



UNIVERSIDAD
CIENTFUEGOS

Carlos Rafael Rodríguez

REPÚBLICA DE CUBA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

**TÍTULO: “Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de
la producción de Azúcar en la provincia de
Cienfuegos”.**

TRABAJO DE DIPLOMA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

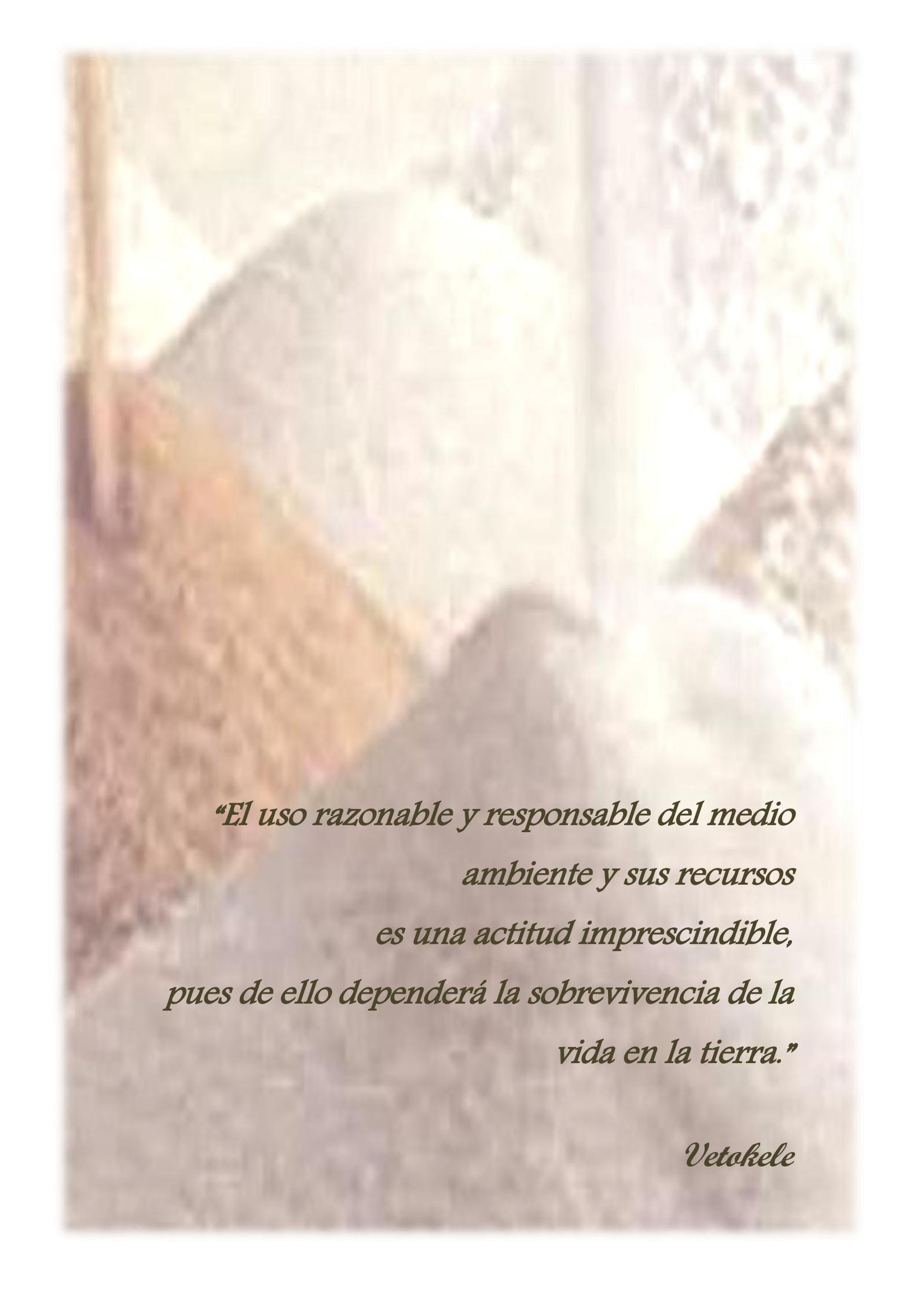
AUTORES. Arahit Cordero Hernández.

Carlos Pérez Noa.

TUTORES: Msc. Ing. Berlan Rodríguez Pérez

Ing. Mailiu Díaz Peña

Cienfuegos, 2010.



*“El uso razonable y responsable del medio
ambiente y sus recursos
es una actitud imprescindible,
pues de ello dependerá la sobrevivencia de la
vida en la tierra.”*

Vetokele

DEDICATORIA

Cuando pienso que no existen obstáculos ni barreras, que impidan alcanzar lo que el ser humano es capaz de lograr con su esfuerzo, dedicación y fuerza de voluntad, entonces pienso que ahí es donde se halla el verdadero valor de las cosas por ello dedico mi investigación en especial:

A mi novio Plinio por su amor, apoyo y ayuda en todo momento.

A mi hermano que no dejó ni por un minuto de preocuparse por mis estudios.

A mi primita o mejor dicho mi hermanita, mi pequeño tesoro, para que sepa seguir este camino y le sirva de ejemplo y guía.

A mi tía por todo su amor y sacrificio siempre....

Y en especial a mis padres que han sabido velar y guiar mis pasos por el buen camino

DEDICATORIA

Yo soy un hombre que sueña brillar como una estrella y que de mí se hable aun cuando muera.” Por la oportunidad de vivir mi sueño y ser luz de las personas que me aman a ellas quiero agradecer y dedicar esta investigación.

A mi novia (mi chiquitica) por su amor y comprensión en los momentos difíciles.

A todos mis abuelos por siempre estar ahí para mí.

A mis dos hermanos que son lo más importante en mi vida, quiero servirles de ejemplo.

Y no pueden faltar mis padres, esos que han dado todo de sí para hacer realidad mis sueños y darme un buen ejemplo. A ustedes que siempre han creído en mí.

AGRADECIMIENTOS

El camino por estos años ha sido largo y se hace difícil el hablar cuando se tiene mucho por decir y agradecer a todos los que nos han acompañado en estos cinco años, en especial:

A los profesores que con su dedicación incondicional contribuyeron a nuestra formación como profesionales y nos hicieron crecer.

A todos los trabajadores del MINAZ y de GESA que me brindaron su desinteresado apoyo para que este trabajo llegara a su terminación. En especial a Juanita, Reinaldo, Roger, Muñiz, Javier y Juan Miguel, que sacrificaron parte de su tiempo libre sin escatimar esfuerzo. A todos ellos gracias.

A mi tutora Mailiu por toda su ayuda y su tiempo, y sobre todo por su paciencia.

A mi tutor Berlan por brindarme todo su apoyo y experiencia profesional.

A mis compañeros de aula que hemos estado juntos durante toda nuestra formación, en especial a Greter por brindarme sus conocimientos y apoyarme cuando lo necesité y a Dayron por todos sus chistes, ayuda y ratos agradables.

A mi suegra Ada, por su apoyo, ayuda y preocupación constante; y por hacerme sentir su hija.

A Carlos por su optimismo y ayuda en estos cinco años.

A Rosi por todos los momentos vividos, por estar ahí siempre que te necesité, en fin que con mil gracias no me alcanzan.

A Clau, por dejarme entrar en tu casa como una hermanita, por ayudarme y apoyarme, por cada minuto compartido; a ti y tus papis muchas gracias.

A ti Plinio, mi amor, que has sabido soportarme y darme el cariño que necesitaba.

Quiero agradecer especialmente a mi familia por brindarme todo el apoyo que he necesitado.

A mi hermano, por ayudarme constantemente y exigirme cada vez más.

A mi abuela, voz de la experiencia que me ha guiado siempre, eres mi diamante que nunca envejece.

Quiero agradecer en esta tesis a mis padres por ser la guía de mi vida, por inculcarme siempre lo importante del estudio.

AGRADECIMIENTOS

En estos cinco años fueron muchos las personas que de una forma u otra me ayudaron para poder llegar a ser el ingeniero que un día seré, por eso quiero agradecerle a todas ellas y en especial:

A los trabajadores del MINAZ y personalmente a Ada, Juan Miguel y Javier.

A todos los profesores de mi carrera.

A Berlan pues ha sido un honor, a ti mi gratitud y respeto.

A Mailiú por brindarme su tiempo, su casa y su amistad siempre que lo necesité.

A todo mi grupo de Industrial y a los que ya no están.

A los siempre aplicados y responsables de la última fila del aula: Alianny (el Fiera), Panchi, Dario, Dairon, Raúl y los mosqueteros, Ernestico, ya todo un papá y el Davi, amigo con el que siempre se puede contar.

A los ángeles de Charlie: Ara siempre con una sonrisa e imposible de molestarte, Clau por esa seguridad en sí misma que te hace sentir como que todo está bien siempre, Rosy enseñándome que no basta con hacerlo bien, tiene que ser perfecto, a ti siempre me voy a quedar debiéndote agradecimientos.

A mi chiquitica por todo su amor y por hacerme saber que no importa los problemas que tenga ella va a estar ahí.

A mis hermanos; estos no hacen falta ni que me lo digan, ni lo demuestren yo sé que puedo contar para lo que sea con ellos, ustedes si son los mejores.

*A mis padres; que malo que tiene que ser la misma letra para todos, espero que me alcance la vida para agradecerle todo lo que han dado para formar el hombre que hoy soy. **Gracias.***

RESUMEN

La presente investigación titulada “Análisis del ciclo de vida de la producción de azúcar en la provincia de Cienfuegos”, tiene como objetivo realizar un Análisis del Ciclo de Vida de la producción de azúcar en las tres empresas azucareras pertenecientes a la provincia, para cuantificar los impactos ambientales con un enfoque holístico.

En el desarrollo del trabajo se utilizan técnicas de recopilación de información tales como: la entrevista personal, la revisión bibliográfica, la tormenta de ideas y el trabajo en equipo, que sirven de apoyo a las herramientas propias de la ingeniería industrial como: mapa de proceso, diagrama de flujo, Análisis del Ciclo de Vida y planes de control.

Se toma como referencia la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que aparece en la serie de normas NC ISO 14040, complementándose con los métodos de evaluación de impacto ambiental seleccionados. A partir del desarrollo de las fases del procedimiento aplicado: definición de alcances y objetivos, análisis de inventario, evaluación de impacto ambiental y análisis de mejora; se logran identificar y cuantificar los principales impactos que genera el ciclo de vida del azúcar, y proponer como variante de mejora la implementación del riego por goteo, demostrando su factibilidad ambiental y económica. Se finaliza con conclusiones y recomendaciones que indican cómo se debe proceder ante las situaciones planteadas y qué se puede continuar haciendo.

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN 12

CAPÍTULO 1: “MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN” 16

1.1 Sistema de Gestión Medioambiental 16

1.1.1- Características del Sistema de Gestión Medioambiental 17

1.1.2- Ventajas e inconvenientes de la aplicación de un SGMA 19

1.1.3- Herramientas del Sistema de Gestión Medioambiental 21

1.2- Herramienta Análisis de Ciclo de Vida (ACV) 23

1.2.1- Origen y evolución del ACV 24

1.2.2- Normas que establecen las fases del ACV 25

1.2.3- Soporte informático aplicado al ACV 28

1.2.4- Importancia de la herramienta ACV 29

1.2.5- Fortalezas y debilidades del ACV 30

1.2.6- Aplicaciones del ACV 31

1.3- Industria Azucarera en Cuba 37

1.3.1- Principales modificaciones tecnológicas realizadas en la producción de azúcar 38

1.3.2- Características generales de la caña de azúcar 39

CAPÍTULO 2: “CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA A UTILIZAR.” 42

2.1 – Descripción del objeto de estudio 42

2.1.1- Caracterización de la Empresa Azucarera Antonio Sánchez. 43

2.1.2- Caracterización de la Empresa Azucarera 14 de Julio. 44

2.1.3- Caracterización de la Empresa Azucarera 5 de Septiembre.....	44
2.2-Necesidad del estudio	45
2.3- Procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).....	47
2.3.1 Etapa 1: Definición de los objetivos y alcance.....	48
2.3.2- Etapa 2: Análisis de Inventario.	51
2.3.3 – Etapa 3: Evaluación del impacto.....	53
2.3.4 – Etapa 4: Análisis de mejoras	60
Conclusiones Parciales del Capítulo II.....	62
CAPÍTULO 3: “RESULTADOS DE LA APLICACIÓN”	63
3.1 – Etapa 1: Definición de objetivos y alcance.....	63
3.1.1 – Objetivo del estudio	63
3.1.2 – Alcance del estudio	63
3.2 – Etapa 2: Análisis del inventario	65
3.2.1 – Recolectar los datos	65
3.2.2 – Construcción de los diagramas de procesos.....	74
3.2.3 – Procesar los datos	75
3.3 – Etapa 3: Evaluación del impacto	75
3.4 Etapa 4: Análisis de mejoras.....	79
3.4.1- Impacto Económico.	83
Conclusiones parciales del Capítulo III.....	86
CONCLUSIONES GENERALES.	87
RECOMENDACIONES	88
ANEXOS	

2



INTRODUCCIÓN

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. En el marco de la globalización de las economías no es posible estar al margen de esta preocupación. En la actualidad, los consumidores son más exigentes, tanto en la conservación de los recursos naturales y en la protección del medio ambiente, como en la calidad de los productos y servicios que reciben. Por tal motivo, la industria enfrenta el reto de producir con alta calidad y satisfacer las expectativas de los consumidores y de otras partes interesadas en el tema de la protección del medio ambiente.

Se puede asegurar, que producto de la acción humana, se está modificando la composición química (relacionadas con la contaminación del aire) y física (relacionadas con el clima) de nuestra atmósfera, introduciendo transformaciones que pueden variar el clima actual, no sólo en el ámbito local sino también a escala global. Estas modificaciones se reflejan, además, en el rápido deterioro de los materiales y en afectaciones de diverso grado al medio ambiente y a la salud humana. (Lumpuy & Romero, 2007)

Por lo que respecta a esta problemática, y fundamentándose conceptualmente en el ciclo de vida, existen diversas metodologías científicas que permiten apoyar la gestión medioambiental de procesos o servicios. Entre estas metodologías está el análisis del ciclo de vida (ACV), el cual ha demostrado una capacidad adecuada para valorar y evaluar los impactos potenciales al medio ambiente ocurridos durante el ciclo de vida completo de un producto o proceso.

Específicamente la industria azucarera en Cuba, es una de las que provoca mayor impacto negativo sobre el medio ambiente, ya que en ella confluyen las emisiones de gases de efecto invernadero, elevadas emisiones de residuales con una alta demanda química y bioquímica de oxígeno, así como una alta incidencia sobre el suelo, dado por los métodos de producción y cosecha de la caña. Así pues, para evaluar medioambientalmente al sector se requiere: reconocer, cuantificar y calificar tanto los recursos utilizados como las emisiones generadas en las diferentes etapas del proceso productivo.

La producción de azúcar en la provincia de Cienfuegos está concentrada en las tres empresas azucareras: Antonio Sánchez, 14 de Julio y 5 de Septiembre, las cuales aspiran lograr mejoras ambientales de sus procesos; se conoce que:

- No se evalúa el impacto ambiental de la producción de azúcar con un enfoque holístico, que considere todos los componentes involucrados desde el cultivo de la caña hasta la elaboración y uso del producto final.
- En cada fase del ciclo de vida del azúcar están identificadas los problemas ambientales que ocurren en la zafra 2009, como promedio, en las tres empresas azucareras:
 - Consumo de más de 1 151 739,51 l de Diesel para las labores de cultivo.
 - Generación de 139 943,47 m³ de residuales líquidos, con un alto grado de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y acidez.
 - Emisión de 76 866,32t bagacillo.
 - Rendimiento del suelo alcanzado igual a 36,2t/ha, siendo el potencial de 80t/ha.
- No está cuantificado el impacto generado a las distintas categorías que pueden ser evaluadas: respiración de inorgánicos, uso de la tierra, uso de combustibles fósiles, calentamiento global, acidificación, eutroficación, ecotoxicidad y otras.

Según la situación problemática antes expuesta se plantea el problema científico de la investigación.

Problema Científico:

Carencia de un estudio que permita la identificación y cuantificación de los principales impactos generados en el ciclo de vida del azúcar así como una propuesta de mejora ambiental, en la provincia de Cienfuegos, aplicando un procedimiento basado en las normas NC ISO 14040.

Hipótesis:

Con la aplicación de este procedimiento se podrá evaluar el impacto ambiental de la producción de azúcar en la provincia de Cienfuegos, y proponer variantes de mejora ambiental y económica.

Objetivo General:

Aplicar un procedimiento de evaluación de impacto ambiental basada en la serie de normas NC-ISO 14 040, para el análisis del ciclo de vida de la producción de azúcar en la provincia de Cienfuegos.

Para el cumplimiento de este objetivo se desarrollan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Elaborar un marco teórico sobre la metodología Análisis de Ciclo de Vida, que sirva como referencia y proporcione las bases conceptuales fundamentales para el desarrollo de la investigación.
2. Diagnosticar la situación actual del objeto de estudio en cuanto a criterios organizativos y ambientales.
3. Evaluar el ciclo de vida del azúcar en las tres empresas azucareras objetos de estudio, para valorar variantes que tengan factibilidad ambiental y económica.

Para darle cumplimiento a estos objetivos se utilizan técnicas para la búsqueda de información: revisión crítica de información secundaria, consulta de documentos como instructivos técnicos del cultivo de la caña de azúcar, y las normas de ACV de la NC-ISO 14 040 a la NC-ISO 14 043. Además se utilizan diagramas de flujo para la representación de los procesos, se utilizan herramientas de análisis económico y se emplea el software para ACV: SimaPro 7.1.

Al concluir la investigación, queda estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I: “Marco teórico”

En este capítulo se realiza un análisis conceptual sobre gestión ambiental y se abordan sus herramientas, encontrándose las más utilizadas a escala mundial. Luego se fundamenta en la importancia, aplicación, ventajas y desventajas del Análisis de Ciclo de Vida, debido a su potencialidad para gestionar los aspectos medioambientales de un producto o servicio.

Capítulo II: “Caracterización del objeto de estudio y procedimiento a utilizar.”

Se desarrolla una caracterización de los centrales Antonio Sánchez, 14 de Julio y 5 de septiembre y se describe un procedimiento para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida del azúcar basado en las normas NC-ISO 14 040.

Capítulo III: “Resultados de aplicación”

En este último capítulo se aplica el procedimiento para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida del azúcar en la provincia de Cienfuegos, se comparan diferentes métodos de evaluación ambiental, se cuantifican e identifican las categorías de impacto afectadas y se valoran variantes de mejora para la producción de azúcar en las empresas objeto de estudio, comprobándose la factibilidad ambiental y económica de las mismas.



CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1: “MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN”

En esta investigación se realiza un análisis conceptual sobre sistema de gestión medioambiental y se abordan sus herramientas, encontrándose las más utilizadas a escala mundial, así como las principales semejanzas y diferencias existentes entre ellas. Luego se fundamenta en la importancia, aplicación, ventajas y desventajas del Análisis de Ciclo de Vida, debido a su potencialidad para gestionar los aspectos medioambientales de un producto o servicio.

1.1 Sistema de Gestión Medioambiental

Se entiende como Gestión Medioambiental al conjunto de acciones emprendidas por la sociedad, o parte de ella, con el fin de proteger el medio ambiente. Sus propósitos están dirigidos a modificar una situación actual a otra deseada, de conformidad a la percepción que sobre ella tengan los actores involucrados. En su concepción más amplia, la gestión ambiental es un proceso permanente y de aproximaciones sucesivas en el cual diversos actores públicos y privados y de la sociedad civil desarrollan un conjunto de esfuerzos específicos con el propósito de preservar, restaurar, conservar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente.(Rodríguez & Espinoza 2002)

La Gestión Medioambiental hace referencia a todas las actuaciones que contribuyen a:

- Cumplir los requisitos de la legislación medioambiental vigente,
- Mejorar la protección ambiental y
- Reducir los impactos de la propia organización sobre el medio ambiente, al controlar los procesos y actividades que los generan.

Todas estas actividades, de forma conjunta y planificada dentro de una organización, conformarán el Sistema de Gestión Medioambiental (también conocido por su abreviatura SGMA), que proporciona una metodología estructurada dirigida hacia la mejora continua. (Romero 2005)

Un SGMA es un sistema estructurado de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día los compromisos en materia de protección medioambiental que suscribe la organización, es decir, su política medioambiental.(Romero 2005)

Un SGMA es el marco o el método de trabajo que sigue una organización para lograr y mantener un determinado comportamiento de acuerdo con las metas que se hubiere fijado y como respuesta a una norma, unos riesgos ambientales y una presión tanto social como financiera, económica y competitiva en permanente cambio.(Conesa & Fernández 2005)

La definición de Sistema de Gestión Medioambiental dada por el Reglamento (CE) N° 761/2001 (EMAS) y por la Norma ISO 14001:1996 es prácticamente la misma:

Tabla 1.1- Definición de Sistema de Gestión Medioambiental. **Fuente:** (Conesa & Fernández 2005)

Definición de Sistema de Gestión Medioambiental	
Reglamento(CE) N° 761/2001 (EMAS)	Norma ISO 14001:1996
La parte del sistema general de gestión que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, aplicar, alcanzar, revisar y mantener la política medioambiental.	La parte del sistema general de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día la política medioambiental.

1.1.1- Características del Sistema de Gestión Medioambiental

La finalidad principal del SGMA es determinar qué elementos deben considerar las organizaciones en materia de protección medioambiental para asegurar que en el desarrollo de sus actividades se tiene en cuenta la prevención y la minimización de los efectos sobre el entorno. Se basan en la idea de integrar actuaciones potencialmente dispersas de protección medioambiental en una estructura sólida y organizada, que garantice que se tiene en cuenta el control de las actividades y operaciones que podrían generar impactos medioambientales significativos.

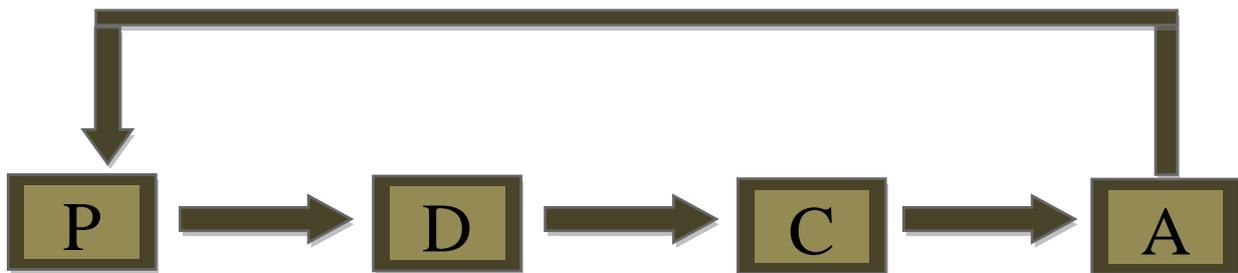
Existen diferentes grados de desarrollo de un SGMA y diferentes alternativas para su implantación. La tendencia más generalizada en la actualidad es la implantación de los SGMA según la norma de ámbito internacional ISO 14001.

La gran ventaja de desarrollar e implantar un SGMA normalizado ISO, es que proporciona y exige un proceso sistemático y cíclico de mejora continua, también denominado ciclo PDCA (iniciales en inglés de Plan/Do/Check/Act) o ciclo de Deming. (Ver Figura No 1.1)



Figura No. 1.1- Ciclo Deming. **Fuente:**(ISO 14001: 2004)

Es el equivalente a Planificar>Ejecutar>Comprobar>Actuar la gestión medioambiental de forma permanente y asegurar, así, niveles de comportamiento medioambiental de la organización cada vez más elevados. Por ello, al analizar los requisitos establecidos por la Norma ISO 14001 para el desarrollo e implantación de un SGMA, resulta muy fácil relacionarlos con las etapas del ciclo de mejora continua, antes mencionado. La figura No 1.2 ayuda a establecer esta relación.



4.3 PLANIFICACIÓN	4.4 IMPLANTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO	4.5 COMPROBACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA	4.6 REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN
1. Aspectos medioambientales	1. Estructura y responsabilidades	1. Seguimiento y medición	1. Mejora continua
2. Requisitos legales y otros requisitos	2. Formación, sensibilización y	2. No conformidad, acción correctiva	

	competencia profesional	y acción preventiva	
3. Programas de gestión medioambiental	3. Comunicación	3. Registros	
	4. Documentación del sistema de gestión medioambiental	4. Auditoria del sistema gestión medioambiental	
	5. Control de la documentación		
	6. Control operacional		
	7. Planes de emergencia y capacidad de respuesta		
Política medioambiental			

Figura No 1.2- Requisitos de la Norma ISO-14001 referidos a la mejora continua. **Fuente:** (ISO 14001:2004)

Existen tres características que deberán cumplir todos los SGMA (Ángel 2005)

- Completo: Debe cubrir todas las actividades que se realicen en la empresa.
- Comprensivo: Todos los implicados deben conocer y comprender claramente su papel, sus responsabilidades.
- Abierto: El proceso de mejora es continuo, con lo que el sistema debe permitir cambios sobre la marcha siempre que se detecten irregularidades, lagunas o disfunciones.

1.1.2- Ventajas e inconvenientes de la aplicación de un SGMA

Las ventajas directas se obtienen por la propia implantación del SGMA, y se pueden considerar las siguientes. (Conesa & Fernández 2005):

- Seguridad en el cumplimiento de la legislación vigente, y por lo tanto soslayar la posibilidad de sanciones por parte de la inspección.
- Reducción de costos de producción. El establecimiento de procedimientos, controles y formularios para reducir el impacto ambiental redundará en eliminar los derroches en

el consumo de recursos naturales y por lo tanto también en un beneficio económico para la empresa.

- Ayuda a conseguir una mejor organización interna, por medio de:
 - Implantación de un objetivo de empresa, plasmado en una Política.
 - Establecer objetivos de mejora, por medio de análisis de la situación, recursos y necesidades.
 - Define los puestos de trabajo, con su formación mínima, funciones y responsabilidades.
 - Implanta un mecanismo de comunicación, formación y motivación interna.
 - Establece instrucciones de trabajo y procedimientos que permiten realizar tareas de la manera más eficaz posible.
 - Establece controles de almacenes y stocks.
 - Creación de un Plan de Emergencias.
 - Establecer indicadores tanto medioambientales como de producción.
 - Instaure un sistema de resolución de problemas.
 - Se establecen auditorías sistemáticas en toda la organización.
- Las empresas ante la última normativa de la norma ISO 9001:2000 que incorpora exigencias de control del puesto de trabajo y del medio ambiente, están optando por la implantación de sistemas de gestión medioambiental ligados a la certificación ISO 9001 de calidad.
- La disminución del riesgo medioambiental, supone optar a importantes reducciones de primas en los seguros medioambientales, e incluso en algunos casos es un requisito necesario para suscribir un seguro el tener un SGMA.
- Las ventajas indirectas, se derivan de la obtención de un Registro Medioambiental de empresa. Y se pueden destacar:
 - Mejora de la imagen de la empresa. Se percibe por el personal de la empresa, clientes, administración y sociedad en general la imagen de una empresa respetuosa con el medio ambiente.
 - Aumento de la competitividad. Permite abrir nuevos mercados y mantener aquellos cada vez más exigentes.
 - Mejora de las relaciones internas y externas. Tanto con los trabajadores de la propia empresa aumentando su motivación como con la comunidad local, administración, clientes, etc.
- Respecto a los inconvenientes se pueden mencionar:

- Los costos económicos del proceso. Estos varían ampliamente dependiendo del tipo de empresa, actividad que realice, legislación ambiental que se aplique y estado medioambiental de la empresa en el momento de iniciar el proceso. También influyen factores como la formación del personal y los requisitos medioambientales que impongan los clientes.
- Cambios en la estructura empresarial. La implantación de un SGMA supone un impacto importante en la mentalidad de la organización, que puede implicar reticencias en algunas personas. Así:
 - Se definen nuevas responsabilidades respecto al medio ambiente.
 - Se establecen cambios en las prácticas y procedimientos de trabajo.
 - Un ligero aumento de la burocracia que supone el manejo de la documentación necesaria para seguir el cumplimiento del SGMA.
 - El sometimiento a auditorías internas anualmente.

1.1.3- Herramientas del Sistema de Gestión Medioambiental

La necesidad de estudiar, desde el punto de vista medioambiental todas las interrelaciones que ocurren a lo largo del ciclo de vida, exige el empleo de métodos fiables que cuantifiquen o valoren todas estas acciones y sus efectos. Así, a la hora de tratar este tema es necesario proporcionar las respuestas adecuadas para atender a los objetivos esperados, entonces habrá que emplear herramientas que permitan medir los diversos tipos de parámetros, tanto aquellos clasificados de cuantificables como los de difícil cuantificación. Entre los parámetros cuantificables están incluidos los relacionados con el consumo de materias primas, consumo de agua y energía, emisiones de efluentes líquidos, emisiones de gases a la atmósfera, residuos sólidos, generación de coproductos, etc. Estos parámetros, pueden ser tratados a través de modelos, como por ejemplo, los de la base conceptual del análisis del ciclo de vida. Mientras los de difícil cuantificación, por ejemplo, los riesgos potenciales, cambios geográficos, impactos visuales del entorno o escasez de recursos son tratados con otras herramientas desarrolladas para tal fin. (Cardim 2001)

En el marco de la gestión medioambiental hay que tener en cuenta que las intervenciones propuestas pueden afectar al plan estratégico de corto o largo plazo, o hasta las mismas rutinas diarias de trabajo, por lo tanto es interesante contar con diferentes fuentes de informaciones a la hora de tomar ciertas decisiones, principalmente si éstas cambian procesos, materiales o servicios, o seleccionan materiales alternativos o rastrean actividades identificando, activando o investigando nuevos aspectos medioambientales de un determinado producto.

Cada una de estas herramientas ofrece diferentes formas de afrontar el problema y suministran diversas informaciones útiles a la hora de una toma de decisión, teniendo en cuenta que cada una de ellas recoge, estructura y valora informaciones según determinados aspectos, resultando, en algunos casos, hasta complementarios entre sí.

En la tabla No1.2 se presentan algunas de las principales herramientas hoy disponibles para la Gestión Ambiental de sistemas de producción o producto.

Tabla No 1.2– Herramientas conceptualmente similares usadas en los sistemas de gestión ambiental. **Fuente:**(Cardim 2001)

RA-Risk Assessment	<i>Análisis de riesgos ambientales</i>
EIA-Environmental Impact Assessment	<i>Estudio del impacto ambiental</i>
E Au-Environmental Auditing	<i>Auditoría ambiental</i>
EPE–Environmental Performance Evaluation	<i>Evaluación del comportamiento ambiental</i>
SFA-Substance Flow Analysis	<i>Análisis del flujo de sustancia</i>
EMA- Energy and Material Analysis	<i>Análisis de material y energía</i>
ISCM– Integrated Substance Chain Management	<i>Gestión integral de sustancia</i>
PLA–Product Line Analysis	<i>Análisis de línea de producto</i>
LCA-Life Cycle Assessment	<i>Análisis del ciclo de vida</i>

El Anexo 1 presenta, de forma resumida, los objetivos, puntos fuertes y débiles de cada una de las metodologías descritas basándose en la fuente del SETAC (1999).

En ella puede verse la potencialidad del ACV como herramienta para gestionar los aspectos medioambientales, especialmente por su adecuación a aquellos estudios que tengan como base conceptual el ciclo de vida del producto o servicio.

El ACV es una herramienta de gestión ambiental que identifica tanto a los recursos usados como a los residuos que se generan y se emiten a los vectores ambientales (aire, agua y

suelo) a lo largo de todo el ciclo de vida (desde la cuna hasta la tumba) de un bien o un servicio específico.

Entre sus puntos fuertes se puede mencionar, primeramente, su carácter globalizador, que evita el traslado del problema; por ejemplo, evita que la solución a un problema ambiental particular ocasione el deterioro de otra parte del ciclo de vida, o a otro vector ambiental; y en segundo lugar, muestra una relación de todos los recursos usados, así como de los residuos o emisiones generadas por la unidad funcional del sistema, permitiendo así algún tipo de evaluación. (Cardim, 2001)

Así, a la hora de decidir por la selección de la herramienta más adecuada para valorar los aspectos medioambientales de un producto o proceso planteado, es necesario un análisis detallado que tenga en cuenta todos los puntos fuertes y débiles, como por ejemplo la potencialidad necesaria para alcanzar los objetivos pretendidos y así escoger la que mejor se adecue a las necesidades del usuario o promotor del estudio.

A pesar de que en algunos casos no sea posible realizar el análisis del ciclo de vida completo de un producto, asimismo el ACV aún resulta útil como herramienta para la gestión medioambiental de sistemas de producción, pues posibilita identificar el foco del problema, optimizar el uso de los recursos materiales o energéticos y gestionar los residuos producidos. Además, el ACV se presta para comparar dos o más productos alternativos que cumplan una misma función, y también para valorar materiales alternativos contribuyendo así al desarrollo de materiales más respetuosos con el medio ambiente.

1.2- Herramienta Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

El Análisis del Ciclo de Vida, de acuerdo a la Norma (NC-ISO 14 040: 1999), es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

En la bibliografía consultada se encuentran diferentes conceptos, algunos de los cuales se destacan en el Anexo No. 2. Puede apreciarse que existe concordancia entre los diferentes autores en que el ACV es una técnica que permite determinar los aspectos ambientales de un producto, así como sus impactos, usando como herramienta un inventario de entradas y salidas, para evaluar los impactos potenciales que tiene este producto o servicio sobre el ambiente.

A consideración de los autores del presente trabajo de investigación, ACV es una herramienta que permite determinar y cuantificar los impactos potenciales que están asociados a un producto o servicio, y para ello se vale de un inventario inicial y final y estos resultados se interpretan en función de los objetivos del estudio.

1.2.1- Origen y evolución del ACV

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. Si bien el primer ACV fue realizado en 1969 por el *Midwest Research Institute* (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años setenta, y grupos como Franklin Associates Ltd. junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía.

Entre 1970 y 1974, la *Environmental Protection Agency* (EPA) realizó nueve estudios de envases para bebidas. Los resultados sugirieron no utilizar el ACV en cualquier estudio, especialmente para empresas pequeñas, ya que involucra costos altos, consume mucho tiempo e involucra micro-manejo en empresas privadas (Guía 2001).

En Europa, estudios similares se realizan en la década de los sesenta. En Gran Bretaña, Lan Boustead realizó un análisis de la energía consumida en la fabricación de envases (de vidrio, plástico, acero y aluminio) de bebidas. Pero fue a partir de los años ochenta cuando la aplicación del ACV se incrementó. En esta misma década fue cuando se desarrollan dos cambios importantes: primero, los métodos para cuantificar el impacto del producto en distintas categorías de problemas ambientales (tal como el calentamiento global y agotamiento de los recursos); y segundo, los estudios de ACV comenzaron a estar disponibles para uso público.

La *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC) es la principal organización que ha desarrollado y liderado las discusiones científicas acerca del ACV. En 1993, formuló el primer código internacional: Código de prácticas para el ACV (*Code of Practice for Life Cycle Assessment*), con el fin de homogeneizar los diversos estudios realizados para que siguieran una misma metodología. Esto impulsó el inicio de desarrollos masivos de ACV en diversas áreas de interés mundial, pues se realizaron conferencias, talleres y políticas sobre ACV. (Argüello 2009)

Posteriormente, la ISO apoya este desarrollo para establecer una estructura de trabajo, uniformizar métodos, procedimientos, y terminologías, debido a que cada vez se agregaban

nuevas etapas, se creaban metodologías, índices, programas computacionales dedicados a realizar ACV en plantas industriales, etc.

Después de treinta años el ACV ha tenido un avance impresionante, sin embargo, se reconoce que la técnica está en una etapa temprana de su desarrollo. Muchos ACV realizados han sido parciales (sólo se ha practicado la fase de inventario) y aplicados mayoritariamente al sector de envases (aproximadamente un 50%), seguidos de los de la industria química y del plástico, los materiales de construcción y sistemas energéticos, y otros menores como los de pañales, residuos, etc. Sólo en los últimos años se ha podido introducir la fase de evaluación de impacto en los estudios realizados. (Romero 2005)

En el Anexo No. 3 se presenta una cronología detallada del ACV desde sus inicios hasta la actualidad, y en Anexo No. 4 se muestra la evolución histórica y tendencias del análisis de ciclo de vida (ACV).

1.2.2-Normas que establecen las fases del ACV

La complejidad del ACV requiere un protocolo al cual debe ajustarse todo estudio de ACV. Dicho protocolo se haya establecido en la normativa elaborada por “*International Standards Organisation*” ISO.

La estructura del ACV se representa como una casa con cuatro habitaciones principales, que están representadas por las normas ISO14040, ISO14041, ISO14042 e ISO14043 (Ver Figura No. 1.3).



Figura No 1.3 – Estructura del ACV. Fuente: (NC-ISO-14000:2002)

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-14040 1997).

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-14041, 1998)

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-14042, 2000).

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 (ISO-14043, 2000).

Se han elaborado además documentos técnicos para ayudar a la elaboración de estudios de ACV como son:

ISO TR 14047 (2002): proporciona un ejemplo de cómo aplicar la norma ISO 14042 (ISO-14047, 2002).

ISO/CD TR 14048 (2002): este documento proporciona información en relación con los datos utilizados en un estudio de ACV (ISO-14048, 2002).

ISO/TR 14049 (1998): este informe técnico proporciona ejemplos para realizar un ICV de acuerdo con ISO 14041. Estos ejemplos deberán entenderse como no exclusivos y que reflejan parcialmente un ICV (ISO-14049, 1998).

La metodología considera una serie de fases de trabajo interrelacionadas, que siguen una secuencia más o menos definida, aunque en ocasiones es posible realizar un estudio no tan ambicioso obviando alguna fase. (Díaz 2009)

En la ISO 14 040 se describen las cuatro fases del ACV: definición de los objetivos y el alcance, análisis del inventario, evaluación del impacto, interpretación de resultados. (Ver Figura 1.4)

I. Definición y alcance de los objetivos

Esta etapa del proceso/servicio/actividad se inicia definiendo los objetivos globales del estudio, donde se establecen la finalidad del estudio, el producto implicado, la audiencia a la

que se dirige, el alcance o magnitud del estudio (límites del sistema), la unidad funcional, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica que se debe realizar.



Figura No. 1.4– Etapas del análisis del ciclo de vida. **Fuente:** (Suppen 2009)

2. Análisis del inventario (Life Cycle Inventory LCI)

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

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

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

4. La interpretación de resultados

Los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en un modo congruente con los objetivos definidos para el estudio, a fin de establecer las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

En la estructura metodológica del ACV existen dos partes fundamentales: el inventario de ciclo de vida en donde se calculan todos los impactos durante el ciclo de vida y la

evaluación de impacto de ciclo de vida (el modelo de asignación), en 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 y en la segunda parte del modelo de asignación se prioriza entre los problemas ambientales. (Díaz 2009)

1.2.3-Soporte informático aplicado al ACV

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, etc., como se ha indicado en apartados anteriores. Estos aspectos son más viables con el soporte de sistemas informáticos que faciliten las tareas a realizar.

A la hora de seleccionar alguno de estos programas, deben considerarse dos aspectos importantes: (Cardim 2001)

1. Inventarios que incorpora (específicamente en el ámbito en el que se quieren llevar a cabo los ACV's)
2. Calidad en la gestión de datos, incluyendo en este concepto:
 - la facilidad en la introducción de los datos de entrada para los diferentes ACV's 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; y,
 - el tipo de salida de resultados (tablas / gráficas) y su flexibilidad.

De acuerdo con lo anterior, la calidad de los inventarios y la flexibilidad de estas bases de datos marcan la diferencia con los programas existentes, al considerar que, en buena medida, la fidelidad de estos inventarios, con el sistema o producto analizado, influyen directamente en la calidad de los resultados finales del ACV. (Díaz 2009)

También es importante subrayar que la simplicidad de uso presentada por algunos programas es una ventaja considerable para el usuario, mientras que exija un conocimiento

conveniente de la metodología del ACV's, porque de lo contrario puede llevarle a resultados y conclusiones erróneas por falta de capacidad crítica sobre el tema.

En el Anexo No 5 se destacan las herramientas informáticas útiles para realizar un Análisis de Ciclo de Vida.

1.2.4-Importancia de la herramienta ACV

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:

- 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.

En cuanto a los aspectos financieros, el ACV puede ser útil para disminuir los costos en la medida que el nuevo diseño y los nuevos procesos de fabricación, transporte y distribución, entre otros, promueve una mayor eficiencia en la asignación y el empleo de materias primas, insumos y energía.

Conforme los especialistas, el ACV es una herramienta importante en la obtención de informaciones detalladas para el proceso de toma de decisiones en ingeniería. Así, si existe la oportunidad de escoger entre una gama de materiales y procesos de obtención y manufactura, las decisiones solamente pueden ser consideradas coherentes si fuesen tomadas con base en el análisis crítico, en particular al histórico de los materiales a ser empleados en la producción industrial. (Cardim, 2001)

Una gran importancia de la metodología es que permite detectar situaciones en las que un determinado sistema parece “más limpio” que otro, simplemente porque transfiere las cargas ambientales a otros procesos o región geográfica, sin un mejoramiento real desde el punto de vista global (fenómeno conocido como “problema shifting”). (Iglesias 2005)

1.2.5- Fortalezas y debilidades del ACV

El ACV típicamente no tiene en cuenta aspectos sociales o económicos de un producto, generalmente la información elaborada en un estudio de ACV debe ser usada como parte de un proceso de decisión más integrado (comparación de resultados de diferentes estudios de ACV solamente pueden ser hechos cuando los supuestos y el contexto de cada estudio son iguales). (Romero 2005)

De acuerdo con (Baumann 2000) el ACV ha sido muy útil para comprender situaciones complejas, que reflejan los problemas del mundo real. Actualmente, algunos trabajos ya integran al ACV el análisis económico (análisis de costos del ciclo de vida).

Los factores ambientales son muy importantes para el sector agroalimentario por muchas razones: la producción agropecuaria en el futuro dependerá cada vez más de suelo, aire y agua “limpios”; también se incrementará la demanda por información ambiental de los productos, de la distribución minorista y mayorista, y también de los consumidores finales. Aunque se han desarrollado muchos programas de eco etiquetado (como producción orgánica o integrada) existe el problema de la falta de principios comunes entre ellos.

El ACV es la única herramienta de manejo ambiental que incluye todos los pasos del ciclo de vida de un producto o servicio. En consecuencia es un valioso complemento de otros métodos en la industria, tal como el concepto de producción “limpia” (cleaner production) que enfoca su análisis en el desempeño del lugar de producción. (Iglesias 2005)

Cuando los estudios ambientales están limitados a una parte o fase del ciclo de vida de un producto, el mejoramiento de la fase estudiada puede conducir a cambios desfavorables en otras fases o partes de la cadena agroalimentaria (Por Ej. el esfuerzo en reducir el material de packaging en los alimentos, puede resultar en mayores desperdicios de alimentos por el consumidor).(Vargas 2003)

Actualmente algunos autores abogan por el “análisis de efectos estresantes del ciclo de vida” (Life cycle stressor effects assesment, LCSEA), el cual clama por la integración del ACV con otras técnicas de análisis ambiental. Pero solamente el ACV calcula el impacto potencial ambiental de un sistema de producción. El propósito del concepto de LCSEA es tener en cuenta el destino de las emisiones, incluida la susceptibilidad del área local a las sustancias emitidas (por ejemplo: la emisión ácida en un área ya sensitiva, debe ser considerada más seria que la misma emisión en un área menos sensitiva a la acidificación). (Iglesias 2005)

Otros profesionales del ACV abogan por métodos más simplificados, que lo hagan menos costoso en tiempo y dinero (Christiansen 2000) pero esto solo es alcanzado cuando hay más datos genéricos disponibles en las bases de datos, si pueden ser formulados criterios de corte relevantes para todo lo relacionado con ese tópico, etc. No obstante, existe siempre un riesgo de perder información ambiental importante cuando se simplifica.

A pesar de su utilidad conceptual algunos autores manifiestan límites prácticos de la aplicación del ACV, ya que presenta dificultades en su aplicación al realizar detallados inventarios, relacionar esos inventarios a un análisis de impacto y también trasladar los resultados a acciones apropiadas. El ACV consume mucho tiempo y dinero y es complejo. Pero esto puede variar sustancialmente de acuerdo con el tipo de producto y es difícil estimar el costo del estudio. Lo que encarece el costo es el tiempo de realización del estudio.

Tabla No 1.3 Fortalezas y Debilidades del ACV. **Fuente:** (Iglesias 2005)

FORTALEZAS DEL ACV	DEBILIDADES DEL ACV
<ul style="list-style-type: none"> -Enfoque conceptual holístico, sistémico -Es la articulación entre el criterio ambiental a través de todo el ciclo de vida y las estrategias de la empresa y planificación para alcanzar beneficios comerciales. -Está incorporado a las Normas ISO 14000 -(Homologación y transparencia internacional) -Validación de Ecolabels (I y II)... 	<ul style="list-style-type: none"> -Enfoque holístico -Límites prácticos en su aplicación: Insume mucho tiempo (Inventario), que conlleva a mayores costos y difícil interpretación de relacionar los inventarios a análisis de impactos....

La elaboración y disponibilidad de bases de datos públicas ha reducido considerablemente estos costos y tiempos, pero estas bases de datos presentan a veces problemas de consistencia y credibilidad, no están homologadas y existe variabilidad geográfica. (Iglesias 2005)

1.2.6- Aplicaciones del ACV

El ACV no es la única herramienta para analizar el performance ambiental, pero el real valor del ACV es la articulación entre el criterio ambiental a través de todo el ciclo de vida y las

estrategias de la empresa y planificación para alcanzar beneficios comerciales. El ACV puede proveer a una empresa valiosa información interna en el caso de evaluar un sistema productivo sobre la eficiencia del uso de los recursos y manejo de desperdicios, etc.; aunque no es apropiado por ejemplo, si quieren analizar las implicancias sobre el cliente acerca de efectos tóxicos sobre la salud. El ACV puede ayudar a la empresa a ganar ventajas competitivas a través del ahorro de costos, incrementar ganancias y mejorar la imagen (de la empresa o de un producto determinado).

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

Esta herramienta es fundamental en la etapa de diseño de productos o servicios (*"EcoDesign"*) así como en los casos de Eco etiquetado (*"Ecolabelling"*). Con respecto a este último, uno de los principales problemas relacionado con su implementación es que debe ser creíble y reconocido por la sociedad. Por ello necesita un procedimiento transparente, con estricta metodología científica y homologación internacional; esto lo provee un estándar ISO de ACV. Los estándares ISO para etiquetado Tipo I y III especifican el uso de ACV como una metodología viable. (Iglesias 2005)

Ejemplos de APLICACIONES DEL ACV

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

1.2.6.1-Aplicaciones del ACV. Contexto Internacional.

Los comienzos del ACV en Brasil se remontan al año de 1993 con la conformación del Grupo de Apoyo a la Normalización y que participó activamente en el ISO/TC-207.

En 1997 sale a la luz pública la primera publicación especializada en ACV, que llevaba por título Análisis de ciclo de vida de los productos: herramienta de gestión ambiental ISO 14000, escrita por José Ribamar Chenebe. (Chacón 2008)

En 1998 ocurre otro hito importante en la historia del ACV en el Brasil, con el nacimiento del Grupo de Prevención de la Contaminación de la Universidad de São Paulo, que tuvo como una de sus líneas principales de trabajo el ACV, con la dirección del profesor Gil Anderi da Silva, y que hacia el 2005 había arrojado seis tesis de maestría, una tesis doctoral y algo más de 40 artículos publicados nacional e internacionalmente.

En el año 2004, ABCV tomó la decisión de iniciar el Proyecto Brasileño de ACV, con dos énfasis en particular: capacitación en ACV y creación de la base de datos para inventarios de ACV que se lleven a cabo con la industria brasileña. (Chacón 2008)

Por último, y como consecuencia de los esfuerzos anteriormente mencionados, el ACV hoy es un tema que está incorporado en muchos currículos de pregrado y posgrado de diversas disciplinas profesionales.

En México a comienzos de la década del 2000 y hacia el 2005 se llevaron a cabo las primeras actividades sobre ACV en México, entre las cuales se destacan las siguientes (Suppen 2005):

- Base de datos para el inventario de ciclo de vida.
- Diseño del ciclo de vida para el cumplimiento ambiental.
- Estudio para la evaluación del ciclo de vida de los productos mexicanos.
- Estudios y proyectos de ACV en el sector minero en el año 2003, que arrojaron los siguientes resultados:
 - Elaboración de una metodología para el inventario de ciclo de vida en el procesamiento de minerales.
 - Evaluación del impacto ambiental en el reciclaje del cobre.
 - Estudios de ACV para los procesos de metalurgia del zinc y del cobre.
- Estudio de ciclo de vida para las botellas de resina PET.
- Base de datos para el inventario de ciclo de vida en el sector eléctrico.

México es un país muy activo en la región, como lo demuestra su participación continua y efectiva en las conferencias Cilca que se han hecho hasta el momento. (Chacón 2008)

En Chile a mediados de la década del 2000 puede decirse que comienza la actividad en ACV en Chile. La minería ha sido motor fundamental para la adopción del ACV en Chile, por las siguientes razones, (Peña 2008):

- La industria minera cuprífera de Chile tiene una importancia económica y de generación de empleo (Chile aporta el 34% de la producción de cobre en el mundo).
- Un porcentaje alto del cobre que Chile exporta va con destino a países comprometidos por la protección ambiental y otros asuntos de responsabilidad social, como la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores.

Uno de los primeros estudios de ACV que se destacan dentro del sector minero chileno fue el que se llevó a cabo hacia mediados de la década del 2000, denominado “Estudio comparativo de los impactos ambientales del cobre en las plantas de fundición de Chile y Brasil” en el marco del proyecto Prosul (Proyecto Suramericano de Análisis de Ciclo de Vida de los Metales para la Producción Sostenible Minera). (Peña 2008)

El proyecto Prosul buscaba determinar cuáles eran los principales rasgos al modelar un ACV en la producción de metales en Suramérica, identificando mediante un ACV simplificado, puerta a puerta, los aspectos comunes del sector de la minería de la región y los particulares de cada país.

El estudio mencionado anteriormente y el proyecto en general arrojan, entre otros resultados, los siguientes:

- La construcción de una base de datos para el inventario de ciclo de vida de referencia y modelos parametrizables para el sector minero.
- Modelo para la evaluación de impacto del ciclo de vida para el sector minero.

En el marco del foro mundial de expertos en ACV, denominado Iniciativa de ciclo de vida de UNEPSETAC, Chile viene cumpliendo un papel activo, ya que fue miembro del Grupo de Trabajo de Análisis de Impacto de Ciclo de Vida sobre Metales y Minerales y lo preside hasta el año 2005 (LCIA Task Force Group. Metals y Minerals) y el esfuerzo que ha hecho Chile en ACV se ve también reconocido al lograr como sede la ciudad de Santiago para la Conferencia Cilca 2009.

En Colombia, la Universidad de los Andes en Bogotá y la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en Medellín son las instituciones que impulsaron en Colombia el conocimiento y la aplicación del ACV, y son las que sirven como referente importante para conocer un poco de la historia sobre esta materia en el país.(Chacón 2008)

Los primeros trabajos y talleres sobre ACV surgieron a partir de 1997 cuando se crearon en el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) los Comités Técnicos de Normalización Espejos del ISO/TC-207 para discutir y homologar a normas nacionales la serie de estándares internacionales de la familia ISO 14000, entre ellas la serie ISO 14040 sobre ACV.

Hacia finales de los años noventa algunas universidades e institutos realizaron varios proyectos y seminarios internacionales para introducir a los participantes en el conocimiento básico de aplicación del software Sima Pro; entre las organizaciones que para ese entonces se destacaron en la ejecución de tales actividades estaban:

- Universidad de los Andes, a través del Departamento de Ingeniería Industrial.
- La Universidad del Valle, en Cali, a través del Departamento de Ingeniería Química.
- La Universidad Pontificia Bolivariana.
- Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales, en Medellín.
- Universidad Industrial de Santander, en Bucaramanga.

La Universidad de los Andes, mediante los cursos de producción más limpia impartidos a los estudiantes de pregrado de ingeniería industrial, elabora algunos estudios de ACV y tesis de grado en ACV entre 1998 y 2006 que abarcan diferentes sectores industriales, entre los que se cuentan:

- Sector agrícola (azucarero, cafetero y floricultor).
- Sector químico (producción de agroquímicos y detergentes).
- Sector de los polímeros (producción de grifería y jeringas).
- Sector de la construcción (proyectos de ingeniería civil).
- Sector petroquímico (producción de guantes de látex).
- Sector de servicios (empresas de servicios públicos).

Algunas universidades de Colombia han venido contemplando en sus currículos el ACV, como por ejemplo la Escuela Colombiana de Ingeniería en la ciudad de Bogotá, la cual

incorporó en el 2008, en los cursos de producción más limpia impartidos a los estudiantes del programa de ingeniería industrial, los fundamentos del ACV.(Chacón 2008)

1.2.6.2 Aplicación del ACV en Cuba

La Organización de Naciones Unidas ubica a Cuba en el primer nivel en América Latina en el uso de la metodología para el Análisis del Ciclo de Vida con el fin de determinar los impactos ambientales de los procesos agrícola, industrial y hasta de la prestación de servicios.

A pesar de ser el ACV una herramienta que aún está en una etapa temprana de su desarrollo, se puede decir que Cuba va a la vanguardia en cuanto a estudios de este tipo. Se puede citar el caso de la Empresa Arrocería en la provincia de Holguín, que aplica esta herramienta, se realiza un análisis desde el punto de vista energético y su influencia sobre el medio ambiente, tomando como referencia la producción arrocería actual en la provincia de Granma, específicamente el estudio en el CAI arrocería Fernando Echenique.

También se destaca en este tipo de estudios La Universidad Central de las Villas, donde existen un grupo de doctores que han aplicado esta herramienta, se puede citar el caso de Elena Rosa Domínguez, directora del Centro de Estudios de Química Aplicada, que en entrevista hecha por Juventud Rebelde el 3 de junio de 2009, señala que este método, utilizado principalmente en el mundo desarrollado, está adquiriendo auge en Latinoamérica, y nuestro país, junto a Brasil y México, está en la avanzada. El Centro de estudio de Química Aplicada, que dirige en el país la Red de Análisis de Ciclo de Vida, es el único a nivel nacional que cuenta con un programa computarizado, adaptado a nuestras particularidades, para realizar la investigación referida. (García 2009)

Recientemente, especialistas del centro presentaron 11 trabajos en el Seminario Latinoamericano de Análisis de Ciclo de Vida efectuado en Chile que fueron elogiados por los participantes. Los trabajos expuestos tratan sobre el impacto en el medio ambiente de la industria azucarera, la generación de electricidad, producción de leche y arroz, entre otros. El mencionado centro de la Facultad de Química Farmacia realiza, en la región central, evaluaciones sobre los residuales líquidos, sólidos, gaseosos y tóxicos peligrosos.

La doctora Elena Rosa precisó que a veces la falta de recursos impide acometer las inversiones para resolver definitivamente el problema que daña el medio ambiente, pero siempre, como resultado del trabajo, se aplican medidas que reducen los daños. (García 2009)

1.3- Industria Azucarera en Cuba.

El sector azucarero es sin lugar a dudas el más importante de la producción agroindustrial cubana a lo largo de estos siglos. Para la nación cubana, la caña y el azúcar forman parte integrante de la historia, la cultura y las tradiciones del pueblo. Una historia que estuvo caracterizada por la injusticia social y que alcanzó su más cruel expresión durante la etapa colonial, con la introducción de esclavos africanos para los trabajos en las plantaciones cañeras y la operación de los trapiches de azúcar.

A partir de 1959, en la agricultura cañera se desarrolló un proceso de modernización dirigido a una agricultura más intensiva, de altos insumos y caracterizada fundamentalmente por la introducción de la mecanización, que a finales de la década de los años 80 alcanzaba el 75% de la cosecha y el 100% del alza, lográndose una producción nacional promedio de más de 7.5 millones de t/año. (Morín 2005)

En la década de los años 90, se crean situaciones extremadamente difíciles para Cuba por la desaparición del campo socialista. Por primera vez, la producción azucarera cubana, en proporción de un 90% destinada a la exportación, se ve enfrentada de manera total al llamado mercado libre, que como se sabe, es un mercado de precios extremadamente deprimidos, motivado fundamentalmente por las medidas proteccionistas de los países más desarrollados. (Morín 2005)

La industria azucarera en Cuba está compuesta por 44 ingenios azucareros los cuales se distribuyen por todo el país de la siguiente forma:

Tabla No 1.4 Centrales en Cuba. **Fuente:** Elaboración Propia.

Provincias	Productivos
Pinar del Río	2
La Habana	3
Matanzas	3
Villa Clara	7
Cienfuegos	3
Sancti Spíritus	2
Ciego de Ávila	3

Camagüey	4
Las Tunas	3
Holguín	4
Granma	5
Sgto. de Cuba	4
Guantánamo	1
Total	44

La falta de capacidad financiera o de créditos para la adquisición de insumos, obligan a iniciar un proceso de transformación de la tecnología agrícola e industrial en búsqueda de alternativas que aprovechen al máximo las características y potencialidades de la planta y su interacción con las condiciones naturales.

1.3.1- Principales modificaciones tecnológicas realizadas en la producción de azúcar.

El proceso de producción de azúcar de caña ha mantenido una tecnología muy similar desde hace más de un siglo. Las principales modificaciones tecnológicas realizadas en esta industria en los últimos años han sido las siguientes (Suárez 2005)

- Se aumenta la preparación de la caña en todos los centrales con la introducción de machetes Zuazagas, Baguera, y Perret que desfibran la caña. Esto aumentó de un 50% de celdas rotas a un 75%.
- Se automatiza la alimentación de caña a plantas de moler, para lograr la estabilidad del proceso tecnológico.
- Se montan tolvas Donnelli para lograr alimentación forzada en los molinos, lográndose setting más ajustados y aumento de eficiencia y capacidad.
- Se aplica aspereza transversal en las masas superiores a todos los molinos, disminuyendo el desgaste de masas y eliminando el rayado helicoidal de las mismas.
- Se eliminan desmenuzadoras, lográndose disminuir la potencia instalada en 20,5 MW.
- Se automatizan la limpieza con vapor en plantas de moler, para disminuir las pérdidas de azúcar por infección en molinos. De una caída de pureza mayor de 2,50 se lograron valores menores de 1,50 en la última zafra.
- Se trabaja en el proceso de velocidad de fabricación:

- Se modifican e instalan clarificadores de bajo tiempo de residencia lográndose disminuir el índice de 42000 gal/100000 arrobas a 28500 gal/100000 arrobas en la pasada zafra para la presente zafra se proyecta disminuir hasta 25000 gal/100 000 arrobas.
- Se disminuye la existencia de masas de tercera por medio de la modificación de cristalizadores por varias vías:
 - a) Aumenta de velocidad del sistema de enfriamiento actual.
 - b) Cambio del sistema de enfriamiento por agua al de aire.
 - c) Introducción de cristalizadores verticales.
 - Modificación en la alimentación de las centrífugas de tercera para aumentar su eficiencia y capacidad.
 - Aumento de la presión de vapor con nuevos esquemas que permiten el uso de menos equipos en evaporación y tacho en los centrales.
 - Introducción de las cosechadoras de caña KTP-2M más productivas que las anteriores, las KTP-1.

1.3.2- Características generales de la caña de azúcar

El cultivo de la caña de azúcar representa un aporte ecológico de gran importancia como vía para aliviar el calentamiento de la atmósfera que se origina a través del llamado "efecto invernadero". Aun cuando no están disponibles estudios definitivos sobre la actividad fotosintética de la caña, a partir de algunos estudios básicos, ha sido posible estimar, muy conservadoramente, una capacidad de fijación de carbono superior a 2 t por ha por año, solamente comparables con la de los bosques deciduos de las zonas templadas (Morín 2005).

Desde el comienzo de la década de los años 90, se viene trabajando sistemáticamente para lograr una agricultura cañera cada vez más ecológica, u orgánica, menos dependiente de los costosos insumos de productos químicos y que basada en el más moderno desarrollo científico-técnico posea una verdadera racionalidad ecológica y sustentabilidad económica.

En Cuba la cosecha de caña verde se ha venido introduciendo paulatinamente y hoy está generalizada en alrededor del 90% de las áreas. También se emplea un sistema de cosecha mecanizada (74% del área) con máquinas que realizan una limpieza parcial de la caña por medios neumáticos. La paja extraída queda sobre el suelo en forma de una cubierta protectora que realiza una importante función de conservación de la humedad, evita la

erosión y contribuye a la lucha contra malas hierbas. Solamente por este concepto se reportan disminuciones en el consumo de herbicidas de un 35% y hasta un 50% si se aplica localizado y las labores de cultivo mecánico de hasta un 33% (Díaz-Casas 1996)

Este cambio tiene un tremendo impacto en múltiples aspectos de la producción cañera; que inciden favorablemente, ya sea desde el punto de vista tecnológico, económico, como de protección del medio ambiente; pues se reducen labores de cultivo, consumo de agrotóxicos y los costos de producción, además del efecto beneficioso al medio ambiente por reducción de la contaminación del aire y de la degradación de los suelos.

La situación crítica de la agroindustria origina afectaciones a otras actividades económicas importantes como: la industria mecánica, la industria ligera, la ganadería la industria alimenticia (particularmente la industria de bebidas y licores), la generación de energía eléctrica y la alimentación de la población. Además es una importante fuente generadora de empleo y la poca disponibilidad del producto azúcar y otros subproductos (mieles-alcohol) motivan reducciones importantes de ingresos por la vía de las exportaciones y a la vez la imposibilidad de cubrir las necesidades del mercado interno y de poder cubrir compromisos externos contraídos. Por lo anterior, la economía se ve precisada a realizar importantes erogaciones en moneda convertible por importaciones de azúcar y alcohol. (Díaz 2009)

La caña de azúcar, cuyo potencial genético aún está lejos de ser bien aprovechado, puede ser cultivada con técnicas mucho más apropiadas y sustentables, tanto en términos económicos como ecológicos. Debido a esto la industria azucarera cubana esta urgida en trabajos para disminuir el impacto medioambiental, dado que tanto el sector agrícola como el industrial, son una fuente contaminante importante para la tierra, el agua y el aire de nuestros ecosistemas. El análisis de ciclo de vida permite trazar las mejores estrategias ambientales futuras para rediseñar este sector de la economía buscando su diversificación, y el aprovechamiento de sus residuales lo que es de vital importancia para su subsistencia.

Conclusiones Parciales del Capítulo I

1. La finalidad principal del SGMA es determinar qué elementos deben considerar las organizaciones en materia de protección medioambiental para asegurar que en el desarrollo de sus actividades se tiene en cuenta la prevención y la minimización de los efectos sobre el entorno.
2. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que además de medir impacto ambiental, permite a las empresas tener una visión más amplia sobre sus procesos, productos o servicios.
3. El análisis de ciclo de vida permite trazar las mejores estrategias ambientales para disminuir el impacto ambiental que tiene la industria azucarera hacia el ecosistema.



CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2: “CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA A UTILIZAR.”

En este capítulo se realiza la caracterización general de la entidad objeto de estudio, que en este caso son las Empresas Azucareras que se encuentran produciendo en estos momentos en la provincia. Además se estructura una metodología para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de la caña de azúcar basada en las normas NC-ISO 14 040, NC-ISO 14 041, NC-ISO 14 042 y NC-ISO 14 043.

2.1 – Descripción del objeto de estudio

Con el triunfo de la revolución cubana en 1959, se inicia una nueva etapa en la historia azucarera en Cuba. Hasta esa fecha un grupo de compañías nacionales y extranjeras controlaban enormes extensiones de tierra dedicadas al cultivo de la caña. En cuanto a la industria, los intereses norteamericanos eran dueños de un grupo considerable de los centrales existentes.

En el período del 1961 a 1963 se desarrolla un considerable esfuerzo para la industrialización, acompañado de una diversificación agrícola, que conlleva a la destrucción de numerosos campos de caña, en 1964 se rectifica y pasa a un primer plano el desarrollo de la industria azucarera. En el III Congreso del PCC se plantea que la industria azucarera continúa ocupando un lugar preponderante en la economía nacional, tomando en cuanto las crecientes relaciones económicas con la URSS y otros países socialistas.

En 1992 la provincia cuenta con doce empresas agroindustriales cuyas producciones fundamentales eran Azúcar Crudo, Miel final y Levadura Torula. Con la caída del campo socialista y el establecimiento del período especial es necesario trazar estrategias que garantice la estabilidad de la producción en el sector y se empieza a producir un grupo de cambios estructurales.

En 1999 se crean los Grupos Empresariales Agroindustriales, en Cienfuegos se constituye con cinco empresas azucareras, tres empresas agropecuarias, una empresa de servicios técnicos y la empresa de glucosa. Nuevas misiones recibidas de la dirección del país trae como resultado el traspaso de las empresas agropecuarias al Ministerio de la Agricultura, por lo que el Grupo Empresarial queda conformado por cinco empresas azucareras, de las cuales muelen tres, declarando las dos restantes

como fábricas paralizadas que tributan sus cañas a los centrales en activo, una empresa de servicios técnicos y la empresa de glucosa.

Es necesario conocer los aspectos propios del entorno de la Empresa, que lo constituyen, las amenazas, oportunidades, fortalezas y debilidades, las cuales han sido identificadas por la propia empresa y se muestran en el Anexo No 6 a través de la matriz DAFO.

2.1.1- Caracterización de la Empresa Azucarera Antonio Sánchez.

La Empresa Azucarera “Antonio Sánchez” sita en García Menéndez #29, Covadonga, se encuentra ubicada al oeste de la provincia de Cienfuegos en el municipio Aguada de Pasajeros. Limita al norte con la Granja Agropecuaria "Primero de Mayo" del mismo municipio, al sur con el Plan Horquita, al este con la Empresa Azucarera "Guillermo Moncada" ambos del municipio Abreus; y al oeste con el Plan Arroz Colón Sur, de la provincia Matanzas.

Su extensión territorial se encuentra en el orden de 16 629 ha²⁷ (1 239.1 Cab²⁸). La superficie agrícola es de 14 513 ha (1 081.4 Cab) y dedicada al cultivo de la caña 10 179 ha (758.5 Cab) para un 70% de aprovechamiento del área agrícola para este cultivo; el resto del área agrícola se dedica a otros cultivos y a pastos naturales. La superficie no agrícola es de 2 116 ha (157.7 Cab) donde predominan los bosques naturales, el área dedicada a infraestructura (Instalaciones, caminos, vías férreas y bateyes) y la superficie acuosa.

La misión de la empresa se define como:

“Ser competitivos y eficientes en la producción de caña de azúcar y sus derivados, incrementando la producción de alimentos mediante la diversificación, con altos rendimientos agrícolas e industriales y con la calidad requerida; apoyado en un colectivo calificado, profesional y de experiencia que propicie el desarrollo de una cultura innovadora a nivel organizacional y el fomento de una agricultura sostenible que garantice el cuidado y preservación del medio ambiente.”

Visión

“Somos líderes en el mercado como complejo agroindustrial, con efectividad empresarial en la producción y comercialización de caña, azúcar y sus derivados con costos competitivos, suministrando a los clientes productos de alta calidad, contando

para ello, con la modernización de la tecnología, la certificación de nuestros productos y procesos y la elevada capacitación de los Recursos Humanos.”

2.1.2- Caracterización de la Empresa Azucarera 14 de Julio.

La Empresa azucarera 14 de Julio se localiza en el municipio Cienfueguero de Rodas y forma parte del grupo empresarial Agroindustrial del MINAZ en Cienfuegos. Se encuentra ubicada a tres km de la carretera que conduce al municipio de Abreu, situada en el centro Sur de la Provincia de Cienfuegos, al norte se encuentra el poblado de Rodas, al sur la Refinería de petróleo Camilo Cienfuegos, al este el consejo popular Venta del Río, y al oeste el poblado de Abreu.

La misión de la empresa se define como:

Producir azúcar, alimentos y derivados a costos competitivos para satisfacer el consumo interno y las exportaciones, aumentando la calidad de las producciones, preservando el medio ambiente, elevando la capacitación de los trabajadores y mejorando la atención al hombre.

Visión:

Producir azúcar con eficiencia y de alta calidad, lograr diversificación industrial y agrícola al más alto nivel, elevar la preparación general y técnica de los trabajadores azucareros, así como la innovación formando parte de la cultura empresarial y de las personas, manteniendo la Implementación del Perfeccionamiento Empresarial.

2.1.3- Caracterización de la Empresa Azucarera 5 de Septiembre.

La Empresa “5 DE SEPTIEMBRE”, está situada al noroeste de la provincia de Cienfuegos, cerca del poblado de Turquino en el municipio de Rodas, Km. 208 de la Autopista Nacional. Limitan sus áreas cañeras, por el norte con el río Hanabana, límite de la provincia de Cienfuegos con Villa Clara, hacia el sur con el poblado de Rodas y áreas cañeras de la empresa “14 de Julio”, hacia el este con plantaciones cañeras de las empresas “Ciudad Caracas”, “Ramón Balboa” y “Elpidio Gómez”, al oeste con la empresa Pecuaria Aguada y áreas cañeras de la empresa “1 de Mayo.”

El macizo de sus plantaciones cañeras es atravesado de este a oeste por la Autopista Nacional. El central está comunicado por vía férrea con las empresas “1 de Mayo”, “Antonio Sánchez” y la extensa red ferroviaria interior que comunica los centros de acopio y limpieza, se enlaza con el Ferrocarril Nacional, Cienfuegos - Habana por el

poblado de Jabacoa, lo cual le permite tener acceso al puerto de Cienfuegos y la Terminal exportadora distante a 42 Km.

La misión de la empresa se define como:

“Satisfacer las necesidades de los clientes mediante la diversificación de nuestras producciones a partir de la caña de azúcar, obteniendo crecientes ingresos con competitividad, aprovechando los avances científicos y la innovación tecnológica, interactuando sostenidamente con el medio ambiente y elevando la calidad de vida de los trabajadores.”

Visión:

Empresa de producción azucarera que se diferencia por la calidad del azúcar, su eficiencia energética, la diversidad de sus derivados, entrega de altos volúmenes de energía eléctrica a la red y una alta eficiencia en el trabajo sobre la base de una planificación rigurosa reflejada por sus objetivos estratégicos.

En el Anexo No 7 se puede mostrar la localización de cada de las Empresas Azucareras analizadas en este estudio.

2.2-Necesidad del estudio

La producción de azúcar en la provincia de Cienfuegos está concentrada en la tres empresas azucareras: Antonio Sánchez ,14 de julio y 5 de Septiembre, como se expuso anteriormente, los cuales aspiran lograr mejoras ambientales de sus procesos.

Se conoce que no se evalúa el impacto ambiental de la producción de azúcar con un enfoque holístico, que considere todos los componentes involucrados desde el cultivo de la caña hasta la elaboración y uso del producto final. En cada fase del ciclo vida del azúcar están identificadas los problemas ambientales que ocurren en la zafra 2009, como promedio, en las tres empresas azucareras: consumo de más de 1 151 739,51 l de Diesel para las labores de cultivo; generación de 139 943,47 m³ de residuales líquidos, con un alto grado de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y acidez; emisión de 76 866,32 t bagacillo; rendimiento del suelo alcanzado igual a 36,2t/ha, siendo el potencial de 80t/ha.

No está cuantificado el impacto generado a las distintas categorías que pueden ser evaluadas: respiración de inorgánicos, uso de la tierra, uso de combustibles fósiles, calentamiento global, acidificación, eutroficación, ecotoxicidad y otras.

A partir de un análisis desde el año 2006 al 2009, en la Figura No 2.1 se muestra cómo ha disminuido el rendimiento de los suelos con cultivos de caña, lo que puede estar asociado a un mal manejo de los mismos, esto ocasiona la cosecha de una caña cada vez menos eficiente y trae consigo una disminución en la producción de azúcar, producto muy demandado a escala global y local.

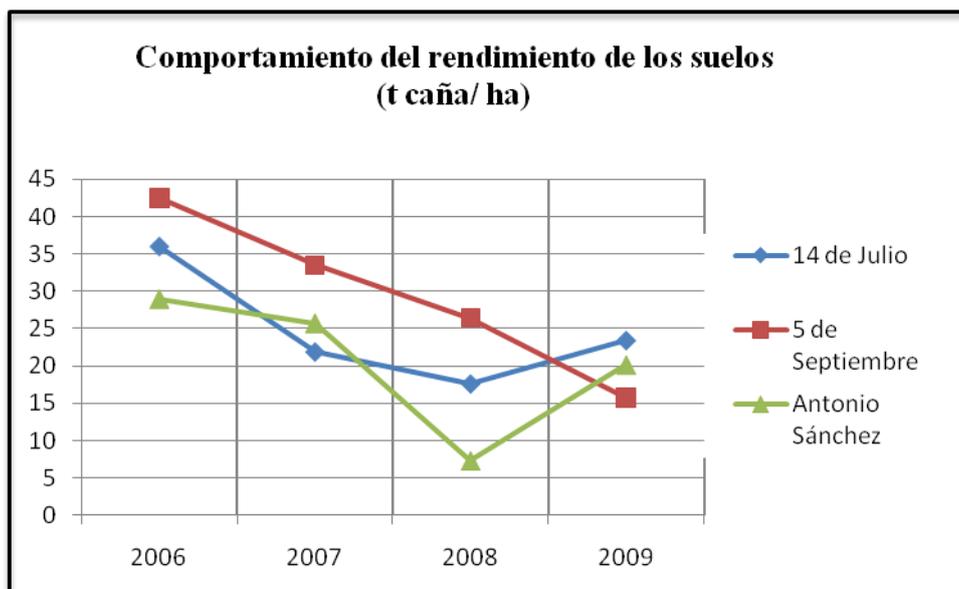


Figura No 2.1 Comportamiento de rendimiento de los suelos. **Fuente:** Elaboración Propia.

También se analizó el comportamiento del consumo de combustible (diesel) en 5 años. La Figura No 2.2, muestra el aumento de éste, el cual en su ciclo de vida emite a la atmósfera como promedio 284g de CO₂, 1.8 SOX y 2.9 NOX por kg de diesel, gases causantes del efecto invernadero y las lluvias ácidas.

A causa de esto, se hace necesario considerar el impacto que tiene, sobre el medio ambiente, la producción de azúcar a partir de un enfoque holístico, es decir, que considere todos los componentes involucrados desde el cultivo de la caña hasta la elaboración y uso del producto final; con el fin de proponer variantes de mejora ambiental para mejorar la eco-eficiencia de su producción.

A continuación se muestra el procedimiento de ACV basado en la serie de normas NC ISO 14040, y se explica cada uno de los pasos a seguir para la aplicación de la misma.

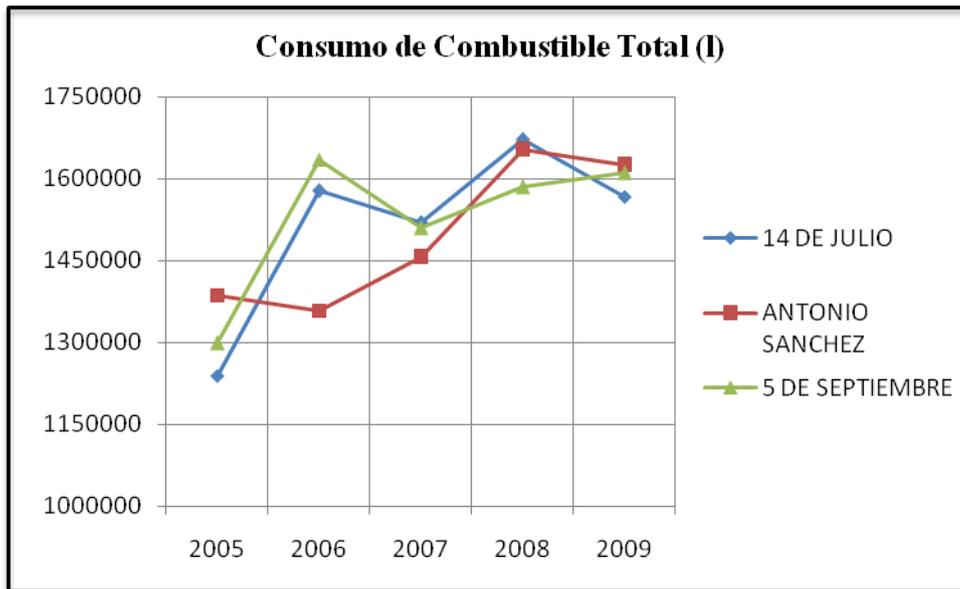


Figura No 2.2 Comportamiento del consumo de combustible. **Fuente:** Elaboración Propia.

2.3- Procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

El ACV es un proceso en el que se reconocen 4 etapas, descritas en el capítulo anterior:

- Definición del objetivo y alcance.
- Análisis del inventario del ciclo de vida.
- Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- Análisis de mejoras.

En la Figura 2.3 se ilustran las conexiones entre estos cuatro pasos y se puede reconocer que se trata de un proceso iterativo, el cual permite incrementar el nivel de detalle en sucesivas iteraciones.

A continuación se describe cada una de las etapas básicas para el desarrollo de la herramienta de ACV según se muestra en las normas NC-ISO 14 040, NC-ISO 14 041, NC-ISO 14 043.



Figura No 2.3 – Etapas de la metodología ACV. **Fuente:** Elaboración Propia.

2.3.1 Etapa 1: Definición de los objetivos 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.

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.

En la definición del objetivo deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

- La aplicación y las audiencias proyectadas se describen en forma clara.
- Las razones para la ejecución del estudio deben ser explicadas claramente. ¿Está el encargado o el actor tratando de comprobar algo? ¿Es la intención del encargado solo suministrar información?, etc.

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

En la definición del alcance de un estudio de ACV se debe considerar y describir claramente: la unida 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.

Definir función y unidad funcional

La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas, 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.

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.

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.

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.

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.

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.

2.3.2- Etapa 2: Análisis de Inventario.

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 obtenerse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV.

Los datos cualitativos y cuantitativos para su consideración en el inventario deben obtenerse para cada proceso unitario incluido dentro de los límites del sistema. Los procedimientos utilizados para la obtención de los datos pueden variar dependiendo del alcance, proceso unitario o aplicación del estudio. La obtención de los datos puede ser un proceso laborioso. Las limitaciones prácticas en la obtención de los datos deben considerarse en el alcance y reflejarse en el informe.

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 entradas y salidas de energía deben ser tratadas como cualquier otra entrada o salida de un ACV.

Las entradas y salidas de energía comprenden varios tipos: las entradas y salidas vinculadas a la producción y a la entrega de combustibles, energía de alimentación y energía de procesos utilizada dentro del sistema modelado.

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 (DBO).

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.

A continuación se dan algunas consideraciones importantes sobre los procedimientos de cálculo:

- Los procedimientos de asignación son necesarios cuando se trabaja con sistemas que impliquen varios productos (ej. productos múltiples de la refinación de petróleo). Los flujos de materia y energía, así como las emisiones al ambiente asociadas deben asignarse a los diferentes productos de acuerdo con procedimientos claramente establecidos, que deben ser documentados y justificados.
- El cálculo del flujo de energía debería considerar los diferentes combustibles y fuentes de electricidad utilizados, la eficiencia de conversión y distribución del flujo de energía, así como las entradas y salidas asociadas a la generación y uso de dicho flujo de energía.

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 – Etapa 3: Evaluación del impacto

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), por parte del interesado del proyecto. Los resultados tienen un valor informativo añadido para la toma de decisiones.

Como puede observarse en la Figura No. 2.4, propuesta por la NC-ISO 14 042:2001, en esta fase de la metodología del ACV se identifica como obligatorio, cumplir los tres pasos siguientes: selección y definición de las categorías de impacto, incluyendo los indicadores de categoría y modelos de valoración utilizados; clasificación de los resultados del análisis del inventario conocido como la fase de clasificación y el cálculo

de los indicadores de categoría, conociéndose este paso como caracterización. 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 categorías e impacto.

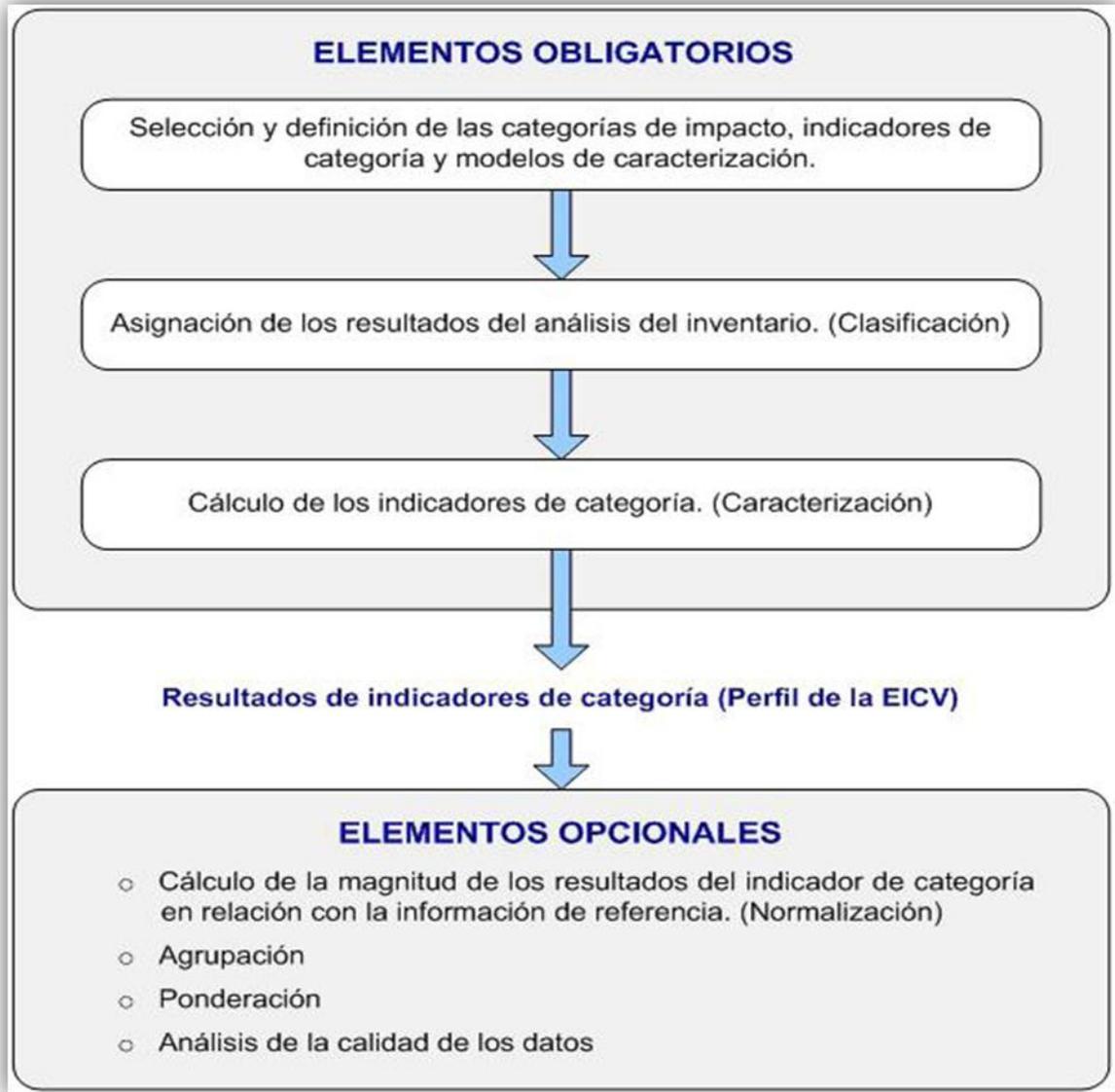


Figura No. 2.4 – Elementos que componen la valoración del impacto del ACV.

Fuente: (NC ISO 14 042: 2001)

Asimismo, con respecto a los elementos opcionales e informaciones, mientras sean optativos, también se hacen algunas consideraciones de importancia y pasos a seguir para su elaboración.

F) Definir categorías de impacto, indicadores de la categoría y modelos de estimación

Las categorías de impactos son los efectos sobre el medio ambiente que causan los aspectos medioambientales del sistema o producto en estudio. Estos efectos serán seleccionados y definidos teniendo en cuenta el potencial impacto que pueda generar el sistema o producto en estudio, de hecho, éstos son los objetivos y alcance del ACV.

Las categorías de impactos medioambientales 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.

G) Clasificar resultados del análisis del inventario.

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.

La 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).

H) Calcular los indicadores de categoría

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.

2.3.3.1 – Métodos para evaluar el impacto ambiental

En la investigación se procederá a comparar tres métodos distintos para evaluar el impacto ambiental, con los cuales se realizará cada paso descrito anteriormente. Estas metodologías son: Ecoindicador 99, IMPACT 2002+ y Eco-Speed; estas metodologías están enfocadas a categorías de daño o puntos finales.

A continuación se describen las metodologías a utilizar:

- Eco-indicador

Objetivo principal: comparar las diferencias relativas entre sistemas y sus componentes.

Se enfoca a categorías finales o de daños. Determina un solo valor que indica el impacto ambiental total basado en los efectos calculados (ICV). Cumple con los requisitos de las normas ISO 14 040 – 14 044. Los valores de los eco-indicadores son cifras sin dimensión. Como base se utiliza el punto Ecoindicador (Pt). El valor de 1 Pt representa una centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio europeo.

El método de evaluación para calcular el Eco-indicador se enfoca en los efectos de emisiones en el ecosistema. Los objetivos se basan en datos científicos sobre daños medioambientales y no en declaraciones políticas. El valor de los objetivos son relacionados a tres tipos de daños medioambientales: deterioro de ecosistemas, deterioro de la salud humana, daño a recursos minerales y fósiles; y 11 categorías de impacto que son: carcinógenos, respiración de orgánicos, respiración de inorgánicos, cambio climático, radiación, agotamiento de la capa de ozono, ecotoxicidad, acidificación, eutroficación, uso de la tierra, minerales y combustibles fósiles.

Caracterización

Multiplicación del factor de caracterización por el tamaño de la intervención (emisión, extracción, uso de suelo).

$$S_j = \sum Q_{ji} m_i$$

Donde:

S_j : Resultado del indicador

j : Categoría de impacto

m_i : Tamaño de la intervención de tipo i (masa de una sustancia emitida)

Q_{ji} : Factor de caracterización que relaciona la intervención i con la categoría j .

Normalización

Consiste en 2 pasos:

1. Encontrar las emisiones totales y consumo de recursos de un sistema durante un periodo de referencia (usualmente un año).
2. Calcular las categorías de impacto utilizando los factores normalizados.

La fórmula general es:

$$N = RI_{cat} / VR_{cat}$$

Donde:

RI_{cat} : Resultado obtenido de cada categoría de año

VR_{cat} : Valor de referencia

➤ Impact 2002+

Es una metodología originalmente desarrollada en el Instituto Suizo Federal de Tecnología, esta metodología propone una implementación factible de una aproximación combinada de categorías de punto intermedio y daños, vincula todos los tipos de resultados del inventario de ciclo de vida con cuatro daños de categorías (salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y recursos) a través de 14 puntos intermedios: efectos respiratorios, toxicidad humana, oxidación fotoquímica,

deterioro de la capa de ozono, ecotoxicidad acuática y terrestre, acidificación, eutroficación, uso de la tierra, calentamiento global, extracción de minerales, energías no renovables, y radiaciones ionizantes.

Caracterización

Los factores de caracterización de daños pueden ser obtenidos al multiplicar el punto intermedio potencial de caracterización con los factores de caracterización de daño de las sustancias referenciadas.

Normalización

La idea de normalización es analizar la parte respectiva de cada impacto al daño total por aplicar factores de normalización a puntos intermedios o clases de impactos de daños para facilitar la interpretación. El factor normalizado es determinado por el radio de impacto por unidad de emisiones dividido por el total de impactos de todas las sustancias de la categoría específica para la cual existen factores de caracterización, por persona por año. La unidad de todos los factores de punto intermedio o daño normalizado es por lo tanto el número de personas equivalentes afectadas durante un año por unidad de emisión.

➤ Eco-Speed

Este método presentado por MSc. Ing. Berlan Rodríguez Pérez, profesor de la Universidad de Cienfuegos, Cuba e investigador de la Red Cubana de Análisis de Ciclo de Vida. 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.

Caracterización

Eco-Speed cuenta con 3 categorías de daño, las que son afectadas por 13 categorías de impacto, la forma en que se relacionan se representa en la Figura No 2.5. 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.



Figura No 2.5: Relaciones entre las categorías de Impacto y de daño en el método Eco-Speed. **Fuente:** (Rodríguez, 2010)

Categoría de daño: Exterminación de la población (Human Extermination)

Esta categoría de daño representa la cantidad de casos de problemas de salud, que probablemente se presenten en el horizonte de tiempo definido. Está determinado por la suma de los impactos potenciales que se generan por la emisión de sustancias carcinogénicas y no carcinogénicas al aire, agua o suelo.

Categoría de daño: Consumo de los recursos (Resources Consumption).

Para el desarrollo de esta categoría se utilizaron las informaciones provistas por varios organismos internacionales, dedicados a la manipulación de datos estadísticos relacionados, entre ellos los más importantes consultados son: (United Nations 2010), (DOE/EIA 2009), (Oficina Nacional de Estadísticas, Cuba 2009) y (EUROSTAT, European comision 2008).

Categoría de daño: Contaminación de La Tierra (Earth Contamination).

Esta categoría de daño se compone de la contaminación emitida a la tierra por los mecanismos ambientales de calentamiento global, capa de ozono y emisiones al

suelo, agua y aire. Su evaluación está dada en los casos de la toxicidad, en funciones de afectación potencial y en los casos de capa de ozono y calentamiento global, están dados en unidades de las sustancias de referencia, CFC-11 y CO₂ equivalentes.

En el Anexo No 8 se muestran las ecuaciones de cada categoría de daño y de impacto e este método.

2.3.4 – Etapa 4: Análisis de mejoras

El ACV se finaliza con el análisis de todos los datos finales con respecto a sus significados, incertidumbres y sensibilidad sobre los resultados parciales.

En esta última fase los resultados anteriores deben ser reunidos, estructurados y analizados. Aquí debe confeccionarse una estructura de análisis de los resultados, con un análisis de sensibilidad e incertidumbres, para que el conjunto de informaciones posibilite generar un informe con las conclusiones y recomendaciones, que pueda dar respuestas a las cuestiones que anticipadamente fueron definidas en los objetivos y alcance del estudio.

La interpretación es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados del análisis del inventario con la evaluación del impacto, o en el caso de estudios de análisis del inventario del ciclo de vida, los resultados del análisis del inventario solamente, de acuerdo con el objetivo y alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.

Los resultados de esta interpretación pueden adquirir la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance del estudio.

La fase de interpretación puede abarcar el proceso iterativo de examen y revisión del alcance del ACV, así como la naturaleza y calidad de los datos obtenidos de acuerdo con el objetivo definido.

Aunque las acciones y decisiones subsecuentes pueden incorporar implicaciones ambientales identificadas en los resultados de la interpretación, se mantienen fuera del alcance del estudio de ACV, en tanto que otros factores, como la realización técnica y los aspectos económicos y sociales también se consideran.

l) Reporte y análisis de mejoras.

En el reporte de la investigación deben definirse:

- 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.

Conclusiones Parciales del Capítulo II

1. Se hace una caracterización general de las Empresas Azucareras de la provincia definiéndose la visión y misión, y se muestra la matriz DAFO del Grupo Empresarial GEA.
2. Se determina, a partir de un análisis de datos históricos para el cultivo de la caña desde el año 2005, que existe un aumento en el consumo de combustible diesel y una disminución del rendimiento del área cultivada; y se identifican otras fuentes de contaminación ambiental en el ciclo de vida del azúcar.
3. Se describe el procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida, desarrollado en la serie de normas NC-ISO 14 040, a través de una serie de pasos que permiten adecuar el estudio en función de los objetivos de la investigación; y se caracterizan tres métodos de punto final que son utilizados.



CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3: “RESULTADOS DE LA APLICACIÓN”

En este capítulo se lleva a cabo la aplicación del procedimiento descrito en el capítulo anterior tomado de la NC ISO 14 040 para evaluar el impacto ambiental de la producción de azúcar en la provincia Cienfuegos. Además se comparan los resultados ofrecidos por los distintos métodos de evaluación ambiental, y se realizan propuestas de mejora que minimicen dichos impactos.

3.1 – Etapa 1: Definición de objetivos y alcance

3.1.1 – Objetivo del estudio

El presente estudio de análisis de ciclo de vida pretende realizar mejoras ambientales en el ciclo de vida del azúcar producida en las Empresas Azucareras: Antonio Sánchez, 14 de Julio y 5 de Septiembre, para esto se plantean los siguientes objetivos.

Los objetivos del estudio son:

1. Realizar un inventario del ciclo de vida del azúcar en las empresas azucareras de la provincia de Cienfuegos, con las entradas y salidas de cada fase.
2. Evaluar y cuantificar los impactos medioambientales de la elaboración de azúcar a lo largo de todo su ciclo de vida.
3. Valorar variantes de mejora para reducir los impactos ambientales asociados a cada fase del proceso estudiado.

3.1.2 – Alcance del estudio

El alcance del estudio abarca los siguientes aspectos:

- Funciones del sistema estudiado

El destino final del producto será para consumo nacional y exportación. Los principales clientes nacionales son las provincias centrales y el mercado internacional lo conforman China y Europa.

- Unidad funcional

La unidad funcional del sistema analizado se define como la fabricación de 1 tonelada de azúcar.

Para cada proceso unitario se define una unidad funcional específica:

- Fase agrícola, cultivo de la caña de azúcar: t de caña de azúcar.
- Fase Industrial, producción de azúcar: t de azúcar.

- Definición de los límites del sistema

Los límites del sistema están definidos según los objetivos planteados.

Límites geográficos

El Análisis de Ciclo de Vida consumado se limita a la elaboración de azúcar en las empresas Antonio Sánchez, 14 de Julio y 5 de Septiembre, ubicadas en los municipios Aguada de Pasajeros, Abreus y Rodas pertenecientes a la provincia de Cienfuegos.

Límites temporales

El horizonte temporal considerado es el año 2009.

Etapas excluidas del análisis

Para este estudio quedan excluidas: las cargas ambientales relativas a la fabricación y mantenimiento de las maquinarias e infraestructuras necesarias para el cultivo de la caña de azúcar, los vehículos de transporte, la producción de fertilizantes y herbicidas, y las implicaciones de circulación, distribución y consumo del producto final.

El suelo como parte del sistema productivo

Se ha incluido el suelo productivo hasta la profundidad del nivel freático al considerarlo parte del sistema productivo y parte del medio ambiente.

- Calidad de los datos

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

ambiente. Estos procesos son los incluidos en el cultivo de la caña y en la elaboración de azúcar. Para ello se han solicitado datos a las siguientes entidades:

- EA “Antonio Sánchez”, Aguada de Pasajeros.
- EA “14 de Julio”, Abreus.
- EA “5 de Septiembre”, Rodas.
- Grupo Extensión y Servicio Agrícola (GESA), Cienfuegos
- Dirección Provincial de Cienfuegos del Ministerio de la Industria del Azúcar (MINAZ)

El presente estudio de ACV se ha realizado utilizando una herramienta informática comercial denominada SimaPro 7.1.

SimaPro es una herramienta desarrollada por Pré Consultants para el Análisis de Ciclo de Vida que analiza y compara los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática siguiendo las recomendaciones de las normas ISO serie 14 040.

Se utilizan bases de datos publicadas y disponibles en la herramienta informática SimaPro 7.1 para los procesos más comunes como combustibles y productos químicos. Las bases de datos usadas son:

- Ecoinvent unit process
- ETH-ESU 96
- IDEMAT 2001

3.2 – Etapa 2: Análisis del inventario

3.2.1 – Recolectar los datos

En el proceso de recolección de los datos necesarios para la investigación se procede primeramente a describir cada uno de los procesos involucrados en el ciclo de vida del azúcar.

3.2.1.1- Descripción del proceso de cultivo de la caña

El cultivo de la caña de azúcar es la etapa inicial de suma importancia, en esta intervienen parámetros que se deben cumplir según se recomienda por el Instituto de Investigación del Cultivo de la Caña (INICA) y los respectivos Servicios de Recomendaciones para lograr un alto rendimiento de la caña. A continuación se describe cualitativa y cuantitativamente el proceso.

1. Preparación de suelos

Tiene por objetivo fundamental formar el lecho adecuado para la siembra, eliminar las malezas y crear condiciones para el posterior desarrollo de la plantación. Sus características se determinan en función del relieve, el clima, los suelos y propiedades físicas, químicas y principales factores limitantes.

Las principales operaciones son:

- descepe o descorone, rotura, cruce, recuce y subsolado;
- mullido y eliminación de brotes de malezas; y
- surcado.

Actualmente la gran mayoría de las áreas a plantar se preparan con técnicas de laboreo mínimo, el cual debe incluir la aplicación de glifosato según recomienda el Servicio de Recomendaciones del Control Integral de Malezas (SERCIM). Este año la cantidad aplicada de glifosato en la provincia es la siguiente: 25389,6 l en Antonio Sánchez, 24608,7 l en 14 de Julio y 30176,5 l en 5 de Septiembre.

Tabla No 3.1: Consumo de combustible. Preparación del suelo. **Fuente:** Elaboración propia.

	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Índice de consumo (l/t caña)	73,71	64,01	64,80		
Combustible (l) (diesel)	125800,9	104393,9	153381,6	127858,8	24558,60

2. Plantación

En las condiciones climatológicas de Cuba nace el 40% de las yemas que se plantan, por tanto el método más utilizado es triple trozo punta con punta, es decir a surco corrido y a 1.60 m entre ellos alcanzando entre 10 – 11 t/ha de semilla.

Las actividades que se realizan son:

- corte, despajo, selección, transportación y pique de la semilla
- fertilizar el fondo del surco con fósforo y potasio

- plantar la semilla en el surco (la semilla debe tener de 45 – 60 cm de largo)
- tape y retape de las estacas plantadas

Existen muchas variedades de semillas, creadas para buscar un mayor rendimiento de la caña de azúcar de acuerdo a las condiciones del terreno donde se van a plantar. Específicamente en la provincia, las principales variedades que se plantan son C86-12 con un 38.9% y C323- 68 con un 23.1%, siendo estas las recomendadas por el Servicio de Recomendaciones de Variedades y Semillas (SERVAS), ocupando un total de 8463,21ha en Antonio Sánchez, 8202,91ha en 14 de Julio y 10058,83ha en 5 de Septiembre. Actualmente, el 92% de las variedades en producción son cubanas y sólo el 8% de ellas proceden del extranjero.

La plantación se realiza de forma manual y se divide en dos etapas:

Primavera: del 1ro de Enero hasta el 30 de Junio.

Frío: del 1ro de Julio hasta el 31 de Diciembre.

Existen varios tipos de suelos para la plantación de caña. (Ver Tabla No 3.2), debido a que predominan los suelos rojos se recomienda plantar más del 70% en la etapa de frío.

Tabla No 3.2: Tipos de suelos. **Fuente:** Elaboración propia

Tipos de suelos	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Área (ha)					
Ferralitizado Cálcico	7537,8	1099,1	403,7	3013,53	3211,71
Ferralitizado Cuarcítico	107,1	2085,9	1982,8	1391,93	909,48
Fersialitizado Cálcico	1,76	2719,5	2268,7	1663,32	1189,22
Sialitizado Cálcico	677	1920,9	3213,1	1937	1035,42
Sialitizado no Cálcico	3,48	73,21	1679,5	585,39	774,17
Vertisuelo	86,9	304,4	239,8	210,36	91,20
Gleyzado Sialitizado	49,17	1099,1	47,83	398,7	495,25

Aluviales	7537,8	2085,9	223,4	3282,36	3103,62
------------------	--------	--------	-------	---------	---------

En el proceso de plantación se consumen 193110,97 l de diesel por el uso de equipos de siembra. En la Tabla No 3.3 se muestra el consumo de combustible por empresas.

Tabla No 3.3: Consumo de combustible en las labores de plantación. **Fuente:** Elaboración propia

	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Índice de consumo (l/t caña)	32.44	31.21	36.69		
Combustible (l) (diesel)	55365.35	50900.39	86845.23	64370,32	15996,35

3. Control de malezas

Esta operación se realiza con el fin de eliminar todas las malezas o malas hierbas que dañan la planta y le impiden su desarrollo y crecimiento.

Para dicha labor se aplican distintos herbicidas de acuerdo al tipo de maleza y al estado de la planta. Antes de ser utilizados estos herbicidas son probados por el Instituto de Sanidad Vegetal y el Instituto de Investigación de la Caña (INICA) para determinar la cantidad necesaria que debe ser utilizada para eliminar las malezas sin dañar el medio ambiente. En la provincia se aplican los herbicidas que aparecen en la Tabla No. 3.4 y 3.5.

En la aplicación de estos herbicidas se usan aspejadoras (mañez-lozano) y mochilas.

Tabla No 3.4: Herbicidas Sólidos. **Fuente:** Elaboración propia

Herbicidas sólidos (kg)	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Diurón (pre-emergente)	50779,3	49217,5	60353	53449,93	4922,67
Ametrina (post-emergente)	12694,8	12304,4	15088,2	13362,47	1230,64
Amigan (pre y post-emergente)	50779,3	49217,5	60353	53449,93	4922,67
Merlin (post-emergente)	3385,3	3281,2	4023,5	3563,33	328,15

Envoke (post-emergente)	338,5	328,1	402,4	356,33	32,85
--------------------------------	--------------	--------------	--------------	---------------	--------------

Tabla No 3.5: Herbicidas Líquidos. **Fuente:** Elaboración propia

Herbicidas Líquidos(l)	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Finale (post-emergente)	12694,8	12304,4	15088,2	13362,47	1230,64
Azulam (pre-emergente)	42316,05	41014,15	50294,15	44541,45	4102,35
Hexazinoma (pre y post-emergente)	12694,8	12304,4	15088,2	13362,47	1230,64
MSMA (post-emergente)	25389,6	24608,7	30176,5	26724,93	2461,36
Esterol (post-emergente)	16926,4	16405,8	20117,7	17816,63	1640,92
Sal de Amina (post-emergente)	16926,4	16405,8	20117,7	17816,63	1640,92
Glifosato (post-emergente)	25389,6	24608,7	30176,5	26724,93	2461,36

4. Aplicación de fertilizantes

La caña de azúcar, como toda especie vegetal, requiere un conjunto de nutrientes para su desarrollo y crecimiento, cuyas necesidades varían cuantitativamente, ya que algunos elementos que se consumen en cantidades muy pequeñas son también indispensables para el desarrollo de las plantaciones.

En la fertilización se pueden utilizar fertilizantes de origen mineral y de origen orgánico.

Los fertilizantes minerales utilizados en el cultivo de la caña se muestran en la Tabla No. 3.6.

Tabla No. 3.6 – Fertilizantes Minerales. Fuente: Elaboración Propia

Fertilizantes Minerales (Kg)	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Urea	315800	432900	921800	556833,33	262460,92
Nitrato de Amonio	427200	585700	1247200	753366,67	355137,61
Amoniaco (NH3)	330800	103400	104300	179500,00	106985,89
Superfosfato Triple (SPT)	271200	166600	383500	273766,67	88567,65

Cloruro de Potasio (KCL)	568090	349800	510500	476130,00	92371,00
---------------------------------	---------------	---------------	---------------	------------------	-----------------

Tabla No. 3.7 – Fertilizantes Orgánicos. Fuente: Elaboración Propia

Fertilizantes Orgánicos	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Vinazas diluidas (m3)	1.33			1.33	
Compost (t)	1964,9	2900,8	3920	2928,57	798,41

De estos fertilizantes se conoce que:

Nitrógeno: fundamental para el crecimiento y desarrollo vegetativo, vinculado a la formación de la biomasa – tallos y hojas principalmente. Si se deja de utilizar se disminuye el rendimiento de un 15 – 18%.

Fósforo: necesario para el desarrollo radical y todo el proceso bioenergético. Si se deja de aplicar se disminuye el rendimiento de un 9 – 11%.

Potasio: fundamental como regulador hídrico y enzimático vinculado a la acumulación de sacarosa en los tallos. Si se deja de emplear se disminuye el rendimiento de un 8 – 10%.

La fertilización orgánica se realiza aplicando el compost o cachaza en el fondo de los surcos durante la plantación. Se recomienda la aplicación de 5 – 10t de compost o de 25 – 40t de cachaza por hectárea. La aplicación de 10t/ha debe suplir la fertilización química durante un ciclo productivo. Si la aplicación de compost se complementa con los fertilizantes químicos se obtendrá un incremento del rendimiento cercano al 15%.

La fertilización con vinazas se aplica mediante el fertirriego diluyéndola como mínimo en proporción de 1/5 con norma aproximadamente de 40m³/ha, para esto se emplean camiones cisternas.

En la aplicación de fertilizantes se utilizan los equipos: tractor Yunz o MTZ-80 con fertilizadora F-350 o fertilizadora brasileña de última.

El consumo de combustible utilizado en la aplicación de herbicidas y fertilizantes se muestra en la Tabla No 3.8.

Tabla No 3.8: Consumo de combustible en labores culturales. **Fuente:** Elaboración propia

	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Índice de consumo (l/t caña)	48.14	48.14	48.14		
Combustible (l) (diesel)	284676	210386	269608	254890,07	32064,55

5. Corte y cosecha

El sistema de cosecha empleado presenta dos vías principales de suministro de caña a la fábrica:

- el corte por maquina combinada y su envió directo a la fabrica; y
- el corte manual o de combinada, su envió a los centros de limpieza en seco y de estos a la fábrica.

En ambos casos no se realiza una separación total de estos residuos, denominándose como materias extrañas aquellos que llegan al central. En el desarrollo de ambos casos se utilizan como equipos: KTP-2M o Case y Jonhdeere, y el consumo de diesel se muestra en la Tabla No 3.9.

Tabla No 3.9: Consumo de combustible. Cosecha. **Fuente:** Elaboración propia

	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
Índice de consumo (l/t. caña)	3.89	3.89	3.89		
Combustible (l) (diesel)	770426,17	559891,59	783543,25	704620,34	102478,69

La paja extraída queda sobre el suelo en forma de una cubierta protectora que realiza una importante función de conservación de la humedad, evita la erosión y contribuye a la lucha contra malas hierbas.

Una segunda limpieza de la caña se lleva a cabo en los llamados centros de acopio, donde además se realiza un trasbordo a los carros de ferrocarril que transportan la caña al central azucarero.

En el Anexo No. 9 se ofrece la tabla de entradas y salidas del proceso descrito anteriormente, mostrándose el valor calculado necesario para la obtención de 1t de Caña de Azúcar.

3.2.1.2-Descripción del proceso de producción de azúcar.

El azúcar es uno de los productos finales obtenidos en el período de zafra que ocurre una vez al año, para esta descripción se toman los datos correspondientes a la zafra del año 2009.

1. Recepción de la Caña

La caña que llega del campo se muestrea para determinar las características de calidad y el contenido de sacarosa, fibra y nivel de impurezas. Luego se pesa en básculas y se conduce a los patios donde se almacena temporalmente o se dispone directamente en las mesas de lavado de caña para dirigirla a una banda conductora que alimenta las picadoras.

2. Picado de Caña

Las picadoras son unos ejes colocados sobre los conductores accionados por turbinas, provistos de cuchillas giradoras que cortan los tallos y los convierten en astillas, dándoles un tamaño más uniforme para facilitar así la extracción del jugo en los molinos.

3. Molienda

La caña preparada por las picadoras llega a los molinos, constituido cada uno de ellos por dos o tres mazas metálicas y mediante presión extrae el jugo de la caña.

Cada molino está equipado con una turbina de alta presión. En el recorrido de la caña por el molino se agrega agua de imbibición, generalmente caliente, para extraer al máximo la cantidad de sacarosa que contiene el material fibroso. Éste proceso de extracción es llamado maceración.

En la zafra del año 2009 las Empresas Azucareras de la provincia molieron un total de 720945t de caña de azúcar (Ver Tabla No 3.10). De este proceso se obtiene el bagazo que representa un 37.68% de la caña molida. El bagazo que sale de la última unidad de molienda se conduce a una bagacera para que seque y luego se va a las calderas

como combustible, produciendo el vapor de alta presión que se emplea en las turbinas de los molinos.

Tabla No 3.10: Toneladas de caña molida y bagazo producido. **Fuente:** Elaboración propia.

	Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre	Media	Desv.
t de caña molida.	204523	244493	271929	9.63	0.87
t de bagazo.	77057	91078	97532	3.56	0.38

4. Clarificación/Purificación

La clarificación del jugo se da por sedimentación; y el jugo claro queda en la parte superior del tanque. Éste jugo sobrante se envía a los evaporadores y la cachaza sedimentada que todavía contiene sacarosa pasa a un proceso de filtración antes de ser desechada al campo para el mejoramiento de los suelos pobres en materia orgánica.

Para el desarrollo de este proceso se adiciona lechada de cal (CaO) $0.7\text{kg}/\text{t}_{\text{caña}}$ que eleva el pH con el objetivo de minimizar las posibles pérdidas de sacarosa y ayuda a precipitar impurezas orgánicas o inorgánicas que vienen en el jugo.

Como resultado de este proceso se obtiene la cachaza un 2.75% del total de caña molida y el jugo purificado.

5. Evaporación.

Se comienza a evaporar el agua del jugo. Se recibe en los evaporadores con un porcentaje de sólidos solubles entre 10 y 12% y se obtiene una meladura o jarabe con una concentración aproximada de sólidos solubles del 55 al 60%. En el proceso de evaporación se obtiene el jarabe o meladura.

Se da en evaporadores de múltiples efectos al vacío, que consisten en una solución de celdas de ebullición dispuestas en serie. La meladura es purificada en un clarificador. La operación es similar a la anterior para clarificar el jugo filtrado.

6. Cristalización

La cristalización se realiza en los tachos, recipientes al vacío de un solo efecto con la adición de Cristal 600.

El material resultante que contiene líquido (miel) y cristales (azúcar) se denomina masa cocida.

El trabajo de cristalización se lleva a cabo empleando el sistema de tres cocimientos o templeas para lograr la mayor concentración de sacarosa.

7. Centrifugación

La masa pasa por las centrifugas, máquinas giratorias en las cuales los cristales se separan del licor madre por medio de una masa centrífuga aplicada a tambores rotatorios que contienen mallas interiores.

La miel que sale de las centrifugas se bombea a tanques de almacenamiento para luego someterla a superiores evaporaciones y cristalizaciones en los tachos.

Al cabo de dos cristalizaciones sucesivas se obtiene una miel final (melaza) que se retira del proceso y se comercializa como materia prima para la elaboración de alcoholes.

Para la determinación de todas las entradas y salidas a cada operación del proceso es necesario realizar un balance de masa.

En el Anexo No.10 se brinda la tabla de entradas y salidas del proceso explicado anteriormente, mostrándose el valor calculado necesario para la obtención de 1t azúcar en la zafra 2009.

3.2.2 – Construcción de los diagramas de procesos.

Con la información expuesta anteriormente se está en condiciones de elaborar el inventario del proceso de elaboración de azúcar (ver Anexo No. 11), en el mismo se recogen todas las materias primas, el uso de energía, combustible y las salidas o emisiones de cada uno de los procesos que intervienen en el ciclo de vida estudiado.

La descripción de las operaciones que se llevan a cabo en cada proceso: cultivo de la caña y producción de azúcar, sirven de base para diagramar dichos procesos, los cuales muestran de forma gráfica toda la información abordada hasta ahora. En el

Anexo No. 12 se representa el ciclo de vida del azúcar, indicándose cada una de las fases del mismo; en el Anexo No. 13 está representado el proceso del cultivo de la caña de azúcar; y en el Anexo No. 14 es posible observar de forma esquemática y detallada la elaboración de Azúcar según se realiza en las empresas Azucareras. Cada uno de estos procesos están enfocados a la obtención de 1t de producto final: caña de azúcar, azúcar; además están definidos los límites del sistema según quedaron definidos en la etapa de definición del alcance del estudio.

3.2.3 – Procesar los datos

Con toda la información necesaria para el estudio y el cumplimiento de los objetivos planteados se procede a incluir los datos en el software SimaPro 7.1, con el cual se procesan los datos para evaluar el impacto ambiental de la producción de azúcar para luego valorar variantes de mejora ambiental.

3.3 – Etapa 3: Evaluación del impacto

Un análisis comparativo, de la evaluación del impacto causado por el ciclo de vida del azúcar, con el uso de los métodos de punto final: Impact 2002+, Ecoindicador y Eco-Speed permite determinar que las categorías más afectadas son la utilización de la tierra, seguido por el uso de energía no renovable, el calentamiento global y la respiración de inorgánicos.

El método Eco-Speed presenta diferencias significativas con respecto a los restantes, pues analiza otras categorías de impacto que son afectadas: uso del agua, sustancias no carcinogénicas (aire y agua), y carcinogénico (aire).

En las Figuras No. 3.1, 3.2 y 3.3 se pueden observar los resultados obtenidos de la comparación entre los métodos enunciados anteriormente.

La variación de los resultados obtenidos con los distintos métodos, en cuanto a la categoría uso de la tierra, se debe a las características de los países de donde son originarios los primeros métodos, estos no cuentan con una gran superficie de cultivo para arar la tierra, ya que tienen marcadas estaciones del año, donde los inviernos provocan nevadas. Además los factores de normalización para el uso de la tierra resultan inadecuados para nuestro país y se le otorgan ponderaciones más altas al uso de la tierra.

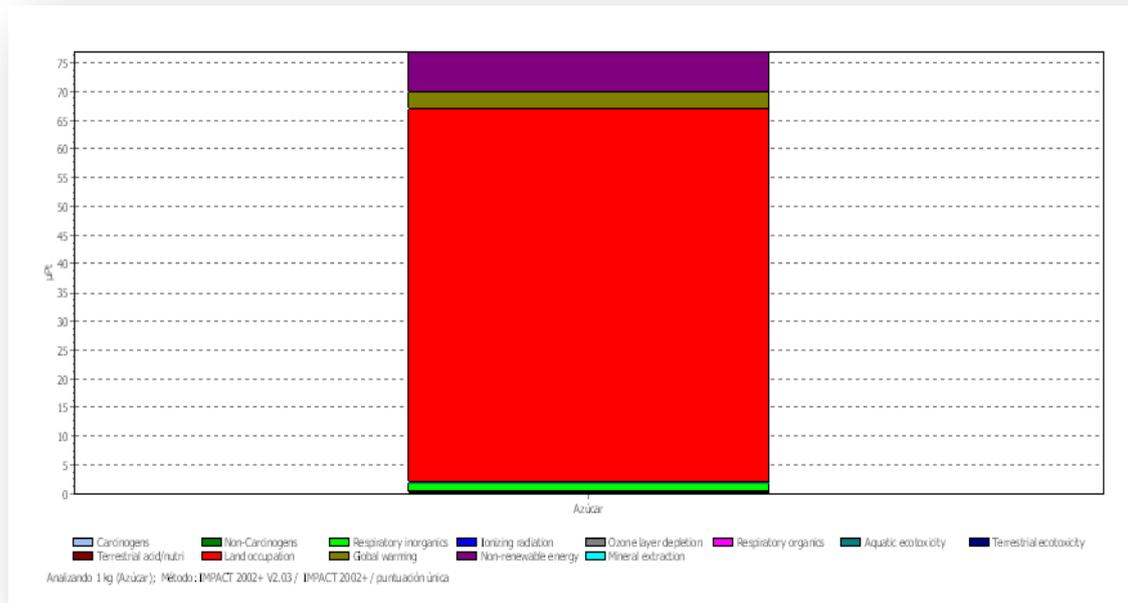


Figura No 3.1: Análisis de impacto de la producción de azúcar. Método Impact 2002+. **Fuente:** Elaboración propia.

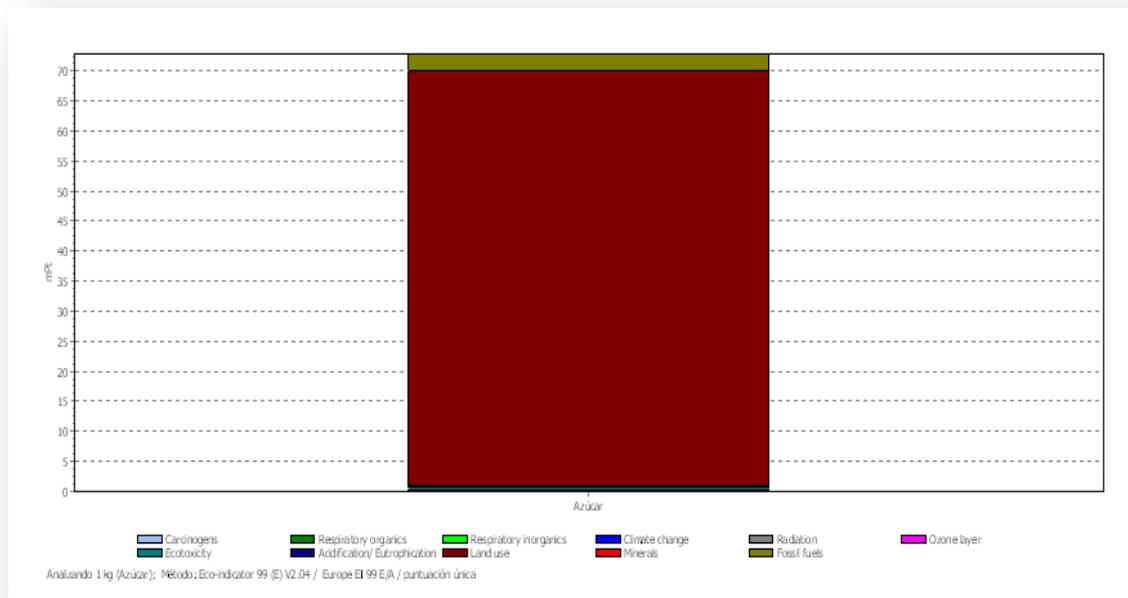


Figura No 3.2: Análisis de impacto de la producción de azúcar. Método Eco-indicador 99. **Fuente:** Elaboración propia.

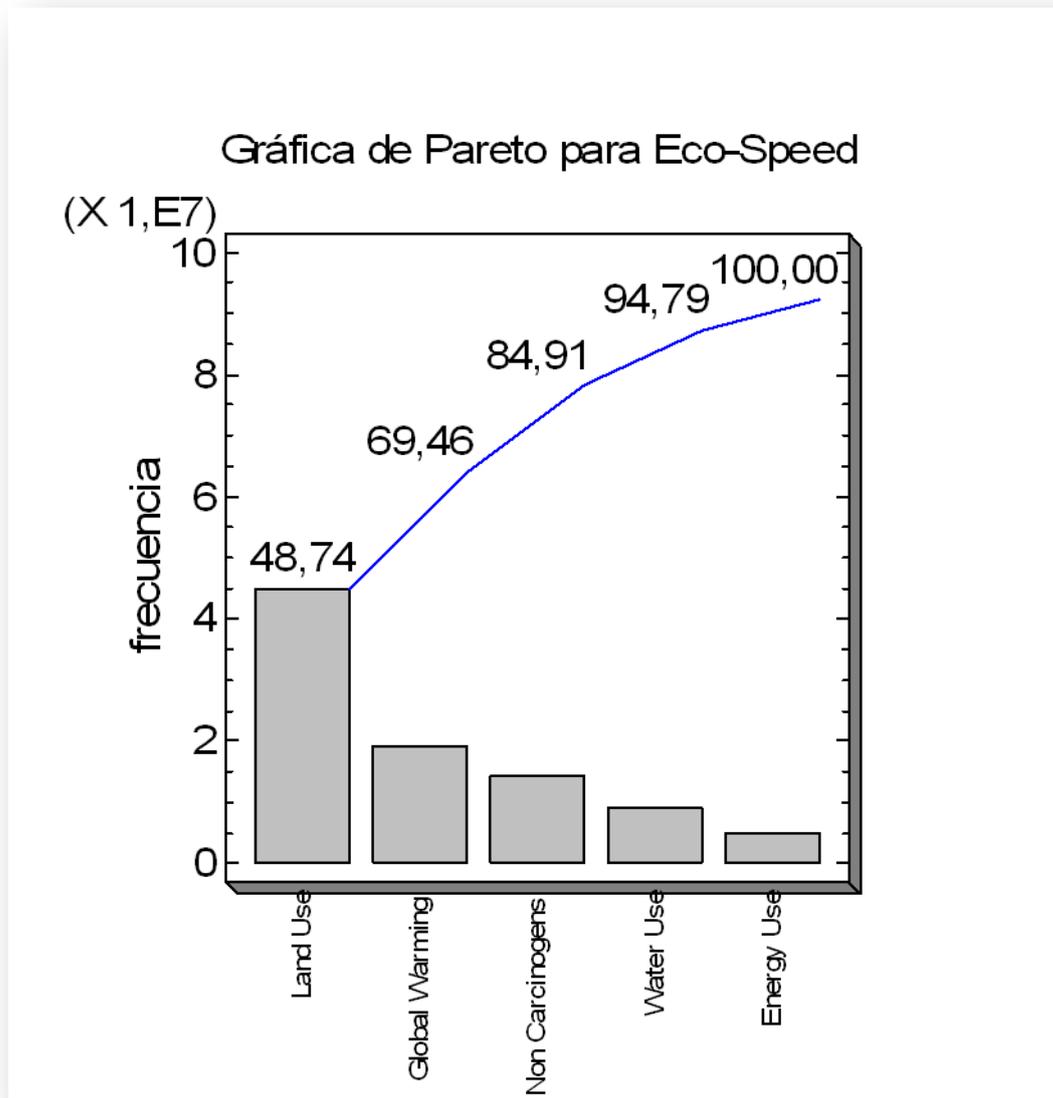


Figura No 3.4 Diagrama de Pareto con la ponderación obtenida de cada categoría de impacto. **Fuente:** Elaboración Propia.

El siguiente paso es analizar los procesos que componen el sistema para determinar en cuál de ellos se deberá actuar primero, es decir determinar las oportunidades de mejora en el proceso de mayor impacto ambiental.

Como se puede apreciar en el Anexo No15 la fase del producto que más impacta es el cultivo de la caña, debido a su consumo de combustibles y el uso de la tierra. De esta forma se plantea el problema de cómo lograr utilizar la tierra más eficientemente.

3.4 Etapa 4: Análisis de mejoras

Según los resultados obtenidos las mejoras deben estar encaminadas al incremento de la productividad de los suelos y la disminución del uso de combustibles fósiles, causantes principales del elevado impacto en la categoría de calentamiento global.

Variante de mejora.

Esta variante de solución consiste en implementar el Sistema de riego por goteo en busca de lograr la máxima eficiencia en el aprovechamiento del agua y los suelos que se emplean actualmente en el cultivo de la caña. Esta tecnología de avanzada posee la capacidad de adaptación a todo tipo de superficies y desniveles en su relieve natural sin inversión en la nivelación y transporte de tierras. Incrementando notablemente la producción y la calidad de los productos.

El impacto directo de esta medida, se puede ver manifestado en la disminución de los fitosanitarios y abonos. En riego por goteo, la utilización de abonos tradicionales en superficie es casi ineficaz, así los sistemas de goteo mezclan el abono líquido o pesticidas en el agua de riego facilitando el control del aporte de nutriente sin pérdidas por lixiviación con posibilidad de modificarlos en cualquier momento del cultivo (fertirriego).

La implantación de esta medida permite una reducción en un 50% del consumo de herbicidas líquidos que son 80174,8 l y de sólidos 37924,6 kg con un ahorro por el importe de \$ 1143465.312; por concepto de fertilizantes se ahorra un 30% que equivale a 671879 kg implicando un ahorro \$ 186995.5; además implica una disminución del consumo anual de combustible, en lo referente al transporte para el riego de estos fertilizantes, en un 70% que equivale a 178423,047l con un costo de \$102843,0443. También se requieren un menor número de obreros para las labores de cultivo, en la actualidad un obrero atiende dos hectáreas y con la propuesta es suficiente uno para 24 hectáreas.

El impacto sobre el índice de consumo de agua que tiene esta medida implica la reducción de entre un 40 y 60% en comparación con otros sistemas de riego, permite la utilización de aguas de baja calidad (aguas residuales), en otras épocas consideradas inservibles para estos fines, ya que evita que se dispersen gotas con posibles patógenos en el aire.

En el Grafico No 3.5 se pueden apreciar la comparación entre el proceso actual y la propuesta de mejora, destacándose que el empleo del riego por goteo disminuye significativamente el impacto del uso de la tierra, el calentamiento global, respiración de inorgánicos, la energía y el agua.

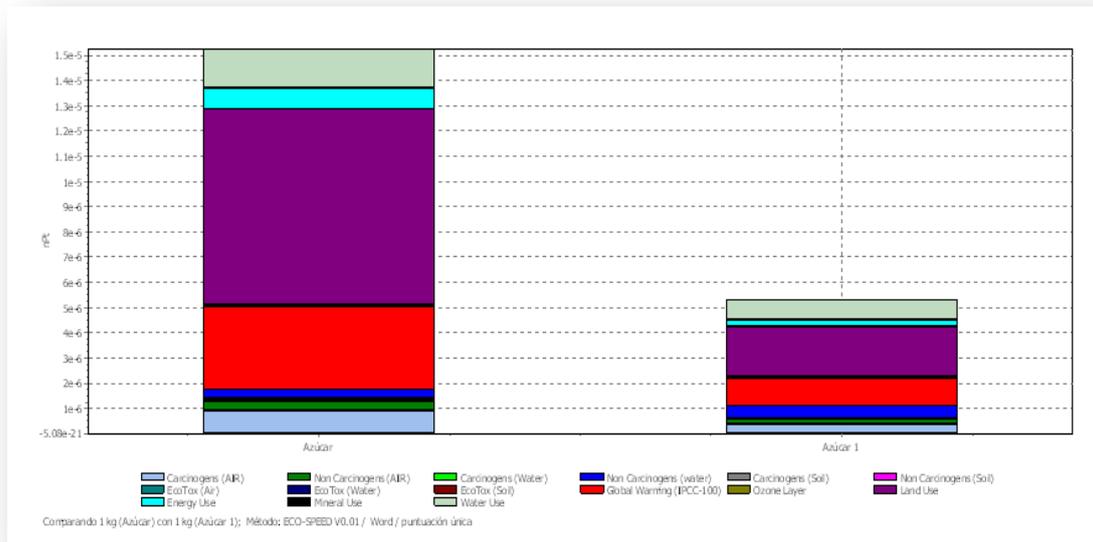


Grafico No 3.5: Análisis del efecto de la mejora propuesta, Azúcar: Proceso Actual, Azúcar 1: Proceso utilizando riego por goteo. **Fuente:** Elaboración Propia.

Para mejorar el análisis de los resultados, teniendo en cuenta que el estudio se está realizando para un conjunto de centrales azucareros, es por tanto importante realizar un análisis de incertidumbre para comparación de los sistemas, ya que se tienen datos probabilísticos de los mismos, para este fin se emplea el método de Montecarlo. El cual consiste en simular la ocurrencia de los procesos, teniendo en cuenta las funciones de probabilidad proporcionadas por el análisis que se realizó a los datos. Para la simulación se empleará la hipótesis de comparación de que el proceso actual será de mayor impacto que el proceso mejorado.

En la simulación realizada, se calcula 1 kg de azúcar con el proceso actual menos 1 kg de azúcar con el proceso mejorado, por lo que si los valores que se obtienen son cero o cercanos a este, no habrá evidencias de que el proceso actual sea más contaminante que el mejorado. En la aplicación se demuestra que por el contrario, el método actual resulta más contaminante que el mejorado, como puede verse en la

Tabla No 3.11 y las Figuras No 3.6 y 3.7, utilizando un intervalo de confianza del 95 %. Para este estudio se utilizó un factor de corte de 0.005 el que se logró después de 1784 corridas. En el Anexo No 16 se muestran los resultados de las distribuciones de probabilidad estimadas para la comparación A-B, siendo A, el proceso actual y B el mejorado, es oportuno destacar que los valores cercanos a cero, representan que no existen diferencias entre el proceso A y el B, los valores mayores que cero indican que el proceso A es más impactante que el B y los valores menores que cero indican que el proceso B es más impactante que A.

Tabla No 3.11: Comparación de procesos utilizando la simulación por Montecarlo para realizar el análisis de incertidumbre. **Fuente:** Elaboración Propia

Categoría de impacto	A >= B	Mediana	Promedio	DS	CV (Coeficiente de variación)	2.50%
Land Use	100%	0.00058	0.00058	0.00011	19%	0.000361
Global Warming (IPCC-100)	92%	0.00735	0.00705	0.00497	70.50%	-0.00336
Energy Use	78%	0.00426	0.00395	0.00544	138%	-0.00745
Water Use	66.30%	0.00774	0.0067	0.0184	274%	-0.0309
EcoTox (Air)	61.80%	2.48E-06	2.59E-06	1.00E-05	387%	-1.69E-05
EcoTox (Water)	57.30%	4.26E-06	2.83E-06	2.64E-05	934%	-5.17E-05
Carcinogens (Water)	55.40%	7.12E-12	4.64E-12	5.53E-11	1.19E+01	-1.11E-10
EcoTox (Soil)	54.80%	4.99E-08	2.47E-08	4.24E-07	1.72E+01	-8.43E-07
Mineral Use	53.60%	8.14E-08	4.68E-08	9.40E-07	2.01E+01	-1.92E-06
Carcinogens (AIR)	52.70%	7.29E-11	2.06E-11	9.97E-10	4.85E+01	-2.06E-09
Ozone Layer	51.60%	6.88E-10	-6.20E-11	1.55E-08	-2.49E+02	-3.18E-08
Non Carcinogens (AIR)	51%	1.92E-09	5.33E-09	8.05E-08	1.51E+01	-1.41E-07
Non Carcinogens (Soil)	49%	-9.69E-14	-2.73E-13	4.20E-12	-1.54E+01	-9.07E-12
Carcinogens (Soil)	49%	-1.63E-17	-4.20E-17	6.36E-16	-1.51E+01	-1.38E-15

Non Carcinogens (water)	39.60%	-1.81E-11	-3.12E-11	9.84E-11	-315%	-2.57E-10
--------------------------------	--------	-----------	-----------	----------	-------	-----------

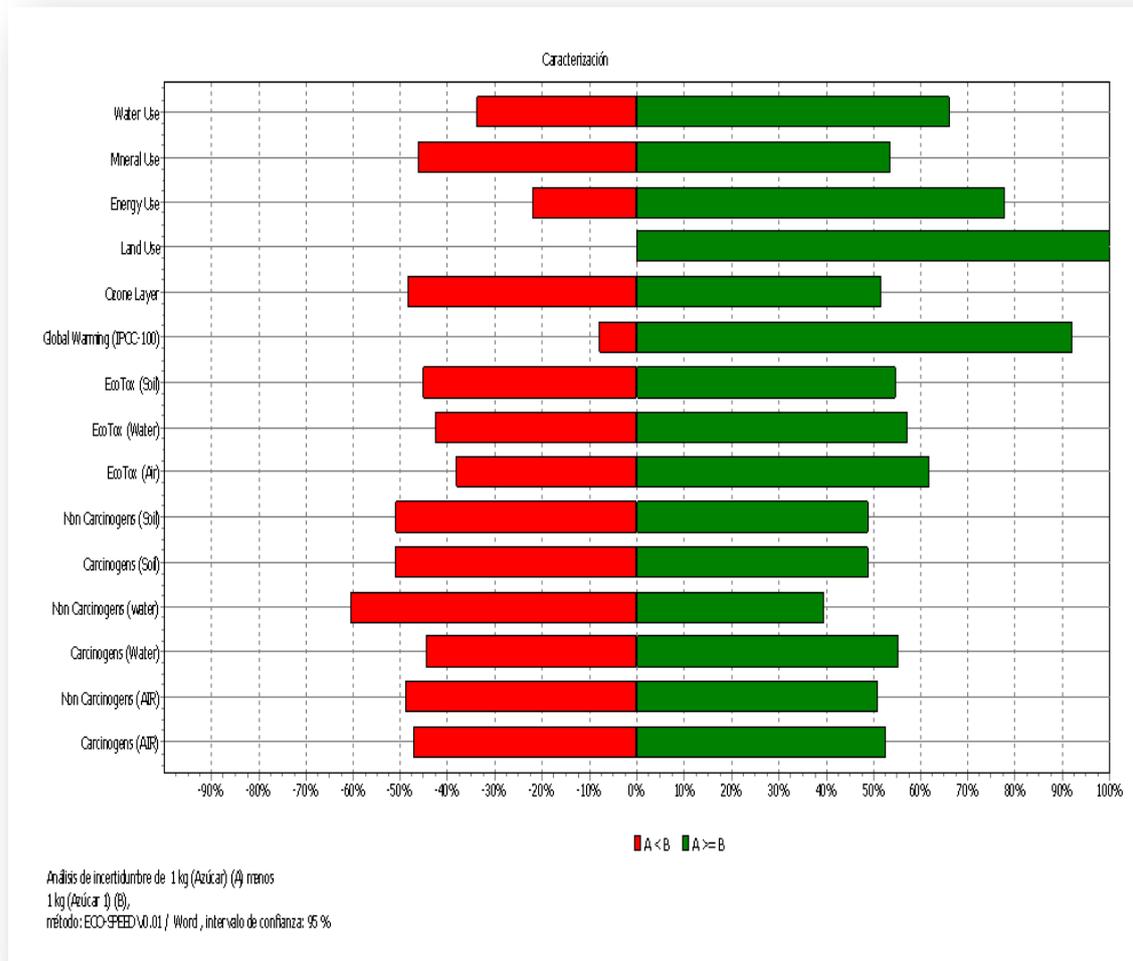


Figura No 3.6: Análisis de incertidumbre para las categorías de impacto en la comparación de los sistemas de producción de azúcar actual (A) y propuesto (B).
Fuente: Elaboración Propia

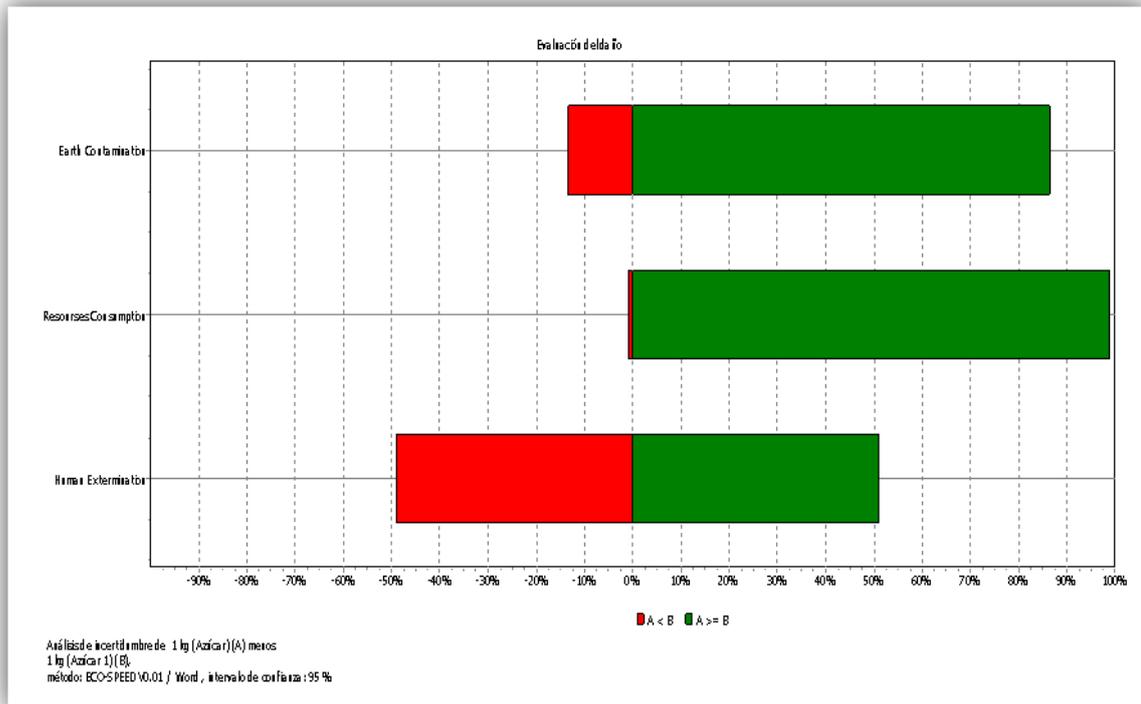


Figura 3.7: Análisis de incertidumbre para las categorías de daño en la comparación de los sistemas de producción de azúcar actual (A) y propuesto (B). **Fuente:** Elaboración Propia.

El impacto ambiental que tendrá el nuevo proceso se estima en menos de la mitad del que tiene el proceso actual, estos impactos son representados en el gráfico por el tamaño de las barras, siendo las barras rojas, la probabilidad de ocurrencia de que el proceso actual sea menos impactante que el mejorado y las barras verdes, la probabilidad de que el proceso actual sea más impactante que el mejorado, por lo que se considera factible desde el punto de vista ambiental. Para completar el análisis se proponen los análisis de costo beneficio y de factibilidad técnica, descritos en el epígrafe siguiente.

3.4.1- Impacto Económico.

Todo este análisis fue realizado sin dejar de valorar que la desventaja más considerable del Sistema de riego por goteo es el coste elevado de la instalación. Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electro-válvulas). Sin embargo, el aumento relativo de coste con

respecto a un sistema convencional no es prohibitivo. Como lo demuestran los resultados de la valoración económica con la aplicación de esta variante de solución.

La Inversión Neta para la implementación del Sistema de riego por goteo en un área de prueba de 120 hectáreas asciende a \$264000 y se obtiene una productividad del suelo de 120t de caña por hectárea que es cinco veces más que las 24t de caña por hectárea que es el rendimiento actual de las mismas tierras.

Además se debe conocer el comportamiento del dinero en el tiempo para determinar las verdaderas ganancias del proyecto, por lo que se necesitan aplicar técnicas que demuestren la factibilidad de la propuesta. Así entonces se determina el Valor Actual Neto (VAN) para los flujos de caja proyectados para todos los años de evaluación del proyecto, además la Tasa Interna de Retorno (TIR) y se calcula el Período de Recuperación de la Inversión (PRI).

$$VAN(\text{Valor Actual Neto}) = 2\,632\,360,00\text{USD}$$

$$PRI(\text{Período de Recuperación de la Inversión}) = 0.8 \text{ años}$$

$$PRI_{REAL} = 0.48 \text{ años}$$

$$TIR(\text{Tasa Interna de Retorno}) = 169\%$$

$$IR = 10.97\text{USD}$$

En la Figura No 3.8 se puede observar gráficamente en qué tiempo se recupera la inversión y a cuánto asciende el valor actual neto al cabo de 13 años.

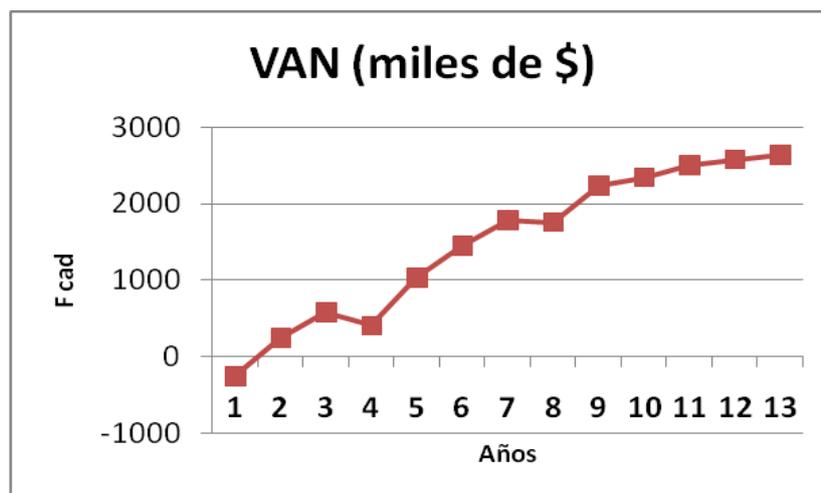


Figura No 3.8: Gráfico representativo del PRI y el VAN. **Fuente:** Elaboración Propia

Estos resultados calculados en la evaluación económica del proyecto de mejora, validan la factibilidad de la propuesta presentada por los autores de este estudio.

Otras medidas para posibles problemas ambientales

En el Anexo No. 17 se ofrecen medidas de mejora a posibles problemas ambientales que se pueden presentar según las propiedades y composición que presentan las distintas materias primas utilizadas en cada una de las fases del ciclo de vida del Azúcar. Estas deben ser estudiadas con mayor profundidad como se hizo con la variante propuesta en este estudio.

Conclusiones parciales del Capítulo III

1. Son definidos los objetivos para evaluar y cuantificar los impactos ambientales del ciclo de vida del azúcar; el alcance se determina según el uso final del producto; y se definen los límites geográficos temporales, las etapas que son excluidas por no contar con información suficiente, y la calidad de los datos.
2. Una descripción cualitativa y cuantitativamente de las fases del ciclo de vida del azúcar: cultivo de la caña y producción de azúcar, permite la representación de los diagramas con los límites del sistema; y conformar el inventario para la producción de 1t de azúcar.
3. Se comparan tres métodos de evaluación de impacto de punto final concluyendo que el método Eco-Speed es el más adecuado porque está confeccionado para el contexto cubano, incluye la categoría de impacto uso del agua y la categoría de daño contaminación de la tierra, y aplica técnicas de estimación.
4. Se evalúa el impacto provocado concluyendo que las categorías de impacto más afectadas son el uso del suelo, calentamiento global, y respiración de inorgánicos.
5. Como variante de mejora ambiental se propone la implantación de un sistema de riego por goteo, comprobándose que existe una disminución en un 50% del consumo de herbicidas líquidos y de sólidos, un 30% de fertilizantes y en un 70% del consumo de combustibles, lo que significa un ahorro de \$ 1433303,86.
6. Para la asimilación de los resultados obtenidos de la comparación del proceso antes y después de la mejora se aplicó una simulación por el método de Montecarlo, donde se confirma que la probabilidad de que se disminuyan las cargas ambientales producidas al ecosistema y a los recursos es muy alta.



CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES.

1. Se determina, a partir de un análisis de datos históricos para el cultivo de la caña desde el año 2005, que existe un aumento en el consumo de combustible diesel y una disminución del rendimiento del área cultivada; y se identifican otras fuentes de contaminación ambiental en el ciclo de vida del azúcar.
2. La comparación de tres métodos de evaluación de impacto demostró que el método Eco-Speed es el más apropiado debido a que está confeccionado para el contexto cubano, incluye la categoría de impacto uso del agua y la categoría de daño contaminación de la tierra, y aplica técnicas de estimación.
3. Se evalúa el impacto provocado detectándose que las categorías de impacto más afectadas son el uso del suelo, calentamiento global, y respiración de inorgánicos
4. Se propone la implantación de un sistema de riego por goteo, comprobándose que existe una disminución en un 50% del consumo de herbicidas líquidos y de sólidos, un 30% de fertilizantes y en un 70% del consumo de combustibles, lo que significa un ahorro de \$ 1433303,8.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Discutir el trabajo con la Dirección del MINAZ, el Ministerio de Planificación y Economía, y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente a fin de que se lleven a cabo la implementación del Riego por Goteo en las empresas azucareras.
2. Implantar una planta de miel urea bagacillo en cada Empresa Azucarera de la Provincia y así se eliminaría en un 40 % el bagacillo contaminante que circula y afecta a los obreros dentro del central.
3. Realizar una valoración ambiental y económica del resto de las soluciones de mejora propuestas en anexos que ayudarán a lograr un desarrollo sostenible de estas producciones.
4. Aplicar esta metodología en el resto de las empresas azucareras existentes en el país.



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Ángel, 2005. Los sistemas de gestión medioambiental en la empresa (SGMA). Available at: [http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20\(nuevo%202003-04\).pdf](http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20(nuevo%202003-04).pdf).
- Antón, M.A., 2004. Utilización del análisis de Ciclo de vida en la Evaluación de Impacto Ambiental de Cultivo Bajo Invernadero Mediterráneo. Universidad Politécnica de Cataluña.
- Aranda, 2006. Ecodiseño y análisis de ciclo de vida. Available at: http://portal.aragon.es/portal/page/portal/PYME/CADI/NOVEDADES/ECODISE_O+Y+AC_V.PDF.
- Argüello, T.D.R., 2009. Metodología para el análisis del Ciclo de Vida de los Materiales de la Construcción. Available at: www.coloquio-dis2009.com/coloquio-2008/mesa2/7.swf.
- Baumann, H., 2004. The Hitch Hiker's Guide to LCA. Lund, Sweden: Studentlitteratur AB.
- Baumann, H., 2000. Introduction and organization of LCA activities in industry. Description and analysis of two projects in Swedish companies. International Journal of Life Cycle Assessment.
- Cárdenas, G., 2007. Potencialidad del cultivo de caña de azúcar en argentina como fuente de bioetanol. Available at: <http://www.biodiesel.com.ar/download/AapresidBiocombustiblesCardenasXVCongreso150807.pdf>.
- Cardim, A., 2001. Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Available at: <http://www.icce.es/icce/articulo29.htm>.
- CARO, F., 2010. Balances Energéticos de Caña de Azúcar como Cultivo Energético en Tucumán, Argentina. Available at: <http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/rbagroecologia/article/viewFile/9352/6490>.
- Carranza, M.A., 2008. Eco- Eficiencia. Camino hacia el desarrollo sostenible. Available at: <http://www.uic.org.ar/Archivos/Revista/File/ECO%20UIC%20-%20Introduccion%20a%20la%20Ecoeficiencia%20-%20Marcelo%20Carranza%2013Mar08.pdf>.

- CIECO, 2009. Análisis integrado de las tecnologías, el ciclo de vida y la sustentabilidad de las opciones y escenarios para el aprovechamiento de la bioenergía en México. Available at: http://www.ine.gob.mx/cclimatico/descargas/e2009e_bioenergia.pdf.
- Conesa, V. & Fernández, V., 2005. Los sistemas de gestión medioambiental en la empresa (SGMA). Available at: [http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20\(nuevo%2003-04\).pdf](http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20(nuevo%2003-04).pdf).
- Cruz, F., 2002. Identificación y evaluación de los impactos ambientales en las actividades petroleras en México.
- Chacón, J.R., 2008. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Available at: www.escuelaing.edu.co/.../3_historia_ampliada_comentada_analisis_ciclo_vida.pdf.
- Chaves, M., 2005. La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante. Available at: <http://www.infoagro.go.cr/Agricola/tecnologia/ALCOHOLCARBURANTE.pdf>.
- Christiansen, 2000. European Environment Agency. Life Cycle Assessment (LCA). A Guide to Approaches, Experiences and Information Sources. Environmental Issues Series/No. 6. , pp. 13-15.
- Daniel, 2002. La prevención de la contaminación en la gestión ambiental de la industria argentina. Available at: <http://www.fund-ccenit.org.ar/eng/Descargas/dt24.pdf>.
- Deusto Formación, 2008. Gestión medioambiental. Available at: http://www.deustoformacion.com/inc/pdf_cursos/gestion_medioambiental.pdf.
- Díaz, M., 2009. "Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de alcohol: ejemplo de caso ALFICSA". Universidad de Cienfuegos Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- Díaz-Casas, 1996. *Manejo integrado de malezas en caña de azúcar*. Rev.Cuba & Caña. Cuba,
- Echavarria, M., 2002. "El Impacto Ambiental del Comercio Int'l del Azúcar". Available at: http://www2.medioambiente.gov.ar/ciplycs/documentos/archivos/Archivo_249.pdf.
- Espí, J.A., el análisis del ciclo de vida aplicado a los materiales de construcción: "el granito de la comunidad de Madrid". Available at: http://www.minas.upm.es/relext/Red-Cyted-XIII/web-rimin/rimin1/jornadas/01ibermac_pdf/09_Ambiental/Espi.pdf.

- Espinoza, G., 2001. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental.
- García, N., 2009. Cuba a la vanguardia en el uso de la metodología Análisis del Ciclo de Vida. Available at: <http://emba.cubaminrex.cu/Default.aspx?tabid=26290>.
- Gómez, M., 2010. Metodología para el análisis del ciclo de vida en la producción de zumo de mango ecológico. *Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba*.
- Guía, 2001. "Guía Metodológica Estudio de Ciclo de Vida". *Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. Proyecto minimización de Residuos provenientes de Embalajes.*, p. 25.
- Iglesias, D.H., 2005. "Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario". Available at: [Electronic Version], 63. Retrieved Enero, 2009 from <http://www.eumed.net/ce/2005/dhi-acv.pdf>.
- ISO 14001, 2004. Introducción a la Gestión Medioambiental. Available at: www.portaldelmedioambiente.com/empresa/documentos/INtroducción_gestión_medioambiental_A1.pdf.
- Laura, 2008. ACV en la aplicación de energías renovables en el ciclo urbano del agua. Available at: http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5502/1/Analisis%20de%20Ciclo%20de%20Vida_PFC.pdf.
- Lechón, Y., 2006. Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte. Available at: www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Analisis%20de%20Ciclo.%20biodiesel.pdf.
- LEÓN, R., 2001. Seminario sobre las perspectivas del sector industrial en los mercados verdes; una oportunidad para la industria nacional. Available at: www.cnpml.org/html/archivos/Ponencias/Ponencias-ID15.pdf.
- Lumpuy, O. & Romero, O., 2007. Propuesta de una Estrategia para la Gestión Ambiental en la Empresa Azucarera "Melanio Hernández" en la provincia de Sancti Spiritus.
- Márquez de Almeida, J.J., 2002. Gestión medioambiental y auditoría.
- Morín, R.B., 2005. Caña de azúcar y sostenibilidad: enfoques y experiencias cubanas. Available at: http://www.desal.org.mx/IMG/pdf/MORIN---Cana_de_azucar.pdf.
- NC-ISO 14 040, 1999. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura.

- NC-ISO 14 041, 2000. "Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance, y análisis del inventario".
- NC-ISO 14 042, 2001. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida.
- NC-ISO 14 043, 2001. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida.
- NC-ISO 14 049, 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".
- NC-ISO 9000, 2001. Sistemas de Gestión de la Calidad: Términos y Definiciones.
- Ojeda, D., 2007. Importancia de cuidar el Medio Ambiente. Available at: <http://elmedioambientemundial.nireblog.com/cat/importancia-de-cuidar-el-medio-ambiente>.
- Panichelli, L., 2007. Analisis de Ciclo de Vida (ACV) de la producción de Biodiesel (B 100) en Argentina. Available at: <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/energia/panichelli2006.pdf>.
- Peña, C., 2008. Hitos en la evolución de la industria en el mundo. Innova Minería. Available at: <http://www.innovamineria.cl> 07/02.
- Ribal, J., 2008. Medición de la ecoeficiencia. Available at: http://einstein.uab.es/_c_ecolindus/sostenipra/acv_jornada/11.pdf.
- Rieradevall, 2009. Análisis de ciclo de vida. Available at: http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=6&id=143.
- Rodríguez, M. & Espinoza, G., 2002. Gestión ambiental en América Latina y el Caribe Evolución, tendencias y principales prácticas. Available at: <http://www.iadb.org/sds/doc/Capitulo2.pdf>.
- Rodríguez, B., 2010. Descripción de Método Eco-Speed.
- Romero, B.I., 2005. El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Available at: www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf.
- Ruiz, A., 2008. Impacto Ambiental. Available at: http://es.wikipedia.org/wiki/Impacto_ambiental.
- Sánchez, 2007. Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: una aproximación cualitativa. Available at: OJ Sánchez, CA Cardona, DL Sánchez - REVISTA Universidad EAFIT, 2007 - redalyc.uaemex.mx.

- Sojo, A., 2006. El análisis de ciclo de vida: elemento clave para la adecuada gestión de residuos. Available at: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico2005/sojo.pdf>.
- Suárez, R., 2005. Caña de azúcar y sostenibilidad: enfoques y experiencias cubanas. Available at: http://www.desal.org.mx/IMG/pdf/MORIN---Cana_de_azucar.pdf.
- Suppen, N., 2009. Análisis de ciclo de vida en la industria del petróleo en América Latina: Retos y Oportunidades.
- Suppen, N., 2006. Environmental Management and Life Cycle Approaches in the Mexican Mining Industry. Journal of Cleaner Production.
- Suppen, N., 2005. LCA Association in Latin America. International Journal of Life Cycle Assessment.
- Tornero, F.J., 2007. Proceso de obtención del azúcar. Available at: http://www.esac.pt/noronha/pga/0708/trabalhos/PGA_07_08_azucar.pdf.
- Valdés, A., 2004. La biomasa azucarera como fuente de energía renovable. Available at: <http://www.uh.cu/infogral/areasuh/vri/archivos/CAR/seminario2004/PDF/PONE%20ORALES/Antonio.Vald%E9s/A.Vald%E9s.pdf>.
- Vargas, O.R., 2003. Estimación del impacto ambiental del cultivo de caña de azúcar utilizando la metodología del análisis del ciclo de vida (ACV). Available at: <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rv12-A11.pdf?ri=04762ea47793540e110b58c864a51968>.
- Vilafgranca, T., 2005. Implantación de un SGMA basado en la Norma UNE-EN ISO 14001:1996 en LAINSA.



ANEXOS

Anexo No. 1: Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental.

Fuente: (Cardim 2001)

Herramientas	Objetivos generales	Puntos fuertes	Puntos débiles
Riesgo Ambiental (RA)	Valorar los efectos adversos asociados a una situación específica de riesgo y sus interrelaciones con la salud humana y el medio ambiente.	Evalúa los efectos locales y regionales bajo condiciones específicas.	Es capaz de consumir mucho tiempo y recursos. No es capaz de apuntar la ubicación del riesgo a lo largo del ciclo de vida.
Estudio del Impacto Ambiental (EIA)	Evaluar los impactos positivos y negativos sobre el medio ambiente de un determinado proyecto planteado.	Calcula tanto efectos positivos como negativos. Considera los impactos locales de un proyecto.	No es capaz de apuntar fácilmente la ubicación de un efecto global / regional o otros efectos a lo largo del ciclo de vida.
Auditoría Ambiental (AA)	Verificar la conformidad con determinados requisitos normativos vigentes, por medio de chequeo realizado por tercera parte.	Proporciona una manera para que una tercera parte, independiente, compruebe los resultados.	Enfoca una conformidad y enfatiza en término medio de más débil que de mejoría.
Evaluación del Comportamiento Ambiental (ECA)	Proporcionar una información fiable, objetiva y comprobable a cerca del desempeño medioambiental de una determinada organización.	Promociona coeficientes de desempeño medioambiental asociándolos a políticas objetivas y metas preestablecidas.	Promociona coeficientes de desempeños relativos y no absolutos.
Análisis del Flujo de Sustancias (AFS)	Contabilizar el suministro y la demanda de una sustancia específica que fluye a través del proceso de producción.	Toma en consideración un impacto potencial determinado a lo largo del ciclo de vida.	El enfoque sobre una única sustancia puede apuntar falsos resultados.
Análisis de Material y Energía (AME)	Calcular el balance energético y material asociado con una operación específica.	Promociona una vía estructurada de identificación y valoración de un impacto potencial de operaciones, etc.	Enfoca solamente una fases del ciclo de vida.

Anexo No. 1: Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental.
(Continuación).

Herramientas	Objetivos	Puntos fuertes	Puntos débiles
Gestión Integral de Sustancias (GIS)	Calcular y reducir globalmente el impacto medioambiental de una determinada sustancia asociada.	Permite hacer consideraciones integradas entre económicas y medioambientales en una misma herramienta.	Emplea una valoración simplificada que puede dar respuestas demasíadamente simplificadas.
Análisis de Línea de Producto (ALP)	Evaluar potencialmente el impacto medioambiental, social y económico de un bien o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.	Integra aspectos medioambientales, económicos y sociales dentro de una sola herramienta.	No puede valorar específicamente impactos locales.
Análisis del Ciclo de Vida (ACV)	Entender el perfil medioambiental de un sistema. Identificar prioridad de mejoras. Asegurar mejoras con fundamento en el ciclo de vida.	Considera impactos global y regional. Posibilita estimar los impactos que en términos influncian la salud de la sociedad.	No es capaz de apuntar el carácter temporal o espacial de un determinado efecto.

Anexo No 2-Conceptos de Análisis de Ciclo de Vida. **Fuente:** Elaboración Propia

Autores	Conceptos
(Sánchez 2007)	El Análisis de Ciclo de Vida es un proceso para evaluar las descargas ambientales asociadas con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los materiales y la energía utilizada y los residuos liberados al ambiente; para evaluar el impacto del uso de esos materiales y energía y de las descargas al ambiente; y para identificar y evaluar oportunidades para efectuar mejoras ambientales.
(Cardim 2001).	El Análisis de Ciclo de Vida se considera un método fiable para evaluar las interrelaciones entre los sistemas de producción, productos o servicios y el medio ambiente. El ACV cuantifica, cualifica y valora los flujos de un sistema – entradas (materia y energía) y salidas (producto, coproducto, emisiones al aire, agua y suelo) – para posteriormente evaluar los impactos potenciales que estos causan al medio ambiente. Sus resultados entre otras funciones sirven como apoyo al desarrollo de productos considerados medioambientalmente correctos.
(Iglesias 2005)	Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final.
(Panichelli 2007)	El Análisis de Ciclo de Vida es una herramienta de gestión ambiental que evalúa de modo sistemático los aspectos ambientales y los impactos ambientales potenciales de un producto a través de su ciclo de vida, desde la adquisición de la materia prima, su producción, uso, tratamiento final, reciclado y disposición final.

Anexo No 2-Conceptos de Análisis de Ciclo de Vida. (Continuación).

Autores	Conceptos
(NC-ISO14040, 1999)	El Análisis del Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.
(Chacón, 2008)	El Análisis del Ciclo de Vida, en teoría, es un método analítico que contempla y hace una interpretación de los impactos ambientales potenciales de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida.
(Rieradevall, 2009)	El Análisis de Ciclo de Vida 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, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental. El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final.

Anexo No 3-Cronología del Análisis del Ciclo de Vida. Fuente:(Chacón, 2008)

Década	Año	Evento
1960	1963	Informe de Harold Smith, presentado en la Conferencia Mundial de Energía, sobre los impactos ambientales de los productos
	1969	Estudio para Coca-Cola Co. sobre los impactos ambientales y consumo de energía de varios tipos de envases, elaborado por MRI con metodología Repa
	1960	En Suecia, Tetra Pak encarga al doctor Gustav Sundström la realización de estudios de ACV de botellas de PVC
1970	1971	En Estados Unidos, la Universidad de Illinois y la Universidad de Stanford realizan estudios de ACV de botellas para bebidas
	1970	Estudio de comparación de botellas de vidrio, PE y PVC elaborado en el marco del Programa RANN de los Estados
	1970	En Suecia, Tetra Pak encarga otro estudio de ACV de envases plásticos
	1971	Se publica el libro <i>Design for real world: human ecology and social change</i> , escrito por P. Papanek
	1971	En Estados Unidos, segundo Repa de MRI para Mobil Chemical Company para bandejas de plástico y cartón
	1972	Informe "Los límites del crecimiento"
	1972	Publicación del documento <i>A blueprint for survival</i>
	1972	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano (conocida también como Conferencia de Estocolmo)
	1972	USEPA encarga a MRI estudio de ACV de envases de bebidas
	1972	En el Reino Unido, el doctor Ian Boustead elabora un estudio de ACV de envases para leche
	1972	En Alemania, el doctor Bonifaz Oberbacher desarrolla junto con el doctor H. Nikodem el primer protocolo para el ACV
		En Alemania, el Batelle-Institut hace estudios de ACV de envases plásticos
	1973	Embargo de la Opep a los países de Europa y Estados Unidos
	1973	Se desarrolla en Estados Unidos el primer <i>software</i> de ACV
	1973	En Suecia, publicación de los estudios de ACV de Tetra Pak
	1974-1975	Avances y contribuciones del ACV en Estados Unidos, publicados en el <i>Journal Energy Policy</i>
	1974	Aparece en la revista <i>The Times Magazine</i> un aviso publicitario de la Fiat que incorpora elementos de pensamiento de ciclo de vida
	1974	En Suiza, primer ecobalance en la empresa Rocco Conserves, elaborado por ETHZ y HSG
	1975	Se funda la firma Franklin Associates, pionera en Estados Unidos y en el mundo en la elaboración de estudios de ACV
	1975 - 1988	En Estados Unidos decae el interés por el ACV
	1976	Publicación del resumen del estudio de Coca-Cola Co. en la revista <i>Science Magazine</i>
	1976	USEPA publica <i>Resource and environmental profile analysis of nine beverage container alternatives</i>
	1976	US Federal Energy Agency pone a disposición del público bases de datos y la metodología Repa
1977	Publicación del libro <i>Energy analysis</i> , de J.A.G. Thomas	
1978	Publicación parcial del estudio de ACV de Good Year Tire & Rubber Co.	
1979	Se funda Setac	

Anexo No 3-Cronología del Análisis del Ciclo de Vida. (Continuación).

Década	Año	Evento
1980	1980	En Estados Unidos, Informe del estudio de ACV de Solar Energy Research Institute
	1985	Expedición de la Directiva 85/339 de la Comunidad Económica Europea sobre envases de alimentos líquidos que incorpora el pensamiento de ciclo de vida
	1985	En Alemania, Franklin Associates hace el estudio "Comparative energy and environmental impacts of 21 PET and 11 refillable glass bottles used for soft drink delivery in Germany"
	1985	En Suecia, ABT Tetra Pak encarga a M.P. Lundholm y G. Sundström la elaboración del estudio "Resource and environmental impact of Tetra Brik carton and refillable and non-refillable glass bottles. Tetra Brik Aseptik Environmental Profile"
	1987	Informe de la Comisión Brundtland titulado "Nuestro futuro común"
1990	1990	En Estados Unidos, Franklin Associates elabora el estudio de ACV de pañales desechables y no desechables
	1990	En Suecia se llevan a cabo dos proyectos sobre ACV para ver las implicaciones de aplicar esta herramienta en la industria sueca
	1990	En Japón se crea el Centro del ACV
	1990	En China se adopta ISO 14040 como norma nacional
	1990	En Argentina se lleva a cabo una encuesta sobre ACV
	1990	Primer Taller de la Setac de Norteamérica sobre ACV
	1991	Setac de Norteamérica realiza cinco talleres sobre ACV en Estados Unidos, Holanda y Portugal
	1991	El Consejo Nórdico de Ministros inicia el programa de ACV
	1991	En Canadá, la empresa Alcan Aluminium participa en un estudio de ACV
	1991	En Canadá, los fabricantes de plásticos y del acero participan en proyectos sobre ACV
	1991	Se expiden en Japón regulaciones sobre reciclaje
	1992	En Europa, se funda Spold
	1992	En Japón, el Centro Eco-Vida realiza un estudio de ACV de varios productos
	1992	En Japón, el Centro Eco-Vida realiza un estudio de ACV de varios productos
	1992	En Estados Unidos, elaboración del informe "Tellus Packaging Study: Inventory of Material and Energy Use and Air and Water Emissions from the Production of Packaging Materials"
	1992	En Estados Unidos, Franklin Associates publica un artículo en el que se explica la metodología del ACV
	1993	USEPA publica una guía para la etapa del inventario
	1993	USEPA crea el "Programa de Compras Verdes"
	1993	Publicación en Europa de <i>LCA Sourcebook</i> , de Spold
	1993	Setac publica <i>Setac guidelines for life-cycle assessment: a code of practice</i>
	1993	En Japón, la Agencia para las Ciencias y la Tecnología inicia el Proyecto de Investigación de Ecomateriales
	1994	En Canadá se publican las primeras normas nacionales de ACV
	1995	Lanzamiento del proyecto "Winning Acceptance" por parte de Spold
	1995-2000	En Canadá se publica <i>Ecocycle</i>

Anexo No 3-Cronología del Análisis del Ciclo de Vida. (Continuación).

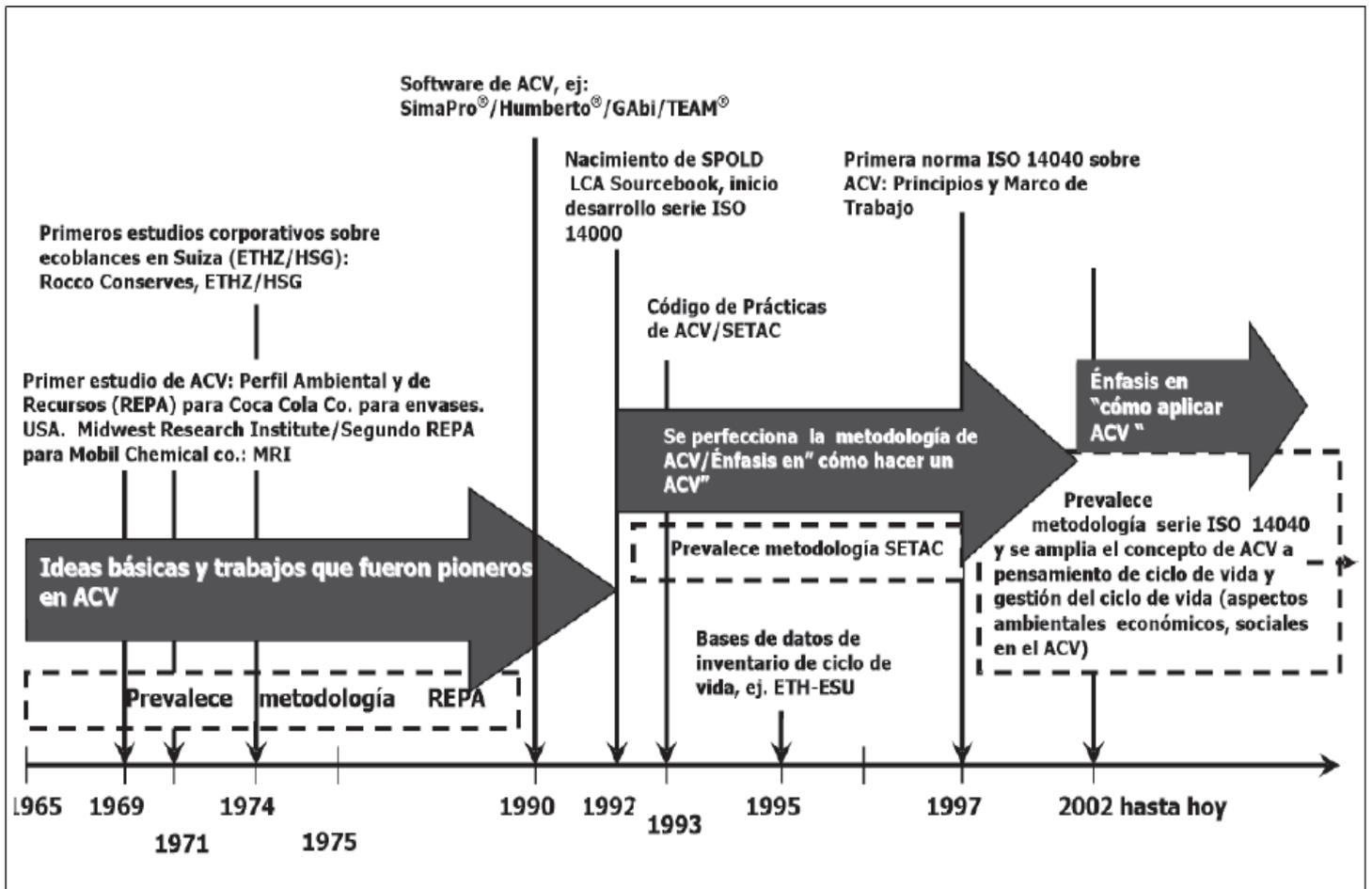
Década	Año	Evento
	1995	En Canadá se publica <i>Life cycle management: a guide for better business decisions</i>
	1995	En Canadá se publica <i>Los efectos ambientales de los materiales de la construcción</i>
	1995	En los países nórdicos, publicación de <i>Nordic guidelines for life cycle assessment</i>
	1995	Nace la publicación periódica científica sobre ACV llamada <i>International Journal of Life Cycle Assessment</i>
	1995	Se crea la Sociedad Japonesa de ACV
	1996	Primer número de <i>International Journal of Life Cycle Assessment</i>
	1997	Publicación de la primera norma internacional sobre ACV, ISO 14040
	1997	En Canadá se publica <i>Life cycle management in Canada</i>
	1997	En Bélgica se lleva a cabo un proyecto de demostración sobre ecodiseño
	1997	En Bélgica se desarrolla el primer <i>software</i> para estudios de ACV llamado Ecoscan
	1997	En Corea se funda la Sociedad Coreana para la Evaluación del Ciclo de Vida
	1997	En Brasil, primera publicación de ACV titulada <i>Análisis de ciclo de vida de los productos: herramientas de gestión ambiental ISO 14040</i> , de José Ribamar Chenebe
	1997	En Colombia se crean los comités técnicos del Icontec para la homologación a normas nacionales de las normas internacionales de la serie ISO 14000
	1998	En Canadá, empresas internacionales hacen un estudio de ACV de un periódico y de una revista
	1998	En Italia, se publica la primera guía sobre ACV titulada <i>Manual de operación del ACV</i> , del profesor Vanni Badino
	1998	En Japón, el Ministerio de Agricultura, Bosque y Pesca inicia un proyecto de ACV
	1998	En Europa se lleva a cabo un estudio de ACV para ver el grado de aplicación de esta herramienta en empresas de Alemania, Italia, Suiza y Suecia
	1998	En Japón se comienza el Proyecto Nacional de ACV
	1998	En Brasil, nacimiento del Grupo de Prevención de la Contaminación de la Universidad de São Paulo, que entre otros temas de investigación, trató el ACV
	1998	En Brasil, nace el Comité Brasileño de Gestión Ambiental que apoyó el desarrollo de la serie ISO 14040
	1998	En Colombia, primeros cursos y estudios de ACV en la Universidad de los Andes
	1999	En Italia se crea la Sociedad Italiana para el ACV
1999-2003		Aumento sustancial de ventas de licencias de <i>software</i> de ACV
	1999	Planteamiento de la Oede de la política integrada al producto
	1999	Se contempla la política integrada al producto en el Consejo Europeo reunido en Weimar

Anexo No 3-Cronología del Análisis del Ciclo de Vida. (Continuación).

Década	Año	Evento
2000	2000	Se incrementa en el mundo la elaboración de estudios de ACV
	2000	En Suiza se funda el Centro Suizo para Inventarios de Ciclo de Vida, el cual desarrolló la base de datos europea Ecoinvent
	2001	En Estados Unidos se funda el Centro Americano para la Evaluación del Ciclo de Vida
	2001	Se terminan las actividades de Spold
	2001	En Europa se publican dos grandes estudios sobre el estado del arte del diseño de productos sostenibles
	2001	En Tailandia, termina Primera Fase del Proyecto Jemai de ACV
	2001	En Tailandia se crea la Red Tailandesa de ACV
	2001	La Comisión Europea presenta el <i>Libro Verde sobre Política Integrada al Producto</i>
	2001	En Colombia, la UPB inicia su interés en ACV participando en el Comité Técnico 36 del Icontec sobre ACV
	2002	Se lanza oficialmente en Praga la Iniciativa de Ciclo de Vida de UNEP-SETAC
	2002	En Brasil se funda la Asociación Brasileña de Ciclo de Vida (ABCV)
	2003	En Canadá, con el auspicio de Ciraiig se realiza el primer foro canadiense de ACV
	2003	En Suecia, CPM elabora el proyecto de ACV en el sector forestal
	2004	En Brasil, ABCV inicia el Proyecto Brasileño de ACV
	2005	La UPB y la Escuela Colombiana de Ingeniería, empresas industriales y ONG participan en el curso internacional de ACV de la Universidad de Chalmers, en Suecia, en las instalaciones del Icontec
	2006	En Italia, surge la Red Italiana de ACV
	2006	En Tailandia se crea la Red Tailandesa de ACV
2005-2008		En Colombia, la UPB realiza estudios de ACV para una compañía carbonífera, para una empresa fabricante de baterías plomo-ácido y para una entidad ambiental regional (en el tema de las llantas usadas)
	2008	En Colombia, la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito incorpora los fundamentos del ACV en sus cursos de producción más limpia dictados en el programa de ingeniería industrial

Anexo No 4- Evolución histórica y tendencias del análisis de ciclo de vida (ACV).

Fuente:(Chacón, 2008)



Anexo No 5 - Herramientas informáticas para el ACV. Fuente: (Aranda, 2006)

	Compañía Desarrolladora	Contacto	Comentarios
Base de dato			
Buwal 250	Swiss Institute of Packing	www.umwelt-schweiz.ch/buwal/eng/index	Incluye un total de 248 tipos de procesos.
Data Archive	Pré Consultants	http://www.pre.nl	Incluye un total de 383 tipos de procesos.
ECOINVENT	ETH Research Institute Swiss Federal Offices (EMPA, Agroscope, PSI, etc)	www.ecoinvent.ch	Incluye un total de 2700 tipos de procesos.
ETH-ESU	ETH-ESU Research Institute (Zurich)	www.uns.ethz.ch	Incluye un total de 1100 tipos de procesos.
IDEMAT	Delft University of Technology de Holanda	www.io.tudelft.nl	Incluye un total de 508 tipos de procesos.
INDUSTRY DATA	Various internation industrial associations	www.apme.org/lca	Incluye un total de 74 tipos de procesos.
Programas			
Boustead	Boustead Consulting (Reino Unido)	http://www.boustead-consulting.co.uk	Herramienta muy completa indicada para realizar estudios de ACV dentro de la industria química, plásticos, acero, etc
Eco-it	Pré Consultants (Países Bajos)	http://www.pre.nl	Especialmente indicado para diseñadores de productos y envases. Utiliza el Ecoindicador'99. Su manejo es sencillo
Ecopro	Sinum AG. - EcoPerformanceSystems (Suiza)	http://www.sinum.com	Permite la realización sencilla de ciclos de vida del producto. Utiliza la base de datos BUWAL.

Anexo No 5 - Herramientas informáticas para el ACV. (Continuación).

	Compañía Desarrolladora	Contacto	Comentarios
Ecoscan	TNO Industrial Technology (Países Bajos)	http://www.ind.tno.nl	Puede utilizarse por encargados y técnicos responsables de implantación del eco diseño de productos. Dispone de varias bases de datos y su manejo es sencillo.
Euklid	Fraunhofer-Institut (Alemania)	http://www.ivv.fhg.de	Programa orientado a estudios de ACV de productos industriales.
Gabi	Universidad de Stuttgart (Alemania)	http://www.gabi-software.com	Además de las posibilidades convencionales de ACV, este programa permite asociar costes a los flujos y realizar análisis económicos.
KCL Eco	Finnish Pulp and Paper Research Institute (Finlandia)	http://www.kcl.fi/eco	Presenta una interfaz gráfica muy completa. Posee los indicadores Ecoindicador95 y DAIA 98 y destaca por sus datos de la industria papelera.
LCAit	ChalmersIndustrietenik (Suecia)	http://www.ekologik.ch almers.se	Su aplicación principal es en el sector de envases y productos de papel.

Anexo No 5 - Herramientas informáticas para el ACV. (Continuación)

	Compañía Desarrolladora	Contacto	Comentarios
Miet	Universidad de Leiden (Países Bajos)	http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/software	Trabaja con MS Excel y se basa en datos ambientales de Estados Unidos. Tiene carácter gratuito.
Pems	Pira International (Reino Unido)	http://www.piranet.com/pa/ck/lca_software.htm	Puede ser utilizado tanto por principiantes como por expertos en la materia. Su interfaz gráfico es flexible.
Simapro	Pré Consultants (Países Bajos)	http://www.pre.nl	Permite realizar ACVs completos con múltiples métodos de evaluación de impactos. Presenta completas y variadas bases de datos. Adecuada para departamentos de diseño o I+D.
Team	Ecobilan (Francia)	http://www.ecobilan.com	Herramienta muy completa, flexible y potente aunque algo más compleja de utilizar. Permite introducir información relativa a costes.

Anexo No 5 - Herramientas informáticas para el ACV. (Continuación)

	Compañía Desarrolladora	Contacto	Comentarios
Humberto	UmbertoIfeu-Institut (Alemania)	http://www.umberto.de	Ofrece datos de gran calidad y resultados transparentes. Las librerías de datos son completas y flexibles. Indicado para realizar eco-balances empresariales.
Wisard	PricewaterhouseCoopers (Francia)	http://www.pwcglobal.com	Indicado para análisis del impacto económico y medioambiental de residuos sólidos municipales.

Anexo No 6: Matriz DAFO. Fuente: (MINAZ 2010)

PRINCIPALES FORTALEZAS

- 1- Los precios preferenciales ofertados y la seriedad en el cumplimiento de las inversiones de la zafra.
- 2- La experiencia y la profesionalidad de los trabajadores en la realización de los procesos productivos de la industria azucarera y la diversificación.
- 3- Los equipos de direcciones jóvenes y capaces de las empresas del grupo.
- 4- La posibilidad de negociar con terceros.
- 5- Importante fuerza técnica, lo que puede constituir un punto de apoyo fuerte para la innovación tecnológica y la I+D.
- 6- Existencia de laboratorios de control de la calidad que se pueden fortalecer con la adquisición de equipos modernos.
- 7- Creciente comprensión de la necesidad y desarrollo de la innovación.

PRINCIPALES DEBILIDADES

- 1- La falta de estimulación que logre la motivación de los trabajadores lográndose la vinculación del salario con los resultados y una mayor identificación con la organización.
- 2- Deficiente utilización productiva de las capacidades instaladas y los equipos.
- 3- Parque de equipos e instalaciones productivas con mucho tiempo de explotación.
- 4- La falta de una estrategia de capacitación que permita la superación adecuada de trabajadores y directivos.
- 5- Deficiencias organizativas, contables y de gestión financiera en la empresa.
- 6- La falta de existencia de un sistema de calidad y de gestión ambiental de la producción y los servicios.
- 7- El insuficiente uso del sistema de trabajo y los órganos colectivos disponible.
- 8- Insuficiente empleo del potencial de I+D, innovación tecnológica para enfrentar el desarrollo de la inversiones.
- 9- Falta de un ordenamiento adecuado en el proceso de transferencia de tecnologías.
- 10-Deficiente disponibilidad de financiamiento para la I+D y la innovación tecnológica en CUC y en menor cuantía en moneda nacional.
- 11-Insuficiente cultura de la innovación por los directivos.
- 12-Insuficiente integración, en particular entre el sector empresarial y el sector de investigación.
- 13-Insuficiente empleo de la información y de la gestión del conocimiento, la calidad y la propiedad intelectual.

Anexo No 6: Matriz DAFO. (Continuación)

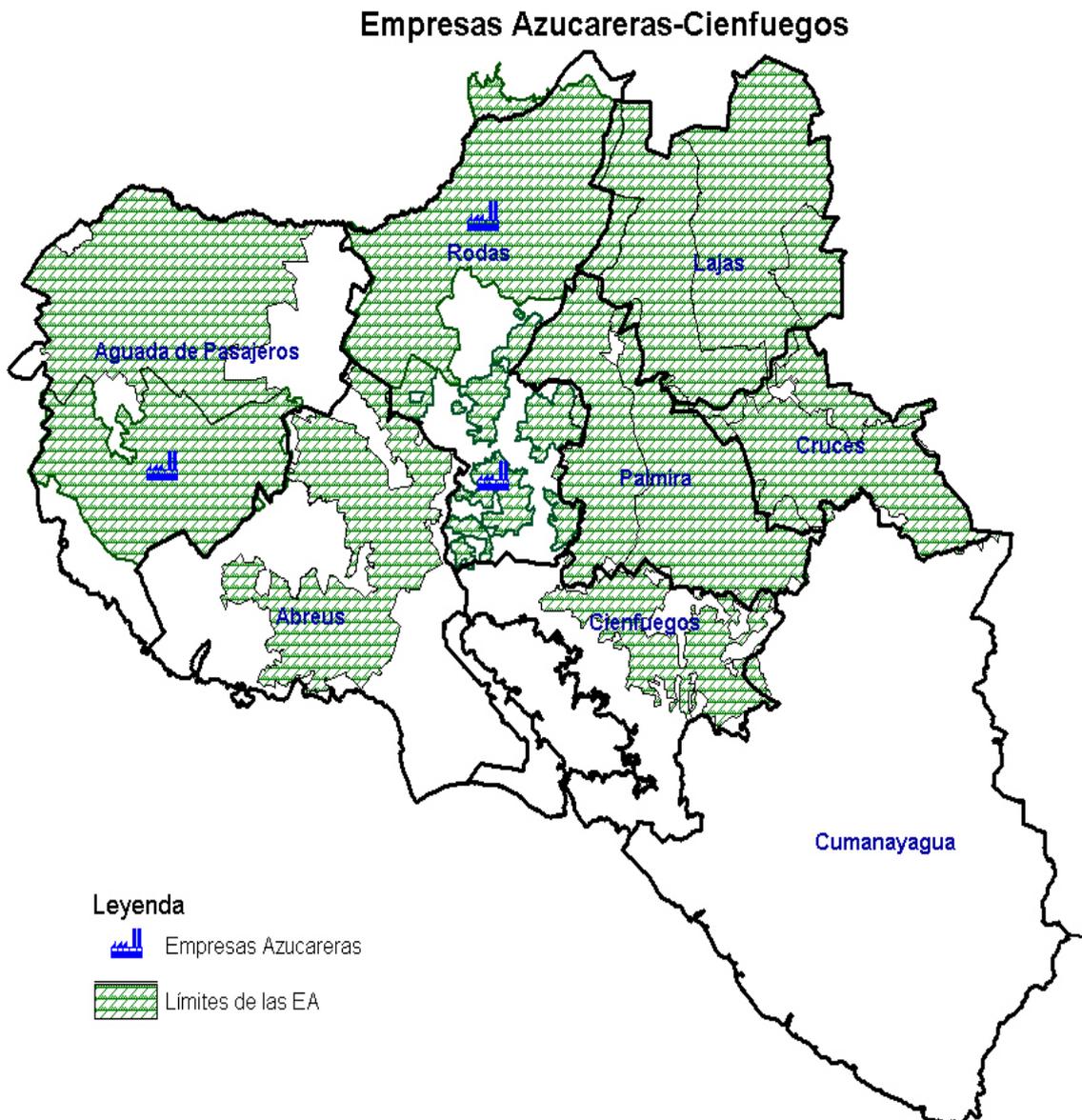
PRINCIPALES OPORTUNIDADES.

- 1- Tarea Álvaro Reynoso y Política Laboral y Salarial aprobada por el MINAZ.
- 2- Insertarnos en el perfeccionamiento empresarial como sistema de dirección de la economía.
- 3- Proyectos y convenios de colaboración para la introducción de nuevas tecnologías.
- 4- Políticas preferencial de costos para el MINAZ.
- 5- Aperturas a nuevos mercados para nuestros productos y fuerzas de trabajo.
- 6- Los programas de la revolución que está llevando el país fundamentalmente la batalla de ideas y el programa de Ahorro Energético.
- 7- Utilización eficiente de los sistemas de comunicaciones y participación en Ferias.
- 8- Las alianzas estratégicas con el área de América Latina y Centroamérica como Venezuela, Bolivia, México, Haití, Brasil entre otros.

PRINCIPALES AMENAZAS

- 1- La inestabilidad y los altos precios del combustible que genera desabastecimiento.
- 2- La existencia de sectores en el País más atractivos en relación con los salarios y las ventajas.
- 3- La existencia de competidores en la actividad con desarrollo tecnológico de avanzada.
- 4- El bloqueo Económico y la política agresiva de los estados Unidos y sus aliados contra Cuba.
- 5- Falta de financiamiento e ineficiente Sistema de abastecimiento material del MINAZ.

Anexo No 7: Localización de las Empresas Azucareras objeto de estudio. **Fuente:** Elaboración Propia.



Anexo No 8: Categorías de Daño e Impacto del Método Eco-Speed. **Fuente:** (Rodríguez, 2010)

Categoría de daño: Exterminación de la población (Human Extermination)	
<p>Categoría de impacto: Carcinogénicos en el aire.</p> $CA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CA: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el aire. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el aire.</p> $NCA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el aire. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de impacto: Carcinogénicos en el agua.</p> $CW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el agua. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el agua.</p> $NCW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el agua. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de impacto: Carcinogénicos en el Suelo.</p> $CW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el suelo. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.

Anexo No 8: Categorías de daño e Impacto del Método Eco-Speed. (Continuación).

<p>Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el Suelo.</p> $NCW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el suelo. • CFi: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. • Mi: Masa emitida de la sustancia “i”. • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de daño: Consumo de los recursos (Resources Consumption).</p>	
<p>Categoría de Impacto: Uso del Agua.</p> $WU = \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{V_i}$	<ul style="list-style-type: none"> • v_i: representa el volumen de agua proveniente de la fuente “i” utilizado por el proceso. • V_i: representa el volumen total disponible el 95 % del tiempo que existe de la fuente “i”. <ul style="list-style-type: none"> ○ Es decir, que solo se tienen en cuenta para este cálculo las fuentes de agua más estables.
<p>Categoría de Impacto: Uso del Suelo.</p> $SU = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\left(\frac{a_{ij}}{A_i} \right) + \left(\frac{a_{ij}}{A_i} \right) * k_{ij} \right)$	<ul style="list-style-type: none"> • a_{ij}: Área utilizada por el tipo de suelo “i” para el uso “j”. • A_i: Área disponible del tipo de suelo “i”. • k_{ij}: Factor de ponderación correspondiente al tipo de uso de la tierra.
<p>Categoría de Impacto: Uso de la Energía</p> $EU = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{E_i} \right)$	<ul style="list-style-type: none"> • e_i: Representa la masa del recurso energético “i” que se utiliza en el sistema analizado. • E_i: Es la masa disponible en reservas probadas del recurso energético “i”.
<p>Categoría de Impacto: Uso de los Minerales.</p> $MU = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i}{M_i} \right)$	<ul style="list-style-type: none"> • m_i: Representa la masa del recurso “i” que se utiliza en el sistema analizado. • M_i: Es la masa disponible en reservas probadas del recurso “i”.

Anexo No 8: Categorías de daño e Impacto del Método Eco-Speed. (Continuación).

Categoría de daño: Contaminación de La Tierra (Earth Contamination).	
<p>Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Aire.</p> $EA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • EA: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el aire. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Agua.</p> $EW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • EW: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el agua. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Suelo.</p> $ES = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • ES: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el suelo. • CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia "i" para esta categoría. • M_i: Masa emitida de la sustancia "i". • n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
<p>Categoría de Impacto: Calentamiento Global.</p> $CC = \sum_{i=1}^n (GWP_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • CC: Representa el indicador de daños potenciales de las sustancias analizadas. • m_i: representa la masa emitida de la sustancia "i". • GWP_i: Representa el Potencial de Calentamiento Global de la sustancia "i".
<p>Categoría de Impacto: Capa de Ozono.</p> $OZ = \sum_{i=1}^n (ODP_i * m_i)$	<ul style="list-style-type: none"> • ODP_i: representa el factor de potencial de agotamiento del ozono de la sustancia "i" • m_i: representa la masa de la sustancia "i" emitida.

Anexo No 9 - Datos de entrada y salida del Cultivo de la Caña de Azúcar.

Fuente: Elaboración Propia

		Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre
		CANTIDAD		
Materiales	UM	Índice	Índice	Índice
<u>Entradas desde la Tecnosfera</u>				
Variedades de semilla	t	0,4	0,4	0,4
<u>Herbicidas líquidos</u>				
Finale	l	0,06	0,05	0,06
Azulam	l	0,2	0,2	0,2
Hexazinoma	l	0,06	0,05	0,06
MSMA	l	0,1	0,1	0,1
Esterol	l	0,08	0,07	0,1
Sal de Amina	l	0,08	0,07	0,1
Glifosato	l	0,1	0,1	0,1
<u>Herbicidas sólidos</u>				
Diurón	kg	0,2	0,2	0,2
Ametrina	kg	0,06	0,05	0,06
Amigan	kg	0,2	0,2	0,2
Merlin	kg	0,02	0,01	0,01
Envoke	kg	0,002	0,001	0,001
<u>Fertilizantes Minerales</u>				
Urea	kg	1,5	1,8	3,4
Nitrato de Amonio	kg	2,1	2,4	4,6
Amoniaco (NH3)	kg	1,6	0,4	0,4
Superfosfato Triple (SPT)	kg	1,3	0,7	1,4
Cloruro de Potasio (KCL)	kg	2,8	1,4	1,9
<u>Fertilizantes Orgánicos</u>				
Vinazas diluidas	m ³	1,33		

Anexo No 9 - Datos de entrada y salida del Cultivo de la Caña de Azúcar.
(Continuación)

		Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre
		CANTIDAD		
Materiales	UM	Índice	Índice	Índice
Compost	t	0,1	0,11	0,14
<u>Consumo de Combustible (Diesel)</u>				
Preparación de suelo	l	0,6	0,4	0,6
Siembra	l	0,3	0,2	0,3
Atenciones Culturales	l	1,4	0,9	1
Cosecha	l	3,8	2,29	2,9
<u>Entrada desde la naturaleza</u>				
Suelo	ha	0,04	0,03	0,04
Fijación de Carbono	t	0,08	0,07	0,07
<u>Residuos Sólidos</u>				
Paja	t	0,18	0,18	0,18
Otros residuos	t	0,05	0,05	0,05
<u>Salida a la Tecnosfera</u>				
Caña de Azúcar	t	1	1	1

Anexo No 9 - Datos de entrada y salida del Cultivo de la Caña de Azúcar.
(Continuación)

		Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre
	CANTIDAD			
Materiales	UM	Índice	Índice	Índice
Compost	t	0,1	0,11	0,14
<u>Consumo de Combustible (Diesel)</u>				
Preparación de suelo	l	0,6	0,4	0,6
Siembra	l	0,3	0,2	0,3
Atenciones Culturales	l	1,4	0,9	1
Cosecha	l	3,8	2,29	2,9
<u>Entrada desde la naturaleza</u>				
Suelo	ha	0,04	0,03	0,04
Fijación de Carbono	t	0,08	0,07	0,07
<u>Residuos Sólidos</u>				
Paja	t	0,18	0,18	0,18
Otros residuos	t	0,05	0,05	0,05
<u>Salida a la Tecnosfera</u>				
Caña de Azúcar	t	1	1	1

Anexo No 10 - Datos de entrada y salida de la producción de Azúcar.

Fuente: Elaboración Propia

		Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre
	CANTIDAD			
Materiales	UM	Índice	Índice	Índice
<u>Entrada de la tecnosfera</u>				
Caña de Azúcar	t	10,6	8,91	9,38
Óxido de Calcio (CaO)	kg	6,9	5,8	6,1
Agua de Imbibición	m ³	2,2	2,5	2,25
Azúcar de Caña (refino)	kg	0,02	0,019	0,019
Etanol de Caña	kg	0,06	0,05	0,56
<u>Electricidad/Calor</u>				
Energía Consumida	kwh	329,4	276,3	290,7
Energía Aportada	kwh	329,4	62,4	65,6
Vapor de biomasa	t	17.09	1.18	14.35
<u>Emisiones al Agua</u>				
Residuales Líquidos	m ³	0,05	0,04	0,05
Demanda Química de Oxígeno DQO	kg	0,13	0,06	0,07
Demanda Biológica de Oxígeno DBO	kg	0,06	0,03	0,03
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	g	0,02	0,01	0,01
Ión Amonio (NH ₄)	g	0,01	0,00	0,01

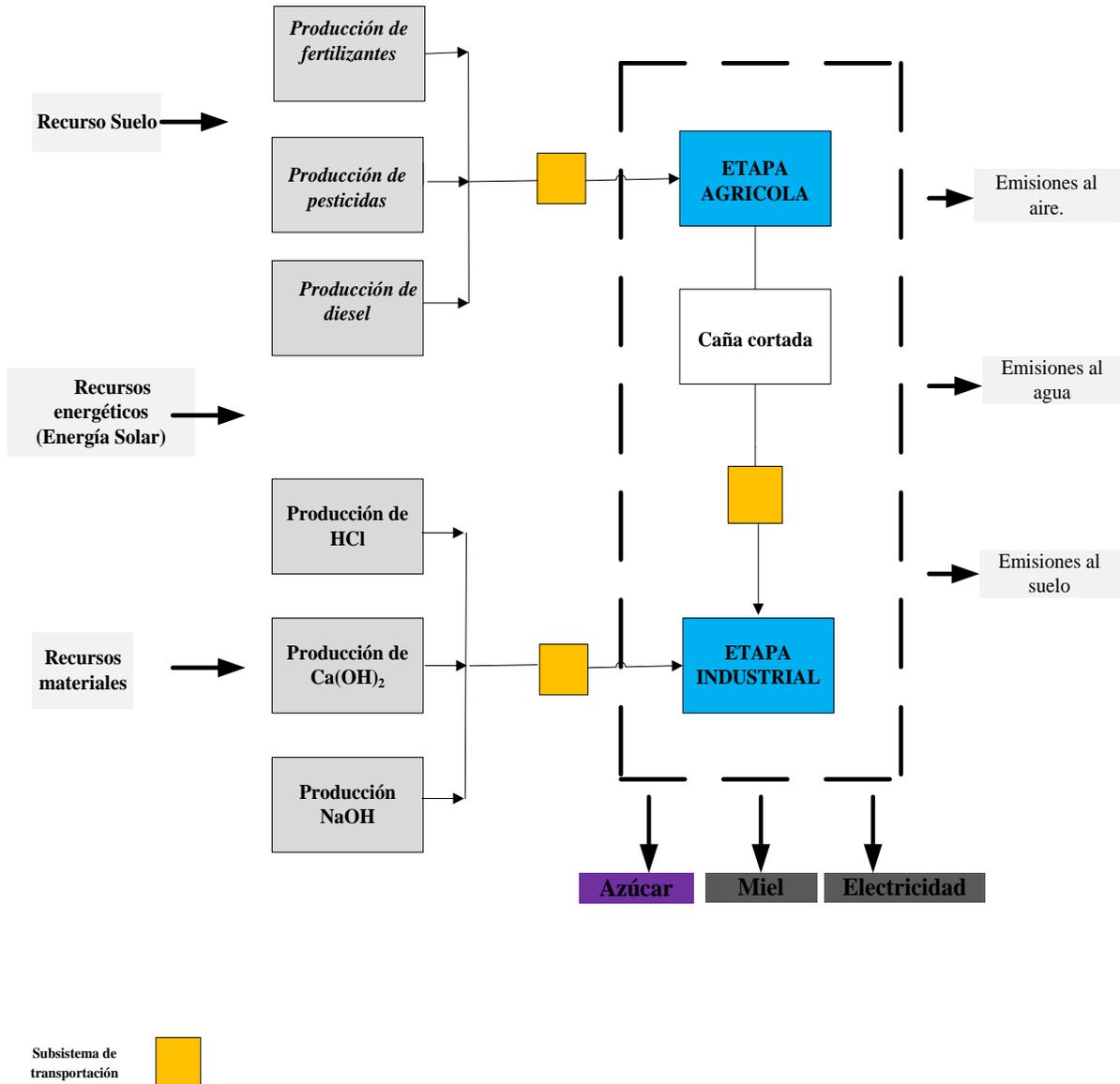
Anexo No 10 - Datos de entrada y salida de la producción de Azúcar. (Continuación)

		Antonio Sánchez	14 de Julio	5 de Septiembre
	CANTIDAD			
Materiales	UM	Índice	Índice	Índice
<u>Emisiones al Aire</u>				
Dióxido de Carbono	t	0,52	0,43	0,44
Bagacillo	t	3,47	2,88	2,9
<u>Flujos finales de residuos</u>				
Cachaza	t	0,29	0,3	0,39
<u>Salida a la Tecnosfera</u>				
Azúcar de Caña	t	1	1	1
Melaza (Miel Final)	t	0,46	0,24	0,36
Bagazo	t	4	3,32	3,36

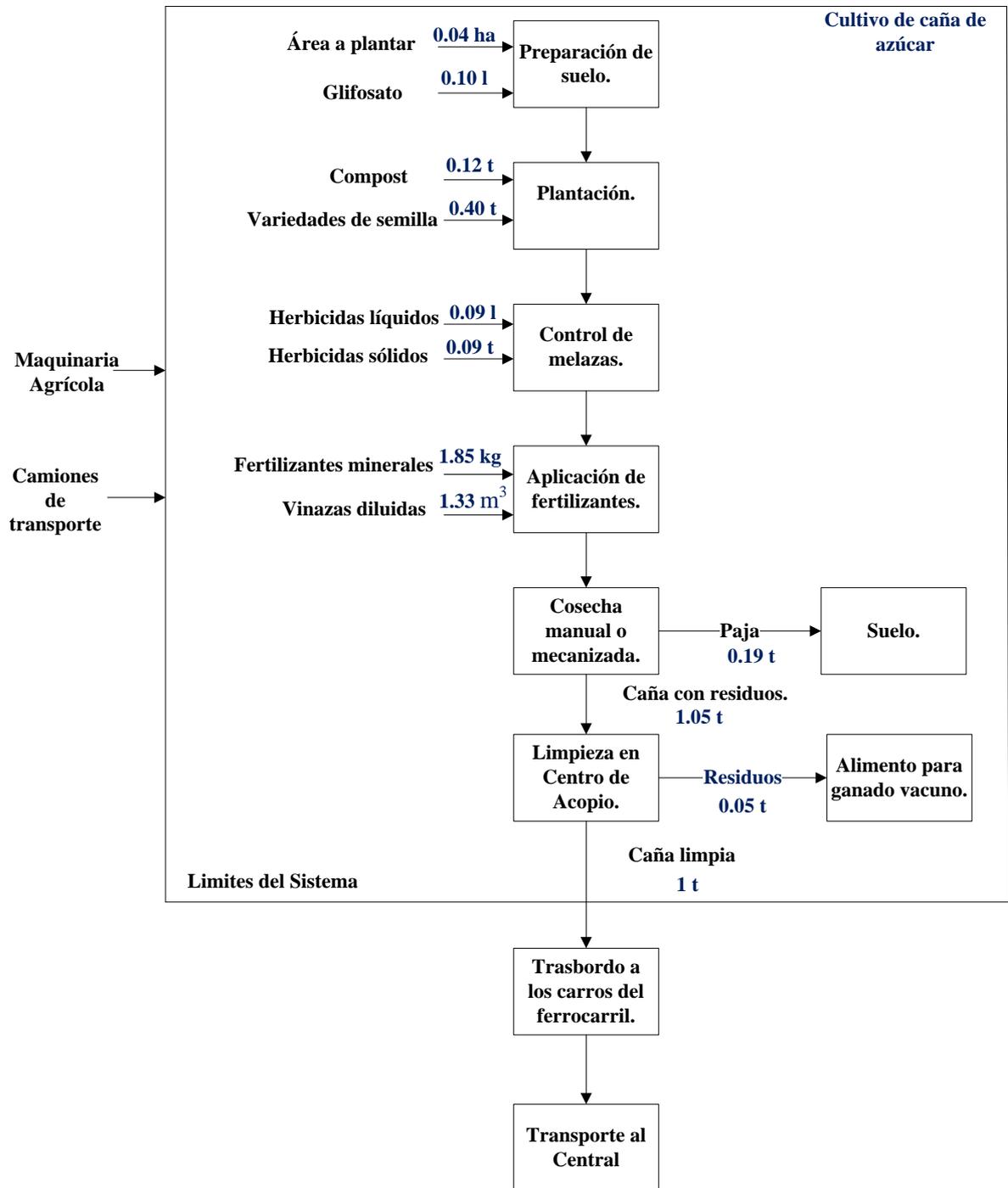
Anexo No. 11: Inventario del Ciclo de Vida del azúcar de caña. **Fuente:** Elaboración Propia.

No.	Producto	UM	Media	No.	Producto	UM	Media
1	Ametrina	kg	13362,47	23	Agua de Imbibición	m ³	58549,40
2	Amigan	kg	53449,93	24	Azúcar de Caña	t	25226,33
3	Amoniaco (NH3)	kg	179500,00	25	Azúcar de Caña (refino)	kg	480,60
4	Asulam	l	44541,45	26	Bagacillo	t	76866,32
5	Cloruro de Potasio (KCL)	kg	476130,0	27	Bagazo	t	88555,67
6	Compost	t	2928,57	28	Cachaza	t	8367,33
7	Diesel	l	1151739,51	29	Caña de Azúcar	t	240315,0
8	Diurón	kg	53449,93	30	Demanda Biológica de Oxígeno DBO	kg	905,43
9	Envoke	kg	356,33	31	Demanda Química de Oxígeno DQO	kg	1998,39
10	Esterol	l	17816,63	32	Dióxido de Carbono	t	11512,24
11	Finale	l	13362,47	33	Dióxido de Nitrógeno (NO2)	g	351,26
12	Glifosato	l	26724,93	34	Energía Aportada	Kw	1682205,0
13	Hexazinona	l	13362,47	35	Energía Consumida	Kw	7449765,0
14	Merlin	kg	3563,33	36	Etanol de Caña	kg	6336,61
15	MSMA	l	26724,93	37	Ión Amonio (NH4)	g	159,54
16	Nitrato de Amonio	kg	753366,67	38	Melaza(Miel Final)	t	8566,33
17	Sal de Amina	l	17816,63	39	Óxido de Calcio (CaO)	kg	156204,75
18	Semilla de caña	t	93537,33	40	Residuales líquidos	m ³	1204,50
19	Suelo	ha	8908,32	41	Residuos sólidos	t	57288,72
20	Superfosfato Triple (SPT)	kg	273766,67	42	Vapor de Biomasa	t	177,11
21	Urea	kg	556833,33				
22	Vinazas diluidas	m ³	272697,0				

Anexo No 12- Representación del Ciclo de Vida del azúcar de caña. **Fuente:** Elaboración Propia

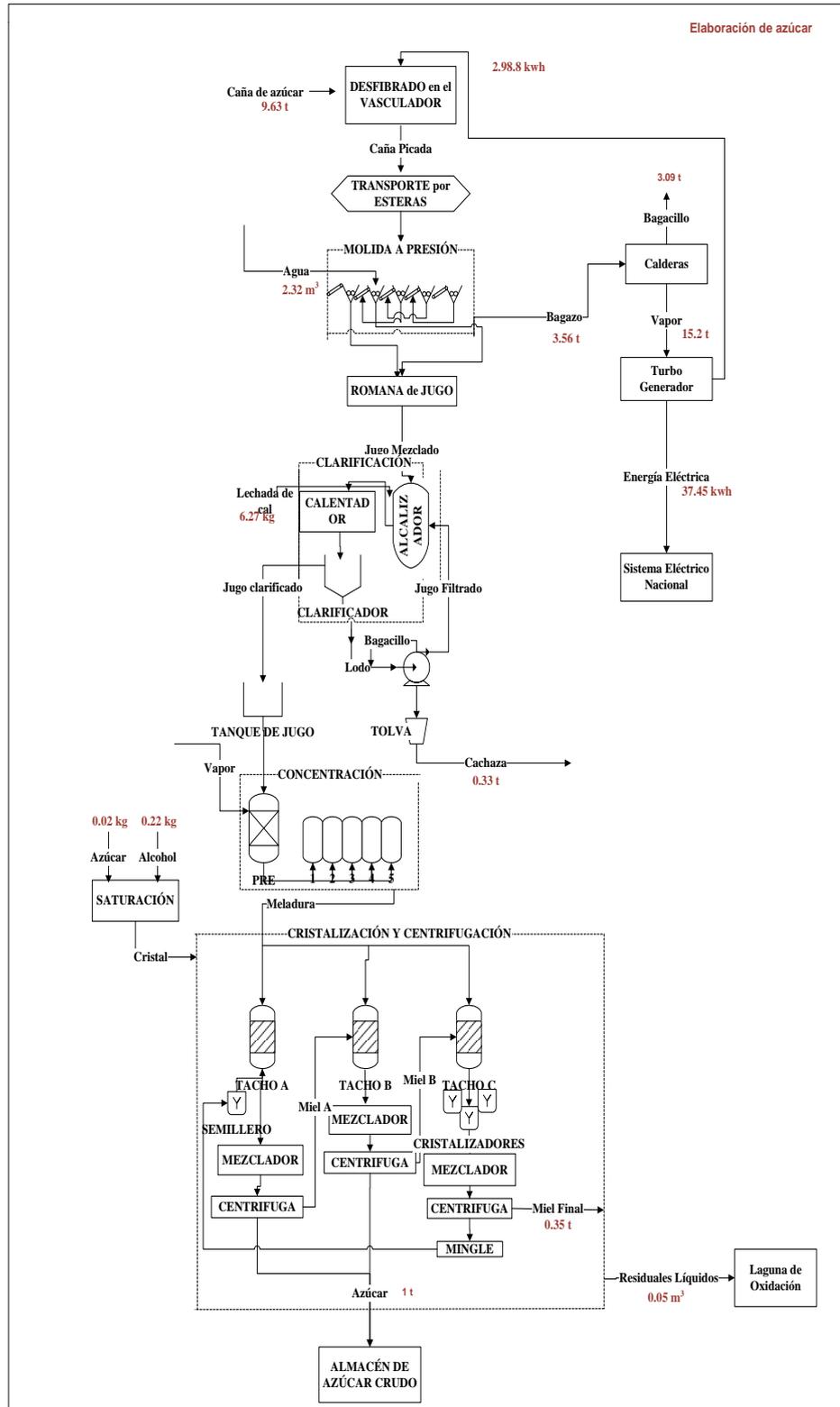


Anexo No. 13: Diagrama del Cultivo de la Caña de Azúcar. **Fuente:** Elaboración Propia.

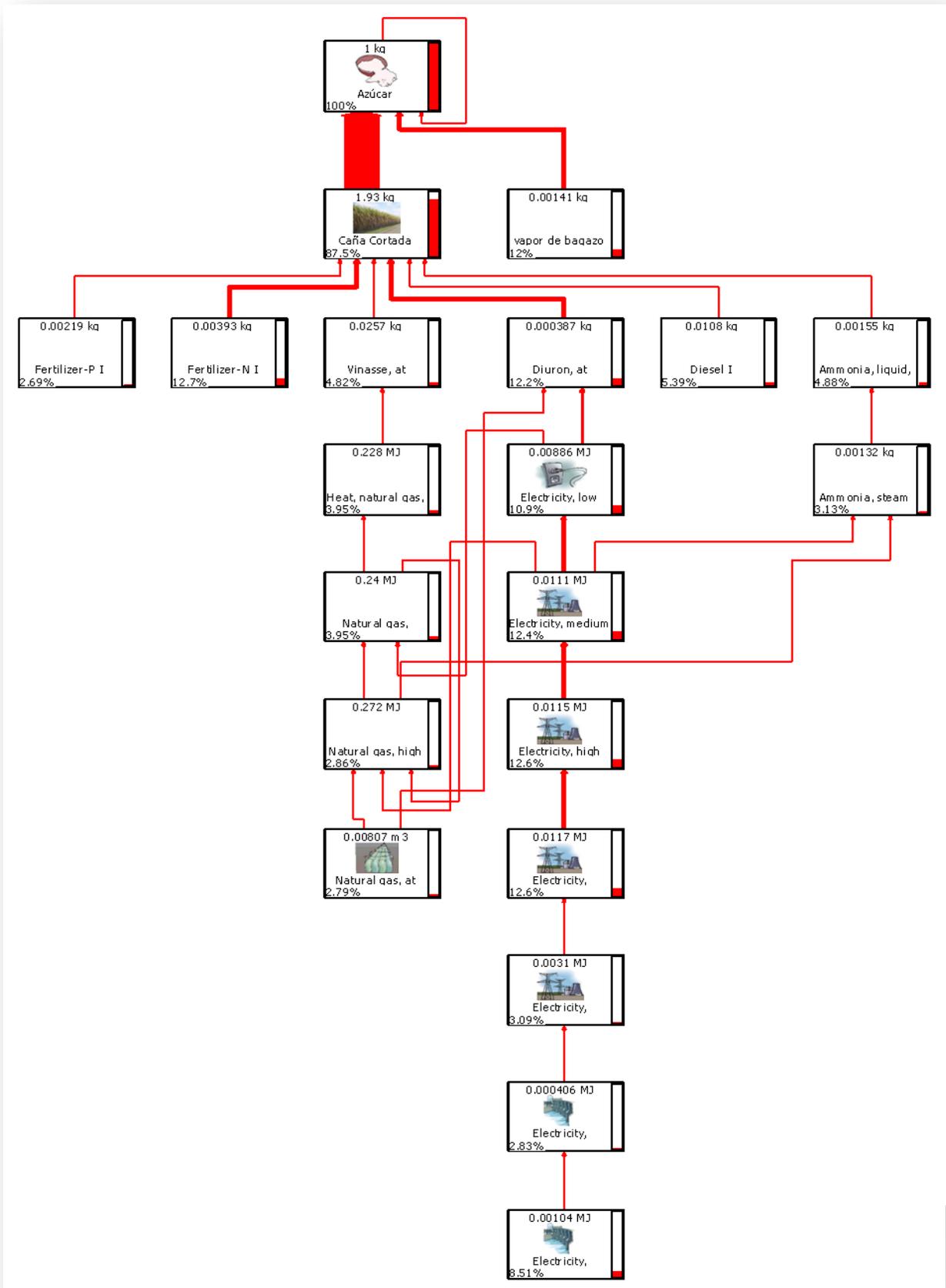


Anexo No. 14: Diagrama Proceso de Elaboración de Azúcar. **Fuente:** Elaboración Propia.

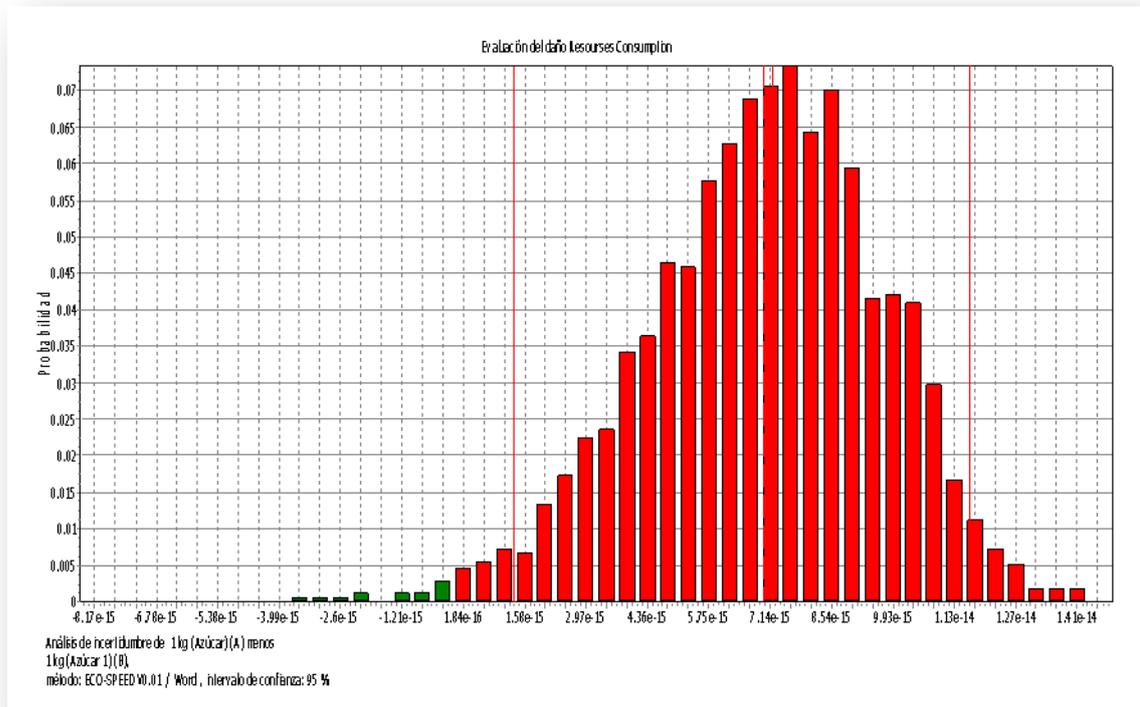
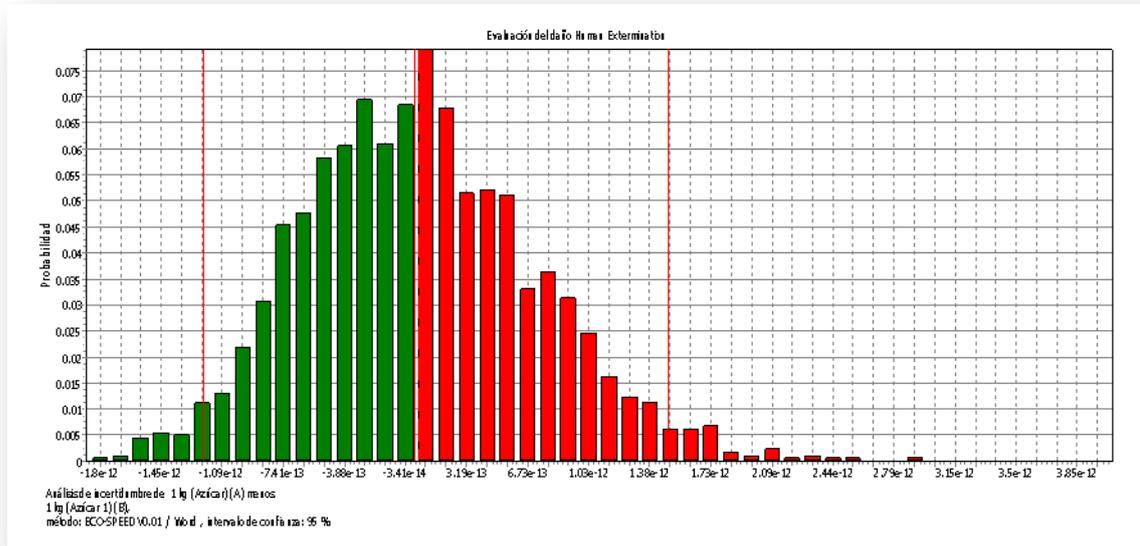
Maquinaria necesaria →



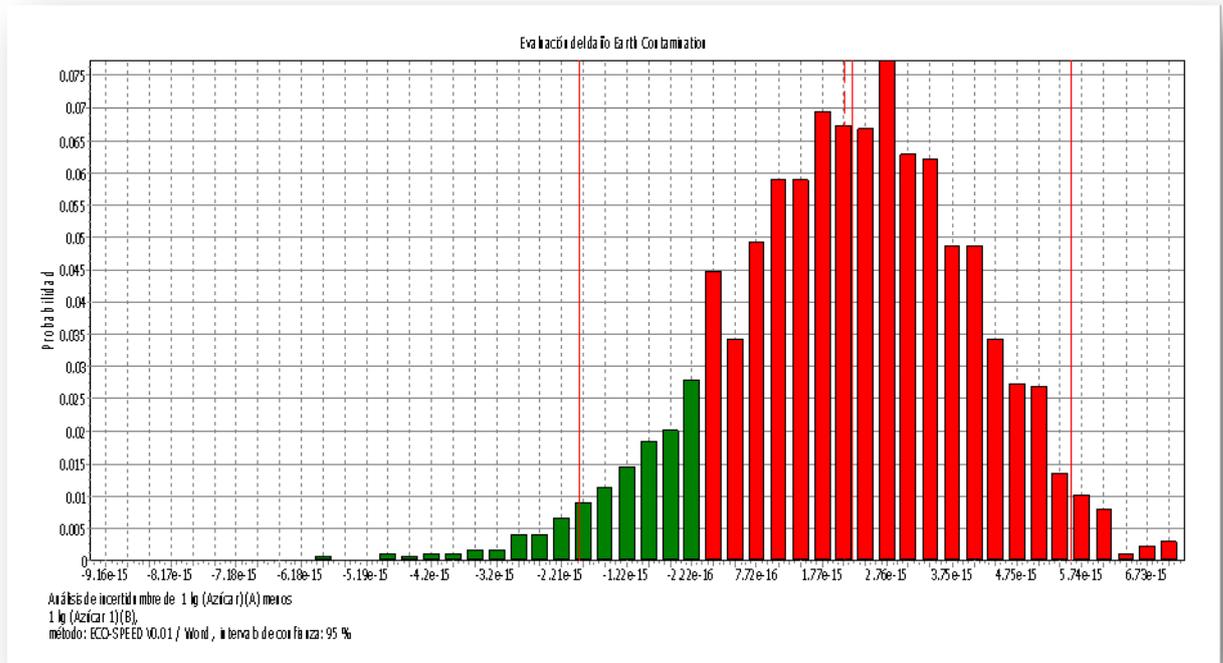
Anexo No 15: Red de la elaboración de Azúcar. **Fuente:** Elaboración Propia



Anexo No 16: Análisis de Incertidumbre para la mejora propuesta.
Fuente: Elaboración propia



Anexo No 16: Análisis de Incertidumbre para la mejora propuesta. (Continuación)



Anexo 17: Medidas de mejora propuestas. **Fuente:** Elaboración Propia.

Fases del ciclo de vida del azúcar.	Entradas y Salidas. (Qué)	Proceso. (Dónde)	Posibles Problemas Ambientales. (Por qué)	Medidas de Solución. (Cómo)	Responsable. (Quién)
Cultivo de la caña		-Preparación del Suelo. -Cultivo. -Cosecha y transporte.	Emanaciones de gases contaminantes causantes del cambio climático y agotamiento de combustibles fósiles.	- Efectuar un mantenimiento sistemático y preventivo a las máquinas agrícolas empleadas. - Evaluar la reducción de actividades innecesarias, estudiando previamente el terreno y la labor que realmente necesita para lograr un alto rendimiento de la plantación.	- Jefe de la UBPC encargada de esta actividad.
	Uso del diesel.				

Rendimiento del suelo	Cultivo de la caña.	Menor disponibilidad de suelo cultivable.	Implementar el sistema de riego por goteo.	Director de caña del Grupo Empresarial Agroindustrial (GEA).
Fertilizantes minerales.	Aplicación de fertilizantes.	Emisiones atmosféricas de amoníaco (NH ₃), monóxido de carbono (CO) y otras partículas. -Contaminación de fuentes de abasto de agua y de los suelos.	- Aplicar las dosis recomendadas por el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE). - Combinar su uso con fertilizantes orgánicos como el compost (rico en Nitrógeno, Fósforo, Potasio y otros nutrientes) y vinazas diluidas.	Jefe de la UBPC encargada de esta actividad.

Producción de Azúcar

Fertirriego con vinaza.	Aplicación de fertilizantes orgánicos.	Aumenta la acides de los suelos, (disminuye la productividad de los mismos).	Utilizarla en el periodo de tiempo recomendado (no superior a los 3 días a partir de que se genera).	- Jefe de Producción de caña - Gerente de la destilería.
Bagacillo	Transporte de bagazo	-Bagazosis -Contaminación del aire por bagacillo, generando enfermedades respiratorias en los trabajadores de la zona	Planta de miel urea de bagacillo	Jefe de Derivados

Vapor

Generación de vapor.

Explosiones en tuberías
de vapor.

El personal que trabaja
en esta área debe ser
altamente calificado.

-Jefe de Recursos
Humanos

- Energético

- Jefe de

Producción y
Fabricación