

# Evaluación ingenieril, agronómica y económica de la labranza cero en Venezuela

Engineering, agronomical and economical evaluation of the non-tillage farming in Venezuela

**Américo José Hossne García\*; J. Páez; V. García y M. Estrada M**

Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Campus Los Guaritos, Maturín, estado Monagas, Venezuela.

Apartado Postal 414, Maturín, estado Monagas, Venezuela 6201-A. Tel. 58-291-8083902

Email: [americohossne@cantv.net](mailto:americohossne@cantv.net) \* Autor para correspondencia

Recibido: 11/05/2006

Fin de arbitraje: 21/07/2006

Revisión recibida: 10/10/2006

Aceptado: 25/10/2006

## RESUMEN

Venezuela cuenta con alrededor de 300.000 ha bajo labranza conservacionista. La labranza convencional es prácticamente inconveniente realizarla en el agro venezolano dado la problemática de friabilidad de los suelos en conjunto con los tiempos oportunos operacionales, el alto costo involucrado y los daños físicos, químicos biológicos y térmicos acarreados. Los objetivos específicos son la evaluación de la labranza cero con el propósito de apreciar algunos parámetros (a) ingenieriles, (b) agronómicos y (c) económicos que rigen su proceso. Los ingenieriles evaluados fueron: peso, capacidad efectiva, eficiencia, ancho de corte teórico, potencia requerida y velocidad de operación. Los agronómicos: fertilización, pH, materia orgánica y estructura del suelo. Los económicos: análisis incluyendo el coeficiente operacional agrícola ( $0,0002 \text{ día}^{-1}$ ), el ancho óptimo por máxima y mínimo, consumo energético, comparaciones con el arrendamiento, costos de adquisición, fertilización y mecanización convencional con relación al cultivo de maíz. Se aplicó el PERT (Program Evaluation Review Technique), el Punto de Oportunidad Igual, análisis de costos y el análisis de regresión para interpretar la variancia entre algunos parámetros. Entre los resultados de índole económicos se estableció el diagrama PERT usado en los procesos de labranza cero en Venezuela, costos fijos de 18652,33 USD/año, costos totales para la unidad tractor sembradora de 27261,93 USD/año (34,42 USD/ha), tasa de arrendamiento para 742,25 ha/año de equilibrio, ancho óptimo de la labor entre 4 y 10 m para un máximo de 5000 ha. Entre los ingenieriles: la capacidad efectiva promedio encontrada fue de 4,95 ha/h, velocidad de la labor de 11 km/h, el precio entre 5.648,91 – 10.119,85 USD/m y la eficiencia del 75%. Agronómicamente los parámetros evaluados produjeron ventajas. Se concluye: (a) la labranza cero reduce los costos, (b) los problemas del tiempo oportuno de operación es altamente reducido, (c) la estructura del suelo es favorecida, (d) es más barato alquilar con menos de 800 ha/año y (e) el proceso operacional del proceso productivo es minorado.

**Palabras Clave:** Labranza cero, labranza convencional, arrendamiento versus adquisición, erosión, materia orgánica, cobertura, PERT, punto de equilibrio económico.

## ABSTRACT

Venezuela counts with around 300.000 ha under no-tillage farming. It is practically impossible to carry out conventional tillage in Venezuelan agriculture due to the problem of friability of the farm soils, together with timeliness factor, the high involved cost, physical, chemical, biological and thermal damages carried out. The specific objectives are the evaluation of the no-tillage with the purpose of appreciating some parameters: (a) engineering, (b) agronomic and (c) economic that governs their process. The engineering factors valued were: weigh, efficiency, field capacity, width, power required and operation speed. The agronomic: fertilization, pH, organic matter and soil structures. The economic: analysis including the timeliness factor ( $0,0002 \text{ day}^{-1}$ ), the optimum width by maxim and minimum, energy consumption, comparisons with the lease, costs of acquisition, fertilization and conventional mechanization with relationship to the cultivation of corn. It was applied the PERT, the point of same opportunity and the regression analysis to interpret the variance among cost parameters. Among the economic results the PERT diagram was established for the processes of zero tillage in Venezuela, fixed costs of 18652,33 USD/year, total cost for the unit tractor-seeder of 27261,93 USD/year (34,42 USD/ha), equilibrium lease for 742,25 ha/year, optimum width between 4 and 10 m for of 5000 ha maximum. Among the engineering results, the field capacity was of 4,95 ha/h, speed of 11 km/h, the price of the direct seeder between 5.648,91-10.119,85 USD/m and an efficiency of 75%. Agronomics: the evaluated parameters produced advantageous results. It is concluded: (a) the zero-tillage reduced the costs, (b) the problems of the opportune time of operation are highly reduced, (c) the structure of the soil is favored, (d) it is cheaper to leasing and (e) the operational process of the productive process is lessened.

**Key Words:** Non-tillage farming, Conventional tillage, lease versus acquisition, erosion, organic matter, covering, PERT, equilibrium economic point.

## INTRODUCCIÓN

Las cuatro leyes de la termodinámica, podrían explicar la existencia de los bosques. La filosofía científica del proceso de la labranza conservacionista tiene basamentos termodinámicos en la misma forma que los bosques. Si el ecosistema boscoso se mantiene por sí mismo así debería ser el ecosistema productivo desarrollado por el hombre. En ambos procesos existen profundos gradientes térmicos y químicos dentro de cada sistema. La labranza convencional irrumpe el equilibrio termodinámico. Noventa millones de hectáreas bajo labranza cero en el mundo no puede estar errado, Derpsch (2005); Izquierdo (2005). Desde 1987 al 2002 la tecnología ha experimentado un aumento de 59 veces en América Latina, de 670.000 ha a 40,6 millones de ha versus un aumento apenas de 5,6 veces en EEUU; Venezuela sólo posee unas 300.000 ha (octavo País), Brasil 13.470.000 ha y Argentina 9.250.000 ha (Derpsch, 2005; Izquierdo, 2005). La labranza convencional que se realiza en Venezuela, es muy compleja debido sobre todo a la falta de una condición de humedad óptima para lograrla; además, los tiempos oportunos operacionales son muy cortos. Dado esta realidad el productor venezolano ya prácticamente no efectúa araduras, y sólo recurre a la labranza secundaria utilizando la rastra de discos. Debido a la problemática de humedad óptima requerida, se observan las nubes de polvo cuando se realiza esta labor; el productor lo que hace es producir pulverización del suelo con baja infiltración, que con las primeras lluvias, este se compacta mucho más que en su etapa original.

En el Estado Monagas, durante la temporada del 2002, la siembra de sorgo con labranza cero fue de un 17,29 %. Kassen (1994) estableció una alternativa para la agricultura venezolana: el establecimiento de la siembra conservacionista. Con este trabajo se logró hacer una evaluación desde un punto de vista ingenieril, agronómica y económica de la labranza cero, con el objetivo de poder establecer algunos caminos del proceso y evaluar no sólo los conceptos generales y específicos para la toma de decisiones, sino de esclarecer horizontes que nos lleven a áreas de investigación para fortalecer el proceso de labranza cero que es una necesidad inminente en el presente. Los objetivos específicos fueron la evaluación de la labranza cero con el propósito de apreciar algunos parámetros (a) ingenieriles, (b) agronómicos y (c) económicos que rigen su proceso. Los ingenieriles evaluados fueron:

peso, eficiencia, capacidad efectiva, ancho de corte, potencia requerida y velocidad de operación. Los agronómicos: fertilización, pH, materia orgánica, herbicidas utilizados, gas carbónico y estructura del suelo. Los económicos: análisis de costos incluyendo el coeficiente operacional agrícola ( $0,0002 \text{ día}^{-1}$ ), el ancho óptimo por máxima y mínimo, consumo energético, comparaciones con el arrendamiento, costos de adquisición, fertilización y mecanización convencional con relación al cultivo de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó basándose en revisiones bibliográficas, contactos con organismos del Estado y estudios en los diferentes mercados comerciales, con miras a establecer parámetros para definir la labranza cero en el marco ingenieril, agronómico y económico. Se utilizaron tres planillas: (a) Acondicionamiento del terreno, distribución de rastrojos y control de malezas, (b) Siembra y fertilización, (c) Control de plagas y enfermedades y (d) Características de las sembradoras. El estudio comprendió el análisis de las máquinas de labranza cero presentes en Venezuela, evaluando: Peso, potencia requerida, tipo de neumáticos, capacidad efectiva de trabajo y consumo energético en  $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{ha}$ . Parámetros agronómicos: Fertilización, pH, materia orgánica (MO), porosidad, y densidad aparente. La información obtenida en el estudio bibliográfico, los contactos con los investigadores, agricultores, organizaciones y asociaciones agrícolas fueron procesadas y promediadas; de esta manera quedaron evaluados los parámetros agronómicos, en los cuales ejercen mayor transformación la labranza cero. Se utilizaron 20 día/año, un rendimiento de  $2500 \text{ kg}/\text{ha}$ , un precio del producto cosechado de  $0,25 \text{ USD}/\text{kg}$  y un coeficiente operacional agrícola (COOA) de  $0,000002 \text{ h}^{-1}$ , potencia del tractor  $100 \text{ kW}$ . Se utilizó el método de la regresión lineal de SPSS (Statistical Package for Social Sciences) para analizar los costos. A continuación se presentan algunas de las relaciones algebraicas utilizadas en el análisis económico:

$$CE = (U * ACT * EF)/1000 \quad (1)$$

Donde:

CE = Capacidad efectiva de campo (ha/h)

U = Velocidad (km/h)

ACT = Ancho de corte teórico (m)

$$COE = PO/CE \quad (2)$$

Donde:

COE = Consumo energético total de la sembradora (kW·h/ha)  
 PO = Potencia del tractor (kW)

$$II = IA + IF + IA * IF \quad (3)$$

Donde:

II = Intereses inflados anuales (adimensional)  
 IA = Intereses anuales (adimensional)  
 IF = Inflación anual (adimensional)

$$D = ((IIPP*(VI-VR))/(((1+IIPP)^{NP}-1)) \quad (4)$$

Donde:

D = Depreciación (USD/año)  
 IIPP = Intereses inflados por período (adimensional)  
 VI = Precio inicial (USD)  
 VR = Valor de rezago (USD)  
 NP = Número de períodos (adimensional)

$$AOC = \sqrt{\frac{1000 * AR}{U * EF * CFaIT} * (CVhT + GO + (RE * PP * COOA * AR))} \quad (5)$$

Donde:

AOC = Ancho óptimo de corte (m)  
 AR = Superficie (ha/año)  
 CVhT = Costos variables del tractor (USD/h)  
 CFaIT = Costos fijos de la sembradora (USD/año)  
 GO = Gastos por operador (USD/h)  
 RE = Rendimiento del cultivo (kg/ha)  
 PP = Precio del producto (USD/kg)  
 COOA = Coeficiente operacional agrícola (1/h)

$$CTaI = CFaIT + \frac{1000 * AR}{U * ACT + EF} (CVhI + CVhT + GO) + \frac{1000 * AR}{U * ACT * EF} (RE * PP * COOA * AR) \quad (6)$$

Donde:

CTaI = Costos totales de la sembradora (USD/año)  
 CVhI = Costos variables de la sembradora (USD/h)

$$GO = \frac{SD * (DL + DP) * AR}{JD * DL * CE} \quad (7)$$

Donde:

SD = Salario del operador (USD/día)  
 DL = Días laborables (día/año)  
 DP = Días de prestaciones (día/año)  
 JD = Jornada diaria (h/día)

$$AJA = \frac{CFaI + (CFaT * DL / NDPP)}{PA - CVhaIT} \quad (8)$$

Donde:

AJA = Área justificada de arrendamiento (ha/año)  
 FaI = Costo fijos total de la sembradora (USD/año)  
 CFaT = Costo fijo total del tractor (USD/año)  
 NDPP = Número de días del proceso productivo (180 día/año)  
 PA = Precio por arrendamiento (USD/ha)  
 CVhaIT = Costos variables del tractor más sembradora más tractor (USD/ha)

$$CETI = (CTaIT * CE)/(AR * PO) \quad (9)$$

Donde:

CETI = Costos energéticos totales de la sembradora (USD/kW·h)  
 CTaIT = Costos totales de la sembradora más tractor (USD/año)

Mediante el desarrollo de una hoja Excel utilizando las ecuaciones mencionadas se obtuvieron los resultados de los respectivos ítems de costos. Se utilizó Surfer 8 para el trazado en tres dimensiones y Excel para las gráficas en 2D.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN****Evaluación Ingenieril**

El Cuadro 1 presenta algunas características ingenieriles promedio de la maquinaria utilizada en la siembra conservacionista. La implementación de la labranza cero favorece: menor uso de maquinarias agrícolas, mejoramiento de la infiltración del agua en el suelo, disminución de la erosión, mejora la estructura del suelo, mayor retención de humedad, se restringe la compactación del suelo y economía de tiempo. Derspich (1997) en sus conclusiones estableció que este sistema elimina la preparación de los suelos lo cual significó economía de tiempo, energía, precisándose menos kW por ha y disminución de la mano de obra.

La capacidad efectiva calculada y utilizada en este trabajo fue de 4,95 ha/h con una velocidad de 11 km/h, un ancho de corte de 6 m y una eficiencia del 75% para las marcas y modelos estudiadas como la Semeato, John Deer, Gaspardo y Case Internacional. La potencia de uso promedio de los tractores agrícolas en Venezuela está alrededor de los 100 kW. Al respecto, en Países como Brasil y Argentina se encuentran entre 80 y 120 kW (Derpsch, 2005; Lavecchia, 2006). Chaparro *et al* (2002) determinaron un consumo energético (COE) en base al consumo de combustible de 255 MJ/ha, en este trabajo se encontró 72,72 MJ/ha ( $\text{kW}\cdot\text{h} = 3,6 \text{ MJ}$ ); la diferencia podría ser que aquí se utilizó la potencia del tractor de 100 kW, ellos utilizaron potencias de 57-67 kW,

eficiencia de 31 %, una capacidad efectiva de 2,95 ha/h, un ancho de corte de 3,80 m y una velocidad de 7,74 km/h.

Es común en el proceso de cultivo en Venezuela dejar el suelo desnudo por mucho tiempo hasta el próximo sembrado. Esto deja el suelo expuesto a las acciones climáticas acarreado deterioros físicos, químicos, biológicos y erosión. En las áreas bajo siembra directa se evita la pérdida por arrastre debido a que los suelos siempre están cubiertos (Sánchez 1994). En estas áreas se observó un control de la erosión de los suelos, en especial en los suelos de sabana. El control de la erosión de la siembra directa se debe al efecto protector de los rastrojos y cultivos intersiembra en superficie, los cuales evitan el impacto directo de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo, evitando la destrucción de los agregados y la formación de “sellos ó costras”. De esta forma se garantiza una alta infiltración del agua y el almacenamiento en el perfil (Michelena e Irurtia, 2002; Bravo. y Florentino, 1999; Steiner, 2002). Se registraron comentarios negativos sobre las distancias de siembra lo cual acarrea disminución del número de plantas por hectárea. Ezell (2004) encontró el mismo problema en la aplicación de la labranza cero en la reforestación.

**Evaluación Agronómica**

El Cuadro 2 presenta algunos resultados sobre las acciones de la labranza conservacionista en el País; se puede observar los aportes conservacionistas

Cuadro 1. Medias y desviaciones estándar de la relaciones entre precio y algunos parámetros ingenieriles para sembradoras de labranza cero (1 USD = VEB 2500). Un total de 47 encuestas.

Parámetros	Medias	Desviación estándar
ACT (m)	4,01	1,57
Peso (kg)	1965,62	827,87
Precio (USD)	27135,31	4224,43
Precio por metro (USD/m)	7884,38	3179,89
Precio por peso (USD/kg)	12,17	3,87
Potencia por metro (kW/m)	20,52	7,75
Potencia por peso (kW/kg)	0,05	0,036
Peso por metro (kg/m)	552,75	290,84
Potencia tractor (kW)	100	11,45
Parámetro	Calculado	Estimada
CE (ha/h)	4,95	
COE $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{ha}$	20,20	
Eficiencia (%)		75
U (km/h)	11	

al ecosistema. En los suelos de sabana de Venezuela el contenido de materia orgánica está por debajo del 0,80 % debido sobre todo a la pérdida de materia orgánica y gas carbónico en el estado de desnudez y los procesos de labranza. Derpsch (1997, 2005) encontró lo mismo por medidas hechas en el embalse de Itaipú, las pérdidas de carbono en la forma de CO<sub>2</sub> durante las operaciones de labranza disminuyó los niveles de materia orgánica.

La bibliografía revisada establece: Disminución en la descomposición de la materia orgánica por la acumulación de restos vegetales en la superficie (Sánchez 1993, 1994 y 1995). Aumento en la acumulación de agua en los primeros centímetros del perfil del suelo (Crovetto 1994 y 1995). Una disminución paulatina de este parámetro debido a la mayor acumulación de aglomerados del suelo (Sánchez 1994). Mejor velocidad de difusión de oxígeno una vez implantado el sistema (Gavande 1987). Necesidad de aplicación de grandes cantidades de correctivos antes de implantar el sistema (Landers 1994). Se presenta una mayor respuesta de los correctivos por existir una mayor humedad en los primeros centímetros del suelo (Sánchez 1994). La utilización de cobertura con baja relación carbono - nitrógeno para una mejor liberación de nitrógeno acumulado (Landers 1994). Según Quintero (1997) existió menor eficiencia en la utilización de nitrógeno en la fase temprana de crecimiento vegetativo, una vez establecido el sistema se presenta un buen reciclaje de nitrógeno, pudiendo en el futuro disminuir las dosis aplicadas de este

elemento. Aumento en la tasa de respuesta a este elemento por parte de cultivos tales como cereales y pastos e incremento en la eficiencia de fósforo en razón de la estratificación de los nutrimentos en superficie y ahorro por uso de elementos ricos en fósforo no tradicionales. Una abundante cantidad de rastrojos de cosecha, además de las ventajas mencionadas, constituye una importante reserva de macro y micronutrimentos. Así, en un rastrojo de maíz de 7.500 kg/ha se determinó que contiene 5 kg de nitrógeno, 4 kg de fósforo, 53 kg de calcio, 4 kg de azufre, 51 g de boro, 41 g de cobre y 128 g de zinc por hectárea (Michelena e Irurtia 2002).

La preparación intensiva del suelo provoca el escape rápido del carbono del suelo en forma de gas (dióxido de carbono) a la atmósfera. Esto resulta en emisiones inaceptables de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y en vez de que el carbono sea depositado en el suelo mejorando su productividad, la labranza contribuye al efecto invernadero y al calentamiento global del planeta. Izquierdo (2005) expuso que la labranza conservacionista contribuye a aumentar el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en el suelo, disminuye la tasa de erosión, aumento de la materia orgánica, aumenta las fracciones gruesas en especial en suelos con menor contenido relativo de materiales finos y mejora las características físicas, biológicas y químicas tornando posible una agricultura sostenible; en cambio, la labranza convencional facilita emisiones del gas carbónico a la atmósfera, contribuyendo al efecto de invernadero y al calentamiento del planeta. Nasal y Andriulo (2005) utilizaron el nabo forrajero

Cuadro 2. Algunas ventajas y desventajas agronómicas de la labranza conservacionista en Venezuela.

Parámetros Agronómicos	Labranza Cero
Materia Orgánica	Se favorece el incremento de la materia orgánica
Nitrógeno	La existencia de una constante cobertura favorece su liberación
Fósforo	Es necesario modificación y adición de variables técnicas para la elaboración de planes de fertilización fosfatada
Potasio	No existe diferencia significativa en cuanto a su comportamiento en los suelos
Densidad aparente	Impide aumentos de la densidad aparente producto del aumento de la materia orgánica y condiciones óptimas de humedad
pH	Aplicación de elementos correctivos no tradicionales como el fosfoyeso y la fosforita, partiendo de la premisa que ambos pueden corregir acidez. Se presenta una mayor respuesta de los correctivos por existir una mayor humedad en los primeros centímetros del suelo
Porosidad	Se mantiene la existencia de micro y macro poros que permiten una exploración de las raíces y un mejor drenaje
Productividad	Aumento de la productividad a largo plazo
CO <sub>2</sub>	Menor emisión a la atmósfera
Contaminación	Reducción de la polución del aire

como cultivo de cobertura en la siembra directa logrando una mejora temporal de la porosidad. Ohep *et al* (2002) concluyeron que en la labranza conservacionista con aplicación de residuos vegetales produjo modificaciones importantes, disminuyendo los valores de la densidad aparente y las condiciones hidráulicas del suelo. Hernández *et al* (2000) concluyeron que con la labranza mínima se presenta menor densidad aparente en relación con la labranza convencional y que en la época de lluvia, la superficie bajo siembra directa tiene el mayor porcentaje de humedad, mientras que el suelo bajo labranza convencional no mostró diferencia significativa. La mayor humedad en la superficie del suelo bajo siembra directa puede estar relacionada con su mayor contenido de materia orgánica y la cobertura.

### Evaluación Económica

La Figura 1 muestra los costos totales de la unidad tractor-sembradora conservacionista (CTaIT) versus el área de siembra por año (AR). El análisis de regresión produce una relación lineal:  $CTaIT = 11,07 * AR + 18.297,64$  con una significación de 0,000 y un  $r^2 = 0,99$ . El aumento del uso por hectárea es progresivo debido a los costos variables. El uso de una unidad está limitada a 20 día/año, o sea 792 ha/año trabajando una vez por año. Un costo fijo para el implemento de 16477,83 USD/año, un costo variable para la unidad tractor-implemento de 8609,6 USD/año y un costo para la unidad tractor sembradora de 56,39 USD/ha. De acuerdo con la Universidad de Illinois (2005) en ese Estado el costo es de alrededor 21 USD/ha. Berroterán y Zinck (2000) en sus análisis de costo en USD/ha presentaron para la labranza y siembra en maíz (76,60 y 89,36) sorgo (76,60 y 110,64) y arroz (113,40 y

127,66) respectivamente. Con datos de 1995-1996. Rodríguez *et al* (2005) registraron costos operativos de la siembra convencional y directa en Argentina para el maíz de 1279 USD/ha y 1206 USD/ha, para el sorgo de 762 y 744 USD/ha y para la soya de 722 y 683 USD/ha respectivamente. 6000-8000 USD/m para la siembra directa costos totales y el costo total de uso de maquinaria es de 21,52 USD/ha. Soil Conservation Association (1996). Tosi (2005) registró para las labores de maíz bajo siembra directa de 100 USD/ha. Corpei (2006) registró para la siembra directa los costos de producción para el maíz de 281 USD/ha para Ecuador y de 306 USD/ha en el Brasil.

La Figura 2 muestra las variaciones del costo total energético de la sembradora conservacionista versus el área de siembra anual y el ancho óptimo de corte. Se observa el alto costo en forma exponencial para bajas áreas de producción. Con respecto al ancho óptimo de corte la variación es similar a la anterior con menor variabilidad. Se nota que para un área menor de 750 ha el uso energético crece rápidamente. Esto implica lo antieconómico al utilizar una unidad para pocas hectáreas y también que para valores de AOC de 4 m la adquisición de un equipo tractor sembradora directa es antieconómico para poca área de siembra. El análisis de regresión produce una relación potencial:  $CETI = 474,74 * AR^{-0,815}$  con una significación de 0,000 y un  $R^2 = 0,976$ ;  $CETI = 18,19 * AOC^{-1,604}$  con una significación de 0,000 y un  $R^2 = 0,972$ .

La Figura 3 presenta las necesidades del ancho de siembra requerido para cubrir el área planificada en función del tiempo estipulado para la siembra (20 días). El ancho óptimo es un valor optimizado en función de los procesos económicos

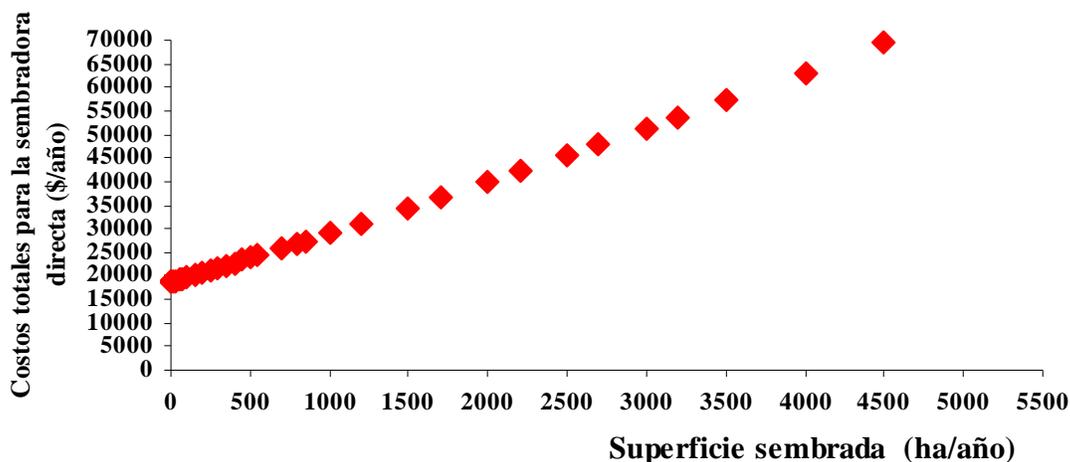


Figura 1. Costos totales de la unidad tractor sembradora directa con respecto al área sembrada por año.

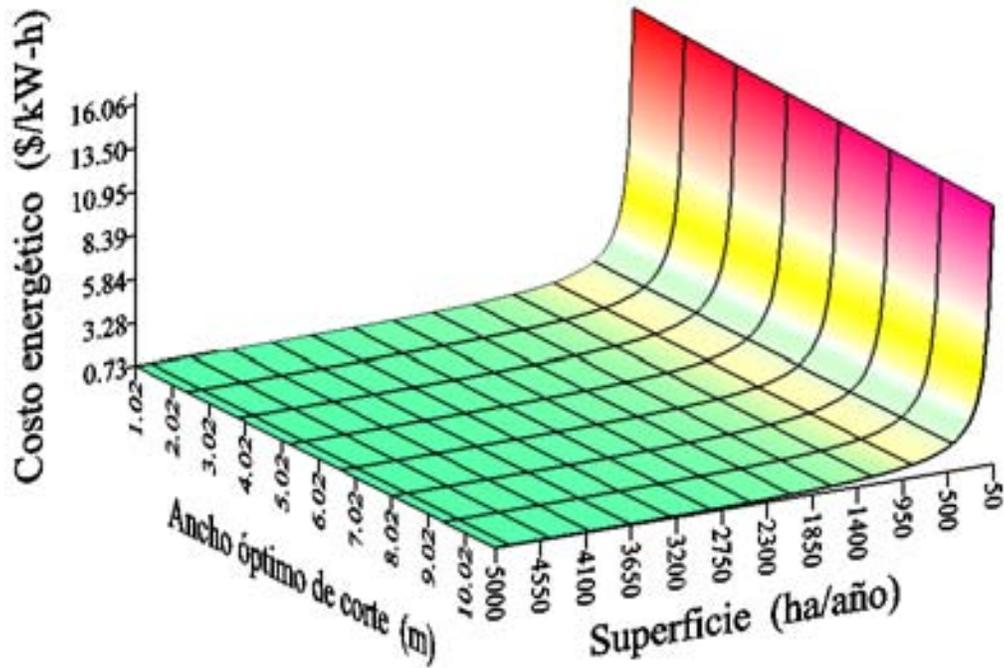


Figura 2. Costo energético total para la unidad tractor sembradora directa en relación con el área de siembra y el ancho de corte óptimo.

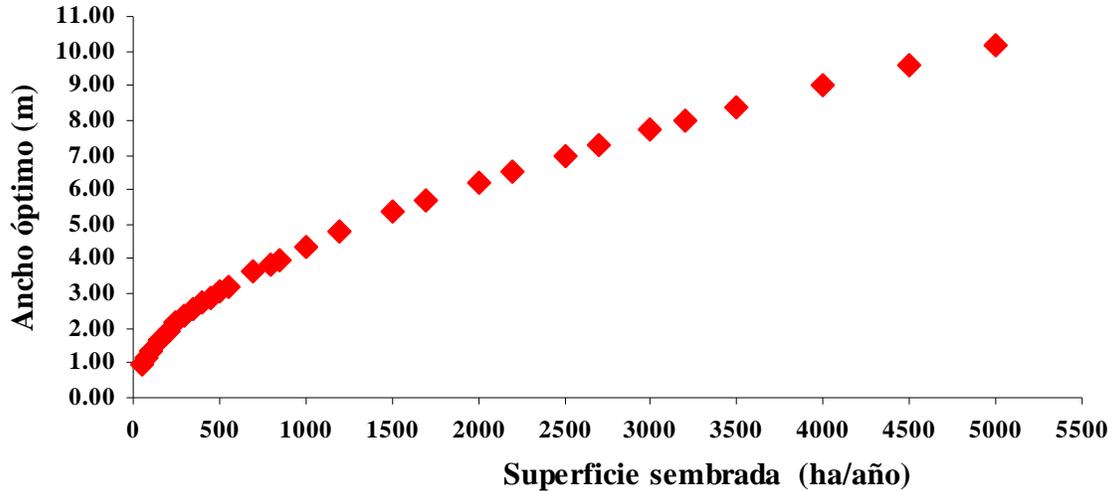


Figura 3. Ancho óptimo de corte (AOC) de la sembradora cero versus al número de hectáreas procesadas por año.

como lo muestra la Ecuación (5). El análisis de regresión produce una relación potencial:  $AOC = 0,132 * AR^{0,507}$  con una significación de 0,000 y un  $R^2 = 1$ .

El Punto de Equilibrio Económico se aplicó en la Figura 4 comparando la siembra convencional

con la conservacionista. Se introdujeron cuatro unidades en cada sistema de siembra necesarias para áreas mayores de alrededor de 2600 ha. Se observa que la siembra conservacionista siempre es más económica que la convencional, las curvas nunca se cortan. El análisis de regresión para la siembra directa produce una relación lineal:  $CTaIT = 33,28 * AR +$

12635,45 con una significación de 0,000 y un  $r^2 = 0,955$ ; para una probabilidad de F con entrada de 0,001 y remoción de 0,05 produce una significación de 0,066 para la constante y de 0,000 para el coeficiente. El análisis de regresión para la siembra convencional produce una relación lineal:  $CTaIT = 53,47 * AR + 14218,79$  con una significación de 0,000 y un  $r^2 = 0,952$ ; para una probabilidad de F con entrada de 0,001 y remoción de 0,05 produce una significación de 0,066 para la constante y de 0,000 para el coeficiente.

La Figura 5 presenta la comparación de la adquisición del equipo tractor sembradora con otros métodos y procedimientos utilizados en la empresa agrícola. Se observa que es mucho más barato alquilar la unidad tractor sembradora cero que adquirirla. Se hace en base a que el actual alquiler está alrededor de los 36 USD/ha.

En la Figura 6 se muestran en PERT los procesos de la labranza conservacionista que se realizan en los Estados Bolívar, Guárico y Monagas. Se percibe bastante similitud y las diferencias son

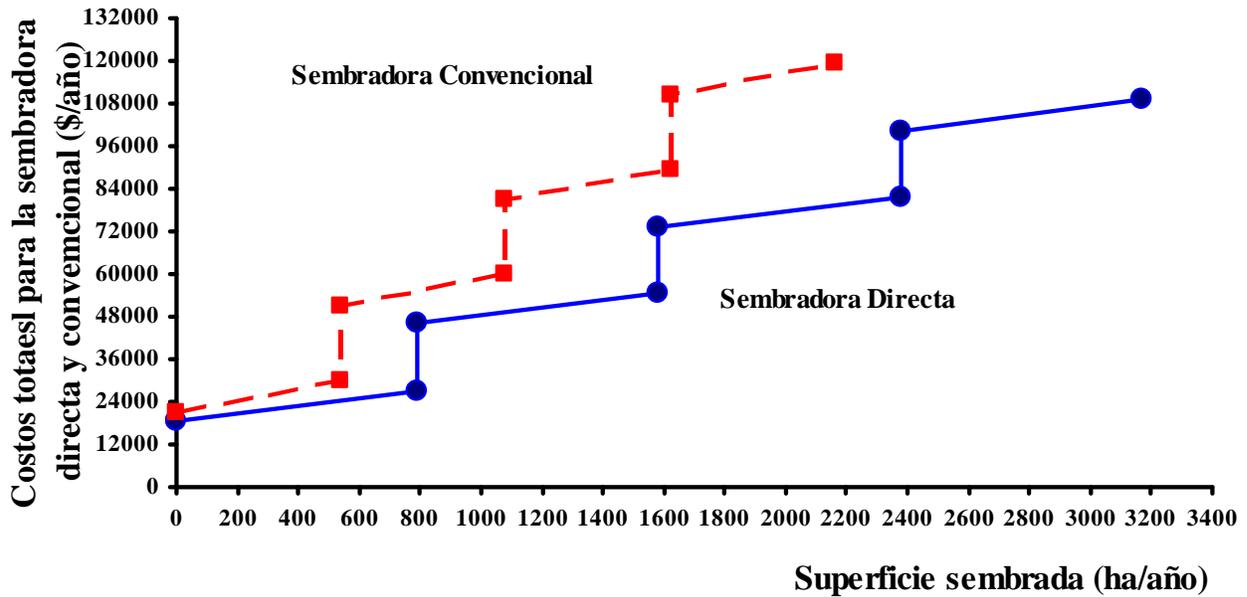


Figura 4. Costos totales comparativos de la sembradora conservacionista y la convencional utilizando el Punto de Equilibrio Económico.

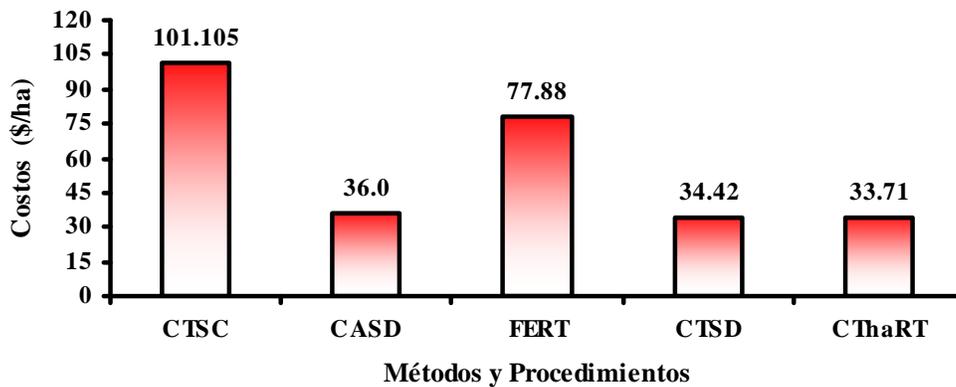


Figura 5. Comparación del costo total de la siembra convencional (CTSC), alquiler (CASD), fertilizando (FERT), conjunto tractor sembradora directa (CTSD) y costo del rastreo (CThaRT)

posiblemente producto de los diferentes ecosistemas y técnicas existentes. Guiliani (1998) corrobora este diagrama.

La Figura 7 presenta el PERT para el proceso de labranza conservacionista y convencional, en el Estado Monagas de Venezuela en las localidades: Tarragona, Municipio Cedeño (camino, ABCDEFGHIJZ. Incorporación a la labranza cero), San Ramón A, Municipio Cedeño (camino, AKLMZ. Labranza Cero), San Ramón B, Municipio Cedeño (camino, ARTUVZ. Labranza cero), La Oeda, Municipio Santa Bárbara (camino, ANÑOPQZ. Labranza cero), San Jacinto, Municipio Maturín (camino, ARSUVZ. Labranza cero.), El Tejero, Municipio Cedeño (camino Aabdefgz. Labranza Convencional.), El Tejero, Municipio Cedeño (camino Aabdefgz. Labranza Convencional). No se encontró revisión bibliográfica para la discusión, se espera que estos diagramas sirvan para mejorar y eliminar los cuellos de botella para una agricultura competitiva.

### CONCLUSIONES

1. La velocidad de uso de la unidad tractor sembradora está en el promedio de los 11 km/h, el ancho de corte de las sembradoras existentes varía mucho, se utilizó un valor de 6 m, el peso de las sembradoras también tienen variación encontrándose en Venezuela hasta de 6 toneladas incluyendo semillas y fertilizantes, la eficiencia de uso es baja en Venezuela y por lo tanto se recomienda un 75 %. La capacidad de campo promedio fue de 4,95 ha/h.
2. Se registraron para el costo fijo 18652.33 USD/año, un costo total de 27261.93 USD/año (34.42 USD/ha) y para el área justificada de arrendamiento 742,25 ha/año.
3. Las sembradoras para la labranza conservacionista han sido adoptadas como implemento de trabajo por agrupaciones de productores en varios estados de Venezuela.
4. El productor antes de adquirir una sembradora para labranza cero debe tomar en cuenta la marca, el modelo, su ancho óptimo, el número de cuerpos de siembra que esta aporta, la potencia requerida para su operación, su velocidad de operación en virtud de elegir la sembradora que posea las mejores características ingenieriles y de menor costo.
5. Los costos de adquisición de una sembradora para labranza cero son altos, antes de que un productor enfrente esta carga económica debe enfocar su explotación en un rubro rentable y de mercado seguro. El alquiler es una decisión acertada debido a que este costo es mucho menor que los costos de adquisición.
6. El consumo energético disminuye en la medida en que aumenta el número de hectáreas a ser sembradas y el ancho óptimo de corte.
7. A través del PERT se evaluaron cada una de las etapas que conforman la labranza cero facilitando de esta manera su interpretación y los posibles cuellos de botella. Las prácticas en los Estados Bolívar, Guárico y Monagas son muy similares y las diferencias podrían deberse a los diferentes ecosistemas existentes.
8. Se recomienda la investigación sobre la distancia de siembra en el sistema conservacionista para así establecer posibles parámetros de diseño de las sembradoras directas.

### LITERATURA CITADA

- Berroterán, J. y Zinck, J. 2000. Indicadores de la sustentabilidad agrícola nacional cerealera. Caso de estudio: Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 17: 139-155.
- Bravo, C. y Florentino, A. 1999. Nivel de cobertura, conservación de suelos y aguas bajo diferentes sistemas de labranza. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 25:57-74.
- Centeno, A. 1995. Mecanización en el contexto de la labranza conservacionista. Instituto de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, UCV. *Memorias del V Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola*. Maracay, Venezuela. 269-286 pp.
- Chaparro, O. A., Herrera, O. G. y Peña, J. C. 2002. Consumo energético, eficiencia de campo y cobertura vegetal en labranza-siembra de maíz en el Valle del Cauca, Colombia. [www.biblioteca.palmira.unal.edu.co/acta\\_agronomica/VOL%2054%20No1/htm/consumo.htm](http://www.biblioteca.palmira.unal.edu.co/acta_agronomica/VOL%2054%20No1/htm/consumo.htm). 10 pp. Revisado 05 de abril del 2006.

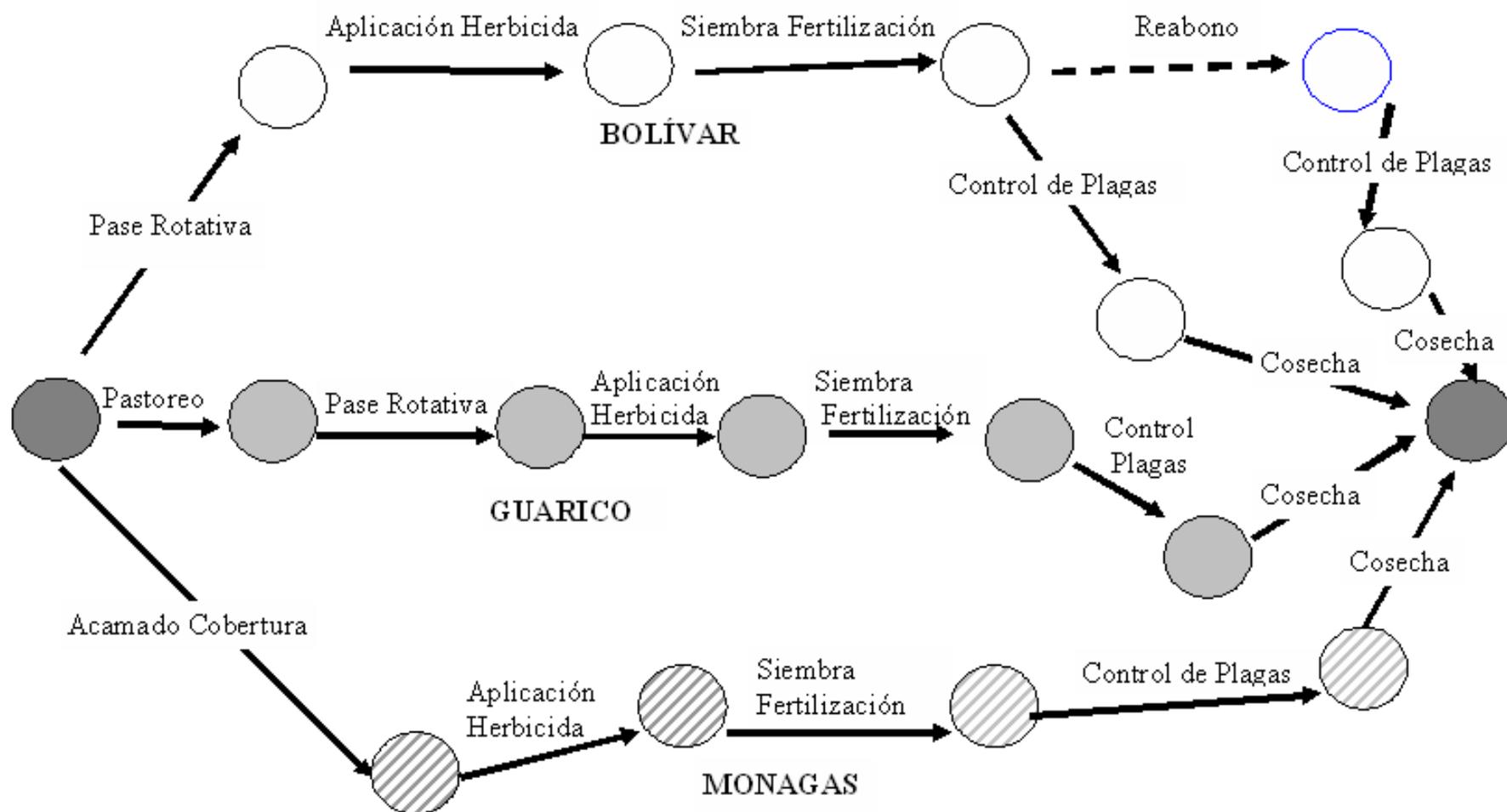


Figura 6. PERT comparativo de la metodología utilizada en el uso de la sembradora directa en los Estados Bolívar, Guárico y Monagas

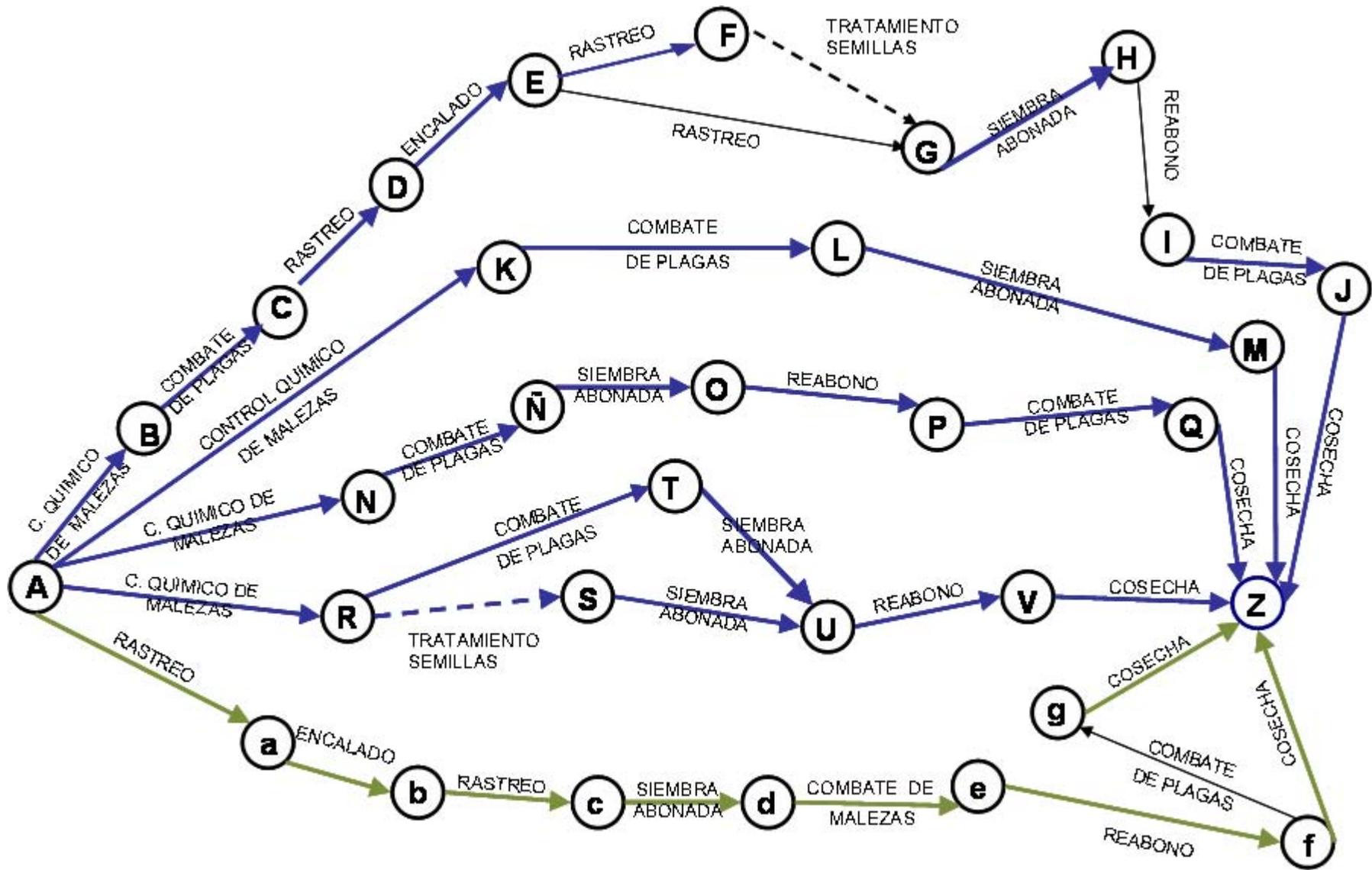


Figura 7. PERT comparativo de la labranza conservacionista y convencional en el Estado Monagas

- Corpei. 2006. Presentación del estudio de competitividad del maíz. Corporación de Promociones de Exportaciones e Inversiones. INCAE, Centro Latinoamericano para la competitividad y el Desarrollo Sostenible. [www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/maiz.ppt](http://www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/maiz.ppt). 28 pp. Revisado el 19 de abril del 2006.
- Crovetto, C. 1994. Algunos conceptos relacionados con los rastros y la cero labranza en fundo “El Chequen”, Chile. Reporte especial.
- Crovetto, C. 1995. Perspectivas de la labranza conservacionista en la agricultura tropical. V Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola. Maracaibo, Venezuela. 29-34 pp
- Derpsch, R. 2005. Frontiers in conservation tillage and advances in conservation practice. [www.rolf-derpsch.com/advances.htm](http://www.rolf-derpsch.com/advances.htm) y [www.rolf-derpsch.com](http://www.rolf-derpsch.com). 7 pp. Revisado el 01 de agosto de 2005.
- Derpsch, R. 1997. Importancia de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agrícola. Publicado en los anales del “V Congreso Nacional de Siembra Directa de AAPRESID, Mar del Plata, 20-30/8/1997. [rderpsch@quanta.com.py](mailto:rderpsch@quanta.com.py). 60 pp. Revisado el 23 de enero del 2006.
- Gavande, S. 1987. Física del suelo, principios y aplicaciones. Editorial Limussa-Wiley s.a. México. 17-260-351 pp.
- Guiliani, M. 1998. Estudio Ingenieril, agronómico y económico de la labranza secundaria. Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente. Maturín – Venezuela.
- Hernández, R. M., Florentino, A. y López, H. D. 2000. Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisoles en el Estado Guarico-Venezuela. *Agronomía Tropical* 50(1):9-29.
- Izquierdo, E. M. 2005. Conserve el suelo mediante la siembra directa. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”, Cuba. Email [emiranda@af.upr.edu.cu](mailto:emiranda@af.upr.edu.cu). 13 pp. Revisado el 12 de marzo del 2006.
- Kassen, F. 1994. Impacto económico de la siembra directa en los cereales: VIII Taller de Siembra Directa “Una Alternativa Práctica y Rentable para la Agricultura”. Acarigua, Estado Portuguesa, Venezuela. 72-79 pp
- Landers, J. 1994. Asociação de plantio direto “no cerrado”. No Cerrato, Brasil. 261 pp.
- Lavecchia, A. 2006. Estimación del costo de producción en el cultivo de arroz. A.C.A.: Revista 22- costo Producción. [www.aca.com.uy/publicaciones/seleccionados\\_re\\_v22costo.htm](http://www.aca.com.uy/publicaciones/seleccionados_re_v22costo.htm). 7 pp. Revisado el 12 enero del 2006.
- Michelena, R. O. e Irurtia, C. B. 2002. La siembra directa controla la erosión y mejora la fertilidad del suelo. INTA. Rivadavia 1439 (1033) Buenos Aires, Argentina. [www.inta.gov.ar/suelos/info/documentos/informes/la\\_siembra\\_directa.htm](http://www.inta.gov.ar/suelos/info/documentos/informes/la_siembra_directa.htm) -. 3 pp. Revisado el 17 de marzo del 2006.
- Ohep, c., Marcano, F., Pudzzar, S. y Colmenárez, C. 2002. Efectos de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo que influyen sobre el rendimiento del maíz. *Bioagro* 14(1): 37-45.
- Quintero, F. 1997. La Siembra directa en condiciones de sabana. XI Taller Sobre Mínima Labranza y Uso Racional de los Fertilizantes. Convenio FEDEAGRO-CECOTUP, Abril de 1997, FONAIAP. Maturín, Estado Monagas, Venezuela.
- Rodríguez, R. M., Engler, P. L., Mea, V. G. y Cancio, R. A. 2005. Actualización del análisis económico de los cultivos de grano grueso entre ríos en Argentina, campaña 2004/05. INTA EEA Paraná – Grupo Sistemas de Producción y Economía. [www.e-campo.com/section/news/display.php/uuid./1DFCF9-AE78-4438-83C8506F27B9E3F](http://www.e-campo.com/section/news/display.php/uuid./1DFCF9-AE78-4438-83C8506F27B9E3F). 5 pp. Revisado el 15 de abril del 2006.
- Sánchez, R. 1993. Siembra directa, tecnología para una agricultura sustentable. CESDIR-Universidad “Rómulo Gallegos”. San Juan de los Morros, Estado Guarico, Venezuela. 47 pp
- Sánchez, R. 1994. Siembra Directa (mínima Labranza). Tecnología para una agricultura sustentable. VIII Tarea de “Siembra Directa”, Una Alternativa Práctica y Rentable para la

- Agricultura. Acarigua, Estado Portuguesa, Venezuela. 11-53 pp
- Sánchez, R. 1995. Equipos para la siembra directa. Ensitraca-Semeato. V Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola. Maracay, Venezuela. 27 pp.
- Steiner, K. 2002. Conservation tillage – Gateway to food security and sustainable rural development. The economic of conservation tillage. African conservation Tillage Network, Information series No. 2. [www.act.org.zw/docs/actis02.pdf](http://www.act.org.zw/docs/actis02.pdf). 4 pp. Revisado el 14 de marzo del 2006.
- Tosi, J. C. 2005. Cómo se presentan las perspectivas de los resultados económicos para la gruesa en la próxima campaña? Suplemento Económico publicado en Revista Visión Rural Año XII N° 57. [INTA.gov.ar/balcase/info/documentos/econo/suple/agosto05/cgruesa.htm](http://INTA.gov.ar/balcase/info/documentos/econo/suple/agosto05/cgruesa.htm). 8 pp. Revisado el 20 de abril del 2006.
- University of Illinois. 2005. Machinery cost estimates: field operation. Farm Business Management Handbook, FBM 0201. Department of Agricultural and Economic. College of Agricultural, Consumer and Environment Sciences. University of Illinois at Urban Champaign. 4 pp.