

## FORMULACIÓN DE ALIMENTOS BALANCEADOS PARA POLLOS, BOVINOS DE CARNE Y PORCINOS, CONSIDERANDO DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO, UTILIZANDO MATERIAS PRIMAS ALTERNATIVAS

---

## FORMULATION OF BALANCED FOOD FOR CHICKEN, BEEF CATTLE AND PIGS, CONSIDERING DIFFERENT STAGES OF GROWTH, USING ALTERNATIVE RAW MATERIALS

---

*Jacovelin Morales de Perez<sup>1</sup>, Miguel A. Torrealba P<sup>1</sup>.*

(1)MSc. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, UNELLEZ-San Carlos.

Programa Ciencias del Agro y del Mar. Cojedes- Venezuela.

Correos electrónicos: [jacovelin@gmail.com](mailto:jacovelin@gmail.com), [torrealbap38@hotmail.com](mailto:torrealbap38@hotmail.com)

Recibido: 15-03-2011 / Aceptado: 14-04-2011

### RESUMEN

Al desarrollar alimentos alternativos para animales es de suma importancia tomar en cuenta las necesidades alimenticias específicas de cada especie y etapa de crecimiento. En la presente investigación se planteó formular alimentos balanceados para pollos de engorde, bovinos de carne y porcinos, en diferentes etapas de crecimiento, representando un valioso apoyo para la industria de elaboración de alimentos balanceados para animales y para los pequeños productores, dado que aporta información sobre las posibilidades de proporcionar fuentes adecuadas de proteínas, grasas, fibra y algunos micronutrientes para el adecuado crecimiento de éstos, con el aprovechamiento integral de materias primas tradicionales y autóctonas. Siguiendo una metodología de investigación de tipo descriptiva-explicativa y con el empleo de la modelación lineal, se logró formular 5 raciones para cada etapa de crecimiento planteada a partir de harina de yuca (como materia prima alternativa) en combinación con materias primas tradicionales, con la inclusión de costos en cada formulación, 10 formulaciones con materias primas alternativas diversas en combinación con algunas tradicionales sin inclusión de costos para todos los animales y etapas, a excepción de terneros en donde sólo se obtuvieron 7 raciones y 5 formulaciones con el uso exclusivo de ingredientes alternativos para cada caso en estudio, demostrando

que Venezuela cuenta con un gran potencial agrícola y forestal para la alimentación adecuada de estos animales de consumo masivo sin necesidad de importar ingredientes ni competir por rubros que pueden ser destinados al consumo del hombre.

**Palabras Clave:** Alimento balanceado, pollos de engorde, cerdos, bovinos.

### SUMMARY

To develop alternative food for animals is of utmost importance to take into account the specific nutritional needs of each species and growth stage. In the present research was the feed formulation for broilers, beef cattle, and Landrace pigs in different stages of growth, representing a valuable support for the processing industry and animal feed for small farmers, since provides nutritional information on the possibilities of providing adequate sources of protein, fat, fiber and some micronutrients for proper growth of these animals produced in the country, under the full utilization of indigenous raw materials. Following a research methodology descriptive-explanatory and the use of linear modeling, we were able to make 5 servings for each stage of growth raised from cassava flour (raw material alternative) in combination with traditional materials with the

inclusion of costs in each formulation, 10 formulations with various alternative raw materials in combination with some traditional non-inclusion of costs for all stages except animals and calves were obtained where only 7 servings and 5 formulations with alternative raw material for each case in investigation demonstrating that Venezuela has a great potential for agriculture and forestry for proper animal nutrition consumer without having to import ingredients or compete for items that may be intended for consumption by humans.

**Key words:** *feed, broilers, pigs, cattle.*

## INTRODUCCIÓN

El uso de materias primas para la alimentación animal provenientes del extranjero, tal como en el caso de las que aportan proteínas y otras que deberían ser empleadas para la alimentación humana ha generado múltiples investigaciones con la finalidad de evaluar alimentos alternativos y su efecto sobre el comportamiento productivo de los animales, centrándose algunas en variables como: cantidad de alimento consumido, ganancia en peso entre otras, encontrándose en algunos casos resultados poco satisfactorios; de ahí la importancia de tomar en cuenta las necesidades alimenticias específicas de cada especie y etapa de crecimiento para poder acertar en una formulación adecuada antes de emprender otros objetivos, sin menoscabo de involucrar el proceso de elaboración más idóneo para la obtención de alimentos con nutrientes balanceados y disponibles sin interferencia de factores antinutricionales.

En Venezuela, aproximadamente el 35 al 50% de las materias primas agrícolas como raíces y tubérculos sufren pérdidas producto del manejo postcosecha inadecuado (Giménez *et al.*, 2010), desglosados en cosecha (5-8%), embalado y transporte (15-20%), almacenamiento (5-10%). Uno de los principales problemas es que son rubros con alto contenido de humedad (entre 60a 70%), y ricos en almidón, situación que los hace favorables para el desarrollo de microorganismos deteriorativos, como: mohos, levaduras y bacterias, las cuales descomponen los tejidos y ocasionan daños tanto superficiales como en la pulpa.

Muchos productores locales tienen problemas para el aprovechamiento máximo de sus cosechas, dado que las condiciones de manejo de estos rubros de forma artesanal y sin disponer de los equipos ni la tecnología adecuada para incrementar su vida útil, aunado a lo anterior, problemas de almacenamiento y el uso de materiales inadecuados de empaque generan grandes pérdidas postcosecha.

Esta realidad afecta de sobre manera a los productores nacionales, quienes muchas veces se ven en la necesidad de vender a precios muy por debajo de los que equilibrar los costos; siendo difícil para muchos, poder llegar hasta los mercados mayoristas a expender sus cosechas.

Es así como la presente investigación representa

un valioso apoyo para la industria de elaboración de alimentos balanceados para los animales y para los pequeños productores, dado que aporta información nutricional sobre las posibilidades de proporcionar fuentes adecuadas de proteínas, grasas, micronutrientes y otros componentes óptimos para el adecuado crecimiento de especies animales producidas en el país, bajo el aprovechamiento integral de materias primas autóctonas, a las cuales se les daría uso alternativo, de forma que los pequeños y medianos agricultores puedan obtener rendimientos económicos por la comercialización de las mismas representando una oportunidad para estos trabajadores de colocar sus cosechas en las industrias que surjan en esta rama agroindustrial, generando opciones para un uso más racional de los alimentos destinando para consumo humano rubros que han sido empleados en la alimentación animal con raciones balanceadas.

## MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo a la metodología empleada para la consecución y análisis de los datos se tiene que esta investigación fue de tipo descriptiva-explicativa (Sabino, 2000), una vez seleccionadas las materias primas a ensayar, se formularon una serie de ecuaciones: primeramente se enunció la función objetivo, la cual involucra las materias primas que contendrá cada alimento y sus costos (en la primera parte); seguidamente, se crearon las ecuaciones con las restricciones tecnológicas que éstas deben cubrir, para cumplir con ciertas especificaciones respecto a cantidad de grasas, proteínas, agua y otras restricciones de carácter técnico, así como restricciones lógicas generadas del estudio de máximas y mínimas cantidades de ciertas materias primas que deben ser consumidas por los animales (derivadas de estudios anteriores). Se procedió a emplear la modelación lineal a partir del uso del programa Win QSB versión 2.0 y luego de un análisis profundo sobre las bondades más resaltantes de cada rubro y la inferencia de su comportamiento al ser mezclado con otro. Se procedió mediante ensayo y error a comprobar los resultados de mezclar ciertos rubros buscando el balance en el alimento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Algunas de las raciones formuladas incluyendo el costo de las mismas se muestran a continuación (Cuadros 1, 2 y 3):

**Cuadro 1.** Raciones para cerdos combinando materias primas y tradicionales con costos mínimos (en porcentajes):

|                     | INICIACIÓN  | CRECIMIENTO          | ENGORDE              |
|---------------------|-------------|----------------------|----------------------|
| Harina de Soya      | 27,60       | Harina de Soya       | 36,49                |
| Harina de Carne     | 9,98        | Sorgo                | 37,25                |
| Harina de Huesos    | 0,31        | Harina de Huesos     | 1,18                 |
| Harina de Yuca      | 17,90       | Harina de Yuca       | 24,34                |
| Lisina              | 0,11        | Metionina            | 0,25                 |
| Metionina           | 0,41        | Sal                  | 0,5                  |
| Sal                 | 0,5         |                      |                      |
| <b>Costo(Bs/Kg)</b> | <b>1,65</b> | <b>Costo(Bs /Kg)</b> | <b>1,57</b>          |
|                     |             |                      | <b>Costo(Bs /Kg)</b> |
|                     |             |                      | <b>1,44</b>          |

**Cuadro 2.** Raciones para pollos combinando materias primas y tradicionales con costos mínimos (en porcentajes):

|                       | 0-3 SEMANAS | 3-6 SEMANAS           |             |
|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| Harina de Soya        | 29,55       | Harina de Soya        | 39          |
| Maiz                  | 0,05        | Sorgo                 | 51,86       |
| Sorgo                 | 60,99       | Harina de Carne       | 2,76        |
| Harina de Yuca        | 8,95        | Harina de Yuca        | 5,95        |
| Metionina             | 0,16        | Metionina             | 0,14        |
| Sal                   | 0,3         | Sal                   | 0,3         |
| <b>Costo (Bs) /Kg</b> | <b>1,19</b> | <b>Costo (Bs) /Kg</b> | <b>1,25</b> |

**Cuadro 3.** Raciones para bovinos combinando materias primas y tradicionales con costos mínimos (en porcentajes):

|                       | TERNEROS    | NOVILLOS              | TOROS                 |
|-----------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|
| Harina de Soya        | 29,24       | Harina de Soya        | 25,28                 |
| Sorgo                 | 42,62       | Harina de Huesos      | 0,59                  |
| Harina de Carne       | 1,46        | Harina de Yuca        | 35,08                 |
| Harina de Yuca        | 26,27       | Harina de Hojas       | 38,05                 |
| Sal                   | 0,4         | de Yuca               |                       |
|                       |             | Sal                   | 1                     |
| <b>Costo (Bs) /Kg</b> | <b>1,48</b> | <b>Costo (Bs) /Kg</b> | <b>1,06</b>           |
|                       |             |                       | <b>Costo (Bs) /Kg</b> |
|                       |             |                       | <b>1,20</b>           |

En los cuadros anteriores se evidencia una disminución en el costo de la materia prima del alimento en un rango de 5 a 60% lo cual es un hallazgo significativo en términos económicos tanto para la empresa

como para el productor de los animales en estudio; pues los costos de alimentación podrían disminuirse de un 80% aproximadamente (Viloria *et al.*, 2005) a la mitad o aún más si se logran emplear rubros como los señalados en los cuadros 4 ó 5, sin menoscabo de una nutrición adecuada que permita obtener la ganancia en peso en el tiempo necesario para la comercialización del ganado.

En las diversas raciones alimenticias obtenidas se

pudo comprobar de manera teórica como puede emplearse rubros autóctonos poco diversificados y estudiados tales como la morera, el samán y el pijiguo tal como fue señalado por Martín *et al.* (1999), Montilla e Infante (1997) y Ríos *et al.* (2005) pero con la diferencia en la consecución de un alimento que cubre los principales requisitos de macro y micro nutrientes a las especies en estudio.

**Cuadro 4.** Algunas formulaciones combinadas de materias primas tradicionales y alternativas (sin costos incluidos) en porcentajes

| Ingredientes                       | CERDOS |       |             |       |         |       | POLLOS      |       |              |       | BOVINOS  |       |          |       |
|------------------------------------|--------|-------|-------------|-------|---------|-------|-------------|-------|--------------|-------|----------|-------|----------|-------|
|                                    | Inicio |       | Crecimiento |       | Engorde |       | 0-3 Semanas |       | 3 -6 Semanas |       | Terneros |       | Novillos |       |
|                                    | 1      | 2     | 1           | 2     | 1       | 2     | 1           | 2     | 1            | 2     | 1        | 2     | 1        | 2     |
| Harina de Soya                     | 18,83  | 19,13 | 31,57       | 33,62 | 14,81   | 14,64 | 48,81       | 47,76 | 44,34        | 43,56 | 20,87    | 22,07 |          |       |
| Maíz                               |        |       |             |       |         |       | 0,21        | 0,22  |              |       | 0,10     | 0,10  |          |       |
| Sorgo                              |        |       |             |       | 39,89   | 41,05 |             |       |              |       |          |       |          |       |
| Harina de Carne                    | 11,42  | 11,7  | 3,82        | 3,83  | 5,76    | 5,80  |             |       |              |       | 2,32     | 2,22  |          |       |
| Harina de Huesos                   |        |       |             |       |         |       | 1,10        | 1,11  | 0,52         | 0,53  |          |       |          |       |
| Mezclas de Aceites                 |        |       |             |       | 2,89    | 2,89  |             |       |              |       | 9,50     | 14,18 | 26,31    | 21,07 |
| Harina de Yuca                     | 3,09   | 4,20  | 22,85       | 26,27 | 29,51   | 28,06 | 2,07        |       |              |       |          |       |          |       |
| Lisina                             | 0,06   | 0,06  |             |       |         |       |             |       | 0,14         | 0,14  |          |       |          |       |
| Metionina                          | 0,44   | 0,45  | 0,25        | 0,24  | 0,21    | 0,21  | 0,15        | 0,15  | 1,01         | 0,98  |          |       |          |       |
| Carbonato de Ca                    |        |       |             |       |         |       |             |       | 0,3          | 0,3   |          |       | 0,83     | 0,32  |
| Sal                                | 0,5    | 0,5   | 0,5         | 0,5   | 0,5     | 0,5   | 0,3         |       | 2,38         | 1,98  | 0,4      | 0,4   | 1        | 1     |
| <b>Quinchoncho</b>                 | 11,27  | 10,95 |             |       |         |       |             | 1,03  | 2,27         |       | 11,42    | 9,95  | 27,76    | 11,99 |
| <b>Frijol</b>                      |        |       |             |       |         |       |             |       |              |       |          |       |          |       |
| <b>Semolina de Arroz</b>           |        | 1,34  | 4,69        | 4,44  | 2,13    | 2,01  |             |       | 45,86        | 46,43 |          |       | 7,18     | 5,34  |
| <b>Arroz partido</b>               | 52,56  | 51,68 | 30,12       | 28,71 |         |       | 47,27       | 49,06 |              |       | 53,40    | 49,71 |          |       |
| <b>Almendro de la India</b>        |        |       |             |       | 3,92    | 3,72  |             |       |              |       |          |       | 23,66    | 31,71 |
| <b>Cacao de Monte</b>              |        |       |             |       |         |       |             |       |              |       |          |       |          |       |
| <b>Pijiguo</b>                     | 0,54   |       | 2,14        |       | 1,12    |       | 0,08        | 0,37  |              | 4,20  | 3,95     | 1,99  |          | 13,27 |
| <b>Hojas de Yuca deshidratadas</b> |        | 0,33  | 4,07        | 2,38  | 0,38    |       |             |       |              | 1,63  |          | 1,38  |          | 28,57 |

**Cuadro 5.** Formulaciones con materias primas alternativas (en porcentajes)

| Rubro                | Pollos<br>Semana 1-3 |    | Pollos<br>Semana 3-6 |    | Cerdos<br>Iniciación |    | Cerdos<br>Crecimiento |    | Cerdos<br>Engorde |    | Bovinos<br>Terneros | Bovinos<br>Novillos | Bovinos<br>Toros |    |
|----------------------|----------------------|----|----------------------|----|----------------------|----|-----------------------|----|-------------------|----|---------------------|---------------------|------------------|----|
| Nº de<br>formulación | 1                    | 2  | 1                    | 2  | 1                    | 2  | 1                     | 2  | 1                 | 2  | 1                   | 2                   | 1                | 2  |
| Acai                 |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   | 16 |                     |                     |                  |    |
| Almendro de la India | 09                   |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   | 08 |                     |                     |                  |    |
| Arroz Partido        | 01                   |    | 01                   | 36 | 18                   |    | 28                    | 22 | 22                |    | 48                  | 13                  |                  |    |
| Azolla Seca          | 06                   |    |                      |    | 01                   |    | 33                    | 43 | 04                | 15 |                     |                     |                  |    |
| Cacao de Monte       | 02                   |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     |                     |                  |    |
| Canavalia            | 03                   |    | 02                   | 39 | 21                   | 06 |                       |    | 11                |    | 25                  |                     |                  |    |
| Cáscara de huevo     | 02                   |    | 02                   | 02 |                      |    |                       |    |                   |    | 01                  |                     | 01               |    |
| Corozo               | 02                   |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     |                     |                  |    |
| Frijol               | 89                   |    | 88                   | 22 | 22                   | 20 | 22                    |    |                   | 17 |                     |                     |                  |    |
| Botón de Oro         |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    | 34                  |                     |                  |    |
| Follaje de Yuca      |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     | 36                  |                  | 23 |
| Harina de Batata     |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     |                     |                  |    |
| Harina de Yuca       | 01                   |    |                      |    |                      | 18 |                       |    | 05                | 27 |                     |                     |                  |    |
| Lactosuero           |                      | 03 |                      |    |                      |    |                       |    | 05                |    | 41                  | 36                  | 22               | 49 |
| Leucaena             |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     | 44                  |                  |    |
| Mata ratón           | 78                   | 02 |                      |    |                      | 37 | 02                    |    |                   |    | 56                  | 37                  | 19               | 40 |
| Morera               | 10                   | 02 |                      |    |                      |    |                       |    | 25                |    | 18                  |                     |                  |    |
| Naranjillo           |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     | 08                  |                  |    |
| Palma Africana       | 06                   | 06 |                      |    | 19                   |    | 12                    |    | 20                |    |                     |                     |                  |    |
| Quinchoncho          |                      |    |                      | 05 |                      |    | 03                    | 26 |                   |    |                     |                     |                  |    |
| Samán (Follaje)      |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     |                     | 21               |    |
| Semolina de arroz    |                      |    |                      | 01 |                      | 37 |                       |    |                   | 03 |                     | 21                  | 03               | 04 |
|                      |                      |    |                      |    |                      |    |                       |    |                   |    |                     | 11                  | 11               |    |

## CONCLUSIONES

Con la metodología matemática empleada (modelación lineal) se logró formular raciones para cada etapa de crecimiento planteada a partir de la materia prima alternativa utilizada, 10 formulaciones para pollos de engorde, 15 para cerdos y 15 para bovinos con sus respectivas variantes (128 formulaciones en total, de las cuales sólo se muestra un extracto).

Venezuela cuenta con un gran potencial agrícola y forestal para la alimentación adecuada de animales de consumo masivo (pollos de engorde, cerdos y bovinos) sin necesidad de importar ingredientes ni competir por rubros que pueden ser destinados al consumo del hombre.

Las restricciones nutricionales de los animales en estudio pueden ser cubiertas con el empleo de dietas a base de fuentes alternativas autóctonas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Giménez, A. Sierra, F y Díaz V. (2010). "Siembra y comercialización de rubros del área Hortícolas en Venezuela" Universidad Central de Venezuela, facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.
- Martín. G, González. E, Ojeda. F, Milera. M, Hernández. I, Salinas. A (1999). *La Morera en Cuba: Avances de su Empleo Dentro de las Estrategias de Suplementación del Ganado Rumiante*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.
- Montilla. J, Infante. J (1997). *Posibilidades de la utilizacion del fruto de pijiguao (arecaceae: bactrisgasipaesh.b.k.) en la alimentacion de monogastricos*. Memorias del IV Encuentro de Nutrición Animal de Monogástricos. San José de la Lajas. Cuba. Información verificada el 17 de enero de 2011 en: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/ivencuentro/montilla.htm>.

- Ríos. L, Rondón. Z, Combellas. J, Álvarez. R. (2005). *Uso de morera (Morusspp.) y mata ratón (Gliricidiasepium) como sustitutos del alimento concentrado para corderos en crecimiento.* Universidad Central de Venezuela. Facultad de AgronomíaInstituto de Producción Animal Apartado Postal 4579. Maracay, estado Aragua,Venezuela.
- Sabino, C. (2000). "El proceso de investigación una introducción teórico- práctica". Editorial Panapo de Venezuela, C.A. Caracas-Venezuela.
- Viloria. F, Gómez. C, Vechionacce. H, Sulbarán. L, Araque. H y Quijada. J (2005). *Impacto económico potencial de la producción alternativa para cerdos.* Universidad Central de Venezuela, facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela.

## INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DEL PROCESO PARA OSMODESHIDRATAR TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra crassifolia Kuntze*)

## INFLUENCE OF THE CONDITIONS OF THE PROCESS FOR OSMODEHYDRATION OF TOMATO TREE (*Cyphomandra crassifolia Kuntze*)

**Américo Guevara Pérez<sup>1</sup> Elke Sheila Alvines Quevedo<sup>2</sup>**

(1) Dr. Ing. en industrias alimentarias Profesor Principal de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.

(2) Ingeniero en Industrias Alimentarias

Recibido: 15-03-2011 / Aceptado: 27-05-2011

### RESUMEN

Se determinó que el flujo de operaciones para obtener tomate de árbol osmodeshidratado es: selección clasificación, lavado desinfectado, pelado, cortado-despepitado, deshidratado osmótico, drenado, secado por aire y envasado. Para evaluar la influencia del agente osmótico y su concentración en el proceso de osmodeshidratado se experimentó con: jarabe de sacarosa, jarabe de glucosa y jarabe invertido a concentraciones iniciales de: 40, 50 y 60 °Brix, corregidos cada 24 horas con incrementos en 10 °Brix, hasta llegar a una concentración final de 60; manteniendo los siguientes parámetros del proceso: relación materia prima: jarabe 1:1.5 (p/p), jarabeo a presión atmosférica, °T ambiente y calentamiento del jarabe hasta °T de ebullición previo al jarabeo. La evaluación sensorial y estadística de los productos obtenidos, indicaron que la muestra con mayor preferencia fue la procesada con jarabe invertido, a una concentración inicial de 50 °Brix corregida a 60 a las 24 horas; cuya caracterización fisicoquímica y microbiológica indicaron estabilidad.

**Palabras Clave:** *Cyphomandra, Tomate de árbol, osmodeshidratación*

### SUMMARY

This research work deals with the determination of the following sequence of operations to obtain dehydrated tree-tomato: selection classification, washed disinfected, peeled, cut seed, osmotic dehydrated, drained, dried and packed. To determine the influence of the osmotic agent and the concentration in the process of osmotic dehydrated it was experienced with saccharose sirup, glucose sirup and inverted of saccharose sirup to concentrations initials of: 40, 50 and 60 °Brix corrected every 24 hours with increments of 10 °Brix (except the initial concentration with 50 °Brix) to the final concentration of 60 °Brix; supported the sequents parameters of process: relation raw material:sirup 1 :1.5 (p/p), to take sirup to atmospherical pressure, ambient temperature and heating of sirup to arrive ebullition temperature previous at sirup to. Evaluating sensory and statisticly the products obtained, it was obtain what the sample with utmost preference was the prosecuted with inverted of saccharose sirup, to a initial concentration of 50 °Brix corrected to 60 °Brix to the 24 hours; of which characterization physicochemistry and microbiological indicated the stability of the samples.

**Key words:** *Cyphomandra, Tree Tomato, Dehydration, Osmosis.*

## I. INTRODUCCION

En el Perú existe una gran variedad de frutas tropicales y subtropicales, una de ellas es el tomate de árbol (*Cyphomandra crassifolia*), planta nativa del Perú y cultivada en la actualidad en América Central, América del Sur y Nueva Zelanda. La fruta posee un sabor sui géneris con propiedades nutricionales siendo necesario realizar investigaciones para contribuir con su conocimiento, conservación e industrialización.

Una de las tecnologías es justamente la obtención de productos osmodeshidratados, técnica que combina la deshidratación en dos etapas: la primera que remueve parte del agua debido a las diferencias existentes entre la presión osmótica del alimento y la solución, y la segunda a través de un secado bajo cualquier modalidad.

La deshidratación osmótica permite reducir el tiempo y consumo energético durante el secado convencional, mejora las características sensoriales del producto final, reduce las pérdidas del sabor y aroma de la fruta y la decoloración causada por un ennegrecimiento oxidativo.

Por lo expuesto, los objetivos plantados para conducir la investigación fueron:

- Determinar los parámetros de procesamiento para obtener tomate de árbol osmodeshidratado.
- Caracterizar el producto final en: análisis proximal, acidez titulable, pH, sólidos solubles, vitamina C, aw y análisis microbiológico.

## II. MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Industrias Alimentarias - Universidad Nacional Agraria La Molina

### 2.1 Materia prima e insumos

Se utilizó el tomate de árbol (*Cyphomandra crassifolia Kuntze*), procedente de la Provincia de Jaén del Departamento de Cajamarca, Azúcar blanca refinada (sacarosa) con 99,9 % de pureza, Glucosa con equivalente de dextrosa de 42.0, 80.0 % de sólidos totales, sorbato de potasio grado técnico y ácido ascórbico grado alimentario.

### 2.2 Equipos

- Balanza eléctrica, marca Sauter, modelo Topan, rango de medición de 0 a 1000g, sensibilidad de 0,1 g. Alemania.
- Cámara Termostalizada "Cooling and Heating" HUTOCEP GYAR JASZBERENY. Tipo HA 031. Alemania.
- Deshidratador de túnel con aire caliente, con sistema de calentamiento mediante resistencia eléctrica y recirculación de aire. Perú
- Penetrómetro de mano. Fruit Pressure Tester. USA.
- Potenciómetro, marca Schott Garate; CG728. Alemania.
- Refractómetro Universal ABBE de mesa, marca Zeiss., USA.
- Selladora de bolsas de manual. Perú.

### 2.3 Métodos de análisis

#### 2.3.1 Análisis físico - químicos

- Análisis proximal, acidez titulable, pH y sólidos solubles por el método de la A.O.A.C. (1995).
- Vitamina C: método espectrofotométrico con 2,6 diclorofenol-indofenol (Dickson y Goose, 1976; citados por Gasque *et al.*, 1979).
- Índice de madurez: Se determinó con la relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable (Pantástico, 1975).
- Azúcares reductores: método espectrofotométrico empleando el ácido dinitrosalicílico (DNS) y leídas a una D.O. de 550 nm, según la metodología descrita por Whistler (1964); citado por Iwamoto (1995).
- Isoterma de sorción: metodología descrita por Bell y Labuza (2000).

#### 2.3.2 Análisis microbiológicos

- Numeración de E.coli, mohos y levaduras: Método recomendado por la I.C.M.S.F. (1986) y por la A.O.A.C (1995).

#### 2.3.3 Evaluación sensorial

Teniendo en cuenta las recomendaciones de la Guía de Evaluación Sensorial dada por la Sensory Evaluation Division of Institute of Food Technologists (I.F.T.) (1981) y Anzaldúa (1994).

##### A. Prueba de clasificación. Método aplicado

para: 1° Determinar la influencia del mejor estado de madurez del tomate de árbol en el proceso de osmodeshidratado. 2° Determinar la mejor concentración de cada agente osmótico.

Se llevó a cabo con 30 jueces no entrenados quienes evaluaron color, textura, sabor y apariencia general, utilizando un formato de evaluación basado en una escala hedónica de 7 puntos (agrado/-desagrado).

**B. Prueba de ordenamiento.** Aplicado para determinar el mejor agente osmótico realizado con 10 jueces semientrenados, quienes evaluaron por orden de preferencia a las muestras, utilizando un formato de evaluación, recomendado por Anzaldúa (1994).

#### 2.3.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial del tomate de árbol osmadeshidratado en diferentes estados de madurez fueron analizados estadísticamente mediante la Prueba de Friedman y Prueba de Comparaciones Múltiples. Los resultados de la evaluación sensorial de las diferentes concentraciones por cada agente osmótico, fueron interpretados mediante el uso directo de tablas de Totales de Rangos (Anzaldúa, 1994).

#### 2.4 Metodología Experimental

En la Figura 1 se presenta el esquema experimental seguido en la investigación.

#### A. Determinación de las características físicas y químicas del tomate de árbol en diferentes estados de madurez.

50 kg de tomate de árbol, fue dividido en 5 grupos de 10 kg cada uno: verde, semi pintón, pintón, maduro y sobremaduro, en función a la variación del color de la corteza, correspondiendo una coloración verde al estado "verde" hasta una coloración rojo naranja para el estado "sobremaduro", en ese orden. A cada grupo se le controló los grados brix, pH, acidez titulable,

resistencia al corte y la relación grados brix / acidez titulable.

#### B. Influencia del estado de madurez en el proceso de osmodeshidratado.

Se realizaron pruebas preliminares de deshidratación osmótica siguiendo las recomendaciones de Guevara y Cacho (1993). De los 5 grupos caracterizados anteriormente, se descartaron dos estados de madurez del fruto, el sobremaduro, y el verde por no presentar características apropiadas para el proceso y sólo 3 grupos: semipintón, pintón y maduro fueron sometidos al proceso de osmodeshidratado.

Los productos obtenidos fueron sometidos a una evaluación sensorial y los resultados de ésta a un análisis estadístico, según lo indicado en el ítem 2.3.3 y 2.3.4; obteniéndose el estado de madurez óptimo y considerado para continuar con investigación.

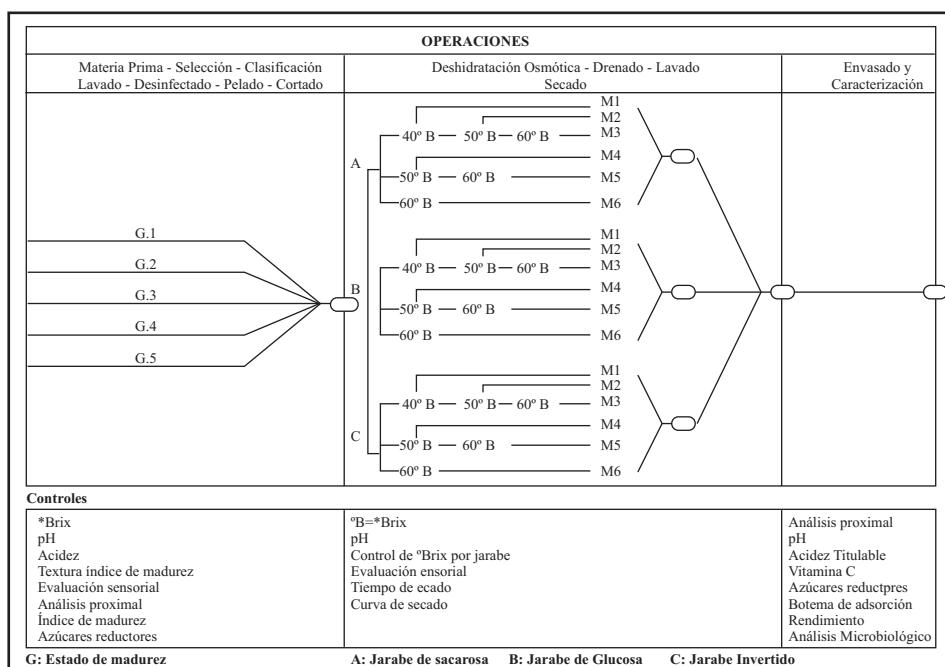


Figura 1: Esquema experimental para osmo-deshidratar tomate de árbol.

#### C. Caracterización del tomate de árbol clasificado para el proceso de osmodeshidratado.

La materia prima clasificada fue caracterizada en: a. proximal, acidez titulable, pH, sólidos solubles, vitamina C y azúcares reductores; evaluados por triplicado. También se realizaron controles del peso del fruto para determinar los rendimientos del proceso.

#### **2.4.2 Determinación de los parámetros de concentración y tipo de agente osmótico en el proceso de osmodeshidratado.**

Se utilizaron tres agentes osmóticos: jarabe de sacarosa, jarabe de glucosa y jarabe invertido de sacarosa; manteniendo como parámetros: Relación materia prima : jarabe ±1: 1.5 (p/p), Jarabeo a presión atmosférica por 24 horas, Temperatura ambiente durante el jarabeo (25 °C), Separación de los gajos del jarabe concentrado antes de incrementar su concentración, Incrementos de concentración en 10 °Brix cada 24 horas, Calentamiento del jarabe concentrado hasta temperatura de ebullición previo al jarabeo.

Se experimentó con 3 concentraciones iniciales de jarabe: 40, 50 y 60 °Brix. A los dos primeros jarabes se los llevó hasta 60 °Brix (obteniendo muestras cada 24 horas y al mismo tiempo incrementando la concentración del jarabe en 10 °Brix). Se obtuvieron seis muestras diferentes por cada agente osmótico. En una primera etapa las seis muestras obtenidas por cada agente osmótico fueron sometidas a una evaluación sensorial y a un análisis estadístico, seleccionando de esta manera a la mejor muestra por jarabe, y en una segunda etapa las 3 mejores muestras (una por cada agente osmótico) fueron comparadas; siguiendo las metodologías de las pruebas de clasificación y ordenamiento y analizado estadísticamente con la prueba de Friedman.

#### **2.4.3 Evaluación del producto final**

A. proximal, acidez titulable, pH, sólidos solubles (SS), vitamina C, azúcares reductores y aw.; análisis microbiológico: numeración de *E.coli* y numeración de mohos y levaduras, curvas de secado y rendimiento

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Materia prima**

##### **A. Características físico-químicas del tomate de árbol en diferentes estados de madurez.**

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de los análisis físico-químicos realizados en el tomate de árbol, en diferentes estados de madurez.

**Cuadro 1:** Características físico-químicas del tomate de árbol (*cypromandra crassifolia*) en diferentes estados de madurez

| Color         | Estado de madurez | pH   | Acidez Titulable* | °Brix | Resistencia al corte ** | °Brix / Acidez |
|---------------|-------------------|------|-------------------|-------|-------------------------|----------------|
| Verde         | Verde             | 3.10 | 2.30              | 7.10  | 8.50                    | 3.09           |
| Morado        | Semi-pintón       | 3.46 | 1.96              | 8.95  | 6.82                    | 4.57           |
| Rojo-violáceo | Pintón            | 3.53 | 1.87              | 9.90  | 5.20                    | 5.29           |
| Naranja-rojo  | Maduro            | 3.70 | 1.70              | 10.80 | 4.24                    | 6.35           |
| Rojo          | Sobremaduro       | 3.89 | 1.51              | 12.30 | 3.50                    | 8.15           |

\*mg ácido cítrico/ 100 gr. muestra

\*\*Kg/f

#### **B. Influencia del estado de madurez en el proceso de osmodeshidratado.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación sensorial y en el análisis estadístico; respecto al sabor, color, textura y apariencia general de las tres muestras de tomate de árbol (semi-pintón, pintón y maduro) deshidratadas osmóticamente, la muestra que acumuló mayor puntaje fue la procesada en estado de madurez intermedio (pintón), por lo que fue seleccionada para continuar con la investigación. En el Cuadro 2 se reportan los resultados de la evaluación físico-química del tomate de árbol en estado de madurez pintón, clasificado como el estado apropiado para el osmodeshidratado.

Se observa que contiene un alto contenido de agua y un significativo contenido de vitamina C. En términos generales, los valores determinados en la presente investigación son muy similares a los reportados por Guevara (1985), Romero *et al.* (1994) y Morton (1987).

#### **3.2 Determinación de los parámetros de concentración y tipo de agente osmótico en el proceso de osmodeshidratado.**

##### **A. Variación de los sólidos solubles en el proceso de jarabeo.**

En el Cuadro 3 se reporta la variación de los SS para el jarabe con sacarosa, se determinó que la ganancia en SS de la materia prima es dependiente de la concentración y del tiempo.

**Cuadro 2.-** Composición fisicoquímico del tomate de árbol (*Cyphomandra crassifolia Kuntze*)

| ANÁLISIS                    | BASE HUMEDA<br>g/100g de fruta | BASE SECA<br>g/100g de m.s. |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Agua                        | 84.15 ± 0.30                   | 530.91 ± 11.87              |
| Proteína                    | 1.56 ± 0.02                    | 9.84 ± 0.16                 |
| Grasa                       | 0.30 ± 0.02                    | 1.89 ± 0.16                 |
| Fibra bruta                 | 1.46 ± 0.01                    | 9.23 ± 0.09                 |
| Ceniza                      | 0.90 ± 0.11                    | 5.68 ± 0.72                 |
| Carbohidratos               | 11.63 ± 0.40                   | 73.36 ± 2.55                |
| Sólidos solubles SS (°Brix) | 9.93 ± 0.16                    | -                           |
| pH a 20°C                   | 3.53 ± 0.07                    | -                           |
| Acidez titulable *          | 1.88 ± 0.05                    | -                           |
| °Brix / Acidez              | 5.28                           | -                           |
| Azúcares reductores %       | 5.82 ± 0.45                    | -                           |
| Vitamina C **               | 25.20 ± 0.82                   | -                           |

\*g ácido cítrico/100g de fruta

\*\*mg ácido ascórbico/100g muestra

**Cuadro 3.-** Variación de los SS en el jarabe de sacarosa a 24, 48 y 72 horas de jarabeo.

| MUESTRA | °BRIX JARABE<br>INICIAL | TIEMPO DE<br>JARABEO (HRS) | °BRIX JARABE<br>FINAL |
|---------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| M1      | 40                      | 24                         | 29.4                  |
| M2      | 40 -50                  | 48                         | 42.2                  |
| M3      | 40 -50 - 60             | 71                         | 54.5                  |
| M4      | 50                      | 24                         | 34.6                  |
| M5      | 50 - 60                 | 48                         | 49.8                  |
| M6      | 60                      | 24                         | 40.5                  |

En el Cuadro 4 se reportan las variaciones de los sólidos solubles para el jarabe de glucosa, durante los diferentes tratamientos de jarabeo que se realizaron. Los tratamientos, apreciándose que mientras mayor sea la concentración inicial del jarabe la disminución de los sólidos solubles es mayor.

**Cuadro 4.-** Variación de los SS en el jarabe de glucosa 24, 48 y 72 horas de jarabeo.

| MUESTRA | °BRIX JARABE<br>INICIAL | TIEMPO DE<br>JARABEO (HRS) | °BRIX JARABE<br>FINAL |
|---------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| M1      | 40                      | 24                         | 30.3                  |
| M2      | 40 -50                  | 48                         | 41.4                  |
| M3      | 40 -50 - 60             | 71                         | 56.4                  |
| M4      | 50                      | 24                         | 36.31                 |
| M5      | 50 -60                  | 48                         | 50.4                  |
| M6      | 60                      | 24                         | 42.8                  |

En el Cuadro 5 se reportan las variaciones de los sólidos solubles para el jarabe invertido, Estos valores coinciden con la variación que se observó en los jarabes de glucosa, siendo menor al observado con jarabe de sacarosa (Salazar, 1999).

**Cuadro 5.-** Variación de los SS en el jarabe invertido a 24, 48 y 72 horas de Jarabeo

| MUESTRA | °BRIX JARABE<br>INICIAL | TIEMPO DE<br>JARABEO (HRS) | °BRIX JARABE<br>FINAL |
|---------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|
| M1      | 40                      | 24                         | 30.4                  |
| M2      | 40 -50                  | 48                         | 41.8                  |
| M3      | 40 -50 - 60             | 71                         | 52.5                  |
| M4      | 50                      | 24                         | 36.2                  |
| M5      | 50 -60                  | 48                         | 50.3                  |
| M6      | 60                      | 24                         | 42.5                  |

### B. Influencia de la concentración y tiempo de jarabeo en el nivel de aceptación de los productos osmodeshidratados.

En el Cuadro 6 se reportan los resultados de la evaluación sensorial y estadística de muestras de tomate de árbol osmodeshidratadas con jarabe de sacarosa, para determinar la influencia de la concentración y tiempo de jarabeo. Los jueces calificaron con el mayor promedio de rangos 145.75 al tratamiento M6 (60 °Brix), siendo seleccionado como el más apropiado y considerado para la siguiente evaluación.

**Cuadro 6.-** Resultados de la evaluación estadística de los atributos: sabor, color, textura y apariencia general (AG) de tomate de árbol osmodeshidratado con jarabe de sacarosa.

| Muestras | Rangos  |         |         |       | Promedio de rangos |
|----------|---------|---------|---------|-------|--------------------|
|          | Sabor   | Color   | Textura | A. G. |                    |
| M1       | 37 e    | 51.5 d  | 125.5 b | 86 c  | 75.00              |
| M2       | 72 d    | 88 c    | 105 c   | 66 d  | 82.75              |
| M3       | 157 a   | 137.5 a | 51.5 e  | 110 b | 114.00             |
| M4       | 92 c    | 63 d    | 92 c    | 55 d  | 75.50              |
| M5       | 116 b   | 114 b   | 70.5 d  | 120 b | 105.13             |
| M6       | 119.5 b | 144 a   | 159.5 a | 160 a | 145.75             |

En el Cuadro 7 se reportan los resultados de la evaluación sensorial y estadística de las muestras de tomate de árbol osmodeshidratadas con jarabe de glucosa. Realizadas las evaluaciones se seleccionó al tratamiento M6 como el mejor método con jarabe de glucosa, para ser evaluado en la siguiente etapa.

**Cuadro 7.-** Resultados de la evaluación estadística de los atributos: sabor, color, textura y apariencia general (a.g.), de tomate de árbol osmodeshidratado con jarabe de glucosa.

| Muestras | Rangos  |         |         |         | Promedio de rangos |
|----------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
|          | Sabor   | Color   | Textura | A. G.   |                    |
| M1       | 51 d    | 131 b   | 135 a   | 82.5 c  | 103.5              |
| M2       | 72 b    | 126.5 b | 102 b   | 148 a   | 118.5              |
| M3       | 157 a   | 49.5 d  | 66 c    | 117.5 b | 95.5               |
| M4       | 75.5 e  | 154 a   | 114 b   | 68 c    | 107.38             |
| M5       | 98 b    | 50 d    | 44 c    | 42 d    | 59                 |
| M6       | 114.5 a | 80 c    | 150 a   | 141 a   | 132.88             |

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de la evaluación sensorial y estadística de las muestras de tomate de árbol osmodeshidratadas con jarabe invertido. El tratamiento M5 fue considerado como el mejor confitado con jarabe invertido siendo seleccionado para ser evaluado en la siguiente etapa.

**Cuadro 8.-** Resultados de la evaluación estadística de los atributos: sabor, color, textura y apariencia general (a.g.), de tomate de árbol osmodeshidratado con jarabe invertido de sacarosa.

| Muestras | Rangos |         |         |         | Promedio de rangos |
|----------|--------|---------|---------|---------|--------------------|
|          | Sabor  | Color   | Textura | A. G.   |                    |
| M1       | 36 e   | 58 d    | 91 c    | 90 c    | 68.75              |
| M2       | 117 b  | 46 d    | 59 d    | 69 d    | 72.75              |
| M3       | 126 b  | 121 a   | 43 e    | 43 e    | 83.25              |
| M4       | 69.5 d | 84 b    | 152.5 a | 116.5 b | 105.63             |
| M5       | 150 a  | 130.5 a | 117.5 b | 149 a   | 136.75             |
| M6       | 91.5 c | 154.5 c | 128 b   | 134.5 a | 127.13             |

### 3.3 Caracterización del producto final

En el Cuadro 10 se reportan los resultados del análisis físico químico llevado a cabo en la mejor muestra de tomate de árbol osmodeshidratado. Como se observa los reportes coinciden con investigaciones conducidas por Torres (1991), Barbosa y Vega (2000) Carrillo (1997), Cancino (2003) y Torreggiani *et al.* (1993)

**Cuadro 10.-** Composición físico-química del tomate de árbol osmodeshidratado

| ANÁLISIS                 | BASE HUMEDA<br>g/100g de fruta | BASE SECA<br>g/100g de m.s. |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Humedad                  | 21.94 ± 0.34                   | 28.09 ± 0.96                |
| Proteína                 | 1.90 ± 0.26                    | 2.43 ± 0.33                 |
| Grasa                    | 0.33 ± 0.02                    | 0.42 ± 0.03                 |
| Fibra                    | 2.78 ± 0.03                    | 3.56 ± 0.04                 |
| Ceniza                   | 0.50 ± 0.06                    | 0.64 ± 0.08                 |
| Carbohidratos            | 72.56 ± 0.78                   | 92.95 ± 1.35                |
| Sólidos Solubles (°Brix) | 63.30 ± 0.74                   | -                           |
| pH a 20°C                | 3.62 ± 0.06                    | -                           |
| Acidez Titulable *       | 1.87 ± 0.10                    | -                           |
| Azúcares Reductores %    | 31.42 ± 4.63                   | -                           |
| Vitamina C ***           | 19.75 ± 0.30                   | -                           |

\*g ácido cítrico/100 g de fruta

\*\*mg ácido ascórbico/100 g muestra

Realizada la isoterma de adsorción, se obtuvo una actividad de agua de 0.62, valor que se encuentra dentro del rango (0.60-0.85) de los alimentos de humedad intermedia, tal como lo refieren Barbosa y Vega (2000), Casp y Abril (1999) y Torres (1991). Así mismo la curva de secado no mostró la etapa de velocidad constante, solamente la de velocidad decreciente, siendo esto una característica de la mayoría de productos agrícolas (Cancino, 2003). El período de velocidad decreciente se da cuando la superficie del sólido presenta una baja humedad y por un incremento de la temperatura de la superficie como del interior del sólido (Barbosa y Vega, 2000).

### IV. CONCLUSIONES

- El flujo de operaciones recomendado para obtener tomate de árbol osmodeshidratado es: Selección-Clasificación, Lavado-Desinfectado, Pelado, Cortado-Despepitado, Deshidratado Osmótico, Drenado, Lavado, Secado y Envasado.
- La fruta para ser deshidratada por ósmosis debe encontrarse en madurez intermedia “pintón”:  $9.93 \pm 0.16$  °Brix,  $1.88 \pm 0.05$  % acidez (ácido cítrico) y pH  $3.53 \pm 0.07$ .
- El mejor tratamiento osmótico fue el con jarabe invertido, iniciando el proceso con 50 °Brix corregido a 60 a las 24 horas, requiriendo para ello 48 horas de proceso osmótico.
- El análisis físico-químico reportó en base húmeda: humedad 21,94 %, proteína 1,90 %, fibra bruta 2,78 %, grasas 0,33 %, ceniza 0,50 %, carbohidratos 72,56

%, °Brix 63.30, pH 3.62 y acidez 1.87 % (ácido cítrico)

● El valor de humedad de la monocapa obtenido por el modelo de G.A.B. para el producto final a 25 °C fue de 8,94 g de agua / 100g m.s. que corresponde a una actividad de agua de 0,62 y 7,37 kJ / mol para el calor de sorción.

● Durante el secado el fenómeno de transferencia de humedad se dió por difusividad y el tiempo requerido se secado fue de 1.9 horas.

● Los rendimientos encontrados respecto a la materia prima fueron: pulpa 62,68% y tomate de árbol osmodeshidratado 22,83 %.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST). 1995. Official Methods of Analysis. 15° Edición. Estados Unidos de Norteamérica.
- ANZALDUA, A. 1994. *La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica*. Editorial Acribia. Zaragoza - España.
- BELL, L.; LABUZA, T. 2000. *Moisture sorption. Practical aspects of measure and use*. American Association of Cereal Chemist. Estados Unidos de Norteamérica.
- CANCINO, K. 2003. *Influencia de la concentración del zumo en la deshidratación osmótica del yacón (Smallanthus sonchifolia Poepp. & Endl.)*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en la especialidad de Tecnología de Alimentos. UNALM. Lima. Perú.
- GUEVARA, A. 1985. *Industrialización del tomate de árbol (Cyphomandra crassifolia): Elaboración de Mermelada*. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- GUEVARA, A.; CACHO, R. 1993. *Fabricación de fruta confitada, néctar y fruta en almíbar*. Facultad de Industrias Alimentarias TTA. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- I.F.T. (Institute of Food Technologists). 1981. *Sensory Evaluation Guide for Testing Food and Beverage Products*. Food Technology. Vol.35 (11):50-57. United States of America.
- I.C.M.S.F. (INTERNATIONAL COMISSION MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOODS). 1986. Editorial Acribia. Zaragoza España.
- LEWICKI, P.; LENART, A. 1997. *Efecto del Pre-Tratamiento Osmótico sobre el Secado por Convección de Frutas Seleccionadas*. Actas del Primer Seminario sobre Tratamientos Osmóticos organizado por la Acción Concertada UE-FAIR CT96-1118. Oporto. Portugal.
- SALAZAR, L. 1999. *Obtención de carambola (Averrhoa carambola L) deshidratada por ósmosis*. Tesis para optar el Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

# METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL IMPACTO DE LAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS, SOBRE EL RECURSO NATURAL SUELO UTILIZANDO EL MÉTODO DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

---

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

---

***Nahir Carballo<sup>1</sup> y Julio Norberto Pérez<sup>2</sup>***

1 Msc. 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](mailto:nahirdelc@gmail.com)

2 Doctor 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](mailto: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 disimiles 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 geoecológicas, etc.
- El parque de maquinaria agrícola está enveje-

cido, 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**

### **1.1. 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 autopropulsada 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.

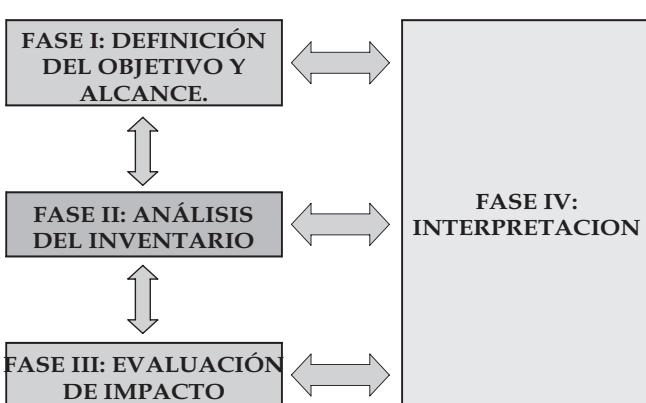
### **Metodología para el análisis de sistema Tractor-Implemento durante la etapa de explotación como fundamento teórico para el análisis de su ciclo de vida**

En la figura 1.1 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 1.2, 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 1.1.** 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 1.3, 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

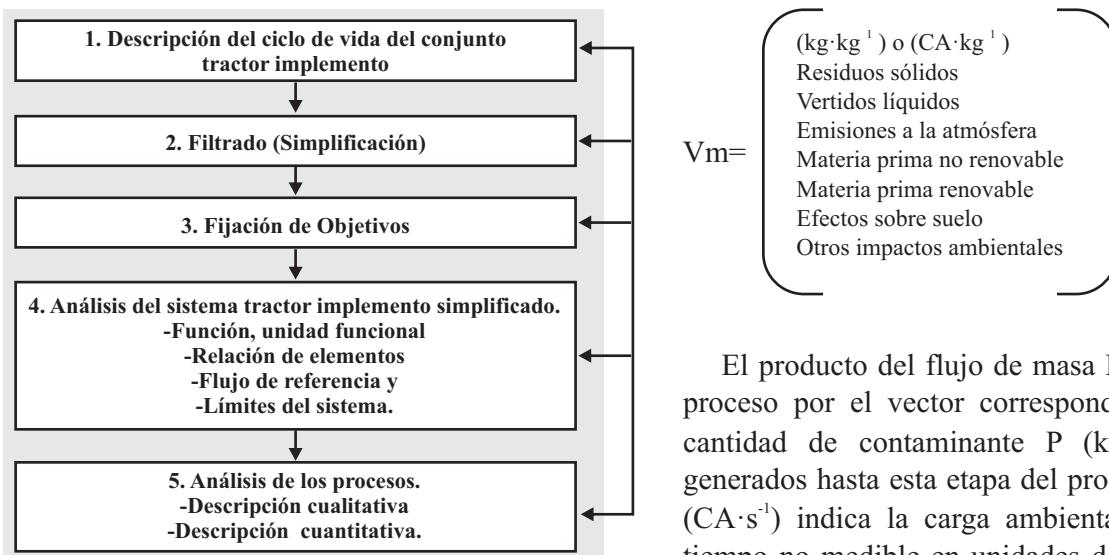
lograr realizar la función de cada una de ellas a la vez que, como consecuencia de los procesos que tienen lugar se genera determinadas cantidades de desechos como salidas del ciclo durante sus diferentes etapas; en primer lugar emisiones al aire, agua y suelo de sustancias dañinas en forma de emisiones 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.



(1.1)

$(kg \cdot kg^{-1})$  o  $(CA \cdot kg^{-1})$   
Residuos sólidos  
Vertidos líquidos  
Emisiones a la atmósfera  
Materia prima no renovable  
Materia prima renovable  
Efectos sobre suelo  
Otros impactos ambientales

Figura 1.2. 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 ( $kg \cdot s^{-1}$ ) lleva asociado un eco-vector  $v$  cuyos elementos se expresan en masa ( $kg$  de contaminante por  $kg$  de producto) o en energía ( $kJ \cdot kg^{-1}$ ), para cargas no medibles en unidades de masa como radiación o intensidad acústica ( $W \cdot m^{-2}$ ). Es por ello que en general nos referimos a carga ambiental por unidad de masa ( $CA \cdot kg^{-1}$ ). 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  $v_m$  en el cual las cargas ambientales están agrupadas en tipos de impacto ambiental.

$$FM \cdot v_m = P \quad (1.2)$$

Análogamente cada flujo de energía ( $J \cdot s^{-1}$  ó  $W$ ) lleva asociado un eco-vector energía  $v_e$  cuyos elementos se expresan en masa ( $kg$  de contaminante por  $kJ$ ) como en el caso del eco-vector masa o en forma genérica ( $CA \cdot kg^{-1}$ ).

(1.3)

$(kg \cdot kJ^{-1})$  o  $(CA \cdot kJ^{-1})$   
Residuos sólidos  
Vertidos líquidos  
Emisiones a la atmósfera  
Materia prima no renovable  
Materia prima renovable  
Efectos sobre suelo  
Otros efectos ambientales.  
Otros impactos ambientales

Del producto del flujo de energía  $E$  ( $kW \cdot s^{-1}$ ) por el vector  $v_e$  correspondiente, resulta el flujo de contaminantes, el vector  $P$  ( $kg \cdot s^{-1}$ ) o ( $CA \cdot s^{-1}$ ), generado en la producción de esta energía:

$$E \cdot v_e = P \quad (1.4)$$

Las expresiones (1.2) y (1.4) 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 ( $kg \cdot s^{-1}$ ) o ( $CA \cdot s^{-1}$ ). 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).

$$\sum_{i=1}^n I_{pi} v_{mlpi} + \sum_{i=1}^n I_{ei} v_{elEi} - \sum_{i=1}^n W_i v_{eWi} = \sum_{i=1}^n P_i v_{ePi} \quad (1.5)$$

Donde:

$I_{pi}$  Son las entradas máticas,  $I_{ei}$  las entradas energéticas,  $P_i$  son las corrientes de salida (productos y subproductos),  $W_i$  son los residuos y  $v_{m,e}$  son los ecovectores máticos y energéticos de las corrientes.

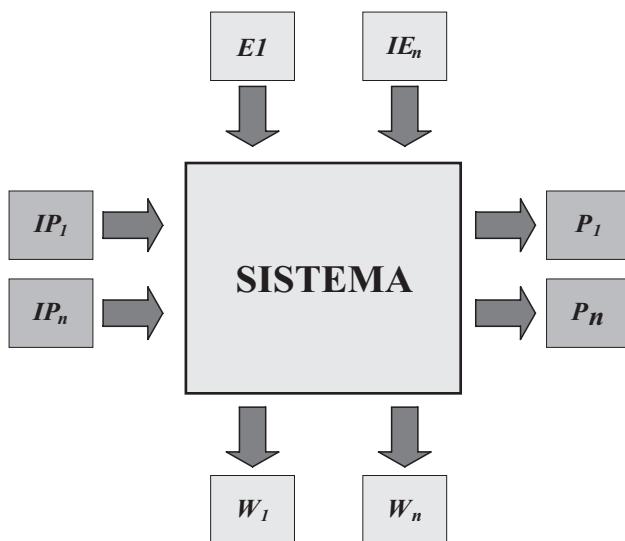


Figura 1.3. Sistema genérico.

### 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 1.6, de los componentes del sistema tractor- implemento tal como sigue;

$$I_{su} = \frac{T_{i,j,k}}{IM_{m,n,l}} + \frac{Cu_{i,j,k}}{T_{m,n,l}} + \frac{CL_{i,j,k}}{H_{m,n,l}} \quad (1.6)$$

Donde:

$I_{su}$  : 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.

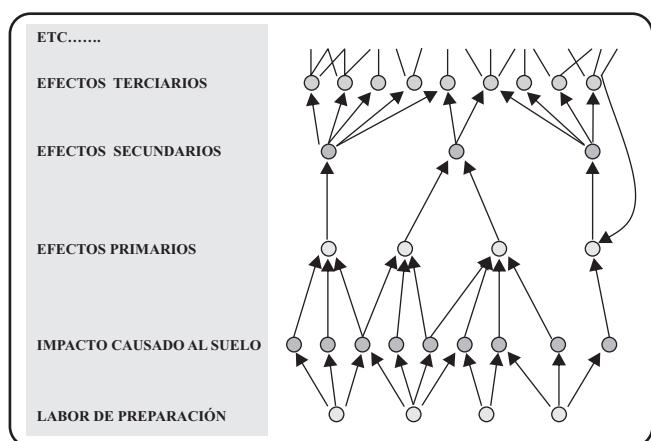
Como una forma de ilustrar las interacciones, se muestra es la figura 1.9; allí se puede observar en forma detallada las diferentes interacciones y dependencias existentes entre los elementos que constituyen el sistema tractor-implemento. Así por

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 1.4 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 gráfica 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



**Figura 1.4. Cadena Causa Efecto del sistema Tractor - Implemento**

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.

Finalmente, esta metodología resulta 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.

## 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].