excesivo consumo de energía eléctrica.
- Como alternativas de mejora ambiental se proponen entre otras, en la UEB FRICOM la sustitución de compresores y del aislamiento de las tuberías de amoníaco, así como la adquisición y colocación de cortinas de lama de PVC, comprobándose que existe una disminución de 23 %, 22 % y 24 % respectivamente en cuanto al Calentamiento Global, el Uso de Combustibles Fósiles y la Emisión de Carcinógenos al aire.
- Se comprueba mediante la factibilidad técnica, económica y ambiental que la inversión para la sustitución de compresores, el aislamiento de las tuberías de amoníaco y la colocación de cortinas de lama es factible, representando un ahorro de 215 395,2 CUC.
- Se estructuran las alternativas de mejora propuestas en un Plan de medidas para reducir los impactos ambientales e incrementar el desempeño económico de la Organización.

Conclusiones Generales

- La herramienta Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como instrumento de una estrategia de P+L define en la industria alimenticia patrones para un comportamiento en consecuencia con sus resultados y posibilidades en su aplicación, tal como se observa en lo particular en el sector pesquero.
- La aplicación del Análisis de Ciclo de Vida, como metodología propuesta en las normas ISO 14040: 2006 e ISO 14044:2006, con el software OpenLCA, a través del método Eco-Speed, valora el ciclo de vida del Picadillo de *C. gariepinus* producido en la Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos (EPICIEN), definiendo entre las categorías de impacto de relevancia: el Calentamiento Global, el uso de Combustibles Fósiles, y la Emisión de Carcinógenos al Aire.
- En correspondencia con la evaluación se definen 8 alternativas de mejora ambiental recogidas en su plan a tales efectos, de ellas 3 de gran relevancia son evaluadas en función de su factibilidad técnica, económica y ambiental dado que existe una disminución de 23 %, 22 % y 24 % respectivamente en cuanto al calentamiento global, el uso de combustibles fósiles y la Emisión de Carcinógenos al aire; así como un ahorro de 215 395,2 CUC, lo cual serviría como una sustitución para financiar estas inversiones.
- La implementación de dicha herramienta en el destino Picadillo de *C. gariepinus*, definió para la empresa el inventario total del ciclo de vida del proceso productivo del Clarias, lo cual sienta las bases para su extensión a otros destinos; así como para la formación en su generalización a otros procesos de la organización.

Recomendaciones

- Discutir el trabajo con la Dirección de EPICIEN, el MINAL, el Ministerio de Economía y Planificación, y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente, para llevar a cabo las inversiones por la sustitución de compresores, la sustitución del aislamiento de las tuberías de amoníaco, y la colocación de las cortinas de lama de PVC.
- Continuar y dar seguimiento a la valoración técnica y económica de otras mejoras propuestas que aunque con menos efectos ambientales ayudarán a lograr un desarrollo sostenible de estas producciones.
- Seguir generalizando la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida a otras producciones en la entidad y la industria bajo las características del país, fundamentalmente sus procesos de ponderación, normalización y la determinación de incertidumbre.

Referencias Bibliográficas

Acevedo, P. (2002). Análisis de Ciclo de Vida. Certificado por ISO 9001:2000.

www.comprasresponsables.com

Álvarez, G. M. A. (2005). Temas avanzados de refrigeración y climatización. Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos.

Aranda Usón, J. A. V. C., Antonio; Zabalza Bribián, Ignacio; Scarpellini, Sabina; Llera Sastresa, Eva M^a (2010). Energy efficiency in transport and mobility from an eco-efficiency viewpoint Energy. 36: 1916-1923.

Audsley, E. (1997). "Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment". European Commission DG VI Agriculture. Final Report Concerted action AIR3-CT94-2028: 139.

Awuah O., A. A. (2010). "Application of Life Cycle Assessment in the mining industry". International Journal of LCA DOI 10.1007 (s11367-010-0246-6): 1-8.

Ayer, N. W. a. T., P. H. (2008). "Assessing alternative aquaculture technologies: Life Cycle Assessment of salmonid culture systems in Canadá". Journal of Cleaner Production 12.

Baldwin C., W. N. a. K. A. (2010). "Restaurant and food service life cycle assessment and development of a sustainability standard." International Journal of LCA DOI 10.1007 (s11367-010-0234-x): 1-10.

Batista, V. P. (2013). "El pez Clarias pierde mala fama y gana adeptos". Disponible en: <http://www.granma.cubaweb.cu/2013/07/10nacional/artic03.html>

Benoît, N. C. (2013). Social hotspots database in Open LCA software demonstration. International Seminar on Social LCA, CIRAIG Montreal, Quebec, Canada.

Caluwe, N. (1997). A comprehensive review of Design for Environment tools. Ecotools Manual.

Cancino Beatriz, H. C. F. S. U. y. N. K. (2009). Análisis del ciclo de vida (LCA): Aplicación en productos del mar. Waddington 716 Valparaíso, Chile. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV).

Carballo, P. A. (2010). Ecoetiquetado de bienes y servicios para un desarrollo sostenible. Asociación española de normalización y certificación. AENOR ediciones, España: 43.

Carballo-Penela A., D.-Q. J. L., García-Negro M.C. (2009). "El ecoetiquetado en base a la huella ecológica y del carbono: Una herramienta de marketing verde." Revista Académica UAIS Sustentabilidad 3(7): 7-22.

Cardim de Carvalho Filho, A. (2001). Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento. Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. PhD Ingeniería Civil., Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Castro, G. N. (2012). Ventajas de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a la producción de *Clarias gariepinus* (Siluriformes: Clariidae) en Cuba. I Taller Internacional Pesca Contaminación y Medio Ambiente. PESCA CONYMA, Centro de Investigaciones Pesqueras. (CIP); del 22-24 de mayo de 2012: 12.

Cederberg, C., Mattson, B. (1998). Life cycle assessment of swedish milk production- A comparison of conventional and organic farming. International Conference on Life Cycle Assessment in Agriculture, Agro-industry and Forestry, Ceuterick, D. Brussel, Belgium. VITO mol: 149-159.

Chacón, V. J. R. (2008). Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería. 72: 37-70.

Ciroth, A. (2009). Open Source LCA: Earthster and other developments. 6th Australian Conference on Life Cycle Assessment. GREENDEL TATC, Australia.

CNP+LH (2009). "Guía de Producción más Limpia para el Cultivo y Procesamiento de la Tilapia." 104.

CONAM (2003). "Guía de implementación de P+L . Lima, Peru: CONAM; CET, Centro de Eficiencia Tecnológica; Limpia, Centro Nacional de Producción más Limpia".

Cowell, S. J., Clift, R. (1997). "Impact Assessment for LCAs involving agricultural production". International Journal of Life Cycle Assessment. 2: 99-103.

Cruz Núñez, G. (2009) "Evaluación del impacto ambiental de la elaboración de dos productos alimenticios en Cuba usando la herramienta Análisis de Ciclo de Vida (ACV)". REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. Vol. 10, 4.

De Schryver A.M., G. M. J., Leuven R.S. and Huijbregts M.A. (2010). "Uncertainties in the application of the species area relationship for characterisation factors of land occupation in life cycle assessment." International Journal of LCA 15: 682-691.

Detzel, A. (1997). Bases del Análisis del Ciclo de Vida. Memorias de la semana Internacional de la Competitividad. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá.

Díaz, E. F. (2013). "Cuba apuesta por el cultivo de peces de agua dulce"
http://www.prensalibre.com/economia/Cuba-Produccion-Pesca-Alimentos-Comercio_0_890911017

Díaz, P. M. (2009). Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de alcohol: ejemplo de caso ALFICSA. . MSc Tesis, Universidad de Cienfuegos.

Díaz, P. R. (2000). Evaluación del Ciclo de vida: una opción para la competitividad agroindustrial. Economía y Sociedad 13.

Díaz-Forte, E. (2013). "Tendencia de Crecimiento Futuro". Disponible en
<http://www.opciones.cu/cuba/2013-01-11/tendencia-de-crecimiento-futuro/>

Domínguez, E. R., y González, A. (2008). Modelación avanzada de Análisis de Ciclo de Vida. Available from World Wide Web: www.internal-pdf://INTROACV_DIA1_PEMEX08-3176963072/INTROACV_DIA1_PEMEX08

Edward A., L. B. a. E. A. (2010). "Growth, survival and production economics of Clarias gariepinus fingerlings at different stocking densities in concrete tanks". African Journal of General Agriculture. 6(2): 59-66.

EPICIEN (2010). Procedimiento Operacional de Trabajo para la obtención del Filete de Pescado Congelado. Programa de Aseguramiento de la Calidad UEB: INDUSUR: 15.

EPICIEN (2012). Procedimiento Operacional de Trabajo para el cultivo Intensivo de Clarias gariepinus: 74.

FAO (1996). Manual de Reproducción artificial y cultivo en estanques del Pez Gato Africano Clarias gariepinus en África Subsahariana. Roma, Documento Técnico FAO No.362: 73.

FAO (2011). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura para un mundo sin hambre. Visión General del Sector Acuícola Nacional: Cuba. Documento Técnico FAO. Disponible en:
http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_cuba/es

Fernández, N. J. (2010). Clarias: Mitos y Realidades. Revista ACPA., Sociedad Cubana de Acuicultura. 4: 23-24.

Gallego, A. (2008). Diferenciación especial en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida: Desarrollo de factores regionales para eutrofización acuática y terrestre. . Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, España.

Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Naciones Unidas, LC/L: 1864.

García Vílchez, E. J. (2004). Sistemas de Gestión Integrados. Electronic version, <http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Artículo/Sistemas%20de%20gesti%C3%B3n%20integrados.pdf>

Geier, U., Köpke, U. (1998). Comparison of Conventional and Organic Farming by Process-Life Cycle Assessment. A case study of Agriculture in Hamburg. International Conference on Life Cycle Assessment in Agriculture, Agro-Industry and Forestry. Ceuterik, D. (Ed). Brussels, Belgium. VITO, Mol: 31-38.

Goest, D. (2006). Análisis de Ciclo de Vida. Available from World Wide Web: www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf

González G, A. (2006). Enfoque para el diseño del Sistema de Gestión Integrado. ISPJAE. Facultad de Ingeniería Industrial. Cuba.

González Salas R., C. O. R., Navarro M. Valdivié, T., J., Poce Palafox (2013). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia. Bio Ciencias, 2. 4: 240-251.

Grönroos J., S. J., Silvenius F. and Mäkinen T. (2006). "Life cycle assessment of Finnish cultivated rainbow trout." Boreal Environmental Research 11: 401-414.

Guereca, H. L. P. (2006). Desarrollo de una metodología para la valoración en el análisis del ciclo de vida aplicada a la gestión Integral de residuos municipales. PhD Tesis, Universidad Politécnica de Cataluña. España.

Hall, G. M. (2011). "Fish Processing – Sustainability and New Oportunities". Blackwell Publishing Ltd.

Halog A., M. Y. (2011). "Advancing Integrated System Modelling Framework for Life Cycle Sustainability Assessment". Sustainability doi:10.3390(su3020469): 469-499.

Hart S., M. M. (2003). "Creating sustainable value". Academy of Management Executive, 17(2): 56-69.

Hart, S. L. (1997). "Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World". Harvard Business Review. January-February: 66-76.

Heijungs, R., Guinée, J.B., Huppes, G., Lankreijer, R.M., Ansems, A.A.M., Eggels, P.G., van Duin, R., de Goede, H.P. (1992). Environmental Life Cycle Assessment of Products - Guide and Backgrounds. Centre of Environmental Science (CML). Leiden.

Heijungs, R. a. S. S. (2002). The computational structure of the life cycle assessment. Kluwer Academic Publishers, Centre of Environmental Science. Leiden University, Dordrecht.

Heiskanen, E. (1998). Environmental Improvement in Product Chains. N. c. o. M. DK, Copenhagen.

Holliday, C. (2010). An interview with Chad Holliday: The relationship between sustainability education and business. Academy of Management Learning & Education. 9: 532-541.

Holliday C., S. S. a. W. P. (2002). "Walking the talk: The business case for sustainable development". CA: Berret-Koehler Publishers. San Francisco.

Honduras, C. N. P. L. (2008). Guía de Producción más Limpia. Cultivo y Procesamiento de Tilapia, International Resources Group (IRG) y el Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH): 98.

Hoof, C. M. H. y. v. B. (2007). "La Evolución y el futuro de la Producción más Limpia en Colombia." Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia(26): 20.

Hospido, A. (2003). Life Cycle Assessment as a tool for analysing the environmental performance of key food sectors in Galicia (Spain): milk and canned tuna. PhD Thesis. University of Santiago de Compostela. Spain.

Hospido, A., Moreira, M.T., Feijoo, G. (2003). Life Cycle inventory of the Galician dairy sector. 4th International Conference on: Life Cycle Assessment in the Agri-food.

Junblut, N., Frischknecht, R. (2003). Land occupation and transformation in life cycle inventories. 4th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-food.

Jungbluth, N. (2000). Umweltfugen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz. Eidgenössische Technische Hochschule. Zürich: 317.

Khagram S., C.-W. C. a. F.-R. D. (2003). "From the environmental and human security to sustainability security and development." *Journal of Human Development*, 4(2): 289-313.

Kirós, K. (2003). *Costa Rica, Una experiencia de Manejo Ambiental Innovadora*: 47.

Kløverpris J., W. H., Nielsen P.H. (2007). "Life Cycle Inventory Modelling of Land Use Induced by Crop Consumption. Part 1: Conceptual Analysis and Methodological Proposal." *International Journal of LCA* 13(1): 13-21.

Kruse Sarah, S. A., Sonesson Ulf, Tydemers Peter, Ayer Nathan, Flysjö Anna, Pelletier Nathan. (2007). *Life-Cycle Assessment of Salmon Fisheries and Aquaculture in the Northeast Pacific*. Ecotrust. Dalhousie University.

Lapido R. Margarita, M. S. L., Montelior, Sergio; Alvarez G. Mario; Delgado C. Joel. (2003). *Monografía: Consideraciones sobre Refrigerantes y Cargas Térmicas*. Universidad de Cienfuegos: 10.

Llanes Iglesias J., T. P. J. y. L. d. I. V. J. (2008). "Comportamiento del bagre africano (*Clarias gariepinus*) alimentado con dieta semi-húmeda basada en ensilado biológico de pescado". *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42(3): 269-273.

Llanes Iglesias J., T. P. J. y. L. d. I. V. J. (2009). "Evaluación de diferentes niveles de inclusión de ensilado químico de pescado en dietas para *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)". *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* 26(1): 9-13.

Llanes Iglesias J., T. P. J. y. L. d. I. V. J. (2011). "Evaluación del ensilaje de pescado como suplemento proteico de dietas vegetales en el desempeño productivo de *Clarias gariepinus*." REDVET Retrieved <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060611/061114>

Llanes Iglesias J.E., T. P. J. (2006). "Evaluación de los desechos frescos de pescado y ensilados como única fuente de proteína animal en la alimentación de híbrido de *Clarias* (*Clarias gariepinus* X *Clarias macrocephalus*)". *Revista AquaTIC*, (25): 22-27.

Llanes, J. y. T. J. (2012). Evaluación de dos densidades poblacionales en la preceba de *Clarias gariepinus* con alimento semihúmedo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Cuba. 46. 3: 291-294.

Machado, C. G. a. C. V. (2009). Use of life cycle assessment in sustainable manufacturing: review of literature, analysis and trends. POMS 20th Annual Conference, Orlando, Florida, U.S.A: 22.

Marimuthu K., R. U., Sundararaman M., Rathinam X. and Sathasivam K. (2011). "Effect of different feed application rate on growth, survival and cannibalism of African catfish, *Clarias gariepinus* fingerlings". Food Agriculture Journal 24(3): 330-337.

Martínez, T. M., Aguilera, Y. Pozo, M. Silveira R. Rubio M. y Amador Z. M. (2011). Incidencia de *Yersinia ruckeri* y *Erdwardsiella* sp. en especies de interés comercial de la acuicultura cubana en el período 2006-2008. Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras. 28. 1: 19-23.

Menke D. M.; Davis G. A., V. B. W. (1996). Evaluation Of Life-Cycle Assessment Tools. Hazardous Waste Branch Environment Canada.

Milà, L. (2003). Contributions to Life Cycle Analysis for Agricultural Systems. PhD Thesis, Universitat Autònoma. Bellaterra.

MINAL (2012). Procedimientos Operacionales de Trabajo (POT), para el cultivo de *Clarias gariepinus*: 120.

MIP (1996). Manual de Operaciones de Trabajo en Sanidad Acuícola. Piscicultura 68.

Molina, E. G. (2013). "Fomentan centro de Reproducción de Clarias en territorio Cienfueguero". Perlavisión. Disponible en:

<http://www.perlavision.icrt.cu/index.php/economía/economía/11004-fomentan-centro-de-reproducción-de-clarias-en-territorio-cienfueguero/>

Monzón, G. D. (2008). Evaluación del Impacto Ambiental de la Empresa Gydema con enfoque de Análisis de Ciclo de Vida. Universidad de Cienfuegos.

Moussa, T. A. (1956). Morphology of the accesory air-breathing organs of the teleost *Clarias lazera*. J. Morph: 160.

Moya, G. D. (2010). Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la mejora de la producción de harina de trigo. Universidad de Cienfuegos.

Myers, P., R. Espinosa, C. S. Parr, T. Jones, G. S. Hammond, and T. A. Dewey. (2014). Taxon Information of *Clarias gariepinus*. The Animal Diversity Web (online). Accessed at <http://animaldiversity.org/>

Normalización, A. E. d. (2006). ISO 14040:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia. C. Génova 6, 28004, Madrid España: 29.

Normalización, A. E. d. (2006). ISO 14044:2006. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y Directrices. C Génova 6, 28004, Madrid, España: 55.

Normalización, O. N. d. (1999). NC ISO 14040:1999. Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y Estructura. Cuba: 19.

Normalización, O. N. d. (2000). NC ISO 14041:2000. Sistema de Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Definición del Objetivo y Alcance. Análisis del Inventario. Cuba: 35.

Normalización, O. N. d. (2001). NC ISO 14042:2001. Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida. Cuba: 27.

Normalización, O. N. d. (2001). NC ISO 14043:2001. Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Interpretación del Ciclo de Vida. Cuba: 29.

Normalización, O. N. d. (2001). NC ISO/TR 14049:2001. Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Ejemplos de Aplicación de la NC ISO 14041 para la definición del Objetivo y Alcance y Análisis del Inventario. Cuba: 60.

Normalización, O. N. d. (2005). NC 9000:2005 Sistemas de Gestión de Calidad. Fundamentos y Vocabularios. Cuba: 43.

Normalización, O. N. d. (2007). NC 136:2007. Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos **Críticos** de Control (HACCP) y directrices para su aplicación. Cuba. : 17.

Normalización, O. N. d. (2008). NC ISO 9001:2008. Sistema de Gestión de Calidad. Requisitos Generales. Cuba: 42.

Normalización, O. N. d. (2012). NC 108:2008 Norma general para el etiquetado de alimentos preenvasados. Obligatoria: 13.

Norris G., S. N., do Nascimento A, Ugaya C. (2004). Impactos socio-económicos en el análisis de ciclo de vida de productos: de un Análisis Ambiental de Ciclo de Vida (ACV) a un ACV Sustentable. Tópicos de ACV en Latinoamérica. CYTED.

Norris, G. A. (2001). Estimating the Value of Life Cycle Assessments. LCA consultants Sylvatica – Harvard School of Public Health, USA: 7.

Olivier J., M. M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G. and Rosenbaum R. (2003). "IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology." International Journal of LCA, 8(6): 324-330.

Olsson, P. (1999). Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida al cultivo de tomate bajo invernadero. LCAnet Food: 25.

ONUDI (1999). "Manual de Producción más Limpia. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial". 48.

Perdomo, L. (2013). Ganancia de peso en alevines de pez gato africano (*Clarias gariepinus*), bajo tres raciones alimenticias. *Mundo Pecuário*, 9. 3: 140-142.

Pérez, E. P. y. S. (2012). Frecuencia de presentación de impacto de "columnariosis" en *Clarias gariepinus* en la granja "La Paila", San Cristóbal, Artemisa. REDVET. Disponible en:
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060612B/PR11/> 13: 1-9.

Ramachandran, A. (2010). "Ecolabeling and green certification for effective fisheries management-an analysis". *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 65: 763-775.

Riba, R. C. (2006). Principios de Ecodiseño: cómo proteger nuestro entorno. Simposio Encuentros Ambientales, Instituto para el Desarrollo Sostenible (IDS). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia: 19.

Rieradevall, I. J. (2009). Ecodiseño: Estrategia clave para la ecoinnovación de productos y servicios. Instituto de Tecnología Ambiental (ICTA) de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Rodríguez, P., B. (2013). Metodología para el análisis de impacto de ciclo de vida de la industria química en Cuba, Universidad de Cienfuegos.

Rodríguez, P. B. (2004). Análisis de distintas herramientas informáticas para el análisis del ciclo de vida. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad de Cienfuegos: 9.

Rodríguez, P. B. (2011). Eco-Speed, a New Life Cycle Impact Assessment Methodology for Latin American countries. III Conferencia Internacional de Análisis de Ciclo de Vida. Coatzacoalcos, México.

Romero, R. B. (2003). El Análisis de Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Boletín II E. SETAC., A. I. d. C. d. V. P. (2011). "Análisis de Ciclo de Vida".

Soler, M. (1997). Manual de Gestión del Medio Ambiente. Introducción a los principales problemas del medioambiente: 85.

Sonesson, U. N. K. (2007). Análisis de Ciclo de vida en Acuicultura. . Facultad de Recursos Naturales, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Srocka M., G. S. a. C. A. (2009). The OpenLCA Plug-in Structure-Opening up an Open Source Sustainability Assessment Software. . Environmental Informatics and Industrial Environmental Protection: Concepts, Methods and Tools. EnvirolInfo, Shaker Verlag, Berlin.

Suppen Nydia, B. v. H. (2005). Conceptos Básicos del Análisis de Ciclo de vida y su aplicación en el Ecodiseño Centro de Análisis de Ciclo de vida y diseño sustentable. México.

Trama, L., y T., J. C. (2002). Análisis del Ciclo de Vida según las normas de la subserie IRAM-ISO14040. Revista Construir. Instituto Argentino de Normalización. 57: 6.

U. N. E. P. (2006). Cleaner Production – Key Elements. URL disponible en: http://www.unep.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm#definition

Villegas, A. (2003). Historia y desarrollo de la acuicultura en Cuba. Red Iberoamericana de Acuicultura, Barcelona, España.

Villegas A., P. A. L., Leyva R., Lage E. O. y González R. (2007). Resultados iniciales de la Biotecnología de cultivo de Pez Gato Africano (*Clarias gariepinus*) en condiciones de producción en una estación de alevinaje. Revista de Producción Animal. Cuba. 19: 45-51.

Viveen, W. J. A. R., C.J.J. Richter, P.G.W.J. Van Oordt, J.A.L. Janssen, and E.A. Huisman. (1985). Practical manual for the culture of the African catfish (*Clarias gariepinus*). The Netherlands Ministry for Development Cooperation, Section for Research and Technology: 128.

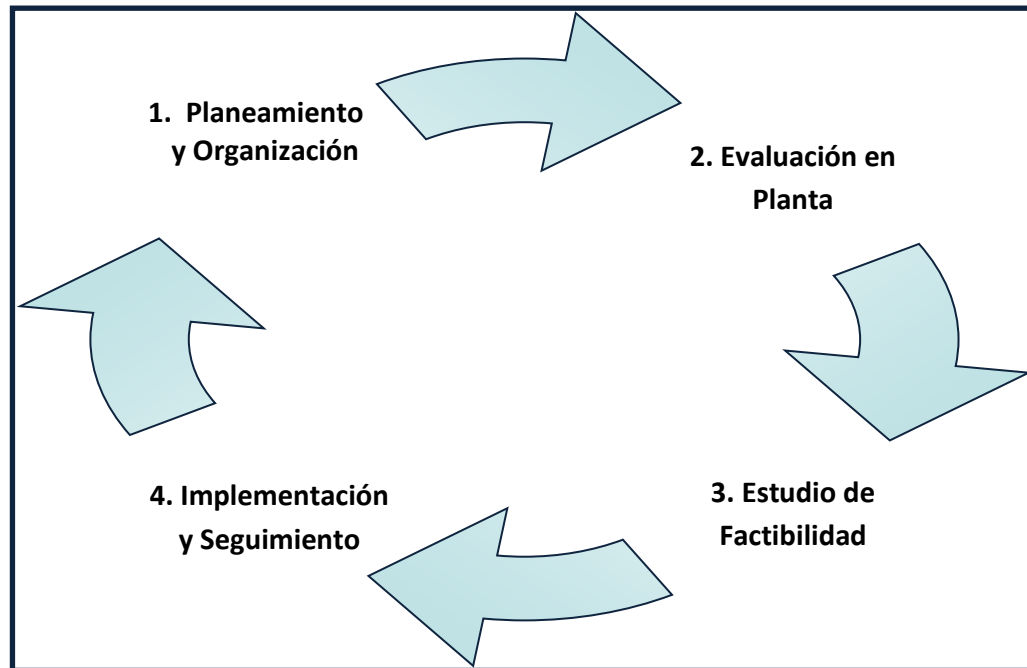
Wegener Sleeswijk, A., Klejin, R., van Zetjts, H., Reus, Meusen van Onna, H., Leneman, H., Senegers. (1996). Application of LCA to Agricultural Products., Centre of Environmental Science, Leiden University. (CML): 106.

White P., D. S. B., Udo de Haes H. A., Heijungs, R. (1995). LCA Back on Track. But is it one track or two?. LCA News. 5: 2-4.

Anexos

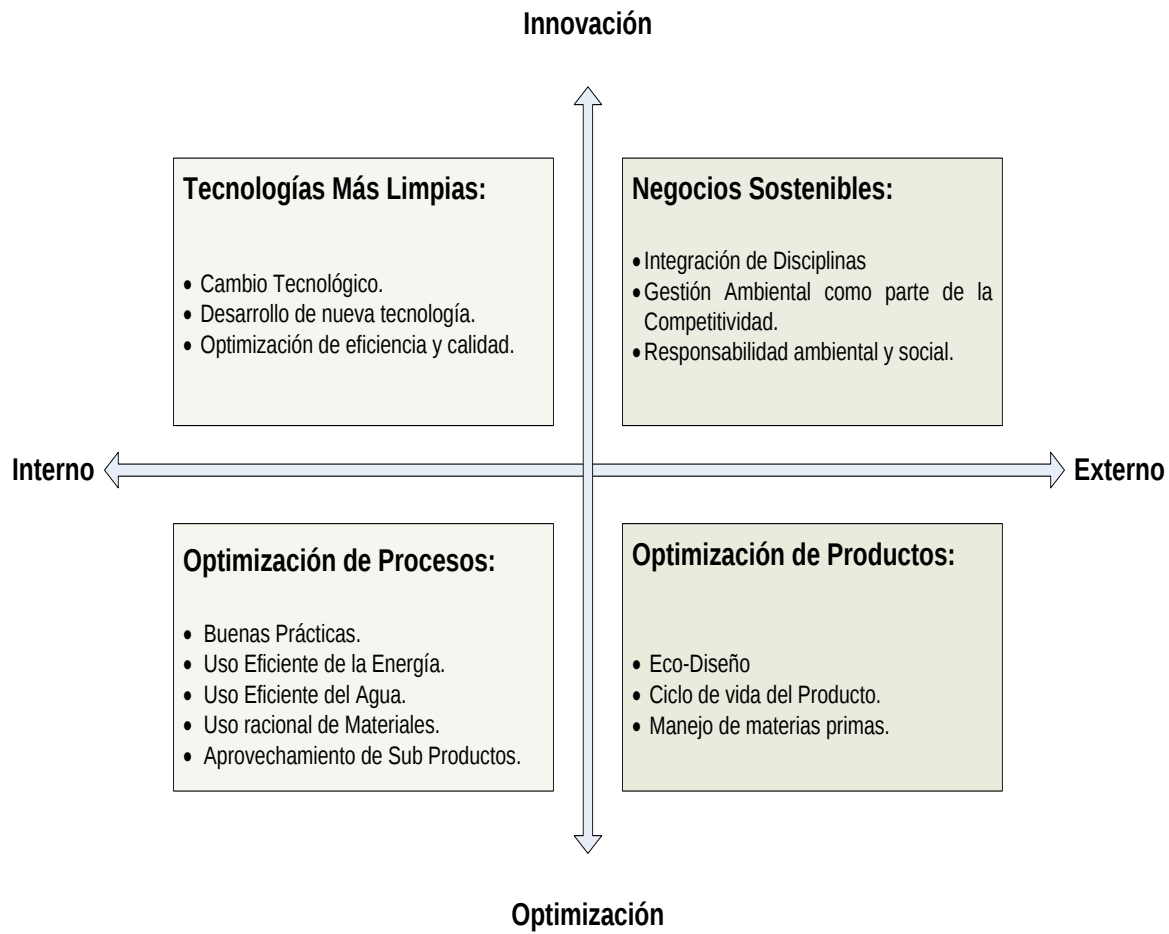
Anexo 1. Etapas para la Implementación del Programa de P+L.

Fuente: ONUDI, 1999.



Anexo 2. Avances conceptuales de la P+L como estrategia ambiental preventiva.

Fuente: Hoof y Herrera, 2007.



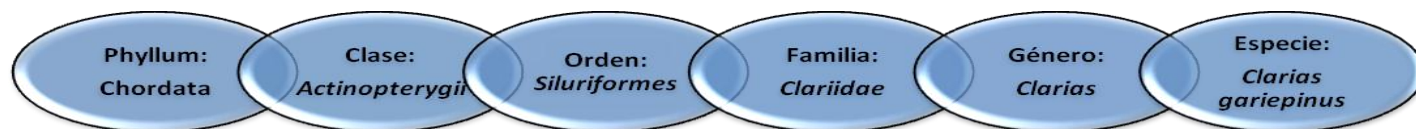
Anexo 3. Diagnóstico para las empresas sustentables.

Fuente: Hart, 1997.

	Interno	Externo
Mañana	Tecnologías limpias: ¿El desempeño ambiental de nuestros productos se mejora por la competencia? ¿Se tiene potencial para desarrollar tecnología?	Visión de Sustentabilidad: ¿Nuestra visión corporativa toma en cuenta los problemas sociales y ambientales? ¿Nuestra visión busca la creación de nuevas tecnologías, mercados y procesos?
Ahora	Prevención de la Contaminación: ¿Dónde están las emisiones más importantes de nuestra operación? ¿Podemos bajar los costos y riesgos al eliminar o reciclar/reusar los desperdicios?	Innovación del Producto: ¿Cuáles son las implicaciones del diseño del producto si asumimos responsabilidades en las diferentes etapas del ciclo de vida? ¿Podemos añadir valor o bajar costos al mismo tiempo que reducir el impacto ambiental de nuestro producto?

Anexo 4. Clasificación Taxonómica del *C. gariepinus*.

Fuente: Modificado de Myers *et al.*, 2014.



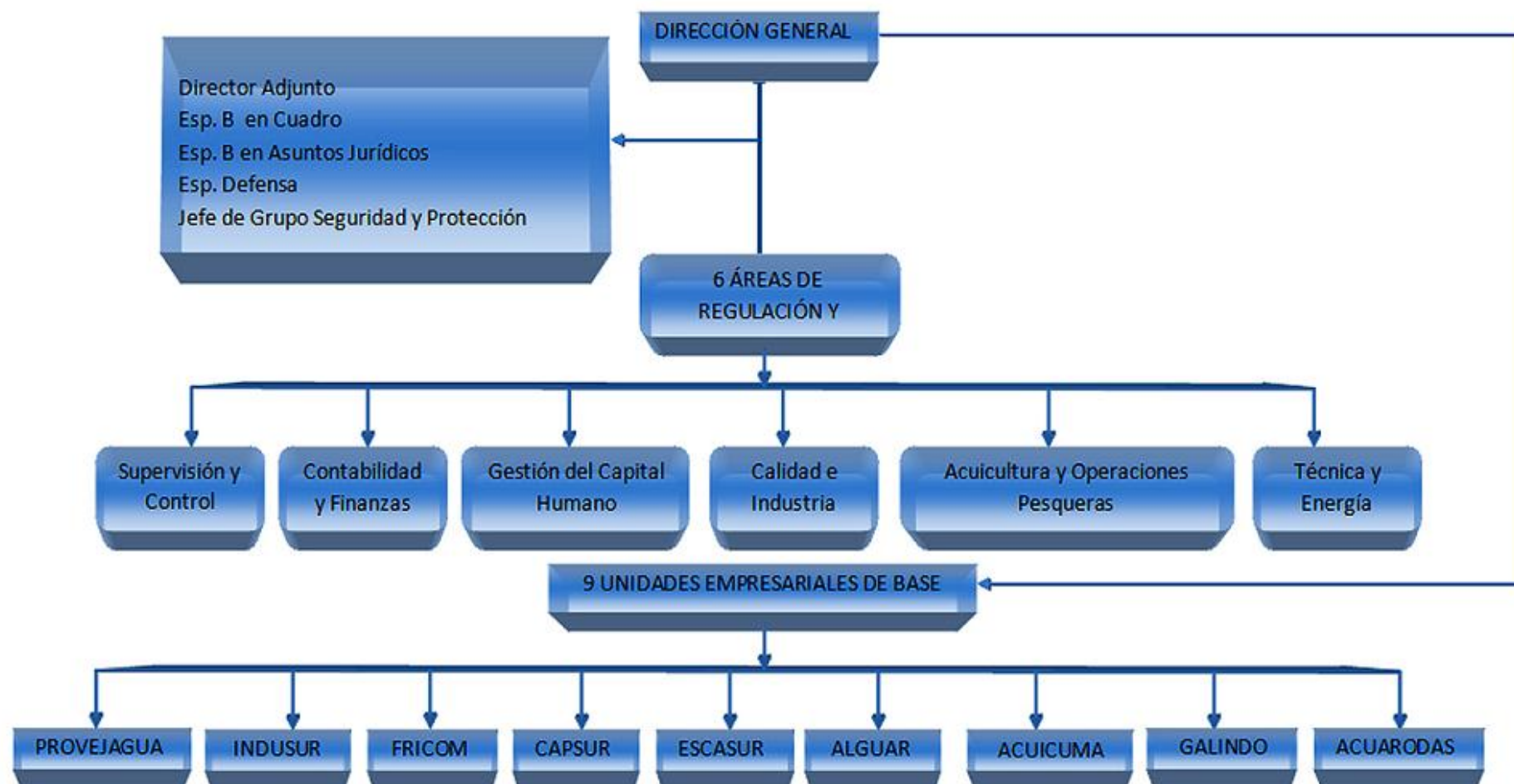
Anexo 5. Herramientas utilizadas en la aplicación del ACV.

Fuente: Rodríguez, 2004.

Nombre ^a	Vendedor	Coste, Euros	Procedencia de los datos
1. Boustead Model	Boustead	24.000	Europa
2. CALA	Fraunhofer Institut für Productionstechnologie		Alemania
3. CLEAN	EPRI	14.000	E.E.U.U.
4. CUMPAN	Univ. of Hohenheim		Alemania
5. EcoAssessor	PIRA		Reino Unido
6. Eco-it	PRe' Consulting		Holanda
7. EcoManager	Franklin Associates, Ltd.	10.000	E.E.U.U.
8. ECONTR0L	Oekoscience		Suiza
9. EcoPack2000	Max Bolliger	5.800	Suiza
10. EcoPro	EMPA		Suiza
11. ECO-SCAN	Turtle Bay		Países Bajos
12. EcoSys	Sandia/DOE		E.E.U.U.
13. EDIP	Inst. for Prod. Devel.		Dinamarca
14. EMIS	Carbotech		Suiza
15. EPS	IVL		Suecia
16. ETHZ Buildings Database	ETHZ		Alemania
17. GaBi	IPTS	10.000	Alemania
18. Generation Database	Inst. Energy Technology		Suiza
19. Heraklit	Fraunhofer Inst.		Alemania
20. IDEA	IIASA		Europa
21. IDEMAT	University of Delft		Países Bajos
22. JEM-LCA	NEC corporation		Japón
23. KCL-ECO	Finnish Paper Inst.	3.600	Finlandia
24. LCA1	P&G/ETH	No Disponible	Europa
25. LCAD	Battelle/DOE	< 1.000	E.E.U.U.
26. LCAdvantage	Pacific Northwest National Laboratory		E.E.U.U.
27. LCAiT	Chalmers Industriteknik	4.000	Suecia
28. LCASys	Philips/ORIGIN		Holanda
29. LIMS	Chem Systems	25.000	E.E.U.U.
30. LMS Eco-Inv. Tool	Christoph Machner		Austria
31. NIRE-LCA 2	National Institute for Resources and Environment		Japón
32. Oeko-Base II	Peter Meier		Suiza
33. P&G	Procter&Gamble		Bélgica
34. Paradox	Delta		Dinamarca
35. PEMS	PIRA	9.100	Media Europea
36. PIA	BMI/TME	1.400	Europa
37. PIUSSOECOS	PSI AG		Alemania
38. PLA	Visionik ApS		Dinamarca
39. REGIS	Simum GmbH		Suiza
40. REPAQ	Franklin Associates, Ltd.	10.000	E.E.U.U.
41. SimaPro	PRe' Consulting	3.000	Holanda
42. SimaTool	Leiden Univ.		Holanda
43. Simbox	EAWAG		Suiza
44. TEAM TM	Ecobalance	10.000	Europa/EEUU
45. TEMIS	Oko-Institute		Europa
46. Tenpro	Eutech		Reino Unido
47. TetraSolver	TetraPak		Europa
48. Umberto	IFEU	281,21	Alemania
49. Umcon	Particip GmbH		Alemania

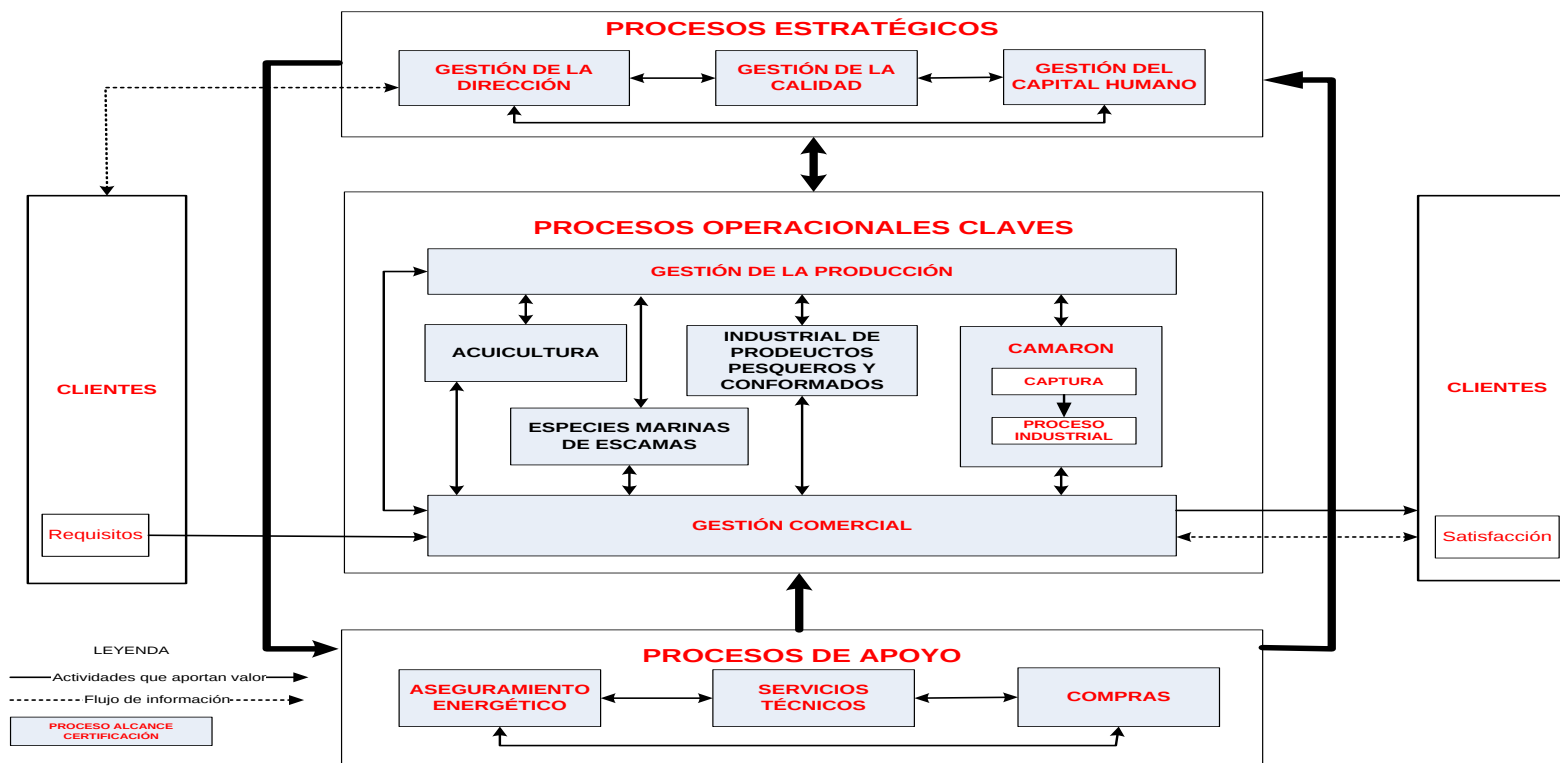
Anexo 6. Estructura Organizativa de EPICIEN

Fuente: Adaptado del Manual de Organización, EPICIEN.



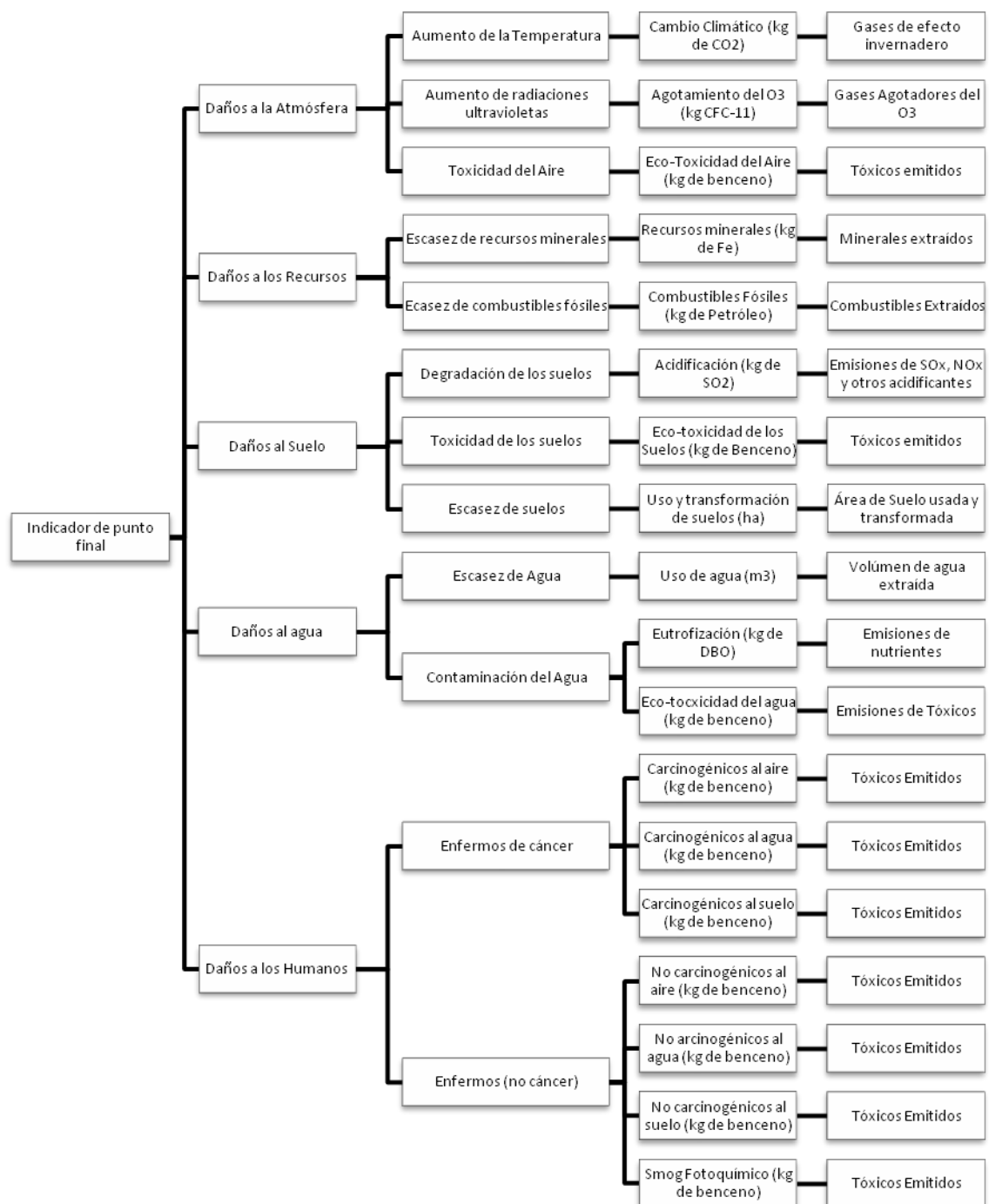
Anexo 7. Mapa de Procesos de EPICIEN, según NC-ISO 9001:2008.

Fuente: Manual de Calidad, EPICIEN.



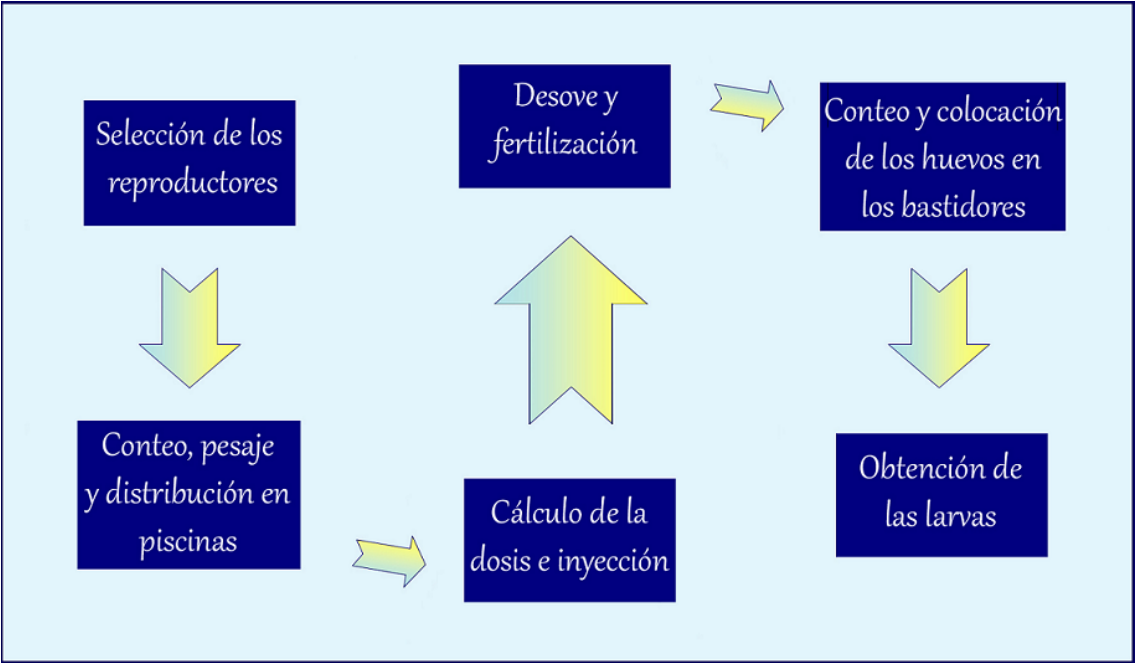
Anexo 8. Mecanismos Ambientales utilizados en Eco-Speed.

Fuente: Rodríguez, 2013.



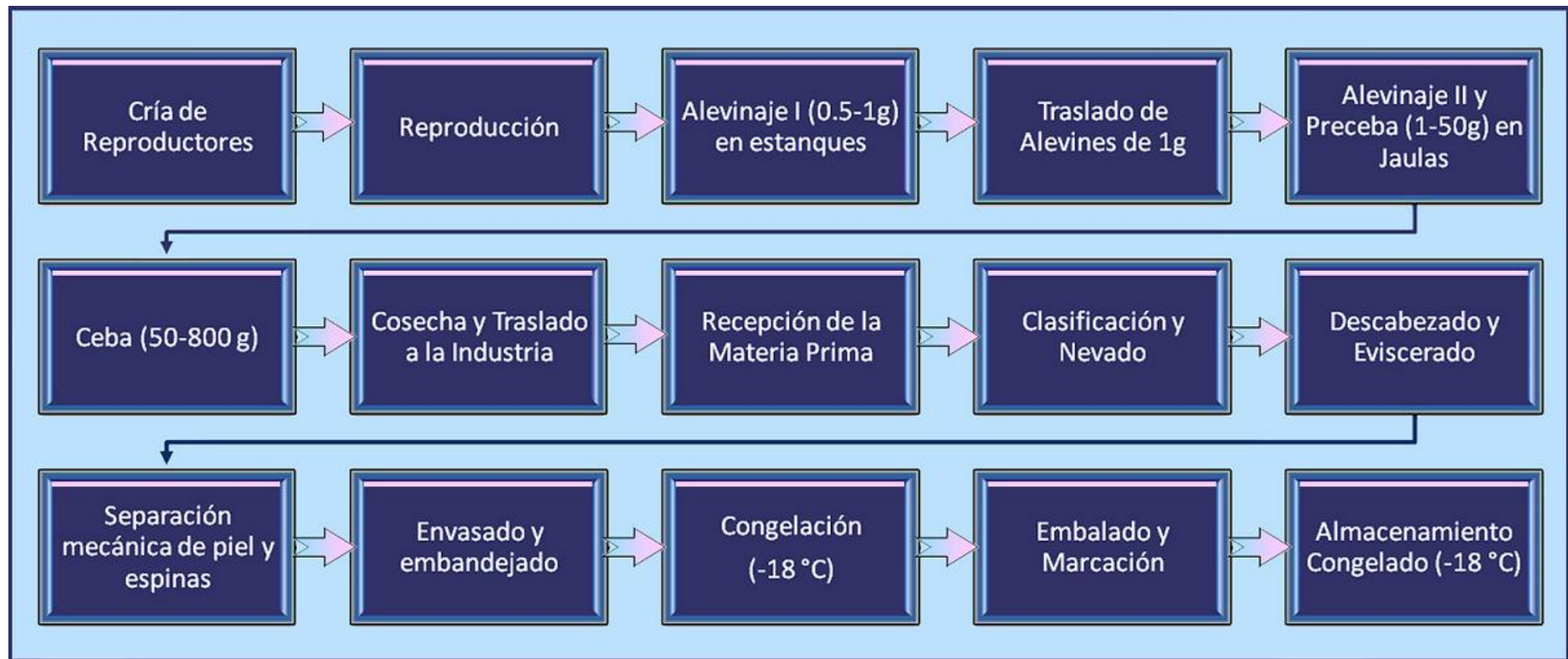
Anexo 9. Flujo Tecnológico de la Reproducción Artificial de *C. gariepinus*.

Fuente: Elaboración Propia.



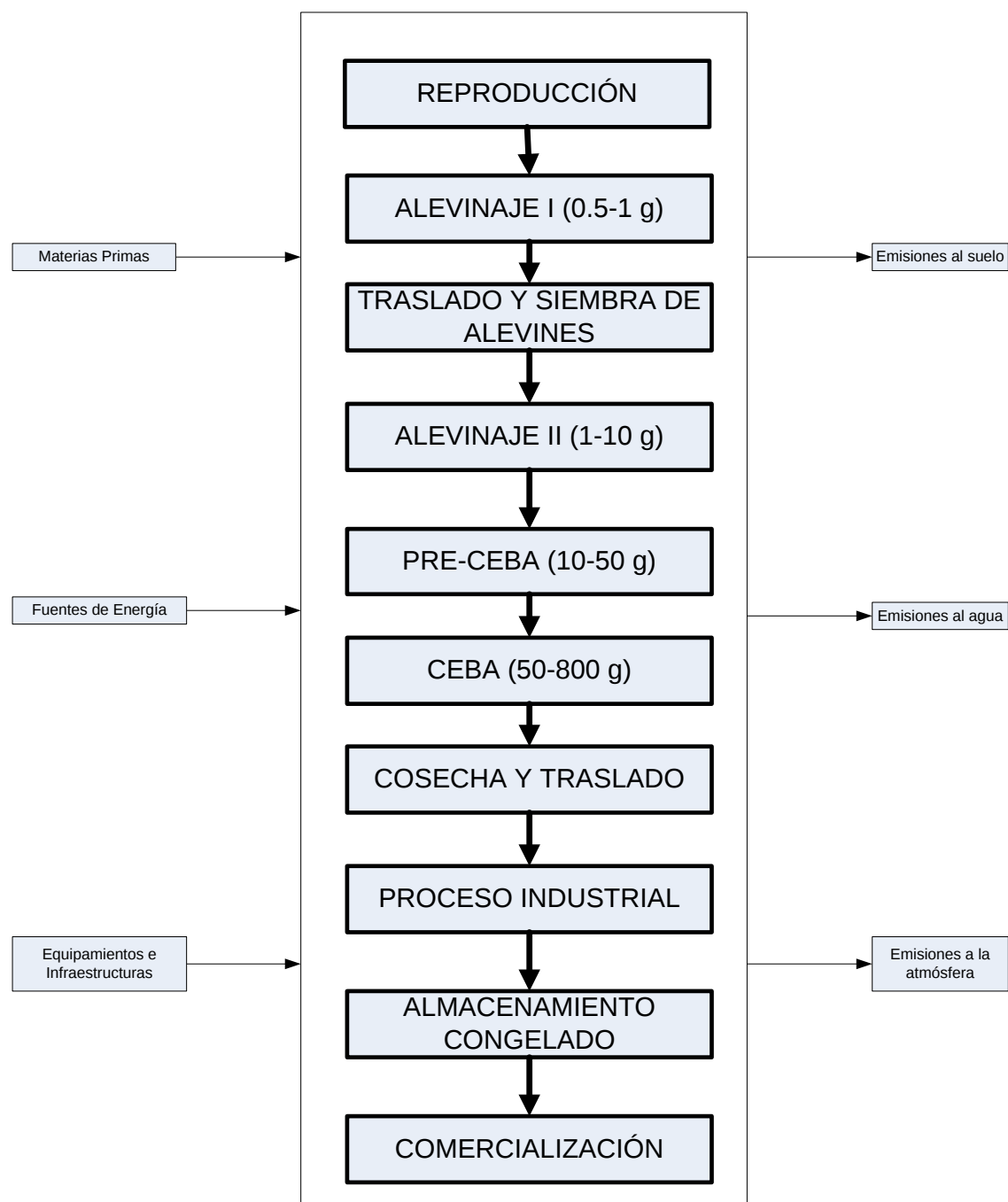
Anexo 10. Flujograma del Proceso Productivo de *C. gariepinus*.

Fuente: Elaboración Propia.



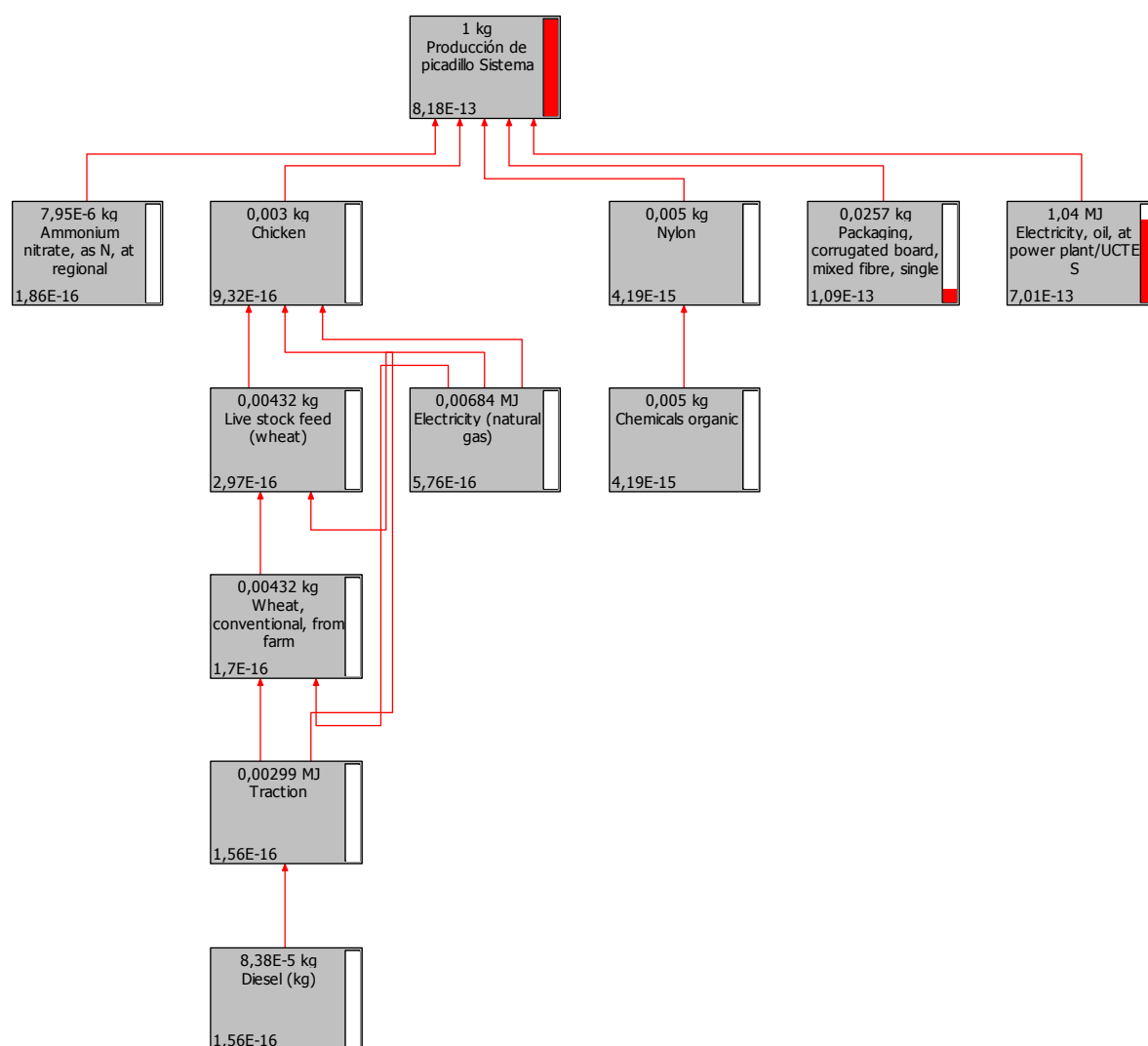
Anexo 11. Representación del Ciclo de Vida de la Producción de *C. gariepinus*.

Fuente: Elaboración Propia.



Anexo 12. Árbol de contribución a la evaluación de impacto.

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 13. Plan de Medidas para la reducción del impacto ambiental y el mejoramiento del desempeño económico en EPICIEN.

Fuente: Elaboración Propia.

No Conformidad y Causas	No.	Medidas propuestas	Responsables
Debido al consumo de Energía eléctrica y a su ineficiente uso, tienen lugar entre otras las siguientes Categorías de Impacto: • Calentamiento Global. • Uso de Combustibles Fósiles. • Emisión de Carcinógenos al aire.	1.	Sustitución de 3 Compresores en el Frigorífico	Director Técnico. Director General.
	2.	Sustitución del aislamiento de las tuberías de amoníaco del sistema de refrigeración.	
	3.	Adquisición y colocación de 7 cortinas de lama para las Cámaras de almacenamiento en mantenimiento congelado.	
	4.	Reparación capital de los túneles de congelación en la Industria: - Sustitución de 4 puertas. - Sustitución de 8 motores eléctricos.	
	5.	Adquisición de 190 lámparas de estanca de 80 W en la Industria.	
	6.	Metrar de manera priorizada el consumo de energía eléctrica de las UEBs INDUSUR Y FRICOM, por ser éstas las más consumidoras.	
	7.	Utilizar los camiones que mejor Índice de Consumo tengan para el traslado entre las UEBs, o mejorar la eficiencia de los que se explotan.	Dtor UEB PROVEJAGUA.
	8.	Re motorizar los tractores empleados en la alimentación animal en las estaciones de cultivo, para hacer más eficiente su índice de consumo.	Drtor General Dtores UEB