

METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LAS MAQUINAS AGRICOLAS, SOBRE EL RECURSO NATURAL SUELO UTILIZANDO EL METODO DEL ANALÍISIS DE CICLO DE VIDA

METHODOLOGY TO ASSESS THE IMPACT OF AGRICULTURAL MACHINES ON THE NATURAL RESOURCE SOIL USING THE LIFE CICLE METHOD

Nahir Carballo¹ y Julio Norberto Pérez²

¹Msc. Ingeniería Ambiental (UNELLEZ-San Carlos); MSc. En Maquinas Agrícolas (Convenio UNELLEZ-Cuba). Profesora adscrita al Programa Ingeniería de la UNELLEZ San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. e-mail: nahirdelc@gmail.com

²Doctor en Ciencias Técnicas. Ing. Mecánico. Profesor Titular de la Universidad Holguín CUBA. Director Centro de Estudios para Agro-Ecosistemas Áridos. email: julion@facing.uho.edu.cu

Recibido: 17-01-2011 Aceptado: 15-03-2011

RESUMEN

Al estudiar la maquinaria agrícola en general, se encuentra un amplio campo de incógnitas aún por resolver, básicamente el relacionado con los productos tractor e implemento. En este trabajo proponen los fundamentos metodológicos básicos para el análisis simplificado de la etapa de explotación del ciclo de vida del sistema tractor-Implemento, como fundamento preliminar en la aplicación del método de ACV, hacia su implementación en la evaluación de los impactos ambientales durante el proceso de preparación de tierras. Para generar la metodología fue necesario estudiar detenidamente cada uno de los factores que influyen en el manejo de estos productos, tales como; el medio ambiente, el suelo, el tractor, los implementos de labranza, las tecnologías existentes y sobre todo el hombre como factor fundamental en el manejo y uso de este sistema. La metodología está conformada por 5 etapas, tienen carácter cíclico y requieren de la realización de varias tareas o pasos de trabajo y algunas de ellas precisan ejecutar otras tantas acciones internas para su materialización. Entre sus fortalezas destacan que desarrolla en paralelo aspectos teóricos y prácticos, de forma tal que para su aplicación se dispone de una referencia práctica y concreta del tema; realiza un análisis teórico novedoso sobre un conjunto de aspectos no desarrollados aún en su totalidad relacionados con la interacción entre las unidades básicas, lo que constituye la base para nuevas aplicaciones y el perfeccionamiento de las aplicaciones prácticas del mismo y, finalmente, en los procesos que se dan de la interacción maquina – medio – hombre, tratándolo tanto desde el punto de vista de la unidad genérica como del proceso macro global, se evidencia notablemente lo complejo de estas herramientas.

Palabras claves: Impacto, Maquinaria Agrícola, Suelo, Ciclo de Vida.

SUMMARY

When farm machinery is studied it may be found a wide set of unknowns non solved, mainly related with tractor and implements which play a main role in soil preparation. A simplified LCA method considering basic methodological fundamentals is proposed in this research emphasizing evaluation of environmental impacts as soil is prepared. The methodology was generated taking in mind all the factors influencing the handle of this products and among them are: environment, soil, tractor, farm implements, technologies and man who handles and uses this system. Five stages conform this methodology to a cyclic character and it needs some working steps or tasks and at the same time some of them require another action to be completely done. As strength it develops theoretical and practical aspects in parallel generating new knowledge as it is being applied and finally the processes in the interaction machine-environment- man is treated both the generic unit and the global point of view, which evidences the complexity of these tools.

Key words: *Impact, farm machinery, soil, life cycle.*

INTRODUCCIÓN

El deterioro la erosión, la compactación y la salinización que produce con el tiempo la pérdida acelerado y creciente del medio ambiente es, hoy día, posiblemente el peligro a largo plazo más grave que enfrenta toda la especie humana en su conjunto, y muy en particular el aún llamado Tercer Mundo. Se trata de la peor amenaza que tiene planteada ante sí toda la humanidad.

Entre los principales problemas ambientales en el mundo se incluyen: el calentamiento global de la atmósfera, la creciente contaminación del agua, la degradación del suelo en los hábitats agrícolas y naturales, incluyendo de la capacidad productiva del suelo (FAO, 1990).

Una de las vías para aumentar la producción agrícola lo constituye sin duda la mecanización agrícola. Sin embargo el uso de la maquinaria durante la realización de actividades agrícolas, sin tener en cuenta las características del mismo, así como la incorrecta selección y explotación de las máquinas e implementos está incidiendo directamente sobre el medio a través de las emisiones de gases, líquidos (como lubricantes) y por la acción de sus órganos de trabajo y de locomoción sobre el suelo, provocando diferentes tipos de afectaciones a los recursos naturales. En el caso específico de la degradación de los suelos; la causa de este proceso está dada en tres direcciones fundamentales: compactación, erosión y salinización (Etana et al., 1999; Bonilla, 1998; Araujo et al., 2002).

De lo expresado se presenta la contradicción dada por un lado, en la necesidad del empleo de la mecanización como tecnología viable y necesaria para el incremento de la producción y por el otro las consecuencias de su explotación inadecuada. Lo que muestra la necesidad, a decir de Aluko y Koolen (2001) del empleo de un nivel de mecanización apropiado para las condiciones de los países.

Varios autores plantean de diferentes formas que los daños que la maquinaria ejerce sobre los recursos naturales pueden reducirse si se fabrica, selecciona y explota adecuadamente la misma, Pérez (2007).

De las herramientas que se emplean para evaluar el impacto sobre el medio de un determinado producto o servicio la que presenta una mejor estructuración y fundamentación teórica como método general es el llamado Análisis del Ciclo de Vida (en lo sucesivo, ACV); el cual se tomará como base en esta investigación. Son abundantes los trabajos publicados que emplean esta metodología: Müller (1999), Pérez (2007), en disímiles aplicaciones.

La idea de la Evaluación del Ciclo de Vida (en lo adelante, ECV), es inventariar y evaluar los impactos que se producen 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, lo cual da como resultado un informe utilizado para tomar decisiones. Este proceder se encuentra normalizado en la Norma ISO, en su serie 14000.

El ACV es un método de alcance general que requiere el desarrollo de herramientas específicas para su aplicación, en correspondencia con el objeto de investigación de que se trate. Para el caso concreto de la maquinaria agrícola, como se señaló anteriormente, los procedimientos e instrumentos aplicados han sido insuficientemente desarrollados por lo cual se requieren efectuar investigaciones que llenen este vacío.

Venezuela es un extenso país con un enorme potencial para la producción agrícola. Esta rama de la economía constituye una de las de mayor importancia económica y social dada la demanda creciente de productos agrícolas, lo cual obliga a adoptar formas superiores de organización en la agricultura, que conduzcan a la necesaria intensificación de la misma, considerando el medio ambiente (Batista, 2006).

En este contexto la explotación del parque de máquinas reviste para Venezuela una importancia esencial. Sin embargo el proceso de mecanización agrícola en Venezuela ha presentado dificultades en diferentes aspectos relacionados con las prácticas agrícolas inadecuadas, la deficiente adquisición y gestión de la maquinaria entre los que se pueden señalar (Cortes et al., 2008):

- Prácticas dañinas que deterioran la estructura del suelo y producen compactación son: excesivo tráfico de maquinaria, imprecisión y dificultad de calibración del parque, uso inadecuado de diversos equipos sin considerar las condiciones geológicas, etc.
- El parque de maquinaria agrícola está envejecido, su desarrollo tecnológico es mínimo, se encuentra sobreutilizado y muestra fuerte deterioro de la capacidad técnica, para atender las necesidades del sector.
- Tampoco existen procesos de planificación, selección, mantenimiento y administración adecuados de estos recursos, ni políticas claras para un programa racional de mecanización hacia el futuro.
- La maquinaria casi en su totalidad es importada. Esto ha creado con el paso de los años una situación problemática fuerte en cuanto a duración y su adaptación a los ambientes locales; pues sus condiciones de fabricación y evaluación no están realmente adaptadas a las condiciones reales.
- No existe una metodología que permita evaluar el impacto que ejerce la maquinaria sobre el suelo y otros recursos naturales, lo que facilita favorablemente su degradación con

el desarrollo de las actividades agrícolas, por lo que se desconoce el verdadero impacto que causa la maquinaria sobre el ambiente y en consecuencia se limita la capacidad de accionar para resolver esta problemática.

Por todo lo anteriormente considerado se puede plantear el siguiente problema: En Venezuela se está desarrollando la producción agrícola y en especial su mecanización con consecuencias dañinas para los principales recursos naturales que la sustentan, por el uso inadecuado de las tecnologías agrícolas y la maquinaria asociada, entre otros aspectos. Por otro lado al ser insuficiente el desarrollo de las aplicaciones científicas y tecnológicas tanto nacionales como internacionales para evaluar el impacto de la maquinaria agrícola sobre el medio, ha traído como consecuencia que no se han desarrollado estudios para evaluar el real impacto de la maquinaria sobre el medio durante su explotación y en consecuencia se ha limitado la capacidad de los decisores para tomar medidas encaminadas a la solución de esta problemática.

La solución a este problema reviste especial importancia en la actualidad para el país, dado por el estado en que hoy se encuentran nuestros recursos naturales en especial los suelos, situación que en el transcurso de los años se ha ido incrementando paulatinamente.

Objeto de estudio: El sistema tractor - implemento.

Campo de estudio: Evaluación del impacto que ejerce el sistema tractor - implemento sobre el ambiente.

Objetivo general:

Desarrollar una metodología para el análisis del sistema tractor – implemento, como base preliminar en la aplicación del método de Análisis de Ciclo de Vida; para su implementación en la evaluación de los impactos ambientales.

Objetivos específicos.

1. Realizar un análisis del estado actual del arte sobre la maquinaria agrícola y su explotación, los recursos naturales asociados a la explotación agrícola y las herramientas actuales de evaluación de los impactos ambientales de la mecanización.

2. Elaborar una metodología para el diagnóstico de los elementos que intervienen en el sistema tractor – implemento, como base preliminar en la aplicación del método de Análisis de Ciclo de Vida hacia su implementación en la evaluación de los impactos ambientales
3. Contribuir a la adaptación de la metodología del ACV para su aplicación en evaluación de los impactos ambientales del sistema tractor – implemento.

FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS PARA EL ANÁLISIS SIMPLIFICADO DE LA ETAPA DE EXPLOTACIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL SISTEMA TRACTOR

2.1. Precisión de la problemática

Como se expresó antes la maquinaria agrícola, como todo producto o servicio, durante su ciclo de vida ejerce determinados impactos sobre el ambiente. Estos daños pueden reducirse si se fabrica, selecciona, explota y recicla o dispone adecuadamente la misma. Dentro del conjunto de máquinas agrícolas que se explotan en la actualidad no cabe duda que las que mayor difusión y empleo han alcanzado son el tractor como máquina energética autopulsada y la gama de implementos agrícolas, que se adicionan y se desplazan agregados al tractor para la realización de las diferentes labores agrícolas, como máquina de trabajo. Estas particularidades han creado gran interés por conocer el impacto ambiental del sistema producto **tractor-implemento agrícola**.

En correspondencia con lo antes consignado, y los resultados del análisis del estado del arte, el presente capítulo tiene como propósito:

Contribuir a la creación de los fundamentos metodológicos para el análisis simplificado de la etapa de explotación del Ciclo de Vida del sistema Tractor-Implemento.

Metodología para el análisis de sistema Tractor- Implemento durante la etapa de explotación como fundamento teórico para el análisis de su ciclo de vida

En la figura 2.1 se presentan los componentes esenciales de la metodología general para el análisis de ciclo de vida de un producto o servicio. La misma considera cuatro fases de trabajo interrelacionadas: definición de los objetivos y el alcance,

análisis del inventario, evaluación del impacto e interpretación de resultados, que siguen una secuencia más o menos definida, aunque en ocasiones es posible realizar un estudio no tan ambicioso obviando alguna fase. A partir de los resultados de una fase pueden reconsiderarse las hipótesis de la fase anterior y reconducirla hacia el camino que ofrezca el nuevo conocimiento adquirido. El ACV es, por lo tanto, un proceso que se retroalimenta y se enriquece a medida que se realiza.

Partiendo de los fundamentos teóricos y metodológicos antes consignados y correspondencia con el problema concreto de la investigación en la figura 2.2, se ha sintetizado la metodología específica desarrollada para la realización del análisis del sistema como parte correspondiente al ACV del sistema tractor implemento agrícola. Las etapas de trabajo a desarrollar como parte de la metodología son:

- Representación y descripción del ciclo de vida completo del conjunto producto objeto de estudio para revelar los rasgos y componentes esenciales.
- la simplificación o filtrado del sistema general, despojándolo de los aspectos no esenciales o no interesantes para el estudio.
- la fijación de los objetivos concretos del estudio.
- el análisis del sistema simplificado en correspondencia de los objetivos, donde se desarrollan varias etapas como son: Precisión de la función y de la unidad funcional de referencia para el estudio de ACV, relación de elementos que lo integran, establecimiento del flujo de referencia así como los límites iniciales del sistema.
- Análisis de los procesos. Se identifican y describen los procesos tanto cualitativamente como de forma analítica.



Figura 2.1. Metodología de análisis de ciclo de vida del proceso de explotación del conjunto tractor - implemento los recursos naturales

Descripción del ciclo de vida del conjunto tractor implemento

Con el objetivo de evaluar el ciclo de vida completo del proceso o actividad, los estudios típicos incluyen todas las etapas: la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final.

Como se observa en la figura 2.3, el ciclo de vida típico de la máquina agrícola comienza desde que se extrae la materia prima, luego se dan un conjunto de etapas del ciclo del producto entre las que se encuentran, transporte de materias primas, de productos elaborados de los desechos del mismo, su fabricación, distribución uso, reutilización y mantenimiento y finalmente la gestión del residuo donde en correspondencia con las normas establecidas puede reciclarse o disponerse finalmente al medio. En cada una de estas etapas se requiere de determinada cantidad de material y energía para lograr realizar la función de cada una de ellas a la vez que, como consecuencia de los procesos que tienen lugar se genera determinadas cantidades de desechos como salidas del ciclo durante sus diferentes etapas; en primer lugar emisiones al aire, agua y suelo de sustancias dañinas en forma de emisiones gaseosas, efluentes líquidos, desechos sólidos; en segundo término se producen ruidos y vibraciones dañinas a la salud animal y humana; en tercer lugar se producen acciones que originan deformaciones a la estructura y con el tiempo favorecen la alteración en la composición del suelo como resultado del uso de la maquinaria.

Simplificación del sistema.

En este punto a partir de los antecedentes del problema y del estudio de las diferentes etapas del ciclo de vida del producto se procede a precisar el campo de

investigación, es decir si se desarrollará el análisis completo o simplificado. Dos razones concretas conducen a ello. En primer lugar, las limitaciones que presenta el realizar un estudio completo de ACV, como han precisado varios estudios, dado por el tiempo elevado que requiere ejecutar el inventario, por lo difícil que resulta obtener determinadas informaciones de partidas, lo que incrementa los costos, y además por lo complejo del procesos de cálculo, de análisis e interpretación. La segunda razón para la simplificación está dada por los intereses concretos del estudio, los cuales pueden estar centrados en determinado aspecto concreto del objeto investigado.

En los estudios prácticos precedentes, aplicables al sistema tractor-implemento agrícola, las simplificaciones han sido fundamentalmente de las siguientes formas:

- Ejecutar una o algunas fases del ACV.
- Realizar el ACV en una o algunas de las etapas del producto.
- Disminuir la complejidad del análisis del impacto, es decir; estudiar un impacto simple en lugar del total.

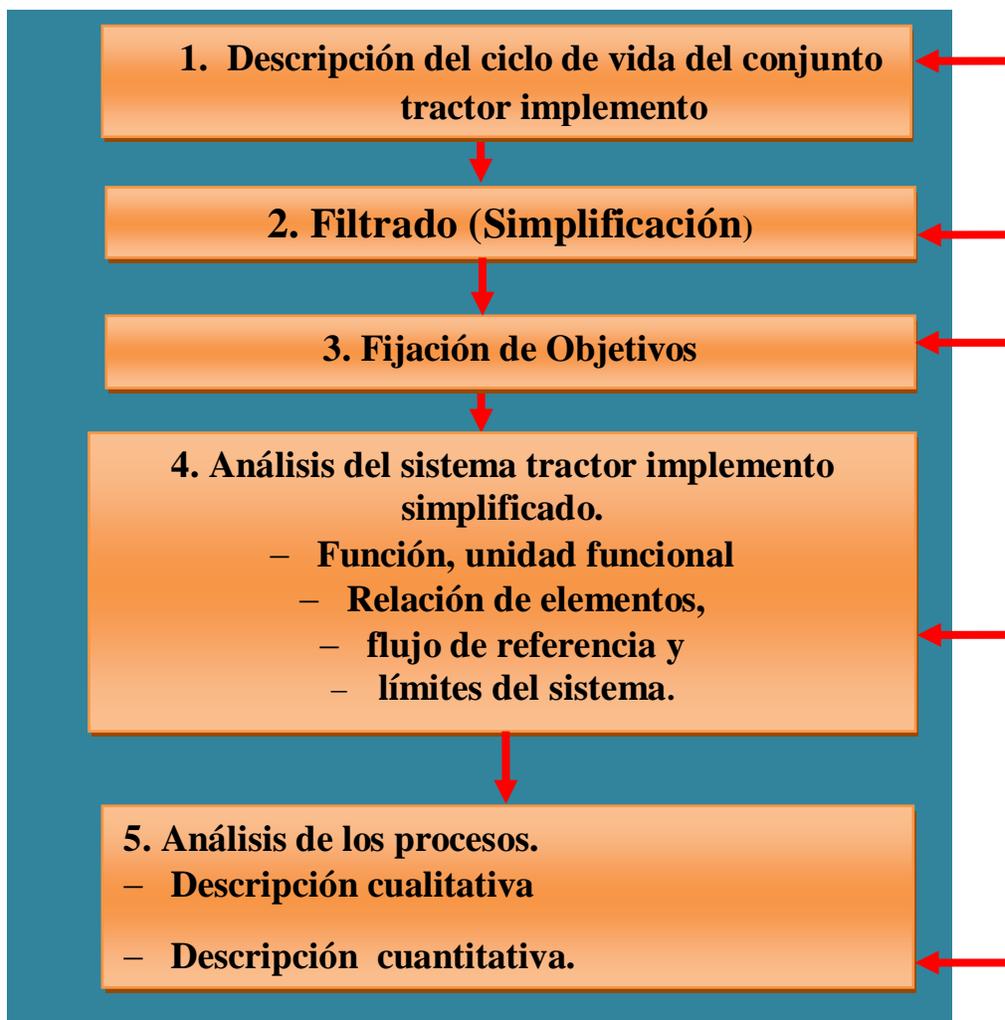


Figura 2.2. Metodología para el análisis de sistema Tractor-Implemento durante la etapa de explotación como fundamento teórico para el análisis de su ciclo de vida.

Análisis de los procesos unitarios.

De acuerdo con investigaciones citadas por Cowell y Clift (1997), y Rodríguez (2008); la asignación de cargas ambientales a las distintas corrientes de un proceso y la realización del correspondiente balance se realiza mediante una metodología basada en el uso de un **vector** que trata de contener toda la información acerca de todos los tipos posibles de contaminación. Cada producto o proceso, lleva asociado un vector con toda la información sobre la contaminación generada durante todo el ciclo de vida. Este **eco-vector** v es un vector columna en el cual cada elemento corresponde a un contaminante particular.

Cada flujo de masa en el proceso ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) lleva asociado un eco-vector \mathbf{v} cuyos elementos se expresan en masa (kg de contaminante por kg de producto) o en energía ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$), para cargas no medibles en unidades de masa como radiación o intensidad acústica ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$). Es por ello que en general nos referimos a carga ambiental por unidad de masa ($\text{CA}\cdot\text{kg}^{-1}$). En cada caso deben expresarse en unidades que puedan ser acumuladas y con las cuales se puede realizar un balance. La expresión 2.1 muestra un eco-vector masa \mathbf{v}_m en el cual las cargas ambientales están agrupadas en tipos de impacto ambiental.

$$V_m = \begin{pmatrix} (\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}) \text{ o } (\text{CA}\cdot\text{kg}^{-1}) \\ \text{Residuos s\u00f3lidos} \\ \text{Vertidos l\u00edquidos} \\ \text{Emisiones a la atm\u00f3sfera} \\ \text{Materia prima no renovable} \\ \text{Materia prima renovable} \\ \text{Efectos sobre suelo} \\ \text{Otros impactos ambientales} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

El producto del flujo de masa FM ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) de un proceso por el vector correspondiente \mathbf{V}_m , da la cantidad de contaminante P ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) o ($\text{CA}\cdot\text{s}^{-1}$) generados hasta esta etapa del proceso. La cantidad ($\text{CA}\cdot\text{s}^{-1}$) indica la carga ambiental por unidad de tiempo no medible en unidades de masa como por ejemplo la radiaci\u00f3n o intensidad ac\u00fasica.

$$FM \cdot \mathbf{v}_m = P \quad (2.2)$$

An\u00e1logamente cada flujo de energ\u00eda ($\text{J}\cdot\text{s}^{-1}$ \u00f3 W) lleva asociado un eco-vector energ\u00eda \mathbf{v}_e cuyos elementos se expresan en masa (kg de contaminante por kJ) como en el caso del eco-vector masa o en forma gen\u00e9rica ($\text{CA}\cdot\text{kg}^{-1}$).

$$V_m = \begin{pmatrix} (\text{kg}\cdot\text{kJ}^{-1}) \text{ o } (\text{CA}\cdot\text{kJ}^{-1}) \\ \text{Residuos s\u00f3lidos} \\ \text{Vertidos l\u00edquidos} \\ \text{Emisiones a la atm\u00f3sfera} \\ \text{Materia prima no renovable} \\ \text{Materia prima renovable} \\ \text{Efectos sobre suelo} \\ \text{Otros efectos ambientales.} \\ \text{Otros impactos ambientales} \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

Del producto del flujo de energ\u00eda E ($\text{kW}\cdot\text{s}^{-1}$) por el vector \mathbf{v}_e correspondiente, resulta el flujo de contaminantes, el vector P ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$) o ($\text{CA}\cdot\text{s}^{-1}$), generado en la producci\u00f3n de esta energ\u00eda:

$$E \cdot v_e = P \quad (2.4)$$

Las expresiones (2.2) y (2.4) indican que la carga ambiental de las corrientes de masa y energía pueden ser tratadas conjuntamente, porque el producto de un flujo por el correspondiente vector es siempre el flujo de contaminantes P expresado en $(\text{kg}\cdot\text{s}^{-1})$ o $(\text{CA}\cdot\text{s}^{-1})$. Cada corriente de entrada del sistema lleva asociada un eco-vector y su contenido debe distribuirse entre las corrientes de salida del sistema. El balance de cada uno de los elementos del eco-vector debe cerrarse de forma que la cantidad total de contaminante a la salida del proceso debe ser igual a la cantidad de contaminante de las corrientes de entrada más el que se genera en el mismo proceso.

De esta manera, el inventario o balance de carga ambiental de un proceso o producto se realiza de forma similar al balance de materia. Se divide el proceso en unidades o subsistemas y en cada uno de ellos se plantea y resuelve el sistema de ecuaciones que permite calcular los ecovectores de las corrientes de salida o intermedias. La solución de todo el sistema permite un conocimiento detallado de la procedencia de la contaminación que se adjudica a cada producto de la planta.

Por ejemplo, si consideramos un sistema genérico representado por la figura 2.8, con "n" entradas de materias primas y energía y "n" salidas de productos y residuos, el balance de carga ambiental global vendría definido por la ecuación (2.5).

$$\sum_{i=1}^n IP_i v_{mIP_i} + \sum_{i=1}^n IE_i v_{eIE_i} - \sum_{i=1}^n WI_i v_{eWI_i} = \sum_{i=1}^n PI_i v_{ePI_i} \quad (2.5)$$

Donde:

IP_i Son las entradas másicas, IE_i las entradas energéticas, PI son las corrientes de salida (productos y subproductos), WI son los residuos y $v_{m,e}$ son los eco-vectores másicos y energéticos de las corrientes.

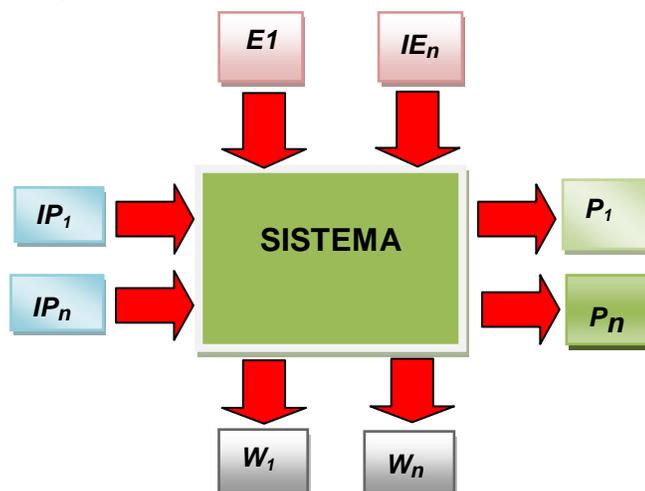


Figura 2.8. Sistema genérico

Análisis de las interacciones del sistema general.

El análisis anterior se refiere a proceso unitarios sin embargo sobre el suelo dan un número no predecible de flujos unitarios en correspondencia con la combinación de los elementos. Por eso es necesario el análisis macro.

Los componentes del sistema (Tractor – Implemento), interactúan creando diferentes variantes o combinaciones que originan un complejo e interesante producto de reacciones; esto nos lleva a tratar de modelar matemáticamente el comportamiento y respuestas generadas por las diferentes matrices compuestas por los elementos presentes en el sistema estudiado. Este producto, máquina – tractor, al interactúan y generar múltiples variantes, requiere el estudio de cada una de las reacciones.

Esto se puede representar la ecuación matricial 2.6, de los componentes del sistema tractor – implemento tal como sigue;

$$I_{S_u} = \begin{matrix} T_{i,j,k} \\ IM_{m,n,l} \end{matrix} + \begin{matrix} Cu_{i,j,k} \\ T_{m,n,l} \end{matrix} + \begin{matrix} CL_{i,j,k} \\ H_{m,n,l} \end{matrix} \quad (2.6)$$

Donde:

I_{S_u} : Interacciones que se producen sobre el suelo y pueden causar impactos ambientales.

$T_{i,j,k}$: Matriz columna que representa los i,j,k, modelos de tractores a usar.

$IM_{m,n,l}$: Matriz columna que representa los i,j,k, modelos de implementos a usar.

$Cu_{i,j,k}$: Matriz columna que representa los i,j,k, tipos de cultivos a usar.

$T_{m,n,l}$: Matriz columna que representa los i,j,k, tipos de tecnologías de preparación de suelo a implementar.

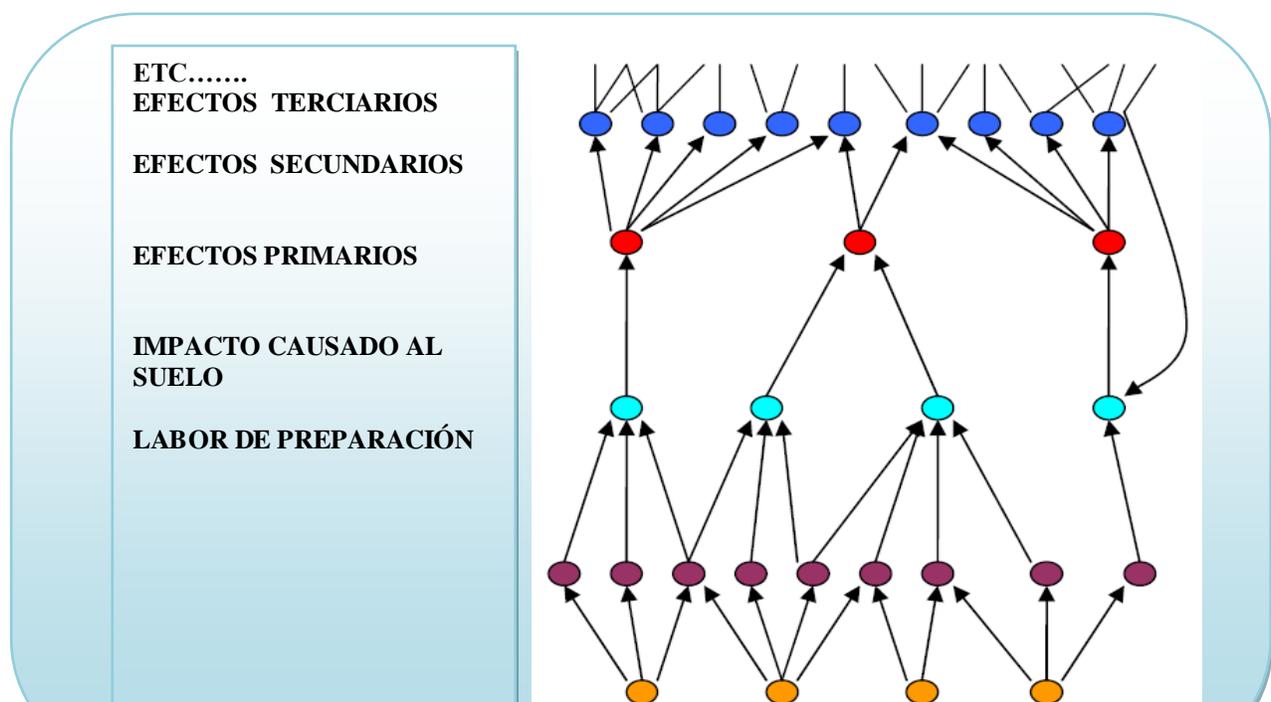
$CL_{i,j,k}$: Matriz columna que representa los i,j,k, tipos de Ambientes –Climas de la zona.

$H_{m,n,l}$: Matriz columna que representa los i,j,k, las competencias, motivaciones y estados de ánimo del hombre involucrado en el sistema.

Como una forma de ilustrar las interacciones, se muestra es la figura 2.9; allí se puede observar en forma detallada las diferentes interacciones y dependencias existentes entre los elementos que constituyen el sistema tractor - implemento. Así por ejemplo una matriz donde se combinan seis efectos, será del tipo: **H1C1L2T1I2A1**; donde cada una de estas variables representa unas condiciones seleccionadas determinadas; así mismo, se pueden generar múltiples combinaciones del sistema tractor – implemento; razón por la cual se fundamenta aún más la aplicación de la metodología generada en esta investigación. De acuerdo a Finnveden (1996), los modelos de caracterización pueden estar basados en efectos intermedios (midpoints) o efectos finales (endpoints).

La Figura 2.10 representa una cadena causa- efecto, donde puede observar el número de posibles interacciones, en el caso de una matriz 2x2. Para representar el efecto acumulado de forma grafica de esas posibles combinaciones se usa este diagrama que ilustra cómo cada impacto causado al suelo en las labores de preparación de tierras, implican una serie de efectos intermedios y finales. La consideración de estos efectos hace la diferencia en la mayor parte de los métodos de evaluación de impactos.

Las categorías de impacto ambiental intermedias, tales como la preparación del suelo, se hallan más cercanas a la intervención ambiental, permitiendo, en general, modelos de cálculo que se ajustan mejor a dicha intervención. Éstas proporcionan una información más detallada acerca de cuál y en cuál punto se afecta el medio ambiente. Las categorías de impacto finales son variables que afectan directamente a la sociedad (producto final: cultivo), por tanto su elección resultaría más relevante y comprensible a escala global



El producto de esta investigación, resulta en que se generó una metodología para el análisis simplificado de la etapa de explotación del ciclo de vida del sistema tractor-Implemento, basado en un análisis de las diferentes metodologías existentes y adaptables a este tipo de investigación, que se caracterizan por;

La metodología desarrollada como base imprescindible, metodológica y teórica, está conformada por 5 etapas al igual que el método general, tienen carácter cíclico y requieren de la realización de varias tareas o pasos de trabajos algunos de ellas precisan ejecutar otras tantas acciones internas para su materialización; lo cual permite establecer el basamento conceptual para estudios posteriores.

Esta metodología, a diferencia de otras existentes, desarrolla en paralelo aspectos teóricos y prácticos, de forma tal que para su aplicación se dispone de una referencia práctica y concreta del tema.

Realiza un análisis teórico novedoso sobre un conjunto de aspectos no desarrollados aún en su totalidad relacionados con; la interacción entre las unidades básicas; que constituye la base para nuevas aplicaciones y el perfeccionamiento de las aplicaciones prácticas del mismo.

En los procesos que se dan de la interacción maquina – medio – hombre, tratándolo tanto desde el punto de vista de la unidad genérica como del proceso macro global, se evidencia fehacientemente lo complejo de estos estudios.

CONCLUSIÓN

La metodología empleada resultó ser una herramienta básica a usar por todos aquellos investigadores que pretendan aplicar herramientas para el estudio de los impactos ambientales causados por los factores que generan la interacción maquina – tractor sobre el medio ambiente y cuantificar cualitativa o matemáticamente dichos daños.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Coordinación de Investigación de la UNELLEZ-San Carlos por el financiamiento otorgado para realizar esta investigación codificada bajo el N° 306109102.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aluko, O.B., Koolen, A.J. (2001). Dynamics and characteristics of pore space changes during the crumbling on drying of structured agricultural soils. *Soil & Tillage Research*. 58, 45-54 p
- Araujo De Medeiros, G. Freitas Lucarelli, J.R., Daniel, L.A. (2002). Influencia do sistema de preparo sobre as características físicas de um latossolo vermelho. *Memorias. XII Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola y II Foro de la Agroindustria del Mezcal*. Oaxaca, México.
- Batista Zaldívar, M. (2006). Modelo y Programa Ambiental Integral de la Cuenca del Cauto en la Provincia de Holguín, tesis presentada en opción al Título de Máster en Gestión Ambiental. Instituto superior de Ciencias y tecnologías nucleares, la Habana.
- Bonilla, R; Murillo, J.(1998). Desarrollo de sistemas de manejos para la recuperación de suelos compactados de los departamentos de la Guajira, César y Magdalena. *Memorias del Encuentro Nacional de Labranza de Conservación*. Editora Guadalupe Ltda. Villavicencio, Meta. Colombia, 460 p.

- Cortes Marín, Elkin Alonso y Aristizábal Iván Darío (2008). Aportes y limitaciones de la mecanización agrícola al desarrollo del sector agropecuario y rural. Disponible: <http://www.agro.unalmed.edu.co>. [Consulta: 15 de Febrero 2008].
- Cowell, S.J., Clift, R. (1997). Impact assessment for LCAs [Life Cycle Assessments] involving agricultural production. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 2: 99-103.
- Etana, A., et al. (1999). Effects of tillage depth on organic carbon content and physical properties in five Swedish soils. *Soil & Tillage Research*. 52, 129-139.
- FAO. (2002). (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Relaciones tierra – agua en cuencas hidrográficas rurales. Actas del Taller Electrónico organizado por la Dirección de Fomento de Tierras y Aguas de la FAO. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO, ISSN 1020-8127, Roma, Italia.
- FAO. (1990). Impacto de la Ingeniería Agrícola en los países en desarrollo. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/esp/00403sp1.htm> [Consulta: mayo 2008].
- Finnveden G. (1996). Valuation methods within the framework of life cycle assessment. B1231 Swedish Environmental Research Institute Report. (IVL-Report). Stockholm.
- Müller, Uldrich. (1999). Planificando el Uso de la Tierra, Catálogo de herramientas y experiencias. Foro de Proyectos de Desarrollo Rural y Manejo de Recursos Naturales en América Latina. Bogotá.
- Pérez Guerrero., J.L. (2007). Curso de Explotación de la Maquinaria Agrícola impartido en el marco de la Maestría Máquinas Agrícolas. Cojedes.
- Rodríguez, Tayli. (2008). Agricultura y/o Medio Ambiente. Disponible en <http://www.Monografías.com>. [Consulta Diciembre 2008].