

ESTIMACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR UTILIZANDO LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV).

Juan Felipe Saavedra D.¹
Olga Rocío Vargas V.²

Abstract

This article describes the results of a Life Cycle Analysis (LCA) for traditional and organic cultivation of sugar cane in Valle del Cauca. Eco-scores obtained for each case, shown that organic cultivation is less harmful, in environmental terms, than traditional one. In the last one, the biomass burning process, made to facilitate the crop, is the principal environmental problem, while in the first one, it is the use of "pollinaza", an organic fertilizer. Based on these results recommendations were made to obtain significant reduction in the impact of the sugar cane cultivation.

Palabras claves

Problemas ambientales; Análisis de Ciclo de Vida; Cultivo de caña de azúcar; SimaPro; Impacto Ambiental.

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo muestra los resultados de un proyecto de grado en el cual se realizó una comparación y evaluación ambiental de todo el ciclo de vida del cultivo de caña de azúcar, tanto en su modalidad tradicional como en su modalidad orgánica [1]. El propósito fue examinar cada uno de los procesos del cultivo y determinar para cada caso cuáles son los impactos ambientales más significativos que deberían ser tomados en cuenta a la hora de proponer planes de mejoramiento ambiental. Para esto se implementó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida - ACV (Life Cycle Analysis - LCA) que permite no sólo analizar cada uno de los procesos que se llevan a cabo en los cultivos, teniendo en cuenta sus insumos, productos y desechos, sino también cuantificar los impactos ambientales a lo largo de todo el proceso de crecimiento y cosecha de la planta con el fin de

determinar las estrategias de mejoramiento.

2. METODOLOGÍA

Considerando que el concepto de ciclo de vida involucra el análisis, documentación y cuantificación de las cargas ambientales de la vida completa de un producto, de la cuna hasta la tumba, y su servicio asociado [2], es preciso anotar que la investigación realizada no cubrió todos los aspectos relacionados con el azúcar como producto. En esta investigación el objeto de estudio se limitó a la parte del proceso que corresponde al cultivo de caña, como proyecto inicial del análisis de ciclo de vida del azúcar como producto.

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

1 Ingeniero

2 Profesor instructor, Universidad de Los Andes

cuantificar y les asigna un ecopuntaje para facilitar así una comparación de desempeño ambiental entre procesos similares. Para la realización de un análisis de ciclo de vida se consideran cuatro pasos generales [3]:

1. Determinar la motivación y el objetivo final que se tiene para hacer el estudio: En el caso de este estudio se trata, como ya se dijo, de la comparación de formas de cultivo para determinar cuál es menos perjudicial para el medio ambiente.
2. Definir la unidad funcional que se vaya a manejar durante el análisis de todo el ciclo de vida del producto, una unidad que permita hacerle un seguimiento de manera ordenada durante todas las etapas. En este caso se tomó una hectárea de cultivo.
3. Obtener la mayor cantidad de datos posibles sobre los diferentes procesos y las diferentes etapas de vida del producto: desde materias primas, consumo de energía en los procesos de producción, procesos de uso, transporte, materiales usados en su empaque hasta la disposición de todos los residuos finales, emisiones al agua, aire, suelo o desechos sólidos reusados, reciclados o dejados en el basurero. Para la información sobre el cultivo tradicional se recurrió a CENICAÑA (Centro de Investigaciones para la Caña de azúcar); para el cultivo orgánico, se recurrió a la Hacienda Lucerna, empresa precursora en esta modalidad agrícola y que siempre va a la vanguardia en experimentos orgánicos con la caña de azúcar.
4. El último paso para concluir el ACV es la interpretación de los datos que compila toda la información obtenida en los pasos anteriores para dar conclusiones finales.

Para analizar la gran cantidad de datos de cada proceso y para determinar como contribuye cada uno de estos a los problemas ambientales más importantes, se utilizó el software SimaPro, desarrollado en Holanda por la universidad de Leiden.[4]. El resultado final del análisis con SimaPro es la cuantificación en ecopuntaje de los impactos ambientales de cada etapa definida del proceso, determinando su prioridad y

bientales principales.

Una observación más detenida permite establecer en las etapas de corte y cosecha que el impacto se concentra en el proceso de quema de la biomasa (Gráfica No. 3) con un 64,13% de contribución al smog de invierno, un

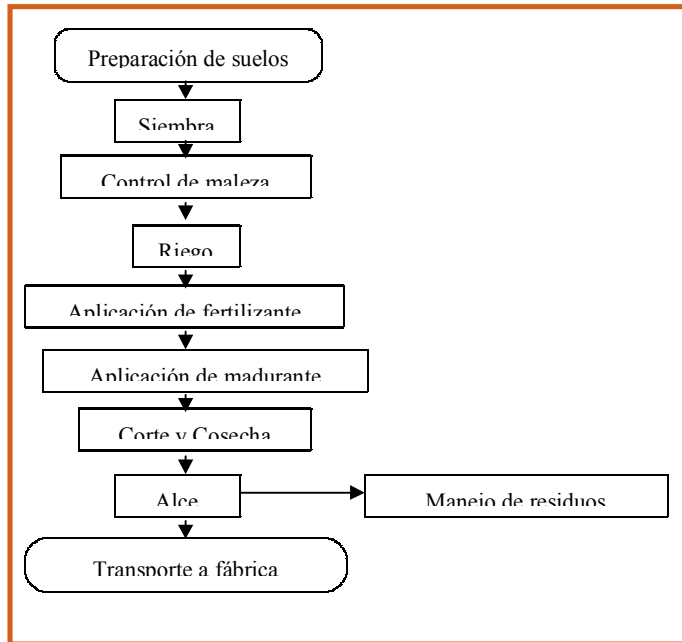


Figura No. 1. Diagrama de flujo para el proceso de cultivo tradicional de caña de azúcar. [1 Ha]

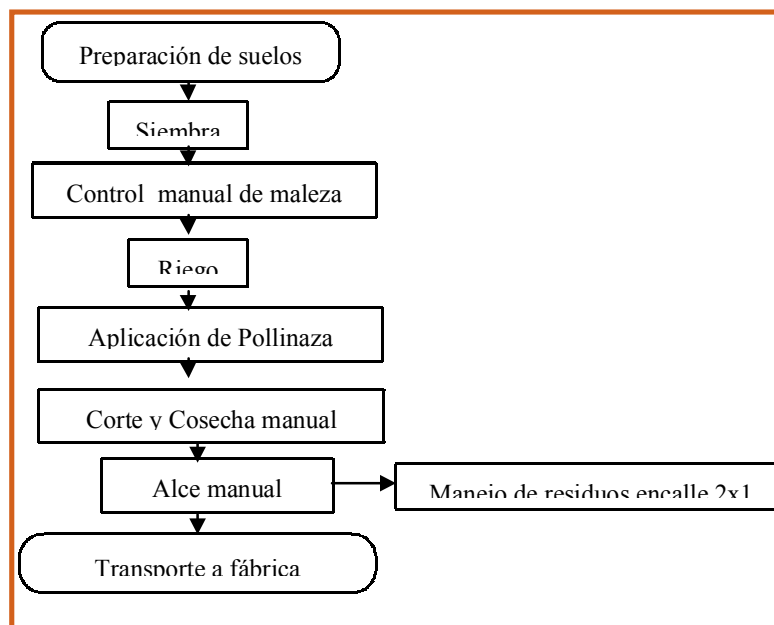


Figura No. 2. Diagrama de flujo para el proceso de cultivo orgánico de caña de azúcar. [1 Ha]

su relación con los problemas ambientales más relevantes

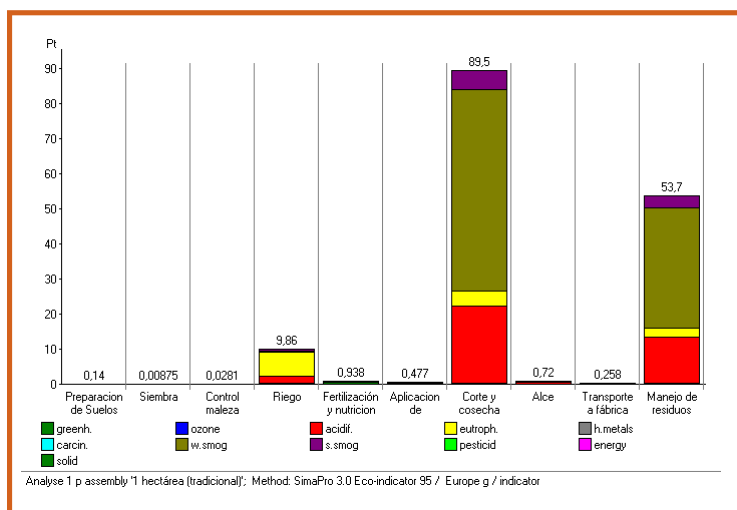
3. ESCENARIOS DE ESTUDIO

Las etapas principales de los procesos analizados se muestran en la Figura No. 1 para el cultivo tradicional y en la Figura No. 2 para el cultivo orgánico. Las variables en consideración para ambos casos son: consumos de energía durante las labores de adecuación de tierras, implementos y maquinaria utilizada, volúmenes de riegos y diferenciación de cada una de las actividades de cosecha con los insumos necesarios para llevarlas a cabo. Adicionalmente para el cultivo tradicional se consideran también los químicos empleados en la parte de control de plagas y de fertilización con las dosis respectivas y para el cultivo tradicional la dosis de pollinaza utilizada en la etapa de fertilización.

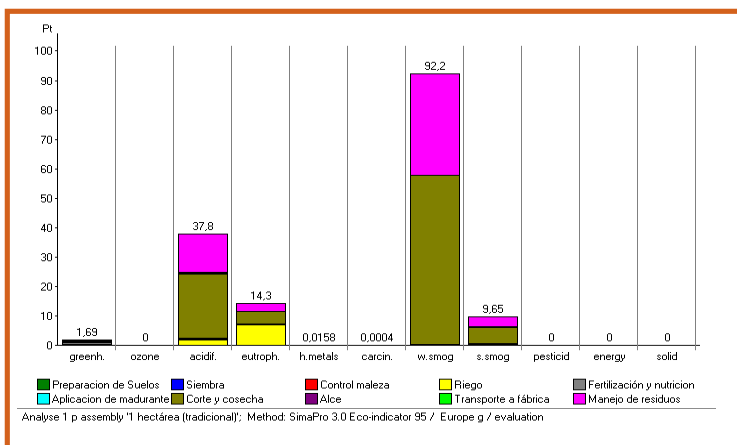
4. RESULTADOS

4.1. Cultivo tradicional de caña de azúcar

La Gráfica No. 1 nos permite observar que la etapa de corte y cosecha contribuye con 89,5 ecopuntos y la etapa de manejo de residuos con 53,7. Entre estas dos se obtiene así el 91,8% del impacto total causado por el cultivo. La Gráfica No. 2 muestra en que medida cada etapa del proceso de cultivo contribuye a los problemas ambientales principales definidos por SimaPro. Así, al smog de invierno y a la acidificación contribuyen principalmente la etapa de corte y cosecha y el manejo de residuos. La etapa de riego, por su parte, contribuye a los problemas de acidificación y sobre todo al problema de la eutrofización. Las otras etapas no tienen una contribución significativa a los problemas am-

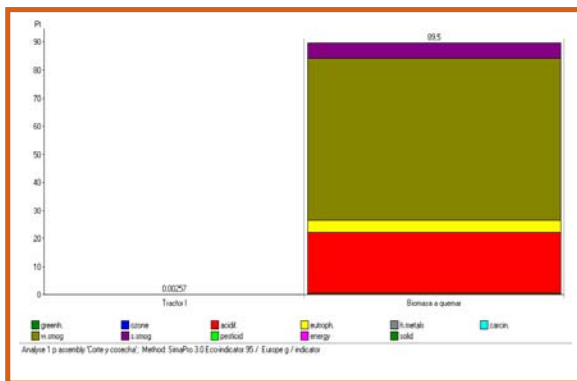


Gráfica No. 1. Identificación del impacto ambiental por etapas del proceso del cultivo tradicional.



Gráfica No. 2. Contribución de cada proceso del cultivo tradicional de caña de azúcar a los principales problemas ambientales.

24,36% en la acidificación. Esto muestra cómo la quema de la hoja y el cogollo ocasionan daños grandes a la atmósfera, mientras que su utilidad se reduce a facilitar el corte manual.



Gráfica No. 3. Impacto ambiental de la etapa de corte y cosecha en el cultivo tradicional.

La quema de biomasa emite a la atmósfera polvo o sustancias orgánicas que contribuyen al smog así como SO₂ que al sumarse con el agua y el vapor de agua se convierte en SO₄ que se precipita a la tierra en forma de lluvia ácida y de allí su nombre de acidificación.[5]

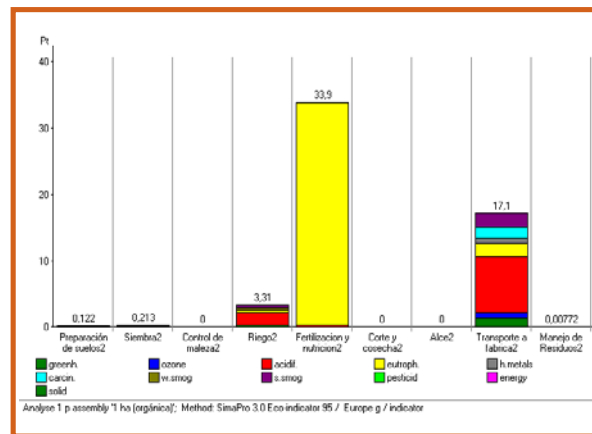
En la etapa de manejo de residuos se puede observar que el proceso de requema de los residuos orgánicos causa los mismos impactos ambientales que el proceso de quema en el corte y cosecha, sólo que en menor cantidad alcanzando un total de 53.7 ecopuntos de contribución al impacto ambiental.

4.2 Cultivo orgánico de caña de azúcar

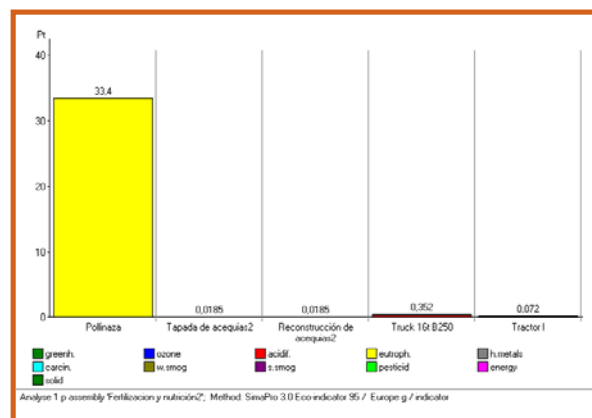
El puntaje total obtenido para todo el ciclo de cultivo orgánico es de 54.7 ecopuntos, muy por debajo de los 156 ecopuntos del cultivo tradicional. Esto muestra que indudablemente el cultivo orgánico causa un menor impacto en los problemas ambientales mencionados, sin embargo, contribuye en menor grado a problemas como la eutrofización, la acidificación y el smog de verano.

Si se considera más detenidamente el cultivo por etapas (Gráfica No. 4), la fertilización y nutrición, el transporte a fábrica y el riego son las etapas que más impacto generan, con 33.9, 17.1 y 3.31 ecopuntos respectivamente. Estas etapas contribuyen especialmente a los problemas de eutrofización, de acidificación y al smog de verano. Por otra parte, tal y como se puede observar en la Gráfica No. 6, la etapa de fertilización y nutrición es la que contribuye en mayor grado a la eutrofización, principal problema ambiental. De ahí que constituya la etapa más importante a tratar en cuanto a impactos am-

bientales y en cuanto a proposición de mejoras. La razón por la que el proceso de fertilización y nutrición tiene un alto porcentaje de contribución a la eutrofización, se encuentra en la aplicación de la pollinaza que contribuye con 33.4 ecopuntos de los 33.5 que corresponden en total al proceso de fertilización (Gráfica No. 5). Las principales emisiones hechas por la pollinaza para la contribución a la eutrofización se deben al alto contenido de materia orgánica y a la carga de DBO (60.37%), de Nitrógeno Total (27.99%) y de NH₃ (11.64%) que se encuentran en la pollinaza. [6]



Gráfica No. 4. Contribución de cada proceso del cultivo orgánico de caña de azúcar a los principales problemas ambientales.



Gráfica No. 5. Impacto ambiental de la etapa de fertilización en el cultivo orgánico.

5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Después de identificar los principales impactos ambientales para cada tipo de cultivo y los problemas ambientales que se generan con cada una de las prácticas, es indispensable proponer cierto tipo de mejoras para disminuir y, si es posible, evitar la generación de estos impactos. Un análisis de sensibilidad en donde se evalúa la diferencia entre los métodos usados y los

métodos propuestos con las mejoras, permitirá observar los resultados de las propuestas y las variaciones en el impacto ambiental del ciclo de vida de cada cultivo en particular.

Corte mecanizado en verde e incorporación de residuos en cultivo tradicional:

De acuerdo con lo planteado anteriormente, los procesos de quema y requema son los que más contribuyen a los problemas ambientales de smog y acidificación por sus emisiones al aire. La propuesta consiste en eliminar la quema que se hace para facilitar el corte manual a los corteros remplazándola por corte mecanizado con maquinaria diseñada para tal fin. Para facilitar el corte mecanizado es indispensable sembrar variedades que tengan un deshoje natural durante su etapa de crecimiento y desarrollo y que posean poca hoja y cogollo. Al respecto CENICANÑA manifiesta que la variedad con menor relación residuos/caña es la MZC 82-25 desarrollada por el Ingenio Mayagüez.

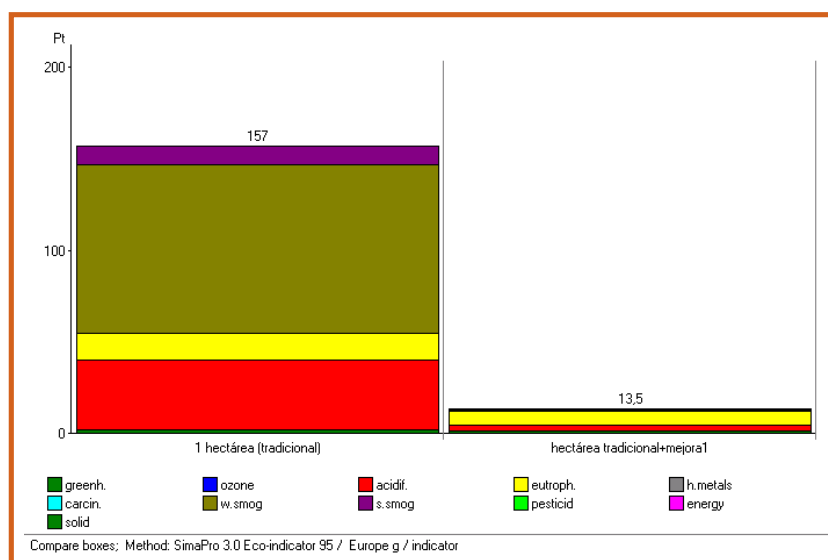
En cuanto al proceso de manejo de residuos, se propone incorporarlos al campo que se cultiva en lugar de hacer la requema. Además de evitar los procesos de requema y disposición de basuras, este procedimiento aportaría otros beneficios: mejor nutrición del suelo y menor cantidad de agua utilizada debido al contenido de humedad de la materia orgánica incorporada y al menor número de surcos regados.

Con las mejoras propuestas (corte mecanizado en verde e incorporación de residuos), se pasaría de 157 ecopuntos en el proceso tradicional a tan sólo 13.5 ecopuntos en el proceso mejorado (ver Gráfica No. 6), observando

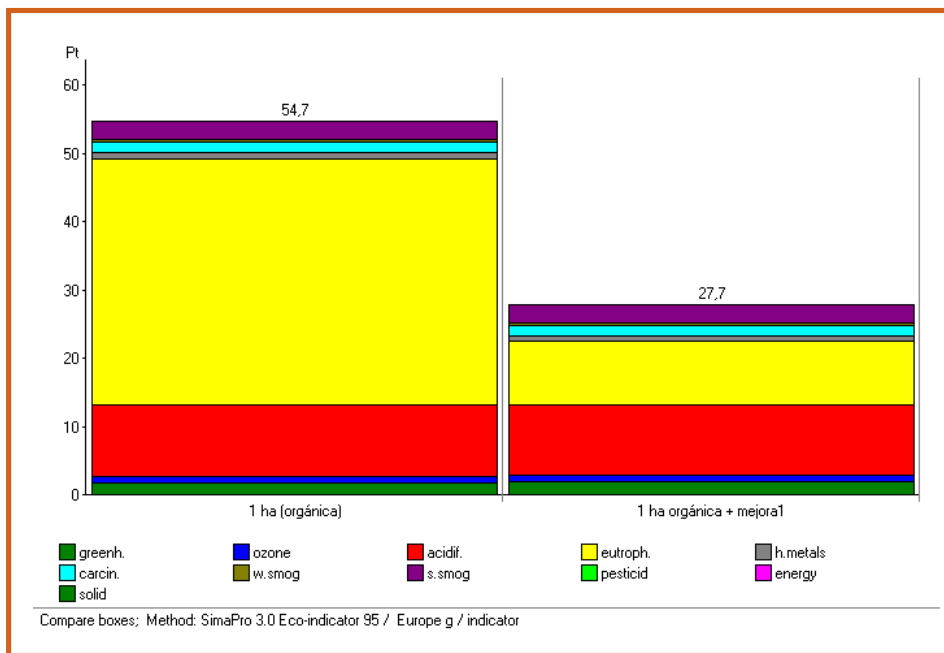
una reducción muy significativa en los principales impactos ambientales de todo el cultivo ya que lo anterior supone una reducción de 99.4% en el smog de invierno y 90.5% en la acidificación. En los otros problemas ambientales como la eutroficación, el efecto invernadero y el smog de verano se observa también una reducción importante en los impactos generados.

Fertilización del cultivo con pollinaza en un 50% y con componentes químicos en un 50% en cultivo orgánico:

Como alternativa de reducción de los impactos ambientales ocasionados por la pollinaza y de los posibles impactos en la salud humana causados por los químicos, se propone un método de fertilización en el que se aplique la mitad de requerimientos de nitrógeno con la pollinaza y la otra mitad con urea. Para la implementación de esta mejora se asume que, del total de emisiones producidas por los químicos en los procesos de fertilización y control de malezas en el cultivo tradicional, la mitad es producida por la urea. Con este procedimiento se reduciría el impacto ambiental de todo el ciclo del cultivo de 54,7 ecopuntos a 27,7 lo que significa una disminución de 49,4% en los efectos causados por todo el conjunto de actividades realizadas a lo largo del cultivo orgánico debido principalmente a la eutroficación (ver Gráfica No. 7). También se puede observar que el aumento de 3.27 ecopuntos ocasionado por la adición de químicos en la proporción propuesta se ve compensado por los 30,24 de reducción que produce la aplicación de la mitad de pollinaza. Esto implica una reducción de 89,2% en el impacto final.



Gráfica No. 6. Comparación del impacto ambiental del cultivo tradicional-



Gráfica No. 7. Comparación del impacto ambiental del cultivo orgánico vs. Cultivo orgánico con mejora de pollinaza.

6. CONCLUSIONES

- En lo referente al cultivo de caña de azúcar tradicional, se puede concluir que tiene prácticas inconvenientes para el medio ambiente que deben ser erradicadas y remplazadas lo antes posible. Es el caso de la quema de la hoja y cogollo para facilitar las labores de corte y de la requema de los residuos para disponer de ellos sin incorporarlos en el campo.
- En lo que se refiere al cultivo de caña de azúcar orgánico, fue posible establecer como el remplazo de fertilizante químico por fertilizante orgánico (pollinaza) no es tan conveniente como parece. Según los resultados obtenidos en el presente estudio, la aplicación de pollinaza como abono o fertilizante orgánico sobre el cultivo y en general sobre el suelo tiene ciertos inconvenientes ambientales. Al aplicar la pollinaza sobre el cultivo y después realizar las labores de riego, la carga orgánica a las fuentes de agua es muy alta, aún mayor que la que proporcionan los fertilizantes químicos. En este caso la eutroficación se convierte en un problema prioritario, dado que se sobre fertilizan las fuentes de agua y se produce el crecimiento acelerado de plantas que reducen el contenido de oxígeno en dichas fuentes acuíferas.
- Comparando ambos cultivos en materia ambiental se puede concluir que el cultivo orgánico es mucho más

conveniente para el medio ambiente que el cultivo tradicional. Esto debido a la erradicación de las prácticas de quema y requema, que, como se dijo anteriormente, constituyen el 92% de los impactos ambientales de todo el ciclo del cultivo tradicional

- El ACV es una herramienta que permite identificar cuáles son los impactos ambientales más importantes y cuáles son los problemas ambientales que deben ser tratados con mayor urgencia para cada tipo de cultivo, tradicional y orgánico. Por otro lado, la metodología hace posible una comparación satisfactoria en materia ambiental entre dos procesos que producen lo mismo, en este caso los dos procesos de producción de caña de azúcar. Esto gracias a la cuantificación y al puntaje que da a cada una de las etapas del proceso, y a que permite dar una calificación a todo el ciclo de vida de los cultivos, definiendo cuál de los dos procesos es más perjudicial para el medio ambiente y determinando cuáles de sus etapas se deben tratar con prioridad para reducir este impacto.
- A pesar de que SimaPro está basado en problemas e impactos ambientales de la región europea, sus bases de datos son de gran ayuda como aproximación a los problemas colombianos. Por otro lado, el software es de alta flexibilidad ya que permite la modificación y enriquecimiento de sus bases de datos con

nuevos procesos que se pueden adaptar mas fácilmente al medio local.

7. BIBLIOGRAFÍA

- 1 SAAVEDRA; Juan Felipe. Comparación del impacto ambiental del ciclo de vida del cultivo de caña de azúcar tradicional y orgánico utilizando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Santafé de Bogotá, 1999. 131 p. Trabajo de Grado (Ingeniero Industrial). Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial. Área de tecnología y producción.
- 2 DETZEL; Andreas. " Bases del análisis del ciclo de vida (life Cycle Analysis, LCA)" EN: Memorias de la Semana Internacional de la Competitividad Ambiental. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá, Noviembre, 1997. p 18-22.
- 3 UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. Life Cycle Assessment: What it is and how to do it. United Nations Publications, UNEP. Primera edición. 1996,
- 4 PRË CONSULTANT M.V. SimaPro user manual. Pré Consultants Amersfoort. Holanda. 1997.
- 5 BREZET, H., C, VAN HEMEL. Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption, United Nations Publications, First Edition, 1997.
- 6 CENICAÑA., Fertilización Nitrogenada en caña de azúcar, Serie Técnica 21, Cali, Colombia, Julio de 1998.