

## SOFTWARE

# Software para el cálculo de indicadores energéticos, de explotación y económicos del sistema de distribución de humus de lombriz

*Software the calculation of energy indicators, operation and economic of the system of distribution of humus of worm*

Héctor R. de las Cuevas Milán<sup>1</sup>, Maximino Díaz Alvarez<sup>2</sup> y Pedro Paneque Rondón<sup>3</sup>

**RESUMEN.** El software "SMDHL" permite determinar los indicadores energéticos, de explotación y económicos, del sistema mecanizado de distribución de humus de lombriz. El software posibilita calcular el balance tiempo consumidos por los conjuntos de distribución y transporte, el coeficiente de utilización del tiempo y la productividad horaria del sistema. Otras operaciones de cálculo contemplan la determinación de la energía secuestrada en materiales, fabricación y transporte; combustible; lubricantes; reparaciones/mantenimientos; mano de obra y los costos energéticos totales horarios y por unidad de área. El sistema automatizado determina además los indicadores económicos del sistema, contemplando los costos de salario, amortización, reparación y mantenimientos, combustible, producto, costos directos y costos de explotación.

**Palabras clave:** costos, energía, humus de lombriz.

**ABSTRACT.** The software "SMDHL" it allows to determine the energy indicators, operation and economic, of the automated system of distribution of worm humus. The software facilitates to calculate the time consumed by the distribution groups and transport, the coefficient of use of the time and the hourly productivity of the system. Other calculation operations provide the determination of the energy sequestered in materials, production and transport; fuel; lubricant; repairs / maintenances; manpower and energy costs, and total hours per unit area.

**Keywords:** costs, energy, worm humus.

## INTRODUCCIÓN

La distribución de materia orgánica es una actividad que se realiza desde épocas remotas para restituir o incorporar al suelo, los nutrientes en déficit o perdidos en anteriores cosechas. Sin embargo, en cualquier época, las cantidades requeridas son y serán muy superiores a las que se emplean con fertilizantes minerales, por tanto, para que resulte económico el empleo de materia orgánica, esta debe concebirse y disponerse en lugares cercanos a las plantaciones y así evitar excesivos gastos energéticos en carga, transportación y distribución (Pérez y Luzardo 2005)

En el cultivo de los cítricos no es conveniente una distribuidora de gran capacidad para evitar así, una compactación excesiva del suelo entre las hileras de los árboles. Sin embargo una esparcidora de pequeña capacidad, hace muy improductivo el proceso de distribución al establecerse una norma en cítricos de 12 t/ha, que resulta una norma relativamente alta, provocando frecuentes vaciados de las tolvas y por tanto muchos traslados improductivos del conjunto (Díaz, 2003)

Resulta interesante el estudio de variantes que emplean otros tipos de abonos orgánicos con mayor concentración de nutrientes tales como el humus de lombriz y compost, los cuales

**Recibido** 12/02/09, aprobado 21/06/10, trabajo 27/10, software.

<sup>1</sup> M.Sc., Inv. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), E-✉: [hector@isch.edu.cu](mailto:hector@isch.edu.cu)

<sup>2</sup> Dr., Inv. Titular, UNAH-CEMA.

<sup>3</sup> Dr., Inv. Titular, UNAH-CEMA.

se requieren en proporciones menores a la materia orgánica convencional.

En este sentido en el Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), se desarrolla un proyecto de investigación perteneciente al Programa Ramal de Mecanización, del Ministerio de la Agricultura denominado “Estudio de máquinas para el manejo de abonos orgánicos en cítricos” (Díaz, 2007), el cual contempla dentro de sus tareas la elaboración de un Programa de computación para la selección de procesos tecnológicos mecanizados para la transportación y distribución de humus de lombriz

En el presente trabajo nos proponemos la confección de un sistema automatizado, que modele el proceso tecnológico del sistema mecanizado distribución de humus de lombriz en el cultivo de los cítricos, que determine los indicadores energéticos, de explotación y económicos para diferentes condiciones de trabajo y medios técnicos disponibles, permitiendo definir variantes racionales según criterios económicos o energéticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización del proceso tecnológico, del sistema a mecanizado de distribución de materia orgánica.

- **Sistema tradicional**

Esta variante tecnológica consiste, en que una vez concluido su ciclo de trabajo, el conjunto distribuidor se traslada hasta el centro de recepción de materia humus de lombriz, donde se realiza el servicio por medio de un cargador (tractor – palita). Posteriormente se traslada nuevamente al campo para continuar su trabajo.

- **Sistema de abastecimiento en la cabecera c (punto móvil)**

Los conjuntos para la distribución de materia orgánica una vez concluido su ciclo de trabajo, se trasladan hasta un punto situado en la cabecera del campo, donde se realiza el servicio de humus de lombriz por medios de transporte y un cargador (tractor – palita). Los medios de transporte son los encargados del traslado de la materia orgánica, desde el centro de recepción de humus de lombriz hasta el punto de servicio de las distribuidoras, posteriormente se trasladan al punto de partida donde son reabastecidos por un cargador (tractor – palita) ubicado en este lugar. Después de serviciado el conjunto distribuidor se traslada al campo para continuar su labor.

### Metodología para la modelación del sistema mecanizado

La modelación del sistema mecanizado de distribución de materia orgánica, se desarrolló sobre la base de investigaciones desarrolladas por; Paneque (1986, 2000a y 2000b); Fluck (1985 y 1992), Hetz y Barrios (1997a y 1997b); de las Cuevas, (1997), así como las normas cubanas NC 34 - 37 (2003) NC 34 -38 (2003) y datos brindados por los fabricantes de los medios técnicos utilizados.

### Sistema automatizado para la modelación del sistema mecanizado de distribución de materia orgánica en el cultivo de los cítricos

El sistema automatizado “SMDHL” ha sido elaborado sobre plataforma de trabajo en EXCEL para Windows. El mismo modela el proceso de trabajo del sistema mecanizado de distribución de humus de lombriz, según las condiciones organizativas y productivas establecidas por el usuario, como norma de aplicación, cantidad de conjunto distribuidores, de transporte y cargadores, distancia de abastecimiento, etc; posteriormente se calculan los indicadores energéticos, de explotación y económicos del sistema.

El software consta de un panel de control interactivo que permite el vínculo del usuario con cada una de las partes que lo conforman (Figura 1). La entrada de los datos iniciales se encuentra diseñada en forma de bloques, agrupadas en las condiciones de trabajo e informaciones de los conjuntos de distribución, transporte y cargadores respectivamente, lo cual facilita su identificación. Para cada ventana se diseñó un botón de comando, para el regreso al Panel de Control.

- **La entrada de datos**

*Condiciones de trabajo:* Permite acceder a la hoja de cálculo para la entrada de información, referente a las condiciones de trabajo en las cuales se desarrollará el proceso (longitud de la parcela, cantidad de conjuntos distribuidores de materia orgánica, transporte y cargadores, norma de aplicación, distancia del campo al centro de recepción de materia orgánica, etcétera).

*Sistema de servicio:* Accede a una serie de cuadros de grupo (Figura 4), que permiten seleccionar el tipo de sistema de servicio (tradicional y directamente en el campo) mediante controles de opción; así como el procedimiento de llenado de las distribuidoras y los medios de transporte, por medio del empleo de cuadro de lista. También existe un botón de comando para regresar al Panel de Control.

*Conjunto distribuidor:* Permite la entrada de datos sobre las características técnicas, indicadores de explotación, energéticos y económicos del conjunto distribuidor, como se muestra en la Tabla 1.

*Conjunto de transporte:* Igual que el anterior, pero referido al conjunto de transporte utilizado para el servicio de las distribuidoras.

*Conjunto cargador:* Aquí se introducen los parámetros técnicos, energéticos, de explotación y económicos de los conjuntos utilizados para el servicio de las distribuidoras y los medios de transporte, en la cabecera del campo y en el centro de recepción de materia orgánica respectivamente.

La etapa de cálculo está diseñada también en forma de bloques, y al igual que en la entrada de datos, en cada ventana se diseñó un botón de comando, para el regreso al Panel de Control.

- **La etapa de resultados contiene los siguientes botones (Figura 3)**

*Indicadores de explotación:* Modela el proceso y calcula los indicadores de explotación del Sistema Mecanizado de Distribución de humus de lombriz.

Se calcula el balance del tiempo consumido en cada ciclo de trabajo por los conjuntos distribuidores y transporte respectivamente según las condiciones de explotación. Comparándose los mismos y definiéndose la dependencia del coeficiente de utilización del tiempo a uno u otro conjunto, determinándose a continuación la productividad horaria del sistema.

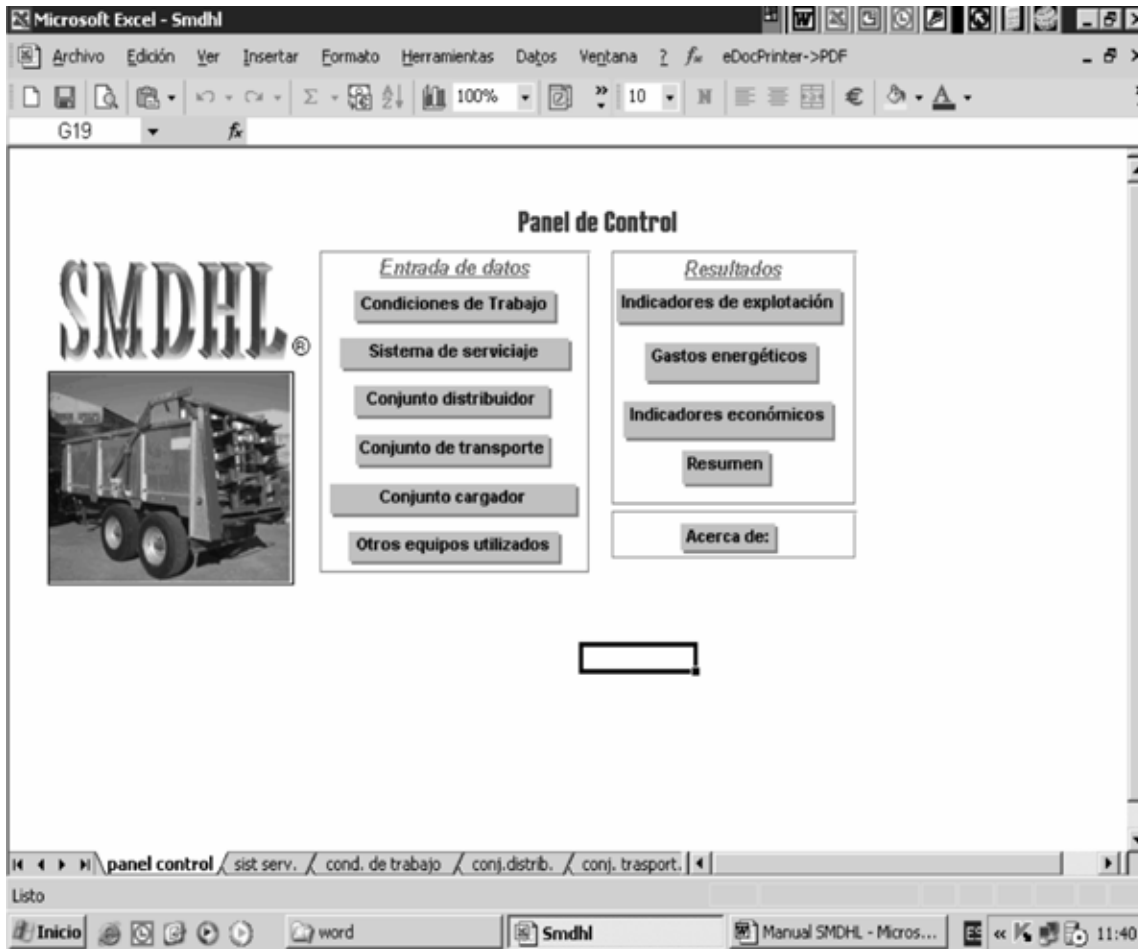


FIGURA. 1. Panel de Control del sistema.

**TABLA 1. Entrada de datos del conjunto distribuidor**

Parámetros	U/M
Velocidad de trabajo del conjunto de distribución (Vt)	m/s
Ancho de trabajo de la distribuidora (B)	m
Capacidad de carga del conjunto de distribución (Ccd)	t
Coficiente que relaciona el tiempo perdido por paradas técnicas y el tiempo limpio (etd)	-
Coficiente que relaciona el tiempo perdido por paradas tecnológicas y el tiempo limpio (end)	-
Tiempo empleado en un ciclo de trabajo para el servicio de materia orgánica del conjunto distribuidor(t4)	min
Velocidad del conjunto vacío, desde el lugar de trabajo hasta el punto de servicio de humus de lombriz (Va1)	m/s
Velocidad del conjunto distribuidor lleno, desde el punto de servicio hasta el lugar de trabajo (Va2)	m/s
Tiempo empleado en un ciclo de trabajo en acondicionar el conjunto distribuidor, antes y después de ser servido de materia orgánica (t6)	min
Tiempo empleado por el conjunto distribuidor en un giro en la cabecera del campo (tg)	min
Masa del tractor del conjunto distribuidor (Gtd)	kg
Masa de la distribuidora (Gd)	kg
Energía por unidad de masa del tractor del conjunto distribuidor (EUtd)	MJ/kg
Energía por unidad de masa de la distribuidora(EUd)	MJ/kg
Vida útil del tractor del conjunto distribuidor (VUtd)	h
Vida útil de la distribuidora (VUd)	h

Parámetros	U/M
Consumo horario de combustible del tractor del conjunto distribuidor (Ghcd)	L/h
Precio del combustible consumido por el tractor del conjunto distribuidor (Bcod)	peso/L
Energía específica del combustible del tractor del conjunto distribuidor (Ectd)	MJ/L
Salario horario del operador del tractor del conjunto distribución (Stcd)	peso/h
Precio del tractor del conjunto distribuidor (Ptd)	peso
Precio de la máquina distribuidora (Pd)	peso
Coefficiente de amortización del tractor del conjunto distribuidor (Atd)	-
Coefficiente de amortización la máquina distribuidora (Ad)	-
Carga anual del tractor del conjunto distribuidor (Ttd)	h
Carga anual de la máquina distribuidora (Td)	h
Coefficiente de reparación y mantenimientos del tractor del conjunto distribuidor (Rtd)	-
Coefficiente de reparación y mantenimientos de la distribuidora (Rd)	-
Precio del humus de lombriz (Pmo)	peso/t

En la Tabla 2, se muestra los resultados obtenidos para la variante compuesta por dos distribuidoras y un medio de transporte, para una distancia de abastecimiento de 1 km.

**TABLA 2. Indicadores de explotación del sistema**

Parámetros	U/M	Valor
Tiempo de trabajo limpio del conjunto distribuidor en un ciclo de trabajo (t1)	min	95,26
Tiempo empleado por el conjunto distribuidor en un ciclo de trabajo por paradas técnicas (t2)	min	4,76
Tiempo empleado por el conjunto distribuidor en un ciclo de trabajo por paradas tecnológicas (t3)	min	3,81
Tiempo empleado por el conjunto distribuidor en un ciclo de trabajo, en el traslado hasta la cabecera del campo o hasta el punto de recepción de humus de lombriz (t51)	min	1,51
Tiempo empleado por el conjunto distribuidor en un ciclo de trabajo hasta el campo después del serviciado de humus de lombriz (t52)	min	1,62
Tiempo empleado por el conjunto distribuidor en un ciclo de trabajo, en trasladarse desde el lugar de trabajo hasta el punto de serviciaje de humus de lombriz y viceversa (t5)	min	3,14
Tiempo empleado por el conjunto distribuidor en un ciclo de trabajo, en girar en las cabeceras de los campos (tn)	min	8,98
Tiempo total empleado por el conjunto distribuidor de humus de lombriz en un ciclo de trabajo (Std)	min	124,02
Tiempo empleado por el conjunto de transporte en un ciclo de trabajo por paradas técnicas (tt2)	min	0,27
Tiempo empleado por el conjunto de transporte en un ciclo de trabajo por paradas tecnológicas (tt3)	min	0,00
Tiempo empleado en un ciclo de trabajo para la carga y descarga del conjunto de transporte en el centro de recepción de humus de lombriz y en el punto de serviciaje de las distribuidoras(tt4)	min	11,00
Tiempo empleado en un ciclo de trabajo por el conjunto de transporte, en trasladarse lleno desde el centro de recepción de humus de lombriz hasta el punto de serviciaje de las distribuidoras (tt51)	min	3,99
Tiempo empleado en un ciclo de trabajo por el conjunto de transporte, en trasladarse vacío desde el punto de serviciaje de las distribuidoras hasta el centro de recepción de humus de lombriz, (tt52)	min	4,98
Tiempo empleado por el conjunto de transporte, en un ciclo de trabajo, en trasladarse desde el centro de recepción de humus de lombriz hasta el punto de serviciaje de las distribuidoras en la cabecera del campo y viceversa (tt5)	min	8,98
Tiempo total empleado por el conjunto de transporte (tractor-remolque) en un ciclo de trabajo (Stt)	min	17,33
Coefficiente de utilización del tiempo del sistema (Kut)	-	0,77
Productividad del sistema (W)	ha/h	3,23

*Costos energéticos:* Accede a las operaciones de cálculo que contemplan la determinación de la energía secuestrada en materiales, fabricación y transporte; combustible; lubricantes; reparaciones/mantenimientos; mano de obra y los costos energéticos totales del sistema. En la Figura 2 se muestra el comportamiento del los costos energéticos, para la variante mencionada anteriormente.

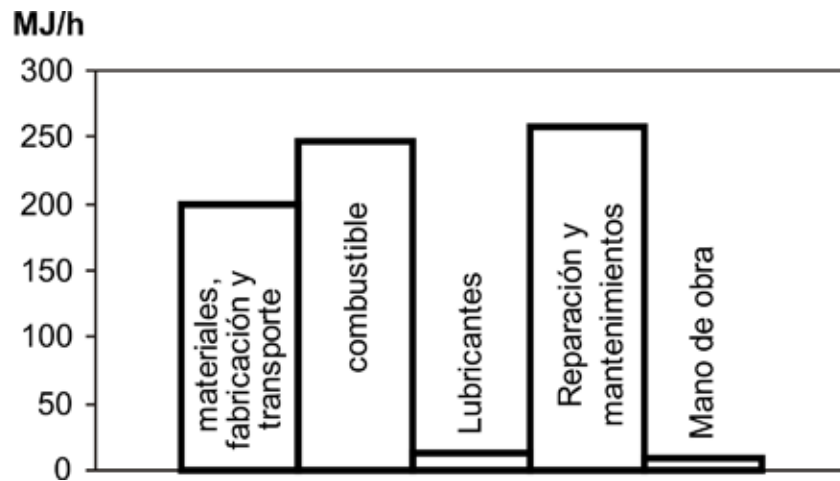


FIGURA 2. Costos energéticos.

*Indicadores económicos:* Se determinan los indicadores económicos del sistema, contemplando los costos de salario, amortización, reparación y mantenimientos, combustible (Figura 3), costos directos y de explotación

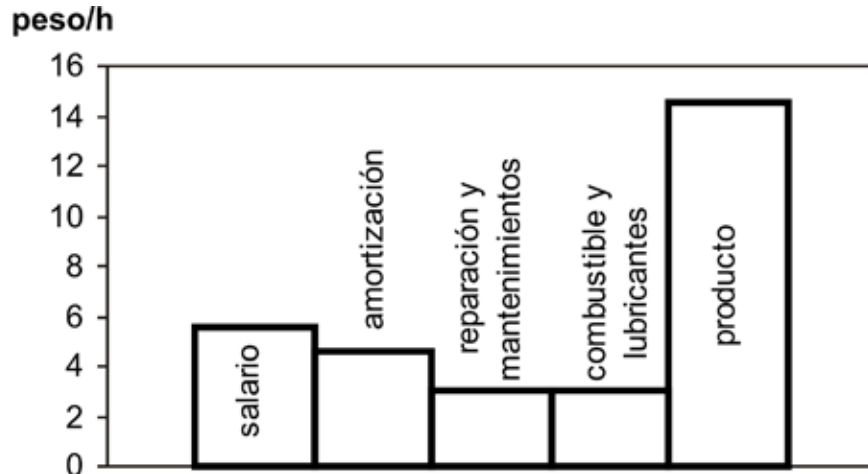


FIGURA 3. Costos de explotación.

*Resumen:* brinda un resumen que contempla los fundamentales indicadores del Sistema Mecanizado de Distribución de Humus de Lombriz, según las condiciones de explotación analizada.

Dentro del Panel de Control existe además un botón “Acerca de”, que permite acceder los nombres y apellidos de los autores, versión, logotipo y dirección del centro de trabajo, etc.

## CONCLUSIONES

- El sistema automatizado “SMDHL” permite realizar la modelación analítica del sistema mecanizado de distribución de

humus de lombriz en el cultivo de los cítricos, calculando los indicadores de explotación, energéticos y económicos para diferentes condiciones de trabajo y medios técnicos empleados.

- El software SMDHL es de fácil manipulación, accediendo a cada parte del mismo mediante el vínculo del usuario con el Panel de Control
- Los resultados de este programa, permiten definir las variantes más ventajosas económicamente de servicio tecnológico del sistema mecanizado de distribución de humus de lombriz en el cultivo de los cítricos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DE LAS CUEVAS, H.: *Investigación del coeficiente de abastecimiento óptimo en asperjadoras de 3 000 L de capacidad*, 68pp., **Tesis (en opción al título de Master en Mecanización Agrícola)**, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, La Habana, Cuba, 1997.

DÍAZ, A. M.: *Estudio de los procesos tecnológicos mecanizados para el abastecimiento de materia orgánica a frutales*, Proyecto de investigación científica, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2003.

- DÍAZ, A. M.: *Estudio de nuevos medios mecanizados para la transportación y distribución de abonos orgánicos en cítricos*. Proyecto de investigación científica, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2007.
- FLUCK, R.: "Energy sequestered in repairs and maintenance of agricultural machinery", *Transaction of the ASAE* 28(3): 738-744, 1985.
- FLUCK, R.(ED): *Energy for farm production*, 287pp., Vol. 6 of Energy for World Agriculture. Elsevier, Amsterdam, 1992.
- FRYE, W.: *Energy requirements in no - tillage*. In: *No - tillage agriculture*, pp. 127-151, Van Nostrand Reinhold. N. York, USA, 1984.
- HETZ, E.; A. BARRIOS: "Reducción del costo energético de labranza / siembra utilizando sistemas conservacionista en Chile", (*Chillán Chile, Agro-Ciencia* 13(1): 41-46, 1997a.
- HETZ, E.; A. BARRIOS: "Costo energético de las operaciones agrícolas mecanizadas más comunes en Chile", *Agro Sur* 24(2): 146-161, 1997b.
- NC 34 -37:2003: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación técnicaológica explotativa*, Vig. febrero 2003.
- NC 34 -38: 2003: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*. Vig. febrero 2003.
- PANEQUE, R. P.: *Investigación para la determinación de los parámetros de trabajo óptimos de los tractores para la mecanización de las labores en plantaciones en desarrollo y producción de cítricos en Cuba*, 145pp., **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas)**, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (ISCAH), La Habana, 1986.
- PANEQUE, R. P.: "Gastos energéticos de la poda mecanizada en plantaciones cítricas de Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 9(2): 23-28, 2000a.
- PANEQUE, R. P.: "Gastos energéticos de las operaciones agrícolas mecanizadas en plantaciones cítricas de Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 9(3, 4): 17-22, 2000b.
- PÉREZ, G. M. y A. LUZARDO: *Costos energéticos y de explotación del sistema mecanizado de distribución de materia orgánica*, 80pp., **Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Mecanizador)**, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2005.

**CRECIMIENTO  
SOSTENIBLE  
EN LA AGRICULTURA  
Y LA GANADERÍA**

**UNIVERSIDAD  
AGRARIA  
DE LA HABANA**

- \*Mecanización en la agricultura ecológica
- \*Biotecnología vegetal
- \*Biofertilizantes
- \*Biorreguladores de crecimiento vegetal
- \*Control de plagas
- \*Laboratorios de análisis químico
- \*Alimentación animal no convencional
- \*Mejoramiento animal
- \*Sistemas silvopastoriles